

**PENGARUH DOSIS MIKORIZA TERHADAP PENINGKATAN
KANDUNGAN SENYAWA FENOL PADA TANAMAN PADI
(*Oryza sativa* L.) UNTUK MENGHAMBAT SERANGAN
PATOGEN *Rhizoctonia solani* PENYEBAB PENYAKIT
HAWAR PELEPAH PADI**

Oleh
MUHAMMAD LUKI FAIZAL



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

**PENGARUH DOSIS MIKORIZA TERHADAP PENINGKATAN
KANDUNGAN SENYAWA FENOL PADA TANAMAN PADI
(*Oryza sativa* L.) UNTUK MENGHAMBAT SERANGAN PATOGEN**

***Rhizoctonia solani* PENYEBAB PENYAKIT HAWAR PELEPAH PADI**

**OLEH
MUHAMMAD LUKI FAIZAL
155040200111080**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

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**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Pengaruh Dosis Mikoriza terhadap Kandungan Senyawa Fenol pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) untuk Menghambat Serangan Patogen *Rhizoctonia solani* Penyebab Penyakit Hawar Pelepah Padi

Nama Mahasiswa : Muhammad Luki Faizal

NIM : 155040200111080

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,



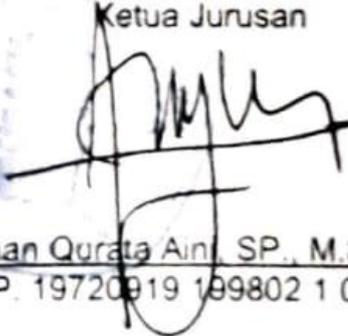
Dr. Anton Muhibuddin, SP., MP.
NIP. 19771130 200501 1 002

Pembimbing Pendamping II,



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

Diketahui,
Ketua Jurusan



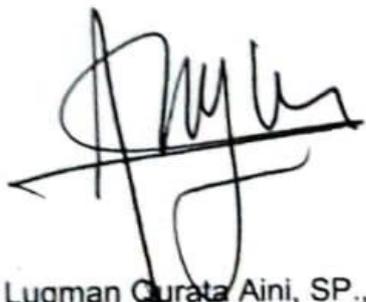
Lugman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph. D
NIP. 19720919 199802 1 001

Tanggal Persetujuan: 30 DEC 2019

LEMBAR PENGESAHAN

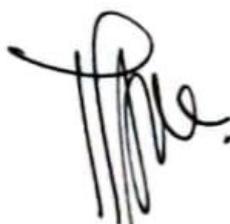
Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



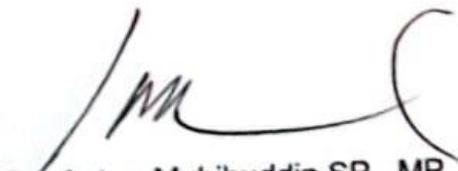
Luqman Qurata Aini, SP., M.Si., Ph. D
NIP. 19720919 199802 1 001

Penguji II



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

Penguji III



Dr. Anton Muhibuddin SP., MP.
NIP. 19774130 200501 1 002

Penguji IV



Rina Rachmawati, SP., MP., M.Eng
NIP. 19810125 200604 2 002

Tanggal Lulus. 02 JAN 2020



*"Skripsi ini saya persembahkan untuk
Kedua orangtua, dan kedua adik,
serta seluruh kawan yang turut membantuku."*

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 juga 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, 30 Desember 2019

Muhammad Luki Faizal



RINGKASAN

Muhammad Luki Faizal. 155040200111080. Pengaruh Dosis Mikoriza terhadap Peningkatan Kandungan Senyawa Fenol pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) untuk Menghambat Serangan Patogen *Rhizoctonia solani* Penyebab Penyakit Hawar Pelepeh Padi di bawah bimbingan **Dr. Anton Muhibuddin, SP., MP., dan Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.**

Penyakit hawar pelepeh pada tanaman padi menjadi permasalahan yang penting karena dapat menurunkan hasil produksi 20-35% di negara-negara produsen padi dunia, hal ini merupakan masalah tersendiri di Indonesia karena merupakan bahan pangan pokok. Mengoptimalkan peran metabolit sekunder dihadirkan sebagai upaya untuk menganani permasalahan tersebut. Metabolit sekunder merupakan produk yang dapat dihasilkan oleh tanaman, jenis dan kuantitas senyawa metabolit sekunder memiliki keberagaman pada setiap jenis tanamannya. Fungsi dari metabolit sekunder adalah mampu melindungi dan meningkatkan ketahanan tanaman dari serangan penyakit khususnya jamur, salah satu senyawa yang mudah ditemukan dan berperan melindungi adalah senyawa fenol. Ketersediaan senyawa fenol mampu ditingkatkan melalui aplikasi mikoriza. Mikoriza memiliki peran membantu tanaman untuk menjangkau nutrisi yang dibutuhkan, melindungi tanaman dari penyakit tular tanah. Pada aplikasinya, mikoriza dicampur dengan media tanam yang mendukung peran mikoriza tersebut namun juga harus mampu sebagai media yang sesuai dengan pertumbuhan tanaman, salah satunya dengan pencampuran kompos dan pasir. Kompos bermanfaat untuk menunjang nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman, sedangkan pasir mampu mendukung mikoriza untuk berkolonisasi. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana pengaruh dosis mikoriza yang diaplikasikan terhadap kandungan senyawa fenol untuk meningkatkan ketahanan tanaman dalam menghambat intensitas penyakit hawar pelepeh padi oleh *R. solani*.

Penelitian ini dilakukan sejak Desember 2018 hingga Oktober 2019 yang dilakukan di UPT Kompos FP UB, Laboratorium Penyakit Tumbuhan 3 HPT FP UB, Lembaga Laboratorium Sentral Ilmu Hayati (LSIH) UB dan Rumah Kaca UIN Malang. Ada 6 perlakuan yang diaplikasikan pada penelitian ini, terdiri dari K0 (tanah konvensional + pupuk NPK anorganik), K1 (AMB-P07 tanpa mikoriza), M1 (AMB-P07 + mikoriza 5 gram), M2 (AMB-P07 + mikoriza 10 gram), M3 (AMB-P07 + mikoriza 15 gram), M4 (AMB-P07 + mikoriza 20 gram). Variabel yang diamati antara lain kandungan senyawa fenol, waktu inkubasi patogen, intensitas penyakit, rata-rata tinggi tanaman, dan rata-rata jumlah anakan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa aplikasi mikoriza dapat meningkatkan kandungan senyawa fenol pada tanaman padi yang memiliki rata-rata kandungan senyawa fenol sebesar 0,252 ppm yang merupakan hasil signifikan ketika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Selain itu, perlakuan mikoriza dapat menekan serangan *R. solani* berdasarkan masa inkubasi munculnya gejala penyakit dengan waktu terlama membutuhkan waktu 7,6 hari pada kemunculannya pada perlakuan M4, serta berdasarkan intensitas penyakit terendah sebesar 3,12% yang terdapat pada perlakuan M3. Namun aplikasi mikoriza belum

mampu berperan optimal pada masa vegetatif tanaman padi, hal tersebut terlihat pada rata-rata tinggi tanaman dengan perlakuan mikoriza yang memiliki nilai terendah sebesar 81,46 cm dan jumlah anakan terendah dengan nilai rata-rata anakan sebesar 11,60.



SUMMARY

Muhammad Luki Faizal. 155040200111080. The Effect of Microriza Dosage on Increasing Phenol Compounds in Rice Plant (*Oryza sativa* L.) to Inhibit The Attack of *Rhizoctonia solani* Causes of Sheath Blight. Supervised by **Dr. Anton Muhibuddin, SP., MP., and Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.**

Rice sheath blight is an important problem because it can reduced production results by 20-35% in the world's rice producing countries that happened in Indonesia, because it can affect the result of production, and this is a problem in Indonesia because the rice is a staple food. Optimizing the role of secondary metabolites is expected as an effort to solve this problem. Secondary metabolites are products that can be produced by plants themselves. The types and quantities of secondary metabolite compounds are diverse in each type of plant. The function of secondary metabolites are to protect and to increase plant resistance from disease attacks, especially fungi, one of the compounds that is easily found and has a protective role is the phenol compound. The availability of phenol compounds can be increased through mycorrhizal application. Mycorrhiza has the role of helping plants to reach the nutrients needed, protecting plants from soil infectious diseases. In its application, mycorrhiza were mixed with planting media that support the role of the mycorrhiza but must also be able as a medium that is suitable for plant growth, it can be mixed by compost and sand. Compost is able to support the nutrients that need for plants and sand is able to support mycorrhiza for colonizing. Based on it, this research aims to study the effect of mycorrhizal dose which is applied to the content of phenol compounds to increase plant resistance in inhibiting the intensity of rice sheath blight by *R. solani*.

This research has started from December 2018 until October 2019 in Compost UPT FP UB, Plant Disease 3 Laboratory of HPT FP UB, Laboratorium Sentral Ilmu Hayati (LSIH) UB, and Greenhouse of UIN Malang. This research used 6 treatments, there were K0 (conventional sand + inorganic NPK fertilizer), K1 (AMB-P07 without mycorrhizae), M1 (AMB-P07 + 5 grams of mycorrhizae), M2 (AMB-P07 + 10 grams of mycorrhizae), M3 (AMB-P07 + 15 grams of mycorrhizae), M4 (AMB-P07 + 20 grams of mycorrhizae). The observed variables were the content of phenol compound, the intensity of disease, the pathogen incubation period, the average height of plants, and the average number of tillers.

Based on the result of this research, it is known that mycorrhizal treatment significantly influenced the content of phenol compound in rice plant when compared to non-mycorrhizal treatment that have an average phenol content of 0,252 ppm. Also, mycorrhizal treatment could suppress the attack of *R. solani* which could observed from the incubation period of the longest apperarence time of symptoms was obtained by M4 treatment which took 7,6 days, and the lowest disease intensity was obtained by M3 treatment which had a value of 3,12%. In other hand, mycorrhizal treatment did not give support optimally on vegetative phase of plant, it indicated by the average height of plants with the lowest value of 81,46 cm, and the average tillers of plants with the lowest value of 11,60.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
1. PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.3 Hipotesis Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
2. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Penyakit Hawar Pelepah (<i>Rhizoctonia solani</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Klasifikasi	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Deskripsi Penyakit Hawar Pelepah	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 Tanda Penyakit Hawar Pelepah	Error! Bookmark not defined.
2.1.4 Siklus Hidup <i>Rhizoctonia solani</i>	Error! Bookmark not defined.
2.1.5 Gejala Penyakit Hawar Pelepah	Error! Bookmark not defined.
2.2 Mikoriza	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Morfologi Jamur Mikoriza	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Jenis Mikoriza	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Genus Mikoriza	Error! Bookmark not defined.
2.2.4 Peran Mikoriza pada Tanaman	Error! Bookmark not defined.
2.2.5 Proses Infeksi Mikoriza pada Tanaman	Error! Bookmark not defined.

2.2.6 Pengaruh Mikoriza terhadap Metabolit Sekunder **Error! Bookmark not defined.**

2.3 Media Pertumbuhan Tanaman **Error! Bookmark not defined.**

2.3.1 Komposisi Media Tanam **Error! Bookmark not defined.**

2.4 Metabolit Sekunder Tanaman **Error! Bookmark not defined.**

2.4.1 Kandungan Senyawa Fenol pada Tanaman Padi IR-64 **Error! Bookmark not defined.**

3. METODE PENELITIAN **Error! Bookmark not defined.**

3.1 Tempat dan Waktu **Error! Bookmark not defined.**

3.2 Alat dan Bahan **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 Padi **Error! Bookmark not defined.**

3.4.4 Pembuatan Media PDA **Error! Bookmark not defined.**

3.4.5 Platting Media PDA **Error! Bookmark not defined.**

3.4.6 Sterilisasi **Error! Bookmark not defined.**

3.5 Pelaksanaan Penelitian **Error! Bookmark not defined.**

3.5.1 Pemberian Dosis Mikoriza **Error! Bookmark not defined.**

3.5.2 Perawatan Tanaman **Error! Bookmark not defined.**

3.5.3 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman... **Error! Bookmark not defined.**

3.5.4 Perbanyakkan Isolat dan Persiapan Inokulum *Rhizoctonia solani*. **Error! Bookmark not defined.**

3.5.5 Identifikasi Jamur **Error! Bookmark not defined.**

3.5.6 Inokulasi Patogen **Error! Bookmark not defined.**

3.5.7 Perhitungan Intensitas Penyakit dan Kenaikan Intensitas Penyakit **Error!**

Bookmark not defined.

3.5.8 Uji Senyawa Fenol **Error! Bookmark not defined.**

3.5.9 Pengamatan Citra Mikrograf Jaringan Tanaman **Error! Bookmark not defined.**

3.6 Analisa Data..... **Error! Bookmark not defined.**

4. HASIL DAN PEMBAHASAN **Error! Bookmark not defined.**

4.1 *Rhizoctonia solani* Penyebab Penyakit Hawar Pelepah Padi **Error! Bookmark not defined.**

4.2 Mikoriza..... **Error! Bookmark not defined.**

4.3 Rata-rata Kandungan Fenol Pada Tanaman Padi **Error! Bookmark not defined.**

4.4 Lama Munculnya Gejala Penyakit Hawar Pelepah Padi **Error! Bookmark not defined.**

4.5 Intensitas Penyakit Hawar Pelepah Padi **Error! Bookmark not defined.**

4.6 Hubungan Kandungan Senyawa Fenol dengan Kenaikan Intensitas Penyakit **Error! Bookmark not defined.**

4.7 Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Padi..... **Error! Bookmark not defined.**

4.7.1 Tinggi Tanaman Padi **Error! Bookmark not defined.**

4.7.2 Jumlah Anakan Padi **Error! Bookmark not defined.**

5. 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.**

LAMPIRAN..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Penyakit Hawar Pelepah pada Tanaman Padi.....	4
2.	Tanda Penyakit Hawar Pelepah dan Morfologi <i>R. solani</i>	5
3.	Siklus Hidup Jamur <i>Rhizoctonia solani</i>	6
4.	Gejala Hawar Pelepah Padi.....	7
5.	Tahap Perkembangan Mikoriza.....	14
6.	Jalur Utama Biosintesis Metabolit Sekunder.....	19
7.	Biosintesis Senyawa Terpenoid.....	22
8.	Biosintesis Senyawa Fenol pada Tanaman.....	25
9.	Morfologi <i>R. solani</i>	35
10.	Gejala Hawar Pelepah Padi.....	36
11.	Visualisasi SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>) Pelepah Padi Sehat dan Pelepah Padi Sakit.....	37
12.	Ilustrasi Infeksi <i>R. solani</i> pada Permukaan Jaringan Tanaman.....	38
13.	Hasil Identifikasi Mikoriza.....	39
14.	Grafik Inkubasi Penyakit Hawar Pelepah Padi.....	40
15.	Hubungan Kandungan Fenol dengan Kenaikan Intensitas Penyakit.....	42
16.	Tinggi Tanaman Padi.....	44

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Nilai Faktor Retensi (Rf) Ekstrak Bekatul	27
2.	Kandungan Fenol Total pada Akar, Batang dan Sekam Padi Varietas IR64	27
3.	Rata-rata Kandungan Fenol Tanaman Padi	38
4.	Intensitas Penyakit Hawar Pelepah Padi oleh <i>Rhizoctonia solani</i>	41
5.	Kandungan Senyawa Fenol dan Kenaikan Intensitas Penyakit	42
6.	Rata-rata Tinggi Tanaman Padi	43
7.	Rata-rata Jumlah Anakan Padi	44



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit hawar pelepah merupakan salah satu penyakit pada tanaman padi yang berkembang semakin parah dari musim ke musim terutama di daerah pertanian yang intensif (Nuryanto, 2018). Penyakit ini disebabkan oleh patogen yang memiliki inang luas sehingga sifat ketahanan genetik sulit ditemukan. Pada varietas padi yang mempunyai tipe tanaman pendek beranakan banyak dan berdaun lebat, penyakit hawar pelepah terlihat berkembang dan menyebabkan kondisi inang semakin parah (Eizenga, dkk., 2002). Hal tersebut menyebabkan terjadinya fenomena fluktuasi produksi padi di Indonesia, menurut Savary (2001) sistem produksi padi sawah bergantung kepada kuantitas asupan teknologi yang diterapkan dalam bertani seperti pemilihan varietas, pemupukan, penggunaan pestisida, penggunaan alat mesin pertanian, dan pengairan. Menurut Inagaki (2001), kehilangan hasil padi akibat gangguan penyakit hawar pelepah rata-rata di beberapa negara penghasil beras dunia berkisar 20–35%. Nelson (2001) mengemukakan bahwa ketersediaan teknik pengendalian yang belum memadai dan keterbatasan pengetahuan petani tentang penyakit hawar pelepah menyebabkan penyakit ini di lapangan sukar dikendalikan. Meski demikian, pengendalian penyakit hawar pelepah padi dapat dilakukan dengan rotasi tanaman dan aplikasi fungisida. Aplikasi fungisida yang dilakukan secara terus menerus menurut Semangun (2001) dapat menyebabkan terjadinya resistensi tanaman terhadap patogen tertentu, bahkan dapat menimbulkan strain baru. Maka perlunya solusi pengendalian yang lebih ergonomis dan memiliki potensi berkelanjutan untuk menangani permasalahan tersebut.

Salah satu upaya pengendalian penyakit hawar pelepah adalah dengan memanfaatkan metabolit sekunder pada tanaman. Pagare (2015) menyatakan bahwa metabolit sekunder dapat melindungi tanaman dari tekanan lingkungan baik biotik seperti bakteri, jamur, nematoda, dan serangga maupun abiotik seperti suhu dan kelembaban. Metabolit sekunder terdiri dari senyawa-senyawa yang diproduksi oleh tanaman itu sendiri. Irchaiya (2015) menambahkan bahwa kandungan dan komposisi senyawa tersebut dapat menjadi ciri khas dan keunggulan suatu varietas. Senyawa metabolit sekunder dapat dibagi menjadi tiga golongan utama berdasarkan jalur

biosintesis (*biosynthesis pathway*), yaitu fenol, terpenoid, dan senyawa yang mengandung nitrogen. Berbagai senyawa yang berperan sebagai metabolit sekunder tersebut di antaranya diharapkan mampu untuk mengatasi permasalahan penyakit hawar pelepah padi. Maka ditinjau dari hasil penelitian Soenartiningih (2013) bahwa peningkatan struktur senyawa fenol yang terdapat di tanaman padi dapat menahan intensitas penyakit yang disebabkan patogen *Rhizoctonia solani*, berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan kandungan senyawa fenol pada tanaman padi.

