

**PENGARUH PEMBERIAN MIKORIZA TERHADAP
PRODUKSI TANIN TANAMAN TEMBAKAU YANG DITANAM
PADA MEDIA PASIR KUARSA SEBAGAI UPAYA MENEKAN
PENYAKIT LANAS *Phytophthora nicotianae* (van Breda de
Haan)**

Oleh

NANDHA LIANI PUTRI



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

MALANG

2019

**PENGARUH PEMBERIAN MIKORIZA TERHADAP
PRODUKSI TANIN TANAMAN TEMBAKAU YANG DITANAM
PADA MEDIA PASIR KUARSA SEBAGAI UPAYA MENEKAN
PENYAKIT LANAS *Phytophthora nicotianae* (van Breda de
Haan)**

**OLEH
NANDHA LIANI PUTRI**

155040201111047

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

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

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

PERNYATAAN

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

Malang, Agustus 2019

Nandha Liani Putri



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Pengaruh Pemberian Mikoriza terhadap Produksi Tanin Tanaman Tembakau Yang Ditanam Pada Media Pasir Kuarsa Dalam Menekan Penyakit Lanas *Phytophthora nicotianae* (van Breda de Haan)

Nama Mahasiswa : Nandha Liani Putri

NIM : 155040201111047

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,

Dr. Anton Muhibuddin SP., MP.
NIP. 19771130 200501 1 602

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

Diketahui,
Ketua Jurusan



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

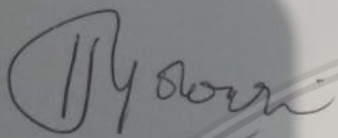
Tanggal Persetujuan: 29 JUL 2019

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

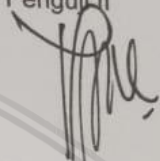
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



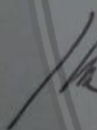
Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D
NIP. 19551212 198003 2 003

Penguji II



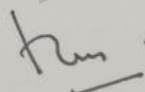
Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIK. 201304 841014 1 001

Penguji III



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

Penguji IV



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

Tanggal Lulus : 01 AUG 2019



*Skripsi ini kupersembahkan untuk
Kedua orang tuaku yang tercinta
(Agus Haryani dan Linaryati)*

RINGKASAN

NANDHA LIANI PUTRI. 155040201111047. Pengaruh Pemberian Mikoriza terhadap Produksi Tanin Tanaman Tembakau Yang Ditanam Pada Media Pasir Kuarsa Sebagai Upaya Menekan Penyakit Lanas (*Phytophthora nicotianae* van Breda de Haan). Dibawah bimbingan Dr. Anton Muhibuddin, SP., MP. dan Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.

Pengendalian penyakit tanaman dapat dilakukan dengan agens pengendali hayati berupa mikoriza yang berperan dalam meningkatkan pertahanan tanaman inang terhadap patogen tular tanah. Tanin merupakan senyawa aktif metabolit sekunder golongan yang dihasilkan tanaman sebagai bentuk pertahanan terhadap infeksi patogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh mikoriza pada media pasir kuarsa dalam produksi kandungan tanin pada tanaman tembakau, ketahanan tanaman terhadap penyakit dan meningkatkan pertumbuhan tanaman tembakau.

Penelitian ini menggunakan 7 perlakuan yaitu P01 (tanah konvensional dan pupuk NPK), P02 (0 g/