Peningkatan senyawa fenol dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah dengan aplikasi mikoriza pada media tanam. Peningkatan senyawa fenol terjadi akibat adanya simbiosis mikoriza dengan tanaman yang menyebabkan terjadinya proses lignifikasi (Scharff, dkk., 1998). Media tanam yang baik dan sesuai akan mengoptimalkan kinerja mikoriza, perpaduan bahan yang digunakan sebaiknya mampu memudahkan mikoriza dalam berkolonisasi dan bersimbiosis pada tanaman yang ditanam di media tanam tersebut. Penggunaan bahan dasar pasir sebagai campuran media tanam dapat membantu kinerja mikoriza, menurut Febriani (2017) media tanam pasir baik untuk kolonisasi mikoriza dan dapat meningkatkan presentase kolonisasi mikoriza. Untuk mendukung pertumbuhan tanaman maka pasir perlu ditambahkan kompos. Kompos merupakan bahan dasar organik memiliki kualitas dan kelebihan yang lebih banyak dibandingkan dengan bahan tanah konvensional dalam ketersediaan nutrisi yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh dosis mikoriza terhadap kandungan senyawa fenol pada tanaman padi untuk menghambat intensitas penyakit hawar pelepah padi oleh *Rhizoctonia solani*.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui dosis mikoriza yang tepat dalam meningkatkan metabolit sekunder tanaman pada tanaman padi.
2. Untuk mengetahui korelasi metabolit sekunder berupa senyawa fenol dalam menghambat serangan patogen *Rhizoctonia solani* penyebab penyakit hawar pelepah pada tanaman padi.

1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Peningkatan dosis aplikasi mikoriza dapat meningkatkan kandungan senyawa fenol pada tanaman padi.
2. Peningkatan kandungan senyawa pada tanaman padi mampu menghambat intensitas penyakit hawar pelepah yang disebabkan oleh patogen *Rhizoctonia solani*.

1.4 Manfaat Penelitian

Apabila penelitian ini menunjukkan hasil yang signifikan terhadap kemampuan dalam menghambat penyakit hawar pelepah pada tanaman padi, diharapkan dapat menjadi salah satu upaya untuk pengendalian penyakit yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyakit Hawar Pelepah (*Rhizoctonia solani*)

Penyakit hawar pelepah pada tanaman padi disebabkan oleh jamur *Rhizoctonia solani*. Berikut ini penjelasan mengenai klasifikasi, deskripsi, gejala, tanda hingga siklus hidup *Rhizoctonia solani*.

2.1.1 Klasifikasi

Rhizoctonia solani pertama kali diteliti oleh Kühn pada tahun 1858 yang kemudian hasil penelitian tersebut dirilis di Jerman. Berdasarkan arsip dari GBIF Secretariat (2019) patogen ini memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Basidiomycota
Kelas	: Agaricomycetes
Ordo	: Cantharellales
Famili	: Ceratobasidiaceae
Genus	: <i>Rhizoctonia</i>
Spesies	: <i>Rhizoctonia solani</i>

2.1.2 Deskripsi Penyakit Hawar Pelepah

Hawar pelepah padi adalah salah satu penyakit yang signifikan merugikan secara ekonomis di seluruh belahan dunia. Penyakit ini menyebabkan kehilangan hasil dan penurunan kualitas. Fakta yang ada bahwa di dalam lingkungan yang kondusif, penyakit ini dapat menyebabkan kehilangan hasil produksi hingga mencapai 50%. Hawar pelepah merupakan penyakit tular tanah yang disebabkan oleh jamur *Rhizoctonia solani*, jamur tersebut berasal dari filum Basidiomycota dan keluarga Ceratobasidiaceae (Uppala dan Zhou, 2018).



Gambar 1. Penyakit Hawar Pelepah pada Tanaman Padi (Uppala dan Zhou, 2018)

2.1.3 Tanda Penyakit Hawar Pelepah

Terdapat hifa dan sklerotia sebesar ukuran kacang merupakan 2 tanda terjangkitnya penyakit hawar pelepah. Hifa yang berupa seperti benang putih tumbuh di selubung dan daun yang berfungsi menyebarkan penyakit dari daun ke daun lainnya dan menginfeksi tanaman di sekitarnya. Sklerotia adalah massa jaringan miselia jamur yang dilapisi oleh lapisan-lapisan hidrofobik hasil ekresi oleh jamur.

Sklerotia berwarna putih akan terbentuk dan berubah warna menjadi cokelat atau cokelat gelap, melekat di tanaman namun mudah terlepas pada waktunya. Sklerotia relatif bulat, berukuran 1-3 mm atau berbentuk menyatu dengan lainnya sehingga membentuk ukuran yang lebih besar (Uppala dan Zhou, 2018).

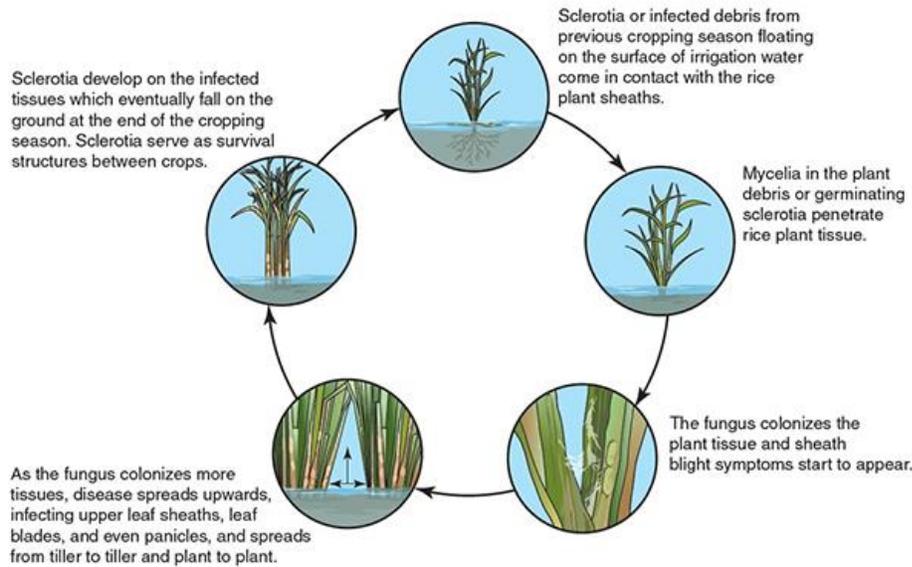
Menurut pendapat Semangun (1993), hifa jamur *Rhizoctonia solani* mempunyai percabangan yang hampir siku, pada titik percabangannya terdapat lekukan, lebar hifa 6–10 μm , berwarna hialin, bersekat. Sumartini (2011) mengemukakan bahwa sklerotia *R. solani* memiliki sel yang tidak berlapis, bentuk sklerotianya tidak bulat, tetapi pipih dan tidak beraturan.



Gambar 2. Tanda Penyakit Hawar Pelepah dan Morfologi *R. solani*. a). Tanda penyakit hawar pelepah pada tanaman padi (Uppala dan Zhou, 2018), b). Percabangan hifa *R. solani* (panah) (Sumartini, 2013).

2.1.4 Siklus Hidup *Rhizoctonia solani*

Patogen bertahan di dalam tanah dan sisa-sisa tanaman yang terinfeksi sebagai sklerotia atau miselium. Sklerotiumnya dikenal sebagai tempat untuk bertahan hidup selama beberapa tahun di dalam tanah, disebarkan oleh air, irigasi, tanah yang terkontaminasi, dan sisa-sisa tanaman. *R. solani* dapat berkembang baik pada kelembaban yang tinggi (> 80%) dan suhu 15-35°C. Cendawan ini mulai menginfeksi tanaman sejak biji baru ditanam dengan mengeluarkan stimulan kimia yang dilepaskan oleh sel-sel yang terinfeksi ke tanaman selanjutnya dan menyebabkan gejala khas pada batang, pelepah, daun, dan bulir. Cendawan dapat bertahan hidup pada musim dingin sebagai sklerotia pada sisa-sisa tanaman yang terinfeksi dan di dalam tanah (Soenartingsih, dkk., 2015).

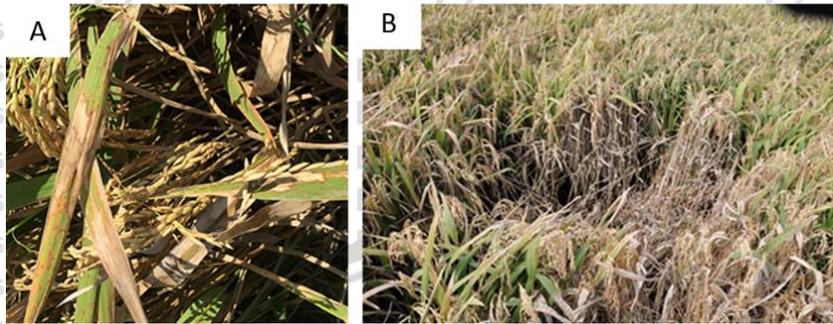


Gambar 3. Siklus Hidup Jamur *Rhizoctonia solani* (Uppala dan Zhou, 2018)

2.1.5 Gejala Penyakit Hawar Pelepah

Gejala awal biasanya berkembang pada selubung daun atau tepat di atas permukaan air seperti lingkaran atau oval serta bintik air yang berwarna abu-abu kehijauan. Penyakit ini berkembang, membesar dan cenderung menyatu membentuk lesi yang lebih besar dengan pusat putih keabu-abuan dengan sisi lingkaran berwarna cokelat. Infeksi dapat menyebar ke sisi daun lainnya dan menyebabkan luka yang tidak teratur dengan garis hijau gelap, cokelat, atau kuning.

Luka dapat berkembang luas dan menyatu pada bilah daun dan menyebabkan kerusakan jaringan sehingga dapat menghambat air serta nutrisi dari akar ke seluruh bagian tanaman. Ketika tanaman sudah membesar dan saling berdekatan satu sama lain kemudian membentuk kanopi sehingga menciptakan iklim mikro yang menguntungkan bagi perkembangan penyakit. Jamur dapat menyebar dan menginfeksi batang yang berpotensi menghambat pertumbuhan anakan padi (Uppala dan Zhou, 2018).



Gambar 4. Gejala Hawar Pelelah Padi. a). Lesi dengan pola yang tidak teratur, b).

Penurunan hasil dan kualitas (Uppala dan Zhou, 2018).

2.2 Mikoriza

Pada definisinya, mikoriza berasal dari bahasa Yunani yang secara harfiah berarti “fungi akar” (mykos = miko= fungi dan rhiza = akar) atau “fungi tanah” karena hifa dan sporanya selalu berada di tanah terutama di areal rhizosfer tanaman (Mikola, 1980). Mikoriza merupakan suatu bentuk simbiosis mutualisme antara jamur dengan akar tanaman. Keistimewaan yang dimiliki mikoriza adalah kemampuannya dalam membantu tanaman untuk menyerap unsur hara (Brundrett, dkk., 2004).

Jamur mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualistik antara jamur dengan akar tanaman. Salah satu tipe mikoriza yang sering dijumpai adalah jamur mikoriza vesikular arbuskular (MVA). Jamur MVA memiliki banyak manfaat bagi tanaman antara lain dapat meningkatkan penyerapan unsur hara, meningkatkan ketahanan terhadap serangan patogen, serta dapat meningkatkan ketahanan terhadap kondisi kekeringan (Tarmedi, 2006). Keberadaan jamur MVA di alam sangat berlimpah, jamur MVA memiliki kemampuan untuk berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman tingkat tinggi (Hartoyo, 2011). Menurut (Smith & Read, 1997) bahwa simbiosis jamur ini dikenal utk memperbaiki status gizi tanaman dengan meningkatkan penyerapan nutrisi esensial seperti fosfor dan nitrogen serta meningkatkan pasokan air melalui luas permukaan akar.

2.2.1 Morfologi Jamur Mikoriza

Morfologi jamur mikoriza terdiri dari hifa eksternal, internal, gelung, vesicular dan arbuskular maka biasanya mikoriza diistilahkan dengan nama MVA (Mikoriza Vesikular Arbuskular). Hifa tidak bersekat dan tumbuh diantara sel-sel korteks dan di

dalamnya bercabang-cabang. Hifa mikoriza tidak masuk dalam stele dan di dalam sel yang terinfeksi terbentuk hifa yang bergelembung dan apabila bercabang-cabang maka disebut arbuskular. Arbuskular inilah yang diduga sebagai alat pemindah unsur hara. Pada struktur yang menggelembung dibentuk secara apikal dan sering kali terdapat pada hifa-hifa utama sehingga struktur ini disebut vesikular. Vesikular terkadang memiliki ukuran sangat besar dan berdinding tebal serta mengandung banyak lipid, terutama berfungsi sebagai organ simpan. Apabila korteks mengelupas, beberapa vesikular akan keluar dari jaringan akar dan berada dalam tanah serta dapat berkecambah dan bertindak sebagai propagul infeksi. Spora yang dihasilkan oleh mikoriza terbentuk di atas eksternatikal hifa yang melewati permukaan akar. Spora ini dapat terbentuk dan bersatu di dalam tanah dalam bentuk kelompok-kelompok spora yang bebas atau dalam bentuk kumpulan sporokarp. Spora mikoriza memiliki berbagai variasi baik warna maupun ukurannya, ada yang berdiameter 10-400 μm , tetapi kebanyakan antara 40-200 μm (Talanca, 2010).

Mikoriza juga memiliki potensi digunakan untuk pengendalian penyakit tanaman, sesuai pernyataan Harison dan Dixon (1993) bahwa mikoriza *Glomus versiforme* dapat meningkatkan kandungan flavonoid atau isoflavonoid, ini terjadi karena stimulasi pada waktu tanaman terinfeksi mikoriza akan terbentuk kolonisasi pada perakaran, sehingga tanaman menjadi lebih tahan. Shaul, dkk. (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.

2.2.2 Jenis Mikoriza

Menurut Prabaningrum (2017), mikoriza secara umum dapat dibagi menjadi tiga kelompok, di antaranya:

a. Ektomikoriza

Merupakan asosiasi simbiosis antara jamur dan akar tumbuhan, dimana jamur membentuk suatu sarung yang menyelubungi semua atau beberapa cabang-cabang akar dan terkadang masuk ke dalam sel namun tidak pernah menembus korteks dan hifa intraseluler tidak menyebabkan kerusakan sel inang.

b. Endomikoriza

Asosiasi simbiosis mutualisme antara jamur tertentu dengan akar tanaman, dimana jamur tumbuh sebagian besar di dalam korteks akar dan menembus akar tanaman inang. Endomikoriza dibedakan atas tiga grup yaitu erikoid mikoriza, orchidaceous mikoriza dan mikoriza vesikular arbuskular

c. Ektendomikoriza

Bentuk antara (*intermediet*) kedua mikoriza yang lain. Ciri-cirinya antara lain adanya selubung akar yang tipis berupa jaringan hartiq, hifa dapat menginfeksi dinding sel korteks dan juga sel-sel korteknya. Penyebarannya terbatas dalam tanah-tanah hutan sehingga pengetahuan tentang mikoriza tipe ini sangat terbatas.

Dari ketiga jenis tersebut, menurut Diagne, dkk. (2013) ektomikoriza yang memiliki jumlah jenis jamur paling banyak miselium jamur yang menyelubungi permukaan akar di dalam dinding korteks (interselluler) akar tumbuhan yang membentuk jaringan hartig.

2.2.3 Genus Mikoriza

INVAM (2017) menyatakan bahwa mikoriza memiliki 13 genus spora, di antaranya:

a. *Glomus*

Genus ini dicirikan dengan bentuk bulat dan oval. Warna spora genus *Glomus* bervariasi mulai dari, kuning, kuning kemerahan, kuning kecoklatan, coklat kekuningan, coklat muda, coklat tua kehitaman, ungu hingga hitam. Selain itu, spora dapat diproduksi secara tunggal maupun bergerombol membentuk agregat.

b. *Paraglomus*

Spora berbentuk bulat dengan warna kuning, semi transparan dan bening. Jumlah dinding spora terdiri atas lapisan hialin atau transparan. Dudukan hifa berbentuk silinder. Ukuran spora rata-rata 85 μm

c. *Gigaspora*

Spora pada genus ini memiliki dua lapis dinding serta auxiliary cells. Karakteristik khas pada *Gigaspora* ialah memiliki *bulbous suspensor*. Spora *Gigaspora* dihasilkan secara tunggal di dalam tanah, dengan ukuran yang relatif besar dan memiliki bentuk bulat, oval dan iregular. Warna spora pada genus ini bervariasi

mulai dari kuning, kuning kehijauan, hijau kekuningan, kuning kecoklatan, coklat kekuningan hingga hitam.

d. *Scutellospora*

Mikoriza ini umumnya ditemukan dengan atau tanpa ornamen. Genus *Scutellospora* memiliki bentuk spora bulat, elips dan terkadang iregular dengan warna dinding spora kuning, biru, coklat hingga kehitaman. *Scutellospora* memiliki germination shield yang terletak pada lapisan dinding fleksibel bagian dalam.

e. *Acaulospora*

Memiliki bentuk bulat, iregular dan elips dengan dua lapis dinding spora. Warna spora bervariasi mulai kuning, oranye kecoklatan, merah tua, hingga merah kecoklatan. Genus *Acaulospora* memiliki saccule yang berbentuk bulat hingga iregular dengan warna bervariasi dari transparan, kuning, merah muda transparan, hingga putih.

f. *Entrophospora*

Proses perkembangan spora *Entrophospora* berada di antara hifa terminal dan dudukan hifa. Warna sporanya kuning dan coklat. Jika spora belum matang, warnanya tampak jauh lebih buram. Spora berbentuk bulat dengan ukuran rata-rata 121 μm .

g. *Archaeospora*

Perkembangan spora pada genus *Archaeospora* merupakan perpaduan antara perkembangan spora genus *Glomus* dan *Entrophospora* atau *Acaulospora*. Proses awal pembentukan spora berupa pembentukan *Sporiferous saccule* di ujung hifa. Leher *saccule* akan berkembang menjadi *pedicel* atau percabangan hifa dari leher *saccule*.

h. *Funneliformis*

Spora terbentuk secara tunggal dalam tanah atau berkelompok. Spora biasanya dikelilingi oleh seluruh atau bahkan sebagian dari selimut miselium. Dasar spora biasanya berbentuk corong dan dinding spora terdiri atas dua atau tiga lapisan. Lapisan luar hialin dan akan meluruh seiring dengan pematangan spora.

h. *Ambispora*

Genus *Ambispora* berbentuk bulat dan struktur subselulernya terdiri dari tiga lapis. Dinding spora berwarna dan memiliki dua germination wall. Dinding spora terluar membentuk permukaan spora yang berumur pendek dan jarang terbentuk pada spora dewasa. Germination wall terluar membentuk dua lapisan yang biasanya saling melekat, sementara germination wall terdalam membentuk tiga lapisan.

j. *Septoglomus*

Spora terbentuk secara tunggal maupun berkelompok dalam tanah. Susunan hifanya tidak beraturan dengan lapisan laminasi pada dinding spora. Spora memiliki satu atau lebih lapisan dinding bagian luar. Dudukan berbentuk silindris atau sedikit berbentuk corong pada dasar spora.

k. *Dentiscutata*

Genus *Dentiscutata* biasanya memiliki ornamen spora. Memiliki dinding spora yang berlapis-lapis dan dua dinding bagian dalam yang fleksibel. *Auxiliary cell* berdinding tipis dengan permukaan yang halus dan menonjol, dan dihasilkan pada hifa dalam tanah dekat permukaan akar.

l. *Rhizophagus*

Perkembangan spora *Rhizophagus* mirip dengan perkembangan spora pada genus *Glomus*. Spora glomoid terbentuk secara tunggal pada tanah dan juga akar. Genus cenderung tidak membentuk struktur vesikular-arbuskular yang khas.

m. *Racotera*

Genus *Racotera* bisa memiliki ornamen spora. Spora memiliki dua lapis dinding spora dan dua lapis dinding germinal dalam yang fleksibel. *Auxiliary cell* berdinding tipis dengan permukaan halus dan menonjol, dan diproduksi melalui hifa di tanah yang dekat dengan permukaan akar.

2.2.4 Peran Mikoriza pada Tanaman

Mikoriza memiliki peran yang bermanfaat bagi tanaman ketika diaplikasikan, beberapa peran mikoriza di antaranya:

a. Membantu Penyerapan Unsur Hara

Lehman, dkk. (2014) menyatakan bahwa mikoriza mampu meningkatkan penyerapan unsur hara, terutama fosfat dan beberapa unsur hara lainnya seperti Cu

dan Zn. Sejalan dengan pendapat Trisilawati, dkk. (2001) bahwa mikoriza jenis endomikoriza dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur P, N, Zn, Cu, S, B, dan Mo.

Prayudyaningsih (2012) mengemukakan bahwa ada beberapa mekanisme asosiasi mikoriza dengan tanaman inang sehingga dapat meningkatkan penyerapan hara, terutama unsur makro, di antaranya:

1. Pertumbuhan hifa eksternal atau mantel yang menyebabkan akar bermikoriza mempunyai luas permukaan penyerapan hara
2. Pertumbuhan hifa eksternal membentuk jaringan ekstensif yang dapat membantu akar menyerap unsur hara karena memiliki daya jelajah ke dalam tanah lebih tinggi.
3. Keterkaitan hubungan antar hifa eksternal dan antar akar tanaman satu dengan lainnya yang berdekatan sehingga memungkinkan terjadinya donor nutrisi antar tanaman.

Aplikasi mikoriza juga mampu membantu tanaman menjangkau unsur fosfor, Simanungkalit (2006) menyatakan bahwa asosiasi mikoriza dengan tanaman inang dapat memberikan manfaat bagi tanaman inang, antara lain meningkatkan penyerapan air dan unsur hara (terutama unsur P). Hifa eksternal pada mikoriza akan menginfeksi akar tanaman dan memperluas area serapan akar. Struktur hifa FMA meluas dan menjalar di dalam tanah melampaui jarak yang dicapai oleh rambut akar sehingga hifa dapat menyerap fosfat pada daerah tersebut. Hal tersebut dapat merubah formasi akar tanaman yang bermanfaat ketika tanaman mengalami cekaman kekeringan, mengacu dari hasil penelitian Rahardjo (1999) bahwa asosiasi cendawan mikoriza dengan tanaman pegagan dapat meningkatkan biomassa tanaman pada saat terjadi cekaman kekeringan sebagai akibat dari penyerapan air dalam tanah melalui sistem perakaran yang lebih efektif dan efisien. Adanya kontribusi cendawan mikoriza dapat memicu perubahan formasi akar tanaman sehingga dapat meningkatkan serapan air dari dalam tanah pada saat terjadi cekaman air. Hifa cendawan mikoriza pada akar tanaman inang memiliki potensi dalam menyerap unsur hara dan air yang dibutuhkan tanaman pada tanah yang kering.

b. Memperbaiki Kualitas Tanah

Mikoriza dapat menambahkan karbon organik yang berasal dari tanaman inang dan dari produksi glikoprotein atau glomalin yang relatif tahan terhadap dekomposisi sehingga terjadi pematapan agregat. Kandungan khitin yang banyak di dinding sel mikoriza bersifat tahan terhadap pelapukan dan mampu memproduksi karbon, serta dapat meningkatkan agregasi tanah melalui hifa eksternal (Jastrow, dkk., 2007)

Menurut Simanungkalit (2006) mikoriza berpengaruh terhadap agregasi tanah. Hal tersebut terutama dipengaruhi oleh persentase agregat tanah >2mm, dimana tanah yang diinokulasi lebih tinggi dibandingkan tanah yang tidak diinokulasi mikoriza. Serta dengan adanya miselium mikoriza yang dilapisi zat berlendir yang disebut dengan glomalin menyebabkan partikel-partikel tanah melekat satu sama lain. Glomalin merupakan glikoprotein yang mengikat partikel-partikel tanah, dikeluarkan oleh cendawan melalui hifa. Dengan kemampuannya itu, mikoriza berpotensi diaplikasikan pada lahan-lahan pertanian dengan tingkat kemiringan yang tinggi dan mudah tererosi. Simbiosis akar tanaman dengan cendawan MA pada daerah tersebut dapat meningkatkan stabilitas tanah.

2.2.5 Proses Infeksi Mikoriza pada Tanaman

Hajoeningtjas (2009) menyatakan bahwa mikoriza dapat berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman. Tiap jenis tanaman juga dapat berasosiasi dengan satu atau lebih jenis mikoriza. Sebelum mikoriza melakukan asosiasi pada tanaman tentu diawali dengan proses infeksi ke tanaman terlebih dahulu khususnya di bagian akar. Beberapa tahap proses infeksi mikoriza berdasarkan pernyataan Parniske (2008) yaitu:

1. Tahap Pre-Simbiosis

Pada tahap ini mikoriza belum bergantung pada tanaman inang, proses yang diawali dengan pertumbuhan propagul seperti spora, hifa intraradikal, dan hifa ekstraradikal (Hidayat, 2012). Perkembangan hifa mengalami perubahan secara drastis ketika mendapat sinyal dari tanaman inang. Akar tanaman mengeluarkan eksudat berupa *strigolactones* yang dapat menstimulus germinasi spora. Beberapa penelitian melaporkan bahwa senyawa inilah yang berperan sebagai sinyal bagi

mikoriza dalam interaksi dengan tanaman inang. Kemudian tanaman menghasilkan mikoriza faktor atau dapat disebut dengan istilah *Myc* yang ditandai dengan menginduksi gelombang kalsium pada sel epidermis dan mengaktifkan gen simbiosis pada tanaman. Pada saat yang sama mikoriza membentuk appressoria yang disebut hyphopodia. Sehingga tanaman membentuk *prepenetration apparatus* (PPA), selanjutnya hifa cendawan memasuki PPA sebagai jalan masuk hifa menembus jaringan akar.

2. Tahap Infeksi

Tahap ini mikoriza melakukan penetrasi pada akar tanaman dengan menggunakan alat appressoria.

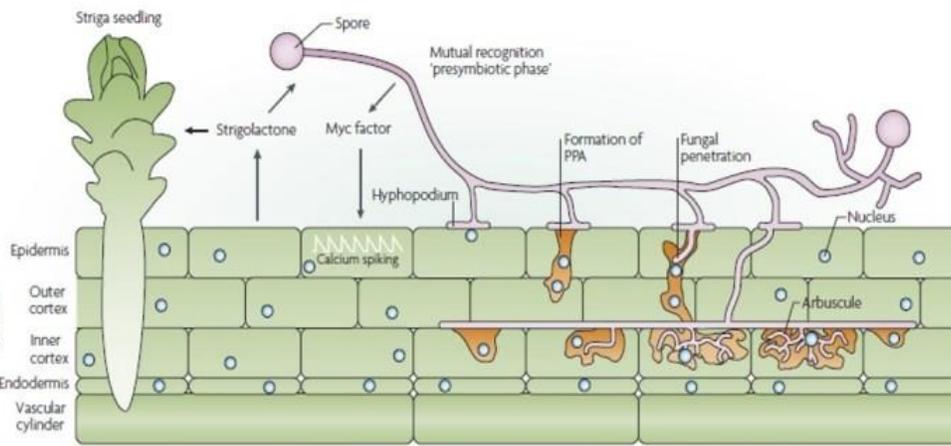
3. Pasca Infeksi

Setelah penetrasi ke tanaman maka hifa tumbuh secara intraseluler, mikoriza tumbuh di dalam sel sesaat setelah penetrasi. Arbuskular memiliki percabangan yang lebih kuat dibandingkan dengan hifa saat penetrasi sel. Arbuskular hanya hidup 4 hingga 15 hari, kemudian mengalami degenerasi dan pemendekan pada sel inang. Pada saat pembentukan arbuskula, beberapa mikoriza arbuskular membentuk vesikel pada bagian intraseluler, dimana vesikel merupakan pembengkakan pada bagian apical atau interkalar dan hifa.

4. Perluasan Infeksi Mikoriza dalam Akar tanaman, tahap ini terjadi pada tiga fase:

- Fase awal pada saat infeksi primer
- Fase eksponensial, ketika penyebaran dan pertumbuhan dalam akar berlangsung cepat
- Fase setelah ketika pertumbuhan akar dan mikoriza sama.

5. Setelah terjadi infeksi primer dan fase awal, pertumbuhan hifa keluar dari akar dan berada pada daerah rhizosfer. Pada bagian ini struktur mikoriza berupa hifa eksternal yang berfungsi sebagai penyerapan larutan hara dari tanah kedalam tanaman.



Gambar 5. Tahap Perkembangan Mikoriza (Parniske, 2008).

2.2.6 Pengaruh Mikoriza terhadap Metabolit Sekunder

Aplikasi mikoriza diharapkan mampu meningkatkan kandungan metabolit sekunder pada tanaman yang kemudian akan berguna untuk ketahanan tanaman. Ramadhan, dkk. (2017) mengemukakan bahwa ketika kondisi cekaman kekeringan terjadi dapat memacu peran mikoriza melalui sebaran hifa di dalam tanah untuk memperluas serapan air dan nutrisi bagi tanaman, sehingga nutrisi yang diserap akan meningkatkan sintesis metabolit sekunder pada tanaman inang. Infeksi mikoriza menginduksi perubahan metabolisme yang mempengaruhi sintesis terpenoid, minyak esensial, glukosinolat, fitoaleksin dan komponen fenol.

Kandungan metabolit sekunder tanaman dipengaruhi mikoriza sejak infeksi mikoriza kedalam jaringan tanaman dengan mensekresi elisitor menyerupai kitin dari fitopatogen, induksi tersebut mengaktifasi gen yang berkaitan dengan ketahanan tanaman (Salzer dan Boller, 2000). Contohnya adalah mikoriza dapat mempengaruhi kandungan senyawa flavanoid pada tanaman, mengacu dari hasil penelitian Morandi (1989) bahwa kolonisasi mikoriza yang diaplikasikan pada tanaman kedelai dapat meningkatkan kandungan senyawa flavonoid. Soenartiningih (2013) turut memaparkan bahwa terjadi akumulasi flavonoid pada mikoriza sehingga dapat meningkatkan aktivasi dari enzim *phenylalanine ammonium lyase* (PAL) yang berfungsi menginduksi ketahanan. Sejalan dengan pernyataan Cordier, dkk. (1998) pada penelitiannya bahwa induksi dari aktivitas enzi PAL dapat meningkatkan

senyawa senyawa fenolik dan fenol odihidrik yang menyebabkan penurunan kolonisasi *Phytophthora parasitica* pada tanaman tomat.

2.3 Media Pertumbuhan Tanaman

Faktor lingkungan memegang peran penting yang mempengaruhi ketercapaian pertumbuhan tanaman yang dibudidayakan. Pada proses pertumbuhan tanaman, media tumbuh adalah salah satu faktor lingkungan yang perlu dipertimbangkan. Menurut pernyataan Wuryaningsih (2008) bahwa media tanam adalah media yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman sebagai tempat akar atau bakal akar yang akan tumbuh dan berkembang. Media tanam juga berperan sebagai tempat berpegangnya akar, agar tajuk tanaman dapat tegak kokoh berdiri di atas media tersebut dan sebagai sarana menghidupi tanaman.

Pada dasarnya media tanam juga menentukan optimalisasi pertumbuhan tanaman yang dibudidayakan, menurut Harjadi (1989) Media tumbuh sangat penting untuk pertumbuhan dan produksi tanaman optimal. Kondisi media tanam yang ideal bisa didapatkan dari kombinasi antara bahan organik dan bahan anorganik. Bahan organik dapat berupa cacahan pakis, kompos, humus, serbuk gergaji, arang sekam, dan cocopeat. Bahan anorganik dapat berupa tanah, pasir, pasir malang, batu kerikil, dan hydrogel. Media tanam terdiri dari dua tipe yaitu campuran tanah (*soil-mixes*) yang mengandung tanah alami dan campuran tanpa tanah (*soilles-mixes*) yang tidak mengandung tanah.

Media tanam merupakan komponen utama ketika akan bercocok tanam. Media tanam yang akan digunakan harus disesuaikan dengan jenis tanaman yang akan ditanam. Secara umum, dalam menentukan media tanam yang tepat media tanam harus dapat menjaga kelembapan daerah sekitar akar, menyediakan cukup udara, dan dapat menahan ketersediaan unsur hara. Media tanam yang ideal untuk tanaman adalah bersifat subur, gembur, beraerasi cukup baik, dan berdrainase baik. Cara umum menentukan media tanam yang tepat adalah harus dapat menjaga kelembapan daerah sekitar akar, menyediakan cukup udara, dan dapat menahan ketersediaan unsur hara. Ketersediaan hara dapat berupa penambahan pupuk organik dan atau diberi campuran pupuk anorganik (Dalimoenthe, 2013).

Menurut hanafiah (2005) bahwa fungsi pertama media tanam adalah sebagai tempat akar berpenetrasi (sifat fisik). Selama cadangan hara masih tersedia di dalam benih, hanya air yang diserap oleh akar-akar muda. Semakin berkembangnya perakaran, cadangan makanan ini semakin menipis, sehingga untuk melengkapi kebutuhannya, akar-akar ini mulai menyerap hara. Indikator kecukupan air dan hara yang dapat disediakan oleh media tanam dicerminkan oleh kualitas pertumbuhan dan produksi tanaman yang tumbuh di atasnya. Hal ini didukung dari pendapat Dole dan Wilkins (2005) bahwa air dan hara harus selalu dipasok agar dapat tersedia untuk tanaman. Media tanam yang berbeda dibutuhkan pada tingkat produksi tanaman yang berbeda. Media tanam yang termasuk dalam kategori bahan organik umumnya berasal dari komponen organisme hidup, misalnya bagian dari tanaman seperti daun, batang, bunga, buah, atau kulit kayu.

2.3.1 Komposisi Media Tanam

Menurut Dalimoenthe (2013) media tanam berbahan dasar organik mempunyai banyak keuntungan dibandingkan media tanah, yaitu kualitasnya tidak bervariasi, bobot lebih ringan, tidak mengandung inokulum penyakit, dan lebih bersih. Penggunaan bahan organik sebagai media tanam jauh lebih unggul dibanding dengan bahan anorganik. Hal itu disebabkan bahan organik mampu menyediakan unsur-unsur hara bagi tanaman. Selain itu, bahan organik juga memiliki pori-pori makro dan mikro yang hampir seimbang sehingga sirkulasi udara yang dihasilkan cukup baik serta memiliki daya serap air yang tinggi.

Bahan organik sebagai media tumbuh akan mengalami proses pelapukan atau dekomposisi yang dilakukan mikroorganisme membentuk kompos. Melalui proses tersebut, akan dihasilkan karbondioksida (CO_2), air (H_2O), dan mineral. Mineral yang dihasilkan merupakan sumber unsur hara yang dapat diserap tanaman sebagai zat makanan. Selain itu, kelebihan dari penggunaan pupuk organik yang berasal dari pupuk kandang pada media tanam mampu mengembalikan kesuburan tanah melalui perbaikan sifat-sifat tanah, baik fisik, kimiawi, maupun biologis (Setyorini, dkk., 2006).

Penelitian ini menggunakan Media AMB-P07 yang mempunyai komposisi pasir, Kompos AMB-P07, pupuk daun dan pupuk hayati mikoriza. Kompos AMB-P07

terdiri dari limbah tomat, akar rumput gajah dan rimpang jahe yang telah di komposkan.

a. Limbah Tomat

Tomat merupakan salah satu sayur sangat dikenal dan banyak dikonsumsi masyarakat luas. Tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang sangat potensial untuk dikembangkan, karena mempunyai nilai ekonomi tinggi dan berpotensi sebagai produk ekspor (Susanna, dkk., 2010). Produksi tomat di Indonesia mulai berkembang, tercatat tahun 2000 hingga 2014 produksinya relatif mengalami kenaikan dari 89,616 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 memadai serta metode penyimpanan yang optimum, karena tomat mudah busuk bila tidak segera dimanfaatkan. Tidak optimumnya pengelolaan tomat pasca panen oleh masyarakat, menyebabkan banyak dijumpai tomat membusuk di berbagai pasar tradisional yang akhirnya menjadi bagian dari limbah pasar.

Anif dan Harismah (2004), menunjukkan bahwa limbah tomat mampu menggantikan peran EM-4 dalam proses pengomposan sampah organik, karena dalam limbah tomat mengandung jasad renik atau mikrobia-mikrobia tertentu yang mampu mendekomposisi bahan-bahan organik dalam sampah. Lebih lanjut dikatakan bahwa proses pengomposan sampah organik yang menggunakan inokulan limbah tomat membutuhkan waktu yang relatif lebih cepat dibandingkan yang menggunakan EM-4 untuk menjadi pupuk kompos.

Tomat yang telah busuk menjadi 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 merupakan 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).

Beltran (2015) menyatakan bahwa produk sampingan tanaman tomat mengandung zat bioaktif seperti alkaloid steroid, total flavonoid, fenol, karotenoid, dan klorofil yang bisa berpotensi sumber senyawa antimikroba, antivirus dan antioksidan.

b. Rimpang Jahe

Jahe diketahui memiliki aktivitas analgesik, antiagregan, antialkohol, anti alergi, antimikroba, antikanker, antidepresan, antiedemik, antiemetik, antiinflamasi, antimutagenik, antinarkotik, antioksidan, antiserotonigenik, antipiretik, antitrombik, antitusif, immunostimulan (Duke, dkk., 2002).

Kusmiadi (2011) menyatakan bahwa gingerol, gingerdiol dan zingerona yang terkandung dalam jahe telah diteliti oleh peneliti sebelumnya dan memiliki efek anticendawan. Ekstrak jahe memiliki aktivitas anticendawan spektrum luas, bahkan terhadap cendawan yang resisten terhadap amfoteris B dan ketokonazol. Berdasarkan hasil penelitian Mujim (2010) diketahui bahwa dosis aplikasi rimpang jahe dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi jamur *Pythium* sp.

c. Akar Rumput Gajah

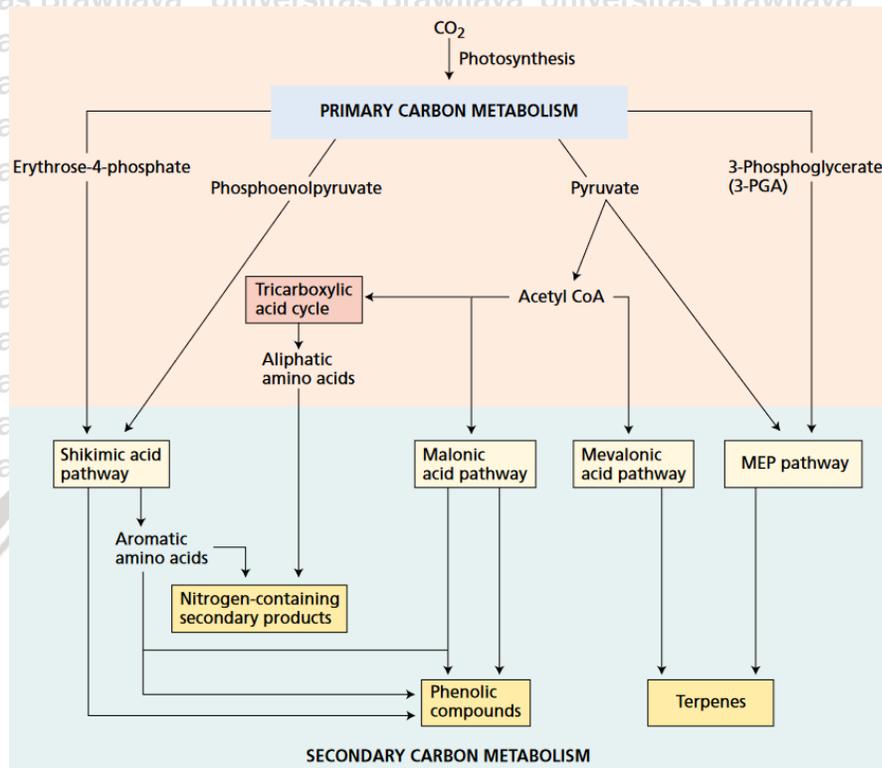
Tanaman famili Graminae dilaporkan mempunyai kemampuan untuk meningkatkan populasi dan aktivitas mikroba yang ada diperakaran tanaman tersebut dan juga memiliki kemampuan sebagai bakteri antagonis terhadap patogen tanaman (Li dan Kremer 2000).

Vasudevan, dkk. (2002) menyatakan bahwa bakteri rizosfer tanaman famili Graminae juga dilaporkan memiliki kemampuan meningkatkan pertumbuhan tanaman (plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) di antaranya *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus circulans*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Pseudomonas fluorescens*. Menurut kajian dari Eliza (2007) diketahui bahwa kerapatan populasi bakteri rizosfer tanaman rumput gajah lebih tinggi dibandingkan tanaman famili Graminae lainnya seperti jagung, padi gogo dan sorgum

2.4 Metabolit Sekunder Tanaman

Sejatinya tanaman memiliki kemampuan untuk mensintesis senyawa namun tidak memiliki peran utama seperti pada pertumbuhan tanaman melainkan peran sekunder yang berperan dalam interaksi tumbuhan pada lingkungannya atau bisa disebut dengan metabolit sekunder. Senyawa-senyawa yang dihasilkan ini memiliki organ, jaringan dan sel khusus dan memiliki masa molekul yang rendah. Ketersediaan dan jenis senyawa yang dihasilkan akan berbeda pada setiap jenis tumbuhannya. Metabolik sekunder melindungi tanaman dari tekanan lingkungan baik biotik seperti bakteri, jamur, nematoda, dan serangga maupun abiotik seperti suhu dan kelembaban (Pagare, 2015).

Genetik antarvarietas yang beragam menyebabkan terdapatnya keanekaragaman senyawa kimia yang terkandung dalam tanaman, sehingga setiap varietas tanaman mempunyai keanekaragaman, kandungan dan komposisi senyawa kimia, terutama metabolit sekunder. Kandungan dan komposisi senyawa yang beragam tersebut menjadi ciri khas dan keunggulan suatu varietas (Iswanto, dkk., 2016)



Gambar 6. Jalur Utama Biosintesis Metabolit Sekunder (Taiz & Zeiger, 2002)

Taiz & Zeiger (2002) menyatakan bahwa ada 4 jalur utama biosintesis metabolit sekunder yang merupakan hasil atau turunan dari metabolit primer, di antaranya jalur shikimat, jalur asam malonat, jalur asam mevalonat dan jalur *methylerythritol phosphate* (MEP) (Gambar 6). Berikut ini adalah penjelasan mengenai jalur utama metabolit sekunder:

a.) Jalur Shikimat

Jalur ini berperan pada sebagian besar senyawa fenolik di tumbuhan, fungi dan bakteri serta menjadi jalur alternatif pembentukan senyawa aromatik (Gelason dan Chollet, 2012). Namun jalur ini tidak terdapat di hewan, maka hewan tidak memiliki kemampuan untuk mensintesis 3 asam amino aromatik seperti phenilalanin, tyrosin dan tryptophan.

b.) Jalur Asam Malonat

Jalur ini memanfaatkan asetil-coA sebagai bahan utama, berbeda dengan jalur Shikimat yang berasal dari Eritrose-4-fosfat namun kedua jalur ini memiliki output yang

sama yakni senyawa-senyawa jenis fenolik. Sama halnya dengan jalur shikimat, jalur ini juga memproduksi senyawa-senyawa jenis fenolik.

c.) Jalur Asam Mevalonat

Jalur ini terdapat di dalam mitokondria, selain itu dibutuhkan aktivitas enzim HMG-CoA reduktase untuk membentuk mevalonat. Jalur ini berguna untuk mensintesis senyawa kelompok terpen (Palozza, 2012).

d.) Jalur *methylerythritol phosphat* (MEP)

Sama halnya dengan jalur asam mevalonat, jalur ini mensintesis senyawa terpen, namun jalur ini terdapat di kloroplas dan plastida. Prekursor awal jalur ini berupa piruvat dan gliseraldehid-3-fosfat, berbeda dengan mevalonat yang berawal dari asetil-coA.

Menurut Irchhaiya (2014) berdasarkan jalur biosintesisnya, senyawa dapat dibagi menjadi 3 golongan utama di antaranya terpenoid, fenol dan senyawa yang mengandung nitrogen.

1. Terpenoid

Terpenoid atau isoprenoid adalah senyawa yang memiliki kelas metabolit paling beragam. Senyawa ini meliputi rasa, aroma, antibiotik, hormon pada tanaman dan binatang, lipid membran, penarik dan penolak serangga, serta sebagai mediator transpor elektron esensial yang menghasilkan energi dari proses respirasi dan fotosintesis. Terpenoid juga termasuk senyawa terbesar yang dihasilkan secara alami.

Menurut Taiz (2002) terpen umumnya tidak larut dalam air, senyawa ini mensintesis lipid dari asetil-CoA atau dari intermediet glikolisis melalui jalur asam mevalonat. Senyawa ini disusun oleh unit isopren berantai karbon 5 dan dapat didekomposisi menjadi unit-unit isopren ketika dalam keadaan suhu yang tinggi.

Terpen diklasifikasikan berdasarkan jumlah unit isopren, seperti monoterpen (10-karbon terpen atau 2 unit C_5), seskuiterpen (15-karbon atau 3 unit C_5), diterpen (20-karbon atau 4 unit C_5), serta terpen yang lebih besar seperti triterpen (30-karbon),

tetraterpen (40-karbon) dan politerpen ($[C_5]_n$ karbon, dengan $n > 8$). Berikut penjelasan lebih lanjut mengenai klasifikasi senyawa terpen:

a.) Monoterpen

Pada umumnya berperan pada interaksi antara tanaman dengan serangga. Menurut Robinson (1995) senyawa ini mempunyai sifat liquid, tidak berwarna, tidak laurt dalam air, dan dapat berinteraksi dengan lemak atau minyak berbau harum. Minyak bunga dan biji banyak yang mengandung monoterpen. Struktur monoterpen berupa senyawa dengan rantai terbuka seperti linalol, nerol, geraniol, sitral, sitronella, cis-o-simena, dan mirsena. Sedangkan monoterpen berbentuk siklik dapat digolongkan menjadi 7 golongan berdasarkan kerangka karbon dan dapat mempunyai gugus fungsi berupa aldehid, alkohol, keton dan ester.

Salah satu produk dari monoterpen berupa linalol dapat melindungi tanaman dengan menyebabkan serangga herbivora dan kutu menjauh dari tanaman. Monoterpen tertentu seperti carvacrol dan D-limonene juga berperan sebagai alelopati pada tanaman dengan menghambat respirasi dan siklus nitrogen, serta memilcu pertumbuhan dan meningkatkan perkecembahan biji (Mithofer, dkk., 2012). Turlings, dkk (1995) menambahkan bahwa di dalam gymnospermae, monoterpen terakumulasi dalam saluran resin sehingga menghasilkan α -pinene, β -pinene, limonene dan myrecene yang bersifat beracun bagi banyak serangga.

b.) Seskuioterpen

Senyawa ini berperan penting pada tanaman refugia karena dengan adanya senyawa ini dapat mendatangkan predator. Mithofer, dkk. (2012) mengemukakan bahwa dengan adanya prekursor seskuioterpen dapat mensintesis (3S)-(E)-nerolido dan metabolitnya serta homoterpen berupa 4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene (DMNT) yang dapat menarik tungau predator *Phytoseiulus persimilis*. Selain itu, seskuioterpen juga menghasilkan produk berupa (E)- β -farnesene yang memiliki peran sama dengan produk dari monoterpen berupa linalol untuk melindungi tanaman dari serangga dan kutu (*aphid*). Senyawa ini juga berperan dalam memobilisasi diterpen karena mengandung fraksi turpentin dari konfier oleoresin di dalam jalur resin, fraksi tersebut sebagai pelarut asam resin diterpen ke titik luka tanaman, kemudian fraksi turpentin

tervolatisasi, asam resin yang tersisa mengalami polimerisasi oksidatif yang kemudian menjebak dan mematikan serangga yang menyerang tanaman.

c.) Diterpen

Salah satu produk dari terpen yang berperan pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga sering dianggap sebagai metabolit primer daripada metabolit sekunder. Sebagai contohnya hormon gibberellin merupakan bagian dari diterpen, karena hormon tersebut disintesis di jalur terpenoid (Taiz, 2002).

d.) Triterpen

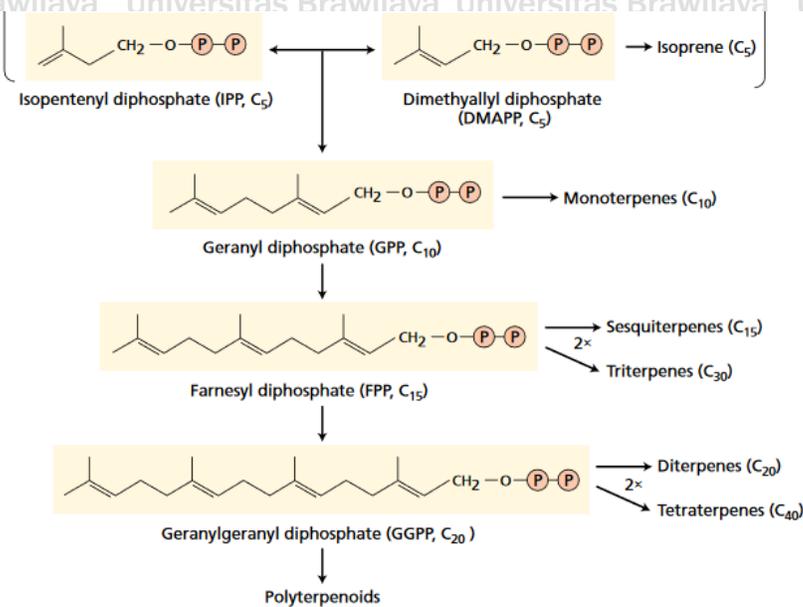
Senyawa ini memiliki turunan berupa sterol yang merupakan komponen penting dari membran sel untuk menstabilkan interaksi dengan fosfolipid. Sama seperti diterpen, senyawa ini memiliki peran pada pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman. Selain itu, senyawa ini juga turtu aktif melindungi tanaman dari serangan hama dari hasil bekerjasama dengan cardenolides dan saponin. Cardenolidesare glikosida adalah senyawa yang mengandung gula namun terasa pahit dan sangat beracun bagi hama (Taiz, 2002).

e.) Tetraterpen

Senyawa ini memiliki produk berupa karotenoid berwarna merah, jingga dan kuning yang dimanfaatkan tanaman untuk fotosintesis dan melindungi jaringan-jaringan yang berperan untuk fotosintesis dari terjadinya fotooksidasi (Taiz, 2002). Fotooksidasi dapat mengubah kandungan klorofil yang disebabkan oleh oksigen radikal (Shgerri, 2000). Sehingga sama seperti diterpen dan triterpen, senyawa tertaterpen memiliki peran penting pada pertumbuhan tanaman.

f.) Politerpen

Rantai panjang senyawa ini berupa *dolichols* yang berfungsi sebagai pembawa gula di dalam dinding sel dan sintesis glikoprotein (Taiz, 2002). Senyawa ini juga berperan pada tanaman karet karena menghasilkan lateks dari latisifer yang tidak terlepas dari peran triterpen (Singh, dkk., 2012).



Gambar 7. Biosintesis Senyawa Terpenoid (Taiz, 2002)

2. Fenol

Tanaman memproduksi berbagai jenis metabolit sekunder yang mengandung gugus fenol yang memiliki peran fungsional pada suatu cincin aromatik. Senyawa tersebut diklasifikasikan sebagai senyawa fenolik. Terdapat 8000 struktur fenol yang telah ditemukan dan tersebar di berbagai jenis tanaman. Fenol tersusun dari rangkaian sederhana, molekul ringan, serta senyawa aromatik tunggal yang kemudian dapat menjadi besar dan kompleks berupa senyawa tannin dan turunan dari polifenol. Senyawa-senyawa yang termasuk dari fenol ini dapat diklasifikasikan berdasarkan nomor dan susunan dari atom karbonnya, biasanya ditemukan setelah terkonjugasi menjadi gula dan asam organik. Fenol pada umumnya dibagi menjadi 2 golongan, yakni flavonoid dan non-flavonoid.

Lattanzio (2013) menyatakan bahwa senyawa fenol dan polifenol adalah metabolit sekunder alami yang dimunculkan secara biogenetik dari saluran shikimat atau fenilpropanoid. Saluran tersebut dapat memproduksi senyawa fenol sederhana seperti monomerik, polimerik fenol hingga polifenol yang memiliki peran fisiologis pada tanaman. Tanaman dapat mensintesis ribuan senyawa fenol yang berbeda,

kemampuan sintesis tanaman tersebut mengalami evolusi atau perubahan sehingga kemampuan tanaman mengatasi tantangan berbeda-beda. Taiz (2002) menambahkan biosintesis senyawa ini melibatkan 2 jalur dasar, seperti jalur asam shikamat dan jalur asam malonat. Jalur asam shikamat memiliki peran yang dominan dalam biosintesis senyawa fenolik tanaman, sedangkan jalur asam malonat merupakan metabolit sekunder yang biasa terdapat di jamur dan bakteri, namun karena tidak terlalu signifikan pada tanaman serta tidak terdapat pada binatang.

Kelas senyawa sekunder fenolik yang terbanyak di tanaman dari hasil eliminasi molekul ammonia di jalur asam shikamat oleh *phenylalanin ammonia lyase* (PAL). Phenylalanin terletak di titik percabangan antara metabolisme primer dan sekunder sehingga katalisasi reaksi adalah tahap regulasi yang penting untuk pembentukan banyak senyawa fenolik. Aktivitas PAL meningkat karena faktor lingkungan seperti ketersediaan nutrisi yang rendah, pencahayaan yang mempengaruhi fitokrom, dan infeksi jamur ke tanaman. Contohnya ketika jamur menginfeksi tanaman maka akan memicu transkripsi mRNA yang mengkode PAL sehingga menyebabkan PAL meningkat dan memberikan stimulus untuk menyintesis senyawa fenol. Aktivitas regulasi oleh PAL pada tanaman bersifat kompleks karena adanya banyak gen pengkode PAL, beberapa hanya dieskpresikan pada jaringan yang spesifik atau hanya ada ketika pada kondisi lingkungan tertentu. Fenol sederhana yang diproduksi dapat disebut juga dengan phenylpropanoid, beberapa produknya seperti asam trans-sinamat dan asam p-kumarat yang mengandung cincin benzen (Taiz, 2002).

Senyawa fenol memiliki 2 produk turunan yang dominan dan banyak berperan pada tanaman, seperti Lignin dan Flavonoid yang akan dijelaskan sebagai berikut:

a.) Lignin

Lignin merupakan suatu polimer kompleks dengan molekul bermassa tinggi yang tersusun atas unit-unit fenilpropana. Lignin terletak di antara sel-sel dan dalam dinding sel (Haygreen dan Bowyer, 1996). Lignin umumnya dibentuk dari 3 *phenylpropanoid* alkohol yang berbeda, seperti *coniferyl*, *coumaryl*, dan *sinapyl* alkohol yang tersintesis melalui berbagai derivat asam sinamat. Lignin juga membantu dengan memperkuat batang dan jaringan pembuluh untuk memungkinkan

pertumbuhan ke atas dan membawa air dan mineral di dalam jaringan xilem pada kondisi lingkungan yang tidak baik, serta dikarenakan struktur lignin yang kaku, kuat dan mempunyai daya tahan kimiawi maka lignin tidak mudah di dimakan dan dicerna hama. Sifat lignin ini juga mampu menghalangi pertumbuhan dari patogen dan responsif terhadap luka akibat infeksi patogen (Taiz, 2002).

b.) Flavonoid

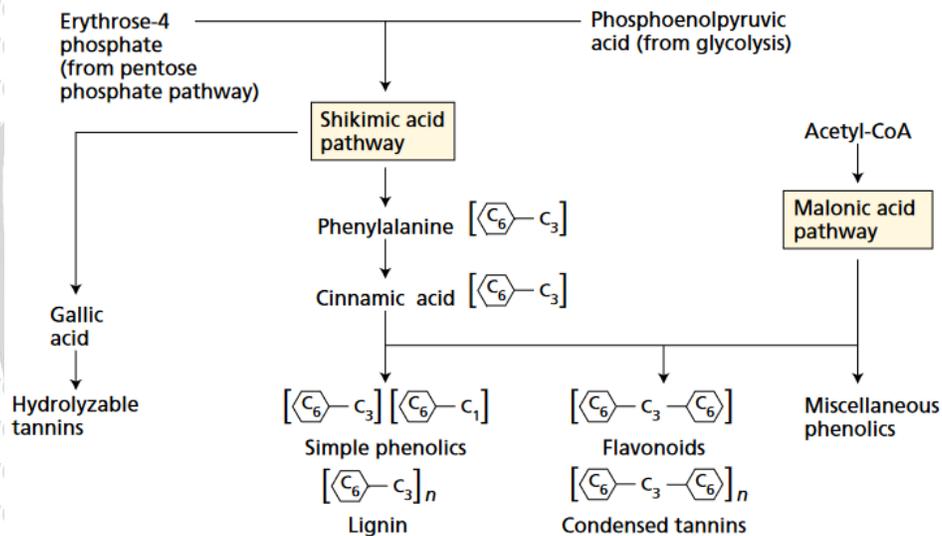
Flavonoid merupakan kelas terbesar pada senyawa fenolik tanaman. Fungsi dasar senyawa ini dalam sistem tanaman adalah sebagai pengatur pigmentasi dan pertahanan (Kondo, dkk., 1992). Flavonoid diklasifikasikan berdasarkan derajat oksidasi berkasbon 3 menjadi 4 golongan utama, seperti antosianin, flavon, flavonol, dan isoflavon.

Antosianin adalah senyawa yang berperan pada bagian perwarnaan atau pigmentasi, sama halnya dengan golongan terpenoid seperti karoten yang mengekspresikan warna kuning, jingga dan merah namun antosianin dari golongan flavonoid dapat memberikan variasi warna yang lebih banyak (Taiz, 2002). Antosianin termasuk golongan kimia organik yang dapat larut dalam pelarut polar dan memberikan warna jingga, merah, ungu, biru hingga hitam pada tumbuhan tingkat tinggi seperti bunga, biji, buah, sayur dan umbi-umbian. Senyawa ini dibentuk oleh proses hidrolisis pada reaksi esterifikasi sebuah antosianidin atau aglikon dengan satu atau lebih glikon (gugus gula). Keberadaan antosianin di alam dan penyebarannya di berbagai jenis tanaman yang beragam menyebabkan karakter senyawa ini beragam pula, hal ini menjadikan antosianin sebagai zat kimia organik yang sangat potensial perannya pada fungsi fisiologis berbagai organisme hidup (Priska, dkk., 2018).

Flavon dan flavonol merupakan 2 senyawa utama di golongan flavonoid. Kedua senyawa ini umumnya terletak pada bagian bunga, flavonoid jenis ini mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang yang lebih pendek dibandingkan dengan cahaya yang diserap antosianin sehingga menyebabkan lebah mengetahui posisi madu di bunga. Selain di bunga, kedua senyawa ini juga terletak di daun semua tanaman hijau. Selain itu, flavonoid jenis ini melindungi sel dari radiasi UV-B yang berlebihan dengan mengabsorpsi daerah UV-B dari hasil akumulasi senyawa ini di

lapisan epidermal daun dan batang, sementara panjang gelombang yang dibutuhkan untuk fotosintesis tidak terganggu (Taiz, 2002).

Isoflavon berasal dari zat antara flavonone dan naringenin yang ada pada tanaman, senyawa ini berperan penting dalam respon perkembangan dan ketahanan tanaman. Senyawa ini disekresikan oleh tanaman legum untuk mengembangkan nodul akar pengikat nitrogen oleh rhizobia simbiotik (Sreevidya, 2006). Isoflavon juga dikenal sebagai senyawa fitoaleksin, senyawa antimicrobial yang disintesis sebagai respon terhadap infeksi bakteri atau jamur untuk mencegah perluasan invansi patogen (Taiz, 2002).



Gambar 8. Biosintesis Senyawa Fenol pada Tanaman (Taiz, 2002)

3. Senyawa yang Mengandung Nitrogen

Banyak metabolit sekunder pada tanaman yang strukturnya mengandung nitrogen, seperti alkaloid, glikosida sianogenik dan asam amino non-protein. Berikut penjelasan dari beberapa contoh senyawa yang mengandung nitrogen:

a.) Alkaloid

Merupakan senyawa metabolit sekunder terbanyak yang memiliki atom nitrogen pada jaringan tumbuhan dan binatang. Sebagian besar alkaloid terdapat di tumbuhan terutama angiosperm. Lebih dari 20% angiosperm mengandung alkaloid (Wink, 2008). Nitrogen pada alkaloid biasanya sebagian dari cincin heterosiklik

dengan atom N dan C, senyawa ini memiliki efek farmakologi yang cukup tinggi bagi binatang, dan efektif mencegah serangan herbivora mamalia bagi tanaman (Taiz, 2002).

b.) Glikosida Sianogenik

Merupakan senyawa protektif bernitrogen selain alkaloid yang terdapat pada tanaman. Senyawa ini tidak bersifat toksik, namun ketika tanaman hancur akan terjadi perombakan dan menghasilkan racun volatil berupa gas beracun yang disebut hidrogen sianida (HCN). Tanaman harus memiliki enzim yang mampu merombak senyawa ini dan membebaskan molekul gula sehingga dapat mendekomposisi untuk membentuk HCN, contoh tanaman yang mengandung glikosida sianogenik tinggi terdapat pada umbi ketela pohon (Taiz, 2002).

c.) Asam Amino Non-protein

Asam amino pada tanaman pada dasarnya berperan sebagai zat pelindung defensif (Johnson, dkk., 1989). Dinamakan non-protein karena senyawa ini tidak bergabung dengan protein, namun beberapa dapat bergabung ke protein secara tidak tepat sehingga menghasilkan protein nonfungsional (Taiz, 2002).

2.4.1 Kandungan Senyawa Fenol pada Tanaman Padi IR-64

Metabolit sekunder pada masing-masing tanaman memiliki keragaman dari jenis hingga kuantitas senyawa yang dikandung. Berdasarkan hasil penelitian Rukmana, dkk. (2016) pengamatan kuantitas metabolit sekunder melalui dedak tanaman padi varietas IR64 (Tabel 1).

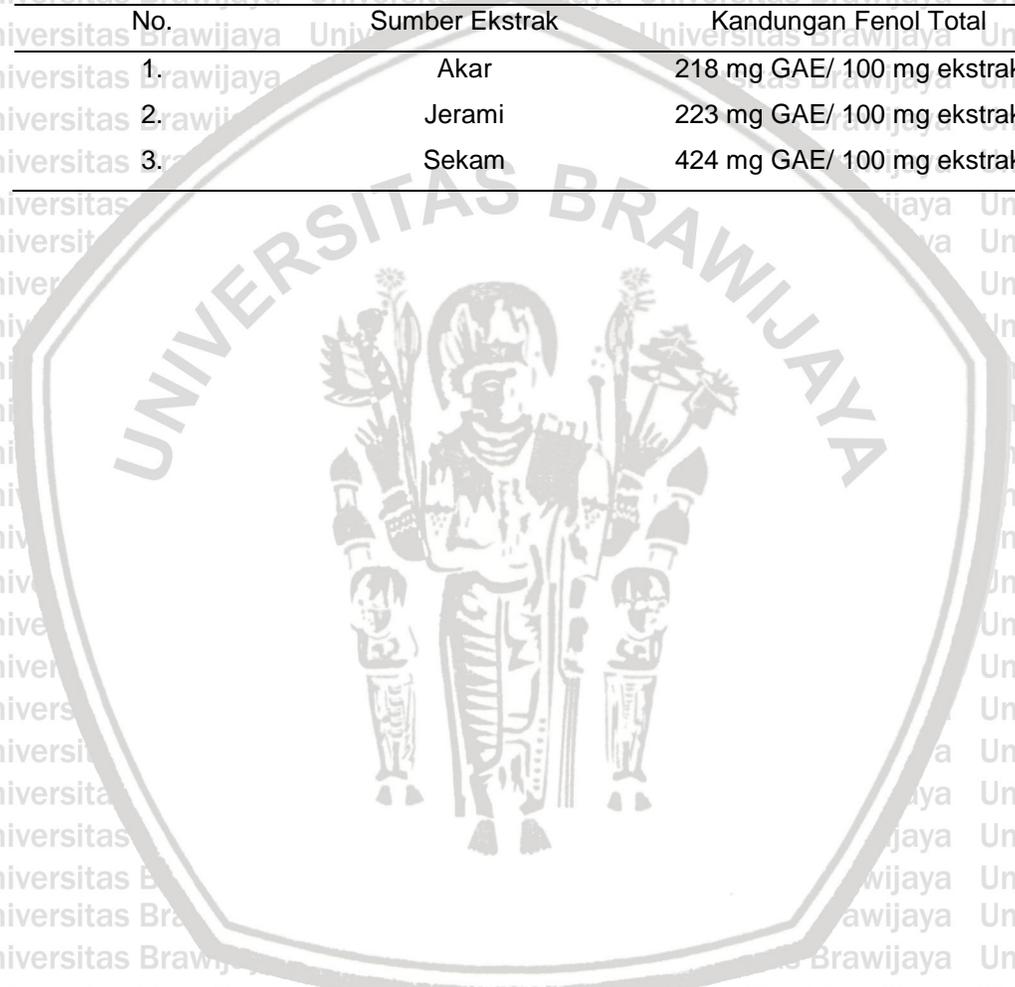
Tabel 1. Nilai Faktor Retensi (Rf) Ekstrak Bekatul (Rukmana, 2016)

Rice Bran Cultivars	Rf	Spot Color	Compound Groups
IR64	0.53	Dark green, black	Phenolic
	0.49	Fluorescent	Flavonoid
	0.44, 0.27, 0.14	Hazel	Terpenoid
	0.52, 0.39	Purple and fluorescent	Steroid Alkaloid

Mahayaning, dkk. (2015) juga menyatakan dari penelitiannya bahwa kandungan metabolit sekunder total fenol pada akar, batang dan sekam tanaman padi Var. IR64 dalam satuan mg GAE (*Gallic Acid Equivalents*) /100 mg (Tabel 2).

Tabel 2. Kandungan fenol total pada akar, batang dan sekam tanaman padi varietas IR64 (Mahayaning, dkk., 2015)

No.	Sumber Ekstrak	Kandungan Fenol Total
1.	Akar	218 mg GAE/ 100 mg ekstrak
2.	Jerami	223 mg GAE/ 100 mg ekstrak
3.	Sekam	424 mg GAE/ 100 mg ekstrak



3. METODE PENELITIAN

1.1 Tempat dan Waktu

Kegiatan penelitian telah dilaksanakan di UPT Kompos Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya dan Rumah Kaca Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malik Ibrahim pada bulan Desember 2018 hingga Oktober 2019.

1.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mikroskop, *Laminar Air Flow Cabinet* (L AFC), autoklaf, *hand sprayer*, cawan petri, jarum ose, bunsen, botol media, *cover glass*, *object glass*, pipet tetes, *micro pipet*, gelas ukur 100 ml, *beaker glass*, cutter, *syringe*, erlenmeyer ukuran 250 ml, kompor listrik, timbangan, penggaris, wadah persemaian, alat tulis dan alat alat lain yang menunjang penelitian ini.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat patogen *Rhizoctonia solani*, polybag, mikoriza, plastik wrap, plastik tahan panas, *aluminium foil*, kapas, aquades steril, pupuk NPK, *chloramphenicol*, tisu steril, alkohol 70%, kertas label, spirtus, tanah konvensional, pupuk kompos, pasir, pupuk daun media *potato dextrose agar* (PDA), dan *cholorox*.

1.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan variabel dosis mikoriza yang terdiri dari 6 perlakuan dan setiap perlakuan dilakukan 5 kali ulangan sehingga didapatkan jumlah total polibag dalam penelitian sebanyak 30 polibag dengan ukuran 5kg. 6 perlakuan yang digunakan di antaranya:

1. K0: Tanah konvensional + pupuk NPK anorganik
2. K1: Media AMB-P07 tanpa mikoriza
3. M1: Media AMB-P07 + 5 gram mikoriza/polibag
4. M2: Media AMB-P07 + 10 gram mikoriza/polibag
5. M3: Media AMB-P07 + 15 gram mikoriza/polibag
6. M4: Media AMB-P07 + 20 gram mikoriza/polibag

3.4 Persiapan Penelitian

Pada tahap persiapan penelitian dilakukan kegiatan awal sebelum penelitian utama yang mencakup studi literatur, persiapan alat dan bahan, dan penyemaian tanaman padi.

3.4.1 Pembuatan Pupuk Organik AMB-P07

Pembuatan Pupuk Organik AMB – P07 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 atau dapat dilakukan dengan blender. Bahan yang telah dihancurkan selanjutnya ditambahkan EM4 dan molase. Selanjutnya tutup campuran bahan lalu biarkan selama 5 hari. Kelembaban, suhu, dan sirkulasi udara pada proses pengomposan dijaga dengan menyemprotkan sedikit air setiap seminggu sekali dan mengaduk kompos untuk meratakan proses pengomposan.

3.4.2 Pembuatan Media Tanam AMB-P07

Media tanam AMB–P07 dibuat dengan mencampurkan Pupuk Organik AMB–P07 dengan pasir putih dan pupuk kompos daun dengan komposisi perbandingan 2:5:3

3.4.3 Persemaian Tanaman Padi

Persemaian padi dilakukan di nampan yang telah diisi tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1. Benih padi disemai di atas nampan dan dilakukan penyiraman setiap hari. Setelah umur 21 hari kemudian bibit padi ditanam di polibag.

3.4.4 Pembuatan Media PDA

PDA dibuat dengan cara, 250 gram kentang direbus dalam 1 liter aquades sampai lunak. Kemudian disaring dan air hasil saringan diukur hingga 1 liter kemudian ditambah 20 gram agar dan 20 gram *dextrose*, lalu direbus kembali sampai mendidih dan disaring kemudian disimpan di botol *scoff*.

3.4.5 Platting Media PDA

Platting dilakukan didalam LAFC karena kondisi harus steril. Cawan Petri yang telah disterilkan didekatkan pada Bunsen, lalu media PDA pada botol kaca diamsukkan ke cawan Petri sedikit demi sedikit. Setelah itu, cawan Petri diwrapping hingga rapat agar tida terkontaminasi.

3.4.6 Sterilisasi

Sterilisasi menggunakan autoklaf 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 autoklaf.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Pemberian Dosis Mikoriza

Pemberian dosis mikoriza dilakukan sebelum bibit padi dipindah tanam ke polybag, perlakuan dosis terdiri dari A0M0 sebagai kontrol negatif (tanah tanpa mikoriza), A1M0 sebagai kontrol positif (media AMB tanpa mikoriza), A1M1 (media AMB dengan 5 gram mikoriza/polybag), A1M2 (media AMB dengan 10 gram mikoriza/polybag), A1M3 (media AMB dengan 15 gram mikoriza/polybag), A1M4 (media AMB dengan 20 gram mikoriza/polybag).

3.5.2 Perawatan Tanaman

Perawatan dilakukan dengan mengondisikan ketersediaan air di media tanam serta menjaga lingkungan di sekitar tanaman agar tetap bersih sebagai tindakan preventif terhadap tumbuhnya gulma. Pemupukan juga dilakukan pada perlakuan K0 guna menyediakan unsur hara, mengacu pada panduan Puslitbang Tanaman Pangan (2006) bahwa pupuk diaplikasikan pada waktu awal pertumbuhan tanaman yakni pada umur 7 HST (Hari Setelah Tanam), kemudian aplikasi kedua pada fase vegetatif atau anakan aktif pada umur 21 HST dan terakhir pada fase primordia pada 35 HST. Pupuk yang diaplikasikan berupa NPK majemuk (15:15:15) dengan dosis 0,53 gram/polibag (Lampiran 2).

3.5.3 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman

Pada proses pelaksanaannya dilakukan pengamatan terhadap pertumbuhan padi yang terdiri dari tinggi tanaman, dan jumlah anakan yang tumbuh.

3.5.4 Perbanyak Isolat dan Persiapan Inokulum *Rhizoctonia solani*

Jamur *Rhizoctonia solani* yang digunakan adalah hasil eksplorasi pada lahan padi yang terkena penyakit hawar pelepah di area Malang. Isolasi jamur dilakukan di dalam LAFC dengan menyiapkan alat dan bahan, kemudian tanaman padi dipotong

setengah sakit dan setengah sehat dengan ukuran 1 cm x 1 cm, kemudian direndam dalam alkohol 70% selama 1 menit dan dibilas dengan aquades steril selama 1 menit sebanyak 2 kali. Setelah itu dikeringkan di atas tisu steril dan ditanam di media PDA pada cawan petri, kemudian cawan petri dibungkus dengan plastik wrap lalu diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruangan. Koloni jamur yang tumbuh dimurnikan, kemudian diamati di bawah mikroskop dan diidentifikasi. Setelah identifikasi jamur terlebih dahulu dipurifikasi pada media PDA yang baru agar mendapatkan biakan murni *R. solani*.

Persiapan inokulum menggunakan isolat jamur tersebut yang dilarutkan dengan 9 ml aquades sampai terbentuk suspensi kemudian dimasukkan ke tabung reaksi untuk dilakukan pengenceran sebanyak 2 kali.

3.5.5 Identifikasi Jamur

Rhizoctonia solani yang didapatkan dari hasil eksplorasi kemudian diisolasi dan diperbanyak melalui media PDA. Hasil perbanyakkan *R. solani* yang tumbuh di media PDA memiliki warna cenderung putih keabuan. Jamur diinkubasi selama 14 hari dengan suhu ruangan sekitar 28 hingga 30°C. Ditinjau dari pernyataan Blazier (2004) bahwa suhu yang ideal untuk pertumbuhan optimum jamur ini sekitar 20 hingga 30°C.

3.5.6 Inokulasi Patogen

Inokulasi *Rhizoctonia solani* berupa miselium yang dilakukan pada saat tanaman padi berumur 8 minggu setelah pindah tanam. Inokulum diinokulasikan pada pelepah padi melalui jarum suntik sesuai dengan metode Suharti, dkk. (2016), inokulum berbentuk suspensi dengan takaran 10ml suspensi miselium perpolibag tanaman.

3.5.7 Perhitungan Intensitas Penyakit dan Kenaikan Intensitas Penyakit

Perhitungan Intensitas Penyakit (IP) dilakukan menggunakan metode skoring yang mengacu pada Manandhar (2016) dengan rumus berikut:

$$IP = \frac{\sum (nxv)}{ZxN} \times 100\%$$

Keterangan:

IP : Intensitas serangan penyakit (%)

n : Jumlah daun bergejala dalam setiap kategori serangan

v : Nilai skala tiap kategori serangan

Z : Nilai kategori serangan tertinggi

N : Jumlah daun yang diamati

Intensitas penyakit yang diamati kemudian dihitung presentase kenaikannya pada pengamatan 3 HSI dan 12 HSI mengacu pada Wijayanti (2017) dengan rumus:

$$\text{Peningkatan} = \frac{a - b}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

a : Intensitas penyakit 12 HSI

b : Intensitas penyakit 3 HSI

3.5.8 Uji Senyawa Fenol

Pengujian kadar senyawa total fenol dilakukan di jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya menggunakan metode metode kolorimetri pereaksi Folin-Ciocalteu menggunakan spektrofotometri UV-Vis, sampel yang digunakan berupa pelepah padi sebanyak 0,5 gram perperlakuan.

Rorong (2015) menyatakan bahwa analisis secara spektrofotometri UV-Vis adalah suatu metode analisis kualitatif dan kuantitatif berdasarkan pengukuran absorbansi senyawa kimia terhadap radiasi energi tertentu dengan menggunakan sinar monokromatik. Metode spektrofotometri UV-Vis didasarkan pada pengukuran intensitas sinar yang diserap oleh suatu larutan, yang sebanding dengan konsentrasi senyawa tersebut.

Analisis kuantitatif senyawa fenol metode spektrofotometri UV-Vis melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Penetapan Kandungan Total Fenol

Penetapan kandungan total fenol ekstrak daun tempuyung dilakukan secara spektrofotometri menggunakan reagen Folin-Ciocalteu dan asam galat sebagai pembanding. Prinsip dari metode ini yaitu terbentuknya senyawa kompleks berwarna biru akibat reaksi antara senyawa fenolik pada sampel dengan reagen Folin-Ciocalteu dalam suasana basa yang dapat diukur dengan spektrofotometer visibel, lalu disetarakan dengan asam galat (Orak, dkk., 2006).

2. Penentuan Panjang Gelombang Standar Asam Galat

Penentuan panjang gelombang maksimal asam galat mengacu pada pernyataan Hapsari (2018) diawali dengan pembuatan larutan asam galat dengan konsentrasi 500 ppm. Kemudian diambil larutan sebanyak 0,1 ml dan dimasukkan kedalam tabung reaksi. Ditambahkan 7,9 ml akuades dan 0,5 ml larutan Folin-Ciocalteu kemudian divortex selama satu menit. Larutan di pindahkan kedalam labu ukur 10 ml kemudian di cukupkan dengan larutan Natrium Karbonat 20%. Larutan diinkubasi selama waktu *operating time* yang ditentukan dengan mengukur absorbansi larutan pada panjang gelombang 765 nm setiap 1 menit dan diamati waktu larutan tersebut mulai menghasilkan absorbansi yang stabil. Panjang gelombang maksimum diukur menggunakan spektrofotometri visibel pada 589 nm.

3. Penentuan kadar fenolik total

Penentuan kadar fenolik total pada tanaman padi berdasarkan prosedur dari Hapsari (2018) yaitu sebanyak 10,0 mg sampel ekstrak etanol sampel pelepah padi dilarutkan dalam 10 ml methanol. Diambil larutan sebanyak 0,1 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 7,9 ml akuades dan 0,5 ml larutan Folin-Ciocalteu. Kemudian divortex selama satu menit. Larutan dipindahkan ke dalam labu tentukur 10 ml kemudian dicukupkan dengan larutan Natrium Karbonat 20%. Lalu larutan diinkubasi selama waktu *operating time*. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer visibel pada panjang gelombang maksimum sebanyak 5 kali untuk satu kali pengukuran dan diambil rata-ratanya. Pengukuran dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali.

Kadar total fenol ekstrak pelepah padi dihitung dengan menggunakan substitusi nilai-nilai absorbansi rata-rata sampel ke dalam persamaan regresi linear yang didapat dari kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang maksimum dan didapat kurva kalibrasi asam galat serta persamaan garis linear $y = ax + b$ untuk mendapatkan konsentrasinya. Nilai konsentrasi sampel yang didapat kemudian disubstitusikan lagi kedalam rumus perhitungan kadar total fenol berikut:

$$\text{Kadar total fenol} = \frac{x.V.FP}{BS}$$

Keterangan:

x : Konsentrasi (ppm)

V : Volumer larutan sampel (ekstrak) (ml)

FP : Faktor pengenceran larutan sampel

BS : Berat sampel (g)

Kadar total fenol disajikan dalam satuan mg ekuivalen asam galat/gram sampel (mg GAE/g), satuan tersebut juga dapat dikonversikan menjadi ppm yang disetarakan $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/1 L}$ dengan keterangan $1 \text{ L} = 1000 \text{ gram}$.

3.5.9 Pengamatan Citra Mikrograf Jaringan Tanaman

Pengamatan citra mikrograf jaringan tanaman menggunakan sampel pelepah padi setengah sehat dan setengah sakit terjangkit penyakit hawar pelepah padi melalui *Scanning Electron Microscope (SEM) low-vacuum*. Pengamatan dilakukan di Laboratorium Sains dan Ilmu Hayati, Universitas Brawijaya.

Metode pengamatan menggunakan SEM *low-vacuum* berdasarkan Sujatno, dkk. (2015) pada proses pengambilan gambar dan data komposisi sampel teroksidasi dengan alat SEM, sampel diletakkan dan ditempel di atas SEM *specimen holder* dengan menggunakan *carbon double* tipe dengan bagian penampang lintang (*cross section*) mengarah vertikal ke atas atau lensa obyektif. Agar susunan lapisan matriks bahan dengan lapisan oksida terlihat dengan jelas. Double tip ini terbuat dari bahan karbon yang konduktif di dua sisi yang berfungsi menghantarkan semua elektron yang masuk ke dalam sampel keluar melalui grounding. Ruang sampel divakum hingga 10⁻⁶ torr untuk menjamin bahwa kolom SEM bebas dari molekul udara. SEM dioperasikan dengan standar parameter operasi sebagai berikut: High Voltage: 20 kV Spot Size: 50 Work Distance (WD): 10 mm WD setinggi 10 mm dipilih sebagai kompromi terhadap setingan untuk akuisisi sinyal EDX yang mensyaratkan 10 mm agar pendeteksian X-Ray dan pencacahannya optimal.

3.6 Analisa Data

Data hasil pengamatan vegetatif tanaman diuji menggunakan analisis ragam uji F ANOVA pada taraf 5%. Apabila parameter yang diamati terdapat pengaruh nyata maka setiap perlakuan diuji lanjut dengan menggunakan uji DMRT (*Duncan Multi Range Test*) pada taraf 5%. Hasil kandungan senyawa fenol di uji dengan uji T One

Sample Test pada taraf 5% dikarenakan data yang digunakan tidak menggunakan ulangan.

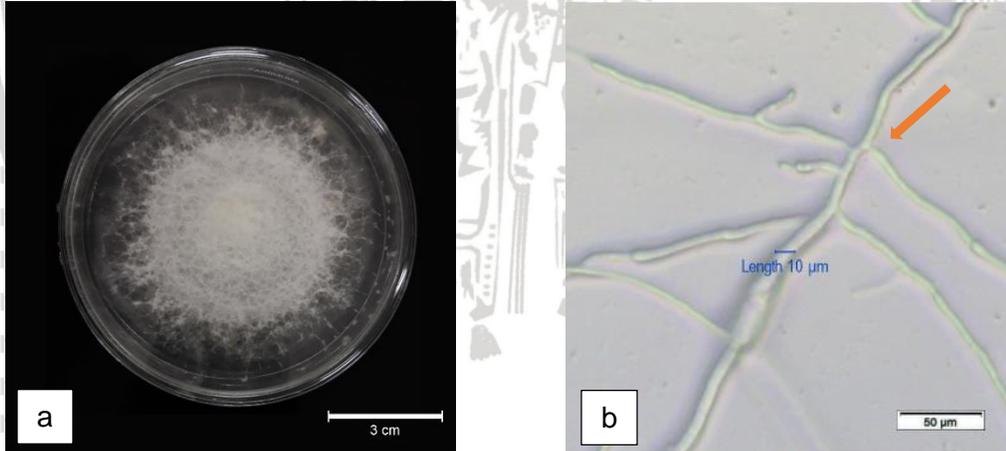


4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Rhizoctonia solani* Penyebab Penyakit Hawar Pelelepah Padi

Berdasarkan hasil pengamatan morfologi, dapat diketahui bahwa miselium berwarna putih dan menyebar di sekitar media PDA pada saat berumur 7 HSI (Hari Setelah Inokulasi) (Gambar 9a). Hifa jamur ini memiliki ciri khas yakni percabangan hifa yang membentuk sudut cenderung siku-siku dan bersekat serta lebar hifa 10 μm (Gambar 9b). Hal tersebut sejalan dengan pendapat Zheng dan Wang (2012) bahwa hifa *R. solani* membentuk koloni berwarna putih dan menyebar di atas media dalam cawan petri. Semangun (1993) menyatakan bahwa hifa *R. solani* memiliki percabangan yang hampir siku, pada titik percabangannya terdapat lekukan, lebar hifa 6–10 μm , dan bersekat.

Alexopoulos (1979) memaparkan bahwa hifa *R. solani* memiliki pori yang disebut dolipori. Begitupula pernyataan oleh Sumartini (2011) bahwa pertumbuhan hifa terjadi melalui fusi antara dua percabangan hifa yang disebut anastomosis. *R. solani* menimbulkan gejala serangan yang berbeda jika kelompok anastomosisnya berbeda.

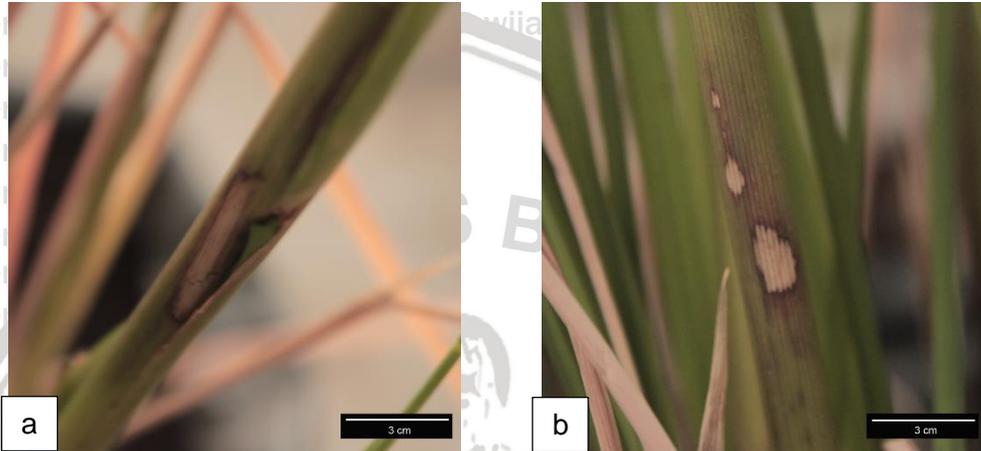


Gambar 9. Morfologi *R. solani*. a). Hasil purifikasi di media PDA 7 HSI (Hari Setelah Inokulasi). b). Percabangan hifa *Rhizoctonia solani* membentuk sudut 90° (panah) perbesaran 400x.

Gejala yang disebabkan *R. solani* berupa lesi berwarna abu-abu dengan tepi berwarna coklat atau lebih gelap (Gambar 10). Sesuai dengan pernyataan Uppala dan Zhou (2018) bahwa penyakit hawar pelelepah berkembang, membesar dan cenderung menyatu membentuk lesi yang lebih besar dengan pusat putih keabu-abuan dengan

sisi lingkaran berwarna cokelat. Infeksi dapat menyebar ke sisi daun lainnya dan menyebabkan luka yang tidak teratur dengan garis hijau gelap, cokelat, atau kuning.

Nuryanto (2017) menambahkan bahwa *R. solani* berkecambah dan menginfeksi bagian pelepah daun padi, kemudian berkembang ke arah dalam dan menginfeksi bagian batang padi. Kerusakan yang terjadi pada ruas batang menyebabkan tanaman padi mudah rebah serta dapat menghambat aliran air dan nutrisi.



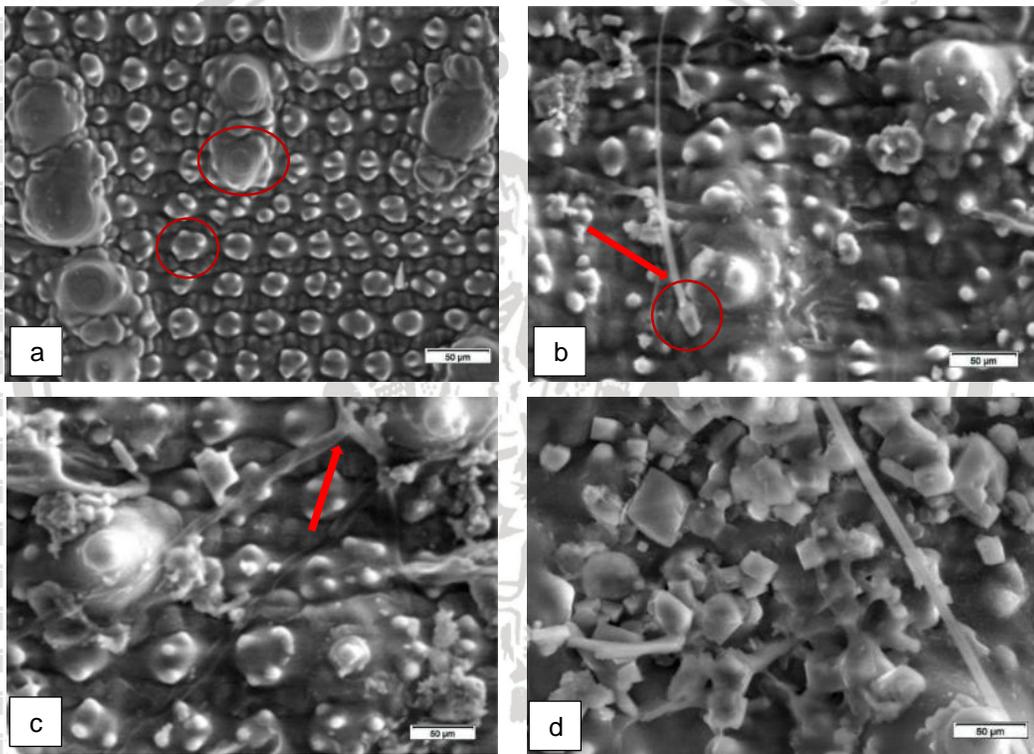
Gambar 10. Gejala Hawar Pelepah Padi. a). Gejala hawar pelepah padi tinggi, b). Gejala hawar pelepah padi rendah.

Patogen *R. solani* menyerang tanaman dengan menginfeksi melalui jaringan tanaman yang kemudian berkembang dan menyebabkan kerusakan pada bagian-bagian tanaman sehingga berpengaruh pada morfologi dan fungsi fisiologis tanaman.

Perbedaan citra yang diamati mengindikasikan bahwa pelepah tanaman padi yang terkena penyakit mengalami perubahan morfologis maupun fisiologis, menurut Widyastuti, dkk (2005) bahwa gejala penyakit tanaman menyebabkan kelainan morfologi atau fisiologi sebagai respon gangguan patogen.

Dari hasil pengamatan melalui SEM diketahui bahwa jaringan pelepah tanaman padi sehat memiliki citra yang berbeda dibandingkan dengan jaringan pelepah tanaman padi yang sakit atau terjangkit penyakit. Pada pelepah padi sehat ditandai dengan kenampakan fitolit yang mengendap masih berbentuk normal dan beraturan (gambar 11a) berdasarkan pernyataan Anala dan Nambisan (2014) bahwa pada permukaan pelepah padi terdapat fitolit yang merupakan silika dari tanah dan terserap oleh tanaman dan akhirnya mengendap pada jaringan tanaman. Meskipun tidak signifikan, fitolit memiliki peran pada ketahanan tanaman. Pada jaringan

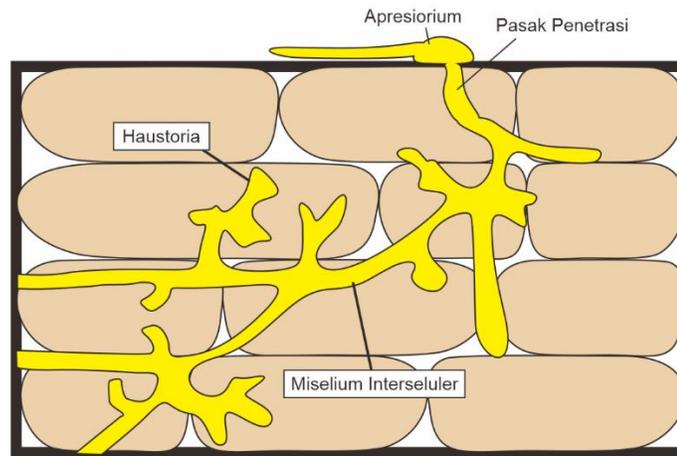
tanaman sakit terdapat *R. solani* dan terbentuknya apresorium berupa pembengkakan di ujung hifa (gambar 11b), apresorium tersebut berguna sebagai alat penetrasi patogen kedalam jaringan tanaman, berdasarkan pernyataan Zheng dan Wang (2011) bahwa hifa dapat berkembang lebih banyak dari apresorium yang berada di titik penetrasi. Hifa *R. solani* yang nampak semakin diperjelas dengan ciri khas dari patogen tersebut yakni membentuk percabangan yang cenderung siku 90° (gambar 11c). Citra terakhir dapat diketahui dari pengamatan pelepah padi bergejala terparah nampak fitolit-fitolit yang menempel di permukaan jaringan tanaman hancur dan berbentuk tidak beraturan (gambar 11d).



Gambar 11. Visualisasi SEM (*Scanning Electron Microscope*) Pelepah Padi Sehat dan Pelepah Padi Sakit. a). Kenampakan fitolit normal (lingkaran) yang mengendap di jaringan pelepah padi, b). Apresorium (lingkaran) *R. solani* yang menempel pada jaringan tanaman (panah), c). Perkembangan Hifa (panah), d). Fitolit dan jaringan tanaman yang rusak.

Proses infeksi *R. solani* membutuhkan beberapa tahapan sehingga dapat menembus jaringan tanaman, mengacu pada pernyataan Agrios (2005) bahwa proses infeksi patogen jamur ke jaringan tanaman diawali dengan terbentuknya apresorium

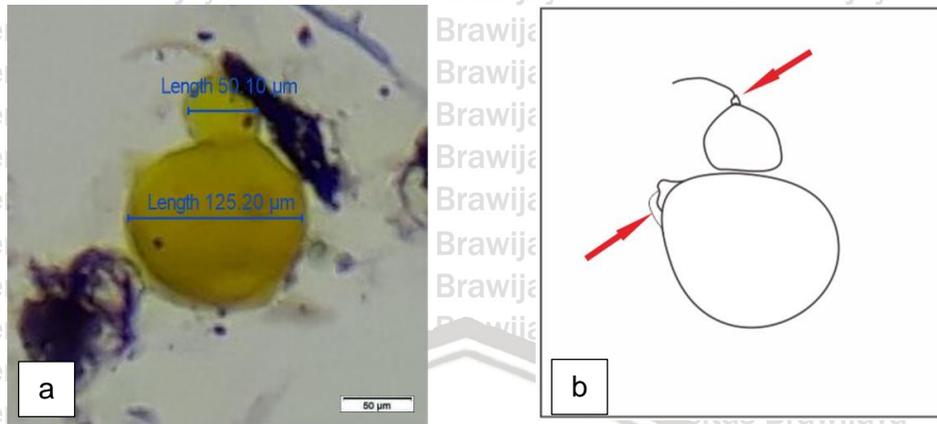
yang berada di permukaan jaringan tanaman, apresorium yang menempel pada inang harus cukup kuat karena terdapat penolakan kimiawi alami dari tanaman seperti enzim dan metabolit sekunder yang berfungsi sebagai ketahanan tanaman, serta faktor fisik tanaman juga merupakan tantangan patogen tersebut. Selanjutnya adalah penetrasi, terdapat pasak penetrasi pada *R. solani* yang terbentuk dari apresorium kemudian mengembangkan miseliumnya untuk lebih masuk ke dalam jaringan tanaman. Infeksi akan terjadi ketika patogen bersentuhan atau kontak dengan jaringan tanaman dan akan menyebabkan gejala setelah melewati masa inkubasi yang dipengaruhi oleh kemampuan patogenesitas patogen serta kerentanan jaringan tanaman tersebut. Selain miselium interseluler *R. solani* juga memiliki haustoria yang berguna untuk menjangkau patogen menuju sel epidermal (Gambar 12).



Gambar 12. Ilustrasi Infeksi *R. solani* pada Permukaan Jaringan Tanaman

4.2 Mikoriza

Berdasarkan identifikasi yang dilakukan, diketahui bahwa mikoriza berbentuk bulat, berwarna kuning, berukuran 125,20 μm dan terdapat *bulbous suspensor* (Gambar 13).



Gambar 13. Hasil Identifikasi Mikoriza. a). Mikoriza *Gigaspora* sp., b). Ilustrasi kenampakan mikoriza, *Bulbous suspensor* (panah).

Berdasarkan ciri-ciri hasil pengamatan, diketahui bahwa mikoriza berjenis *Gigaspora*. Menurut INVAM (2008) mikoriza genus *Gigaspora* memiliki spora berbentuk *globose* atau *sub-globose*, berukuran besar, dan suspensor yang melekat pada permukaan terluar dinding spora. Patriyasari (2006) menambahkan bahwa *Gigaspora* memiliki ciri khas mikoriza ini adalah memiliki *bulbous suspensor*.

4.3 Rata-rata Kandungan Fenol Pada Tanaman Padi

Metabolit sekunder yang diamati pada penelitian ini berupa senyawa fenol. Uji kandungan senyawa fenol menghasilkan nilai yang signifikan antara perlakuan kontrol (K0) dengan nilai rata-rata perlakuan media AMB-P07 + mikoriza (Tabel 3).

Tabel 3. Rata-rata Kandungan Fenol Tanaman Padi

Perlakuan	Rata-rata Kandungan Fenol Pada Pelelepah Tanaman Padi (ppm)			Nilai Probabilitas (p)	
	Kontrol	AMB-P07	AMB-P07 + Mikoriza	Kontrol terhadap AMB-P07 + Mikoriza	AMB P07 terhadap AMB-P07 + Mikoriza
Kandungan Fenol (ppm)	0,021	0,042	0,252	0,047*	0,052

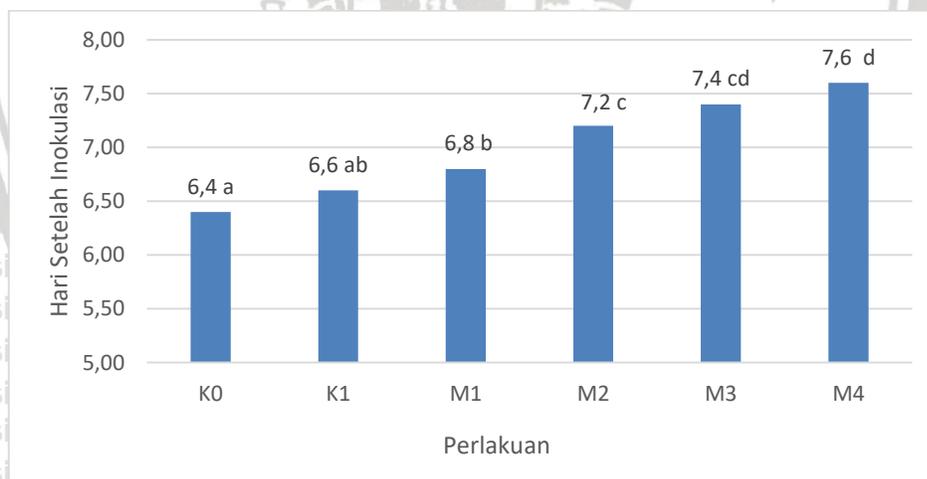
Keterangan: angka pada nilai probabilitas yang diikuti tanda (*) berbeda nyata ($p < 0,05$)

Dari tabel di atas diketahui bahwa hasil uji fenol pada perlakuan kontrol (K0) atau media tanam konvensional memiliki kandungan fenol sebesar 0,021 ppm, kemudian pada perlakuan media tanam AMB-P07 tanpa mikoriza memiliki kandungan fenol sebesar 0,042 ppm, dan pada perlakuan AMB-P07 dengan mikoriza memiliki kandungan fenol sebesar 0,252 ppm. Dapat dinyatakan bahwa perbandingan kandungan fenol pada perlakuan kontrol dengan media AMB-P07 + mikoriza berbeda

nyata. Menurut pernyataan Ramadhan, dkk (2017) bahwa infeksi mikoriza menginduksi perubahan metabolisme yang mempengaruhi sintesis beberapa kandungan pada tanaman, seperti terpenoid, minyak esensial, glukosinolat, fitoaleksin, dan komponen fenol. Sedangkan perbandingan antara media AMB-P07 tanpa mikoriza dengan AMB-P07 + mikoriza menunjukkan tidak berbeda nyata, hal ini diduga karena kedua media tanam tersebut memiliki bahan dasar yang sama yakni menggunakan rimpang jahe. Menurut Jasim, dkk (2014) bahwa rimpang jahe dapat membantu tanaman untuk berasosiasi dengan bakteri-bakteri yang ada di dalam tanah atau media tanam karena adanya asosiasi oleh bakteri *Bacillus*. Ditinjau dari hasil penelitian Wijayanti, dkk (2017) bahwa perlakuan bakteri *Bacillus* pada tanaman dapat meningkatkan kadar total fenol.

4.4 Lama Munculnya Gejala Penyakit Hawar Pelelah Padi (*Rhizoctonia solani*)

Hasil pengamatan lamanya muncul gejala penyakit hawar pelelah yang disebabkan jamur *R. solani* pada tanaman padi memiliki waktu yang berbeda di setiap perlakuan, berikut ini adalah diagram lama munculnya gejala hawar pelelah padi (Gambar 14).



Gambar 14. Grafik Inkubasi Penyakit Hawar Pelelah Padi

Berdasarkan grafik di atas diketahui bahwa gejala penyakit yang muncul dengan waktu tersingkat terdapat pada perlakuan kontrol (K0) dan waktu terlama pada perlakuan M4. Hal tersebut terjadi diduga karena faktor perlakuan mikoriza yang diberikan sehingga dapat menghambat terjadinya inokulasi patogen yang kemudian berpengaruh pada waktu lamanya gejala yang muncul di tanaman padi. Menurut

Agrios (1997) bahwa asosiasi tanaman dengan mikoriza dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit, beberapa jenis mikoriza yang telah diuji terbukti mampu menurunkan tingkat kerusakan tanaman yang disebabkan oleh beberapa patogen, terutama patogen tular tanah. Dalam penelitiannya, Sharman (2007) mengemukakan bahwa mikoriza yang membungkus akar dapat membantu akar terhindar dari serangan hama dan penyakit, sehingga infeksi patogen akan terhambat dikarenakan mikoriza menggunakan semua kelebihan karbohidrat dan eksudat akar lainnya yang menyebabkan lingkungan tidak ideal bagi patogen.

4.5 Intensitas Penyakit Hawar Pelelah Padi

Intensitas penyakit hawar pelelah padi yang disebabkan patogen jamur *Rhizoctonia solani* menunjukkan nilai yang berbeda di setiap perlakuannya, berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan sebanyak 3 kali dapat diketahui perlakuan yang memiliki intensitas penyakit paling tinggi dan perlakuan yang memiliki intensitas penyakit terendah.

Dari perhitungan intensitas penyakit yang diamati pada 3, 7 dan 12 HSI dapat diketahui bahwa pada pengamatan 12 HSI perlakuan M4 memiliki intensitas terendah dengan nilai 3,54%, sedangkan perlakuan K0 memiliki intensitas tertinggi dengan nilai 5,51%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan mikoriza pada media tanam memiliki pengaruh terhadap intensitas penyakit hawar pelelah padi (Tabel 4).

Tabel 4. Intensitas Penyakit Hawar Pelelah Padi oleh *Rhizoctonia solani*.

P	Rata-rata Intensitas Penyakit (%)		
	3HSI	7HSI	12HSI
K0	4,8	5,37c	5,51c
K1	4,98	5,28c	5,42c
M1	3,42	4,22b	4,36b
M2	3,5	3,98b	4,26b
M3	3,12	3,64ab	3,88ab
M4	2,94	3,22a	3,54a

Mikoriza yang diintroduksi pada media tanam dapat memberi dukungan pada akar tanaman untuk menyerap unsur hara dan juga memberi ketahanan dari patogen yang merugikan sehingga berpengaruh pada kemampuan patogenesitas *R. solani* yang merupakan patogen tular tanah. Menurut pernyataan Morandi (2002) bahwa mikoriza mampu menekan pertumbuhan dan menurunkan presentase infeksi serta mengurangi jumlah sklerotium dari *R. solani*, begitupula ditinjau dari pendapat

Soenartiningih (2012) bahwa tanaman bermikoriza mampu menghasilkan zat biokimia yang bersifat antagonistik, serta memberikan perlindungan tanaman terhadap patogen dengan pengimbasan kimia yang dikeluarkan akar selama simbiosis sehingga tanaman mempunyai ketahanan yang baik. Selain itu, terjadinya lignifikasi dan peningkatan kadar fenol pada jaringan tanaman yang terinfeksi mikoriza. Maka, ketahanan tanaman yang diinfeksi mikoriza dapat secara langsung dengan terbentuknya lignifikasi sebagai pertahanan dari dinding sel akar serta ketahanan secara induksi karena peningkatan kadar kandungan fenol.

4.6 Hubungan Kandungan Senyawa Fenol dengan Kenaikan Intensitas

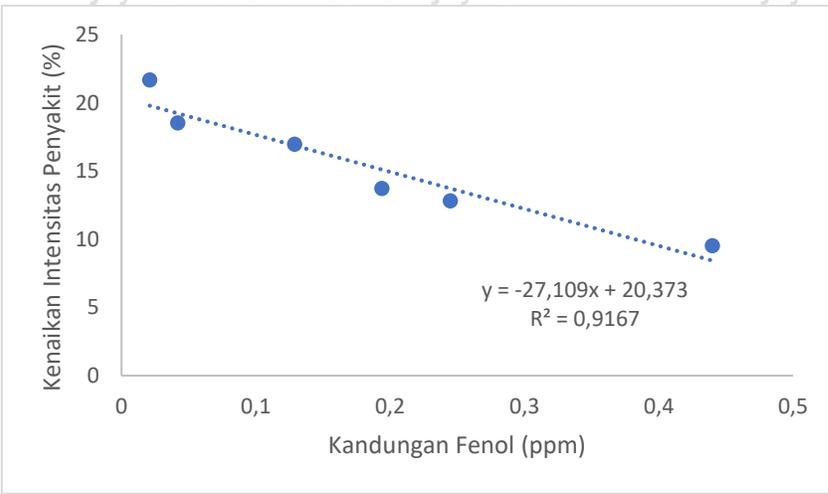
Penyakit

Kandungan senyawa fenol memiliki peran sebagai metabolit sekunder tanaman padi di mana dapat mempengaruhi nilai kenaikan intensitas penyakit hawar pelepah padi. Kandungan senyawa tersebut dihubungkan dengan kenaikan intensitas penyakit hawar pelepah padi (Tabel 5).

Tabel 5. Kandungan Senyawa Fenol dan Kenaikan Intensitas Penyakit Hawar Pelepah Padi

Perlakuan	Kandungan Senyawa Fenol (ppm)	Kenaikan Intensitas Penyakit (%)
K0	0,021	23,62
K1	0,042	18,52
M1	0,129	16,96
M2	0,194	13,71
M3	0,245	12,82
M4	0,44	9,52

Berdasarkan data yang dihasilkan bahwa semakin tinggi kandungan senyawa fenol pada tanaman padi maka nilai kenaikan intensitas penyakit semakin rendah. Hasil dari pengujian koefisien korelasi antara kandungan senyawa fenol dan intensitas penyakit menunjukkan $r = -0,925$, berdasarkan de Vaus (2002) bahwa nilai tersebut menunjukkan hubungan keduanya sangat erat. Selain itu kandungan senyawa fenol memiliki pengaruh sebesar 91% terhadap nilai intensitas penyakit hawar pelepah padi (Gambar 15). Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan senyawa fenol pada tanaman maka semakin rendah nilai kenaikan dari serangan penyakit hawar pelepah padi yang disebabkan oleh patogen *R. solani*.



Gambar 15. Hubungan Kandungan Fenol dengan Kenaikan Intensitas Penyakit.

4.7 Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Padi

4.7.1 Tinggi Tanaman Padi

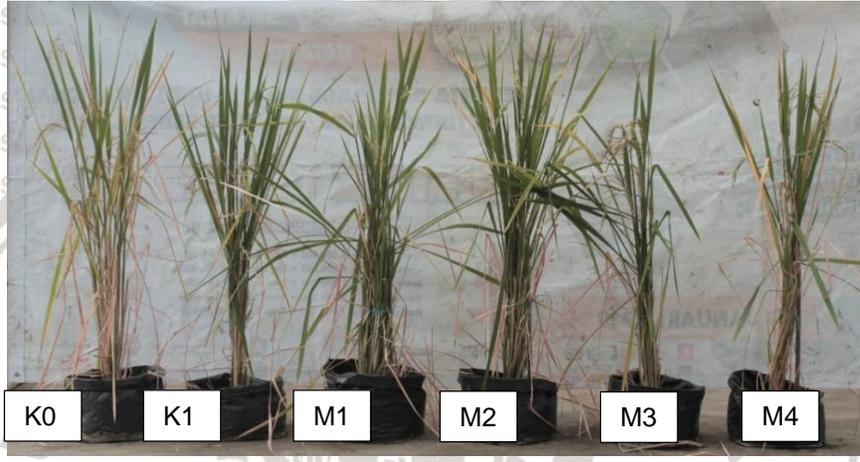
Hasil dari pengamatan tinggi tanaman padi mengalami kenaikan di setiap waktu pengamatannya, nilai rata-rata tinggi tanaman padi diketahui terdapat perbedaan di setiap perlakuan (Tabel 6).

Tabel 6. Rata-rata Tinggi Tanaman Padi

P	Rata-rata Tinggi Tanaman Padi						
	4MSPT	5MSPT	6MSPT	7MSPT	8MSPT	9MSPT	10MSPT
K0	23,94e	24,54d	33,4c	45,52d	57,7e	75,0b	90,5c
K1	21,9cd	22,81bc	30,5b	40,8ab	55,2d	73,8b	90,14c
M1	21,5bc	21,54a	29a	41,9bc	51,7ab	69,8a	84,72b
M2	22,52d	23,24c	30,7b	42bc	53,2bc	69,0a	84,58b
M3	20,9ab	22ab	30,4b	42,3c	53,8cd	70,2a	86,4b
M4	20,3a	21,9a	29,1a	40a	51,0a	68,4a	81,46a

Berdasarkan hasil pengamatan pertumbuhan tinggi tanaman padi hingga 10 MSPT. Perbandingan tinggi tanaman antara perlakuan K0 dan perlakuan lainnya memiliki nilai yang berbeda, bahkan pada 10 MSPT tinggi tanaman padi K0 memiliki angka tertinggi sedangkan perlakuan M4 memiliki angka terendah. Ditinjau dari bahan yang diberikan pada masing-masing perlakuan dapat diketahui bahwa perlakuan K0 menghasilkan rata-rata tinggi tanaman padi tertinggi yaitu sebesar 90,5 cm pada 10 MSPT dibandingkan perlakuan lainnya. Penggunaan bahan anorganik berupa pupuk NPK dapat meningkatkan tinggi tanaman padi dibandingkan dengan penggunaan

bahan organik. Sejalan dengan pernyataan Siswanto, dkk. (2015) bahwa ada beberapa kelemahan bahan atau pupuk organik yaitu kandungan hara pupuk organik rendah sehingga tanpa pupuk anorganik menyebabkan sumbangan hara sangat sedikit, pupuk organik harus melalui proses mineralisasi, dan immobilisasi unsur hara sehingga unsur hara lambat tersedia bagi tanaman. Berbeda dengan unsur hara yang terkandung di pupuk anorganik lebih cepat tersedia untuk tanaman. Unsur N merupakan unsur terpenting pada fase vegetatif tanaman.



Gambar 16. Tinggi Tanaman Padi

4.7.2 Jumlah Anakan Padi

Jumlah anakan Padi juga diukur sebagai salah satu indikator pertumbuhan vegetatif tanaman. Dari pengamatan jumlah anakan sebanyak 9 kali dan dilakukan perbandingan antar perlakuan sehingga dapat diketahui perlakuan yang memiliki rata-rata jumlah anakan terbanyak dan perlakuan yang memiliki rata-rata jumlah anakan terendah (Tabel 7).

Tabel 7. Rata-rata Jumlah Anakan Padi

Perlakuan	Rata-rata Jumlah Anakan Tanaman Padi					
	4 MSPT	5 MSPT	6MSPT	7MSPT	8MSPT	9MSPT
K0	23,20e	14,20c	16,4a	13,60b	14d	19,40c
K1	20,40cd	8,60a	10,2a	10,20a	9ab	16b
M1	18,20ab	10,80b	9,4a	9,80a	9,1ab	15,20b
M2	21d	11,20b	10a	10a	10,4b	14,80b
M3	19,40bc	10,60b	10,4a	10,40a	12,2c	14,40b
M4	18a	10b	19b	10,1a	9,4a	11,60a

Dari hasil pengamatan jumlah anakan tanaman padi, dihasilkan data yang fluktuatif. Hal tersebut disebabkan tanaman mengalami perkembangan dan juga mengalami kekurangan nutrisi sehingga beberapa anakan menjadi layu dan mati. Pada data pengamatan terakhir yakni di 9 MSPT (Hari Setelah Pindah Tanam) menunjukkan perlakuan K0 memiliki rata-rata jumlah anakan tertinggi sedangkan M4 memiliki rata-rata jumlah anakan nilai terendah, hal ini serupa dengan pola data tinggi tanaman pada (Tabel 3) bahwa faktor pemberian pupuk NPK anorganik menghasilkan nilai tertinggi dibandingkan perlakuan yang lain. Linier dengan penelitian yang dilakukan Siwanto, dkk (2015) bahwa aplikasi pupuk anorganik menghasilkan komponen hasil seperti jumlah anakan dan panjang malai yang lebih tinggi dibandingkan tanpa pemupukan. Begitu juga peningkatan aplikasi dosis pupuk anorganik yang semakin tinggi dapat meningkatkan hasil yang lebih tinggi.

Faktor pupuk anorganik sangat berpengaruh pada fase pertumbuhan tanaman padi, sesuai dengan pernyataan Suharno, dkk (2007) bahwa komponen hasil padi dipengaruhi oleh fotosintesis tanaman, dimana proses ini dipengaruhi oleh unsur hara N, P, dan K. Unsur N berfungsi meningkatkan kandungan klorofil daun tanaman sehingga proses fotosintesis tanaman meningkat. Jumlah klorofil yang tinggi menunjukkan proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. 1997. Plant Pathology. London: Academic Press.
- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. New York: Elsevier Academic Press.
- Ahmad, A. R., Juwita, Siti A. D. R., dan Abdul M. 2015. Penetapan Kadar Fenolik dan Flavonoid Total Ekstrak Metanol Buah dan Daun Patikala (*Etlintera elatior* (Jack) R.M.SM). Pharm Sci Res. Vol. 2
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., & Blackwell, M. 1996. Introductory Mycology. 4th Edition. In Introductory Mycology. 4th Edition.
- Anala, R. & Nambisan P. 2014. Study of Morphology and Chemical Composition of Phytoliths on The Surface of Paddy Straw. Japan: Paddy and Water Environment.
- Anif, S & Kun Harismah. 2004. Efektivitas Pemanfaatan Limbah Tomat Sebagai Pengganti EM4 Pada Proses Pengomposan Sampah Organik. Laporan Penelitian Dosen Muda, DP3M Dirjen Dikti. Surakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UMS.
- Bahagiawati, Septiningsih EM, Yunus M, Prasetyono J, Dadang A, Sutrisno. 2005. Aplikasi Teknologi Marka Molekuler Untuk Verifikasi Identitas Genetik Varietas Sayuran Komersial. J. Hort.
- Beltrán, Norma Patricia Silva. 2015. Total Phenolic, Flavonoid, Tomatine, and Tomatidine Contents and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Extracts of Tomato Plant. Mexico: Hindawi Publishing Corporation International Journal of Analytical Chemistry Volume 2015.
- Bing, Y. Yoichi, N. Masaharu dan K. Tetsuya. 2001. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. Journal of Medicinal Food 2001; 4: 211 – 218.
- Blazier, S. R., and Kenneth E. C. 2004. Characterization of *Rhizoctonia solani* Isolates Associated with Patch Diseases on Turfgrass. Proc. Okla. Acad. Sci. 84: pp 41-51.
- Brundrett, M. 2004. Diversity and Classification of Mycorrhizal Associations. Jurnal Biological Review. 79:473–495.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2014. Produksi Sayuran di Indonesia pada Tahun 2000-2014.
- Buyck, B. & Adamčík, S. (2013) – Type studies in *Russula* subsection *Lactarioideae* from North America and a tentative key to North American species. Cryptog. Mycol. [IPNI] 34 (3): 259-279.

Chun, Kim D. O., and Lee C. Y. 2003. Superoxide Radical Scavenging Activity of The Major Polyphenols In Fresh Plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51 (27).

Cordier, C. Pozo M. J., Barea J. M., Gianinazzi, S., and Gianinazzi-Pearson V. 1998. Cell Defense Responses Associated with Localized and Systemic Resistance to *Phytophthora parasitica* Induced in Tomato by an Arbuscular Mycorrhizal Fungus. USA: The American Phytopathological Society.

Dalimoenthe, Salwa Lubnan. 2013. Pengaruh Media Tanam Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Perakaran Pada Fase Awal Benih Teh Di Pembibitan. Bandung: Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung.

Diagne, N., Thioulouse, J., Sanguin, H., Prin, Y., Krasova-Wade, T., Sylla, S., Duponnois, R. 2013. Ectomycorrhizal Diversity Enhances Growth and Nitrogen Fixation Of Acacia Mangium Seedlings. *Soil Biology and Biochemistry*,

Duke, J.A., M.J. Bogenschutz-Godwin, J. duCellier dan P.A.K. Duke. 2002. *Handbook of Medicinal Herbs* Second Edition. Florida: CRC Press.

Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 2005. *Floriculture: Principles and Species*. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River.

Eizenga, G.C., F.N. Lee, & J.N. Rutger. 2002. Screening *Oryza* Species Plant for Rice Sheath Blight Resistance. *Plant Disease* 86: 808-812.

Eliza, A. Munif, I Djatnika, Widodo. 2008. Karakter Fisiologis dan Peranan Antibiosis Bakteri Perakaran Graminae terhadap *Fusarium* dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman Pisang. Bogor: IPB.

Febriani, Wiwin, Melya R., dan Surnayanti. 2017. The Application Of Various Planting Media and Spore Inoculums to Improve Ectomycorrhizal Colonization And Growth Of *Shorea Javanica*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.

GBIF Secretariat. 2019. *Rhizoctonia solani* J. G. Kühn. Denmark: GBIF Backbone Taxonomy

Ghosh, S., Poonam K., Gopaljee J. 2017. Alterations in Rice Chloroplast Integrity, Photosynthesis and Metabolome Associated with Pathogenesis of *Rhizoctonia solani*. *Sci Rep* 7, 41610.

Gleason, F. K., & Chollet, R. 2012. *Plant biochemistry*. Sudbury, Mass: Jones & Bartlett Learning.

Hajoeningtjas, O. D. 2009. Ketergantungan Tanaman Terhadap Mikoriza Sebagai Kajian Potensi Pupuk Hayati Mikoriza Pada Budidaya Tanaman Berkelanjutan. Purwokerto: Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Hanafiah, K.A. 2005. *Dasar - dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Rajawali Pers.

Harrison & Dixon. 1993. Harrison MJ, Dixon RA. Isoflavonoid Accumulation and Expression of Defense Gene Transcripts During The Establishment Of Vesicular–Arbuscular Mycorrhizal Associations In Roots Of *Medicago Truncatula*. *Molecular Plant Microbe Interactions*. 1993; 6:643–654.

Harjadi, S. S. 1989. *Dasar-Dasar Hortikultura*. Jurusan Budidaya Pertanian. Bogor: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Hartoyo B. 2012. Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Penggunaan Pupuk Fosfat Alami Dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan, Biomassa Dan Produksi Asiatikosida Pegagan (*Centella asiatica* L. Urban) Di Andosol [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Herlangga, Audrey Olivia. 2016. Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula Dan Pupuk Fosfat Alam Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Trembesi (*Samanea saman* (Jacq) Merr). Bogor: IPB.

Inagaki, K. 2001. Outbreaks of Rice Sclerotium Diseases in Paddy Fields and Physiological and Ecological Characteristics of this Causal Fungi. *Science Replications Agricultures*, Meijo University. 37: 57–66.

INVAM. 2013. International culture collection of Vesikular Arbuscular Mychorizal fungi (US). 2014.

Irchaiya, D., A. Kumar, A. Yadav, N. Gupta., S. Kumar, G. Nikhil, K. Santosh, Y. Vinay, A. Prakash, dan H. Gurjar. 2015. Metabolite in Plant and Its Classification. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science* 4(1).287-305.

Istigfaiyah, L. 2018. Dentifikasi Dan Karakterisasi Mikoriza Pada Tegakan *Gmelina arborea*. Makassar: Unhas.

Iswanto, E.H. 2016. Peran Senyawa Metabolit Sekunder Tanaman Padi terhadap Ketahanan Wereng Cokelat (*Nilaparvata lugens*). Bogor: Balai Penelitian Tanaman Padi.

Jasim B, Joseph AA, John CJ, Mathew J, Radhakrishnan EK. 2014. Isolation and Characterization of Plants Growth Promoting Endophytic Bacteria from The Rhizome of *Zingiber Officinale*. *Biotech*. 4: 197-204.

Jastrow, D.J., Amonette, J.E. and Bailey, V.L. 2007. Mechanisms Controlling Soil Carbon Turnover and Their Potential Application For Enhancing Carbon Sequestration. *Climatic Change*, 80, 5–23.

Kusmiadi, Riwan. 2011. Kajian Efikasi Ekstrak Rimpang Jahe Dan Kunyit Sebagai Upaya Untuk Memperpanjang Umur Simpan Buah Salak Pondoh Akibat Serangan Cendawan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

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.

Lattanzio, V. 2013. Phenolic Compounds: Introduction. In *Natural Products* (pp. 1543–1580).

Lehman, A., S. D., Veresoglou, E. F. Leifheit, and M. C. Rillig. 2014. Arbuscular Mycorrhizal Influence on Zinc Nutrition in Crop Plants-A Meta-analysis. *Soil Biology & Biochemistry*, 69, 123 – 131.

Li, J., and R.J. Kremer. 2000. Rhizobacteria Associated with Weed Seedlings in Different Cropping Systems. *Weed Sci*.

Mahayaning, F.A., Sri D., Yulita N., 2015. Pengaruh Alelokimia Ekstrak Tanaman Padi (*Oryza sativa* L. Var. Ir64) Terhadap Perkecambah dan Perkembangan Kecambah Kedelai (*Glycine max* L.). Semarang: Universitas Diponegoro.

Makarim, A. Karim dan E. Suhartatik. 2009. *Morfologi dan Fisiologi Tanaman Padi*. Subang: Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.

Manandhar, H.K., Timila, R.D., Sharma, S., Joshi, S., Manandhar, S., Gurung, S.B., Sthapit, S., Palikhey, E., Pandey, A., Joshi, B.K., Manandhar, G., Gauchan, D., Jarvis, D.I. and Sthapit, B.R. 2016. *A Field Guide for Identification and Scoring Methods of Diseases in The Mountain Crops of Nepal*. Nepal: NARC, DoA, LI-BIRD and Bioversity International.

Mikola P. 1980. *Tropical Mycorrhiza Research*. Clarendon Press Oxford, New York.

Mithöfer, A., Vadassery, J., Reichelt, M., Hause, B., Gershenzon, J., Boland, W., & 2012. CML42-Mediated Calcium Signaling Coordinates Responses to Spodoptera Herbivory and Abiotic Stresses in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 159(3), 1159–1175.

Morandi, D. 1989. Effect of Xenobiotics on Endomycorrhizal Infection and Isoflavonoid Accumulation in Soybean Roots. *Plant Physiol. Biochem.* 27

Morandi, D., A. Gollote and P. Camporate. 2002. Influence of an arbuscular mycorrhizal Fungus on the interaction of binucleate Rhizoctonia species with Myc+ and Myc – pea root. *Mycorrhiza* 12: 97 – 102.

Mujim, Subli. 2010. Pengaruh Ekstrak Rimpang Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) Terhadap Pertumbuhan *Pythium* sp. Penyebab Penyakit Rebah Kecambah Mentimun Secara In Vitro. Lampung: J. HPT Tropika. ISSN 1441-7525.

Nelson, J. D., & McCracken, G. H. 2002. *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 21(1), A9.

Nuryanto, B. 2018. Penyakit Hawar Pelepah (*Rhizoctonia Solani*) Pada Padi dan Taktik Pengelolaannya. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia.

Pagare, Saurabh & Bhatia, Manila & Tripathi, N. & Bansal, Y.K. 2015. Secondary Metabolites of Plants And Their Role: Overview. Current Trends in Biotechnology and Pharmacy. 9. 293-304.

Parniske M., 2008. Arbuscular Mycorrhiza: The Mother of Plant Root Endosymbiosis. Nature Review Microbiology (6): 763-775.

Prabaningrum, D. 2017. Populasi dan Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tiga Klon Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) di Kabupaten Tulang Bawang Barat. Skripsi. Lampung: Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Pratiwi IGAP, 2013. Analisis Kualitas Kompos Limbah Persawahan Dengan MOL Sebagai Dekomposer. E-Jurnal Agroteknologi Tropika 2 (4): 195-203.

Pratiwi, E. Santoso, M. Turjaman. 2012. Penentuan Dosis Bahan Pembenhah (Ameliorant) Untuk Perbaikan Tanah Dari Tailing Pasir Kuarsa Sebagai Media Tumbuh Tanaman Hutan. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam 9 (2): 163-174.

Prayudyaningsih, R. 2012. Mikoriza dalam Pengelolaan Hama-Penyakit Terpadu di Persemaian. Info Teknis EBONI, 9, 55-75.

Priska, M., Natalia P., Carvallo, dan Ngapa. 2018. Review: Antosianin dan Pemanfaatannya. Flores: Universitas Flores.

Puslitbang Tanaman Pangan-IRRI. 2006. Pemupukan Padi Sawah berdasarkan Target Hasil. Kerjasama Puslitbang Tanaman Pangan dan International Rice Research Institute.

Ramadhan, R., Ellis Nihayati, dan Sitawati. 2017. Pengaruh Aplikasi Cendawan Mikoriza dan Perlakuan Pemberian Air terhadap Peningkatan Kadar Asiatikosida Tanaman Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban). Malang: Universitas Brawijaya.

Rukmana, R.M., Nyoman P.S., Rumiayati, and Pratiwi. 2016. The Effect of Ethanolic Extract of Black and White Rice Bran (*Oryza sativa* L.) on Cancer Cells. Indonesian Journal of Biotechnology.

Rorong, J.A. 2015. Analisis Fenolik Jerami Padi (*Oryza sativa*) pada Berbagai Pelarut Sebagai Biosensitizer untuk Fotoreduksi Besi. Manado: FMIPA UNSRAT.

Salzer P and Boller T. 2000. Elicitor-induced Reactions in Mycorrhizae and Their Suppression. Minnesota: The American Phytopathological Society, 1–10.

Saputra, Bayu, R. Linda, dan I. Lovadi. 2015. Jamur Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) pada Tiga Jenis Tanah Rhizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca* L. var. nipah) Di Kabupaten Pontianak. Protobiont Vol. 4 (1): 160-169.

Savary, S., N.P. Castilla and L. Willocquet. 2001. Analysis of The Spatiotemporal Structure of Rice Sheath. Blight Epidemics in Farmer's Field. Plant Pathology.

Semangun, H. 1993. Penyakit-penyakit Tanaman Pangan di Indonesia. Gajah Mada University Press. p.449.

Setiadi, Y. 2001. Mikrobiologi Tanah Hutan, Pusat Antar Universitas Bioteknologi Tanaman Pangan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Setyorini, D., R. Saraswati, dan Anwar. 2006. Pupuk Kandang, Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian.

Sharman, M.P., A. Gaur, and K.G. Mukerji. 2007. Arbuscular Mycorrhizal Mediated Plant Pathogen Interaction and The Mechanisms Involved in Biological control of Plant Disease. Binghamton: Haworth Press. p.47-63.

Shaul, O., David, R., Sinvani, G., Ginzberg, Ganon, D., Wininger, S., Kapulnik, Y. 2001. Plant Defence Response During Arbuscular Mycorrhiza Symbiosis. pp 61-68 pp. in G.K. Podila, D.D. Douds (Eds.). Current Advances in Mycorrhizae Research. St Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological Society.

Simanungkalit, R.D.M. 2006. Cendawan Mikoriza Arbuskular. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 159-190.

Singh, N. Yadav, K., A. Aggarwal. 2012. Arbuscular Mycorrhizal Technology for the Growth Enhancement of Micropropagated *Spilanthes acmella* Murr. Journal Plant Protect Science 48 (1).

Siswato, T., Sugiyanta, dan Maya Melati. Peran Pupuk Organik dalam Peningkatan Efisiensi Pupuk Anorganik pada Padi Sawah (*Oryza sativa* L.). J. Agron. Indonesia 43: 8 – 14.

Smith S E dan Read D J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press. New York.

Soenartiningih, M. Akil, dan N.N. Andayani. 2015. Cendawan Tular Tanah (*Rhizoctonia solani*) Penyebab Penyakit Busuk Pelelah pada Tanaman Jagung dan Sorgum dengan Komponen Pengendaliannya. Sulawesi Selatan: Balai Penelitian Tanaman Serealia.

Sofyan, A. 2007. Pemanfaatan Limbah Tomat Sebagai Pengganti Em-4 Pada Proses Pengomposan Sampah Organik. Surakarta: UMS.

Suardi, D. 2002. Perakaran Padi Dalam Hubungannya dengan Toleransi Tanaman Terhadap Kekeringan dan Hasil. Jurnal. Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian.

Suharno, I., Mawardi, Setiabudi, N., Lunga, S., Tjitrosemito. 2007. Efisiensi Penggunaan Nitrogen Pada Tipe Vegetasi yang Berbeda di Stasiun Penelitian Taman Nasional Gunung Halimun Jawa Barat. Biodiversitas:27-24.

Suharti, W. S., Akihiro N. dan Shao-Hui Z. 2016. Metabolite Profiling of Sheath Blight Disease Resistance in Rice: In The Case of Positive Ion Mode Analysis by CE/TOF-MS. Plant Production Science. 19:2, 279-290.

Sumartini. 2011. Penyakit Tular Tanah (*Sclerotium rolfsii* dan *Rhizoctonia solani*) Pada Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-Umbian Serta Cara Pengendaliannya. Malang: Balitkabi.

Susanna, Chamzurni T, Pratama A. 2010. Dosis dan frekuensi kascing untuk pengendalian penyakit layu fusarium pada tanaman tomat. J. Floratek. 5:152–163.

Talanca, Haris. 2010. Status Cendawan Mikoriza Vesikular-Arbuskular (MVA) pada Tanaman. Prosiding Pekan Serealia Nasional.

Taiz Lincoln, Z. E. 2002. Plant Physiology. In Sinauer.

Tarmedi E. 2006. Keanekaragaman Cendawan Mikoriza Arbuskula di Hutan Sub Pegunungan Kamojang Jawa Barat. Bogor: Pertanian Bogor.

Tjitrosoepomo, G. 1984. Traditional Classification of Plants. The Environmentalist.

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.

Trisilawati, O., Titin S., dan Ida I. 2001. Pengaruh Mikoriza Arbuskula dan Pupuk Fosfat Terhadap Pertumbuhan Jambu Menté pada Tanah Podsolik Merah Kuning. J. Biol. Indon, 3(2), 91-98

Uppala, S. and Zhou, X-G. 2018. Rice Sheath Blight. The Plant Health Instructor

Vasudevan, P., M.S. Reddy, S. Kavitha, P. Velusamy, and R.S.D. Paulraj. 2002. Role of Biological Preparations in Enhancement of Rice Seedling Growth and Grain Yield. Current Sci.

Widyastuti SM, Sumardi, Harjono. 2005. Forest Pathology. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Wijayanti, K. S., Bambang T. R., dan Toto H. 2017. Pengaruh Rizobakteri dalam Meningkatkan Kandungan Asam Salisilat dan Total Fenol Tanaman terhadap Penekanan Nematoda Puru Akar. Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri. 9. 54.

Wuryaningsih, S., Darliah. 1994. Pengaruh Media Sekam Padi Terhadap Pertumbuhan Tanaman Hias Pot *Spathiphyllum*. Buletin Penelitian Tanaman Hias Vol 2(2).

Yoshida, S. 1981. Fundamental of Rice Crop Science. Philippines. The International Rice Research and Institute.

Zheng, A., and Wang Y. 2012. The Research of Infection Process and Biological Characteristics of *Rhizoctonia solani* Ag-1 Ib on Soybean. Journal of Yeast and Fungal Research.





5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa aplikasi mikoriza dapat meningkatkan kandungan senyawa fenol pada tanaman padi. Selain itu, perlakuan mikoriza dapat menekan serangan jamur *Rhizoctonia solani*. Akan tetapi aplikasi mikoriza pada penelitian ini belum mampu berperan optimal pada masa vegetatif tanaman padi.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai senyawa fenol dan senyawa metabolit sekunder lainnya serta media tanam yang lebih sesuai dan efisien serta perlakuan lain untuk mengoptimalkan senyawa-senyawa metabolit sekunder dan pertumbuhan tanaman padi. Selain itu diharapkan untuk menguji kandungan senyawa pada tanaman dengan menggunakan ulangan sehingga mendapatkan data yang lebih komprehensif dan dapat dipaparkan secara representatif.

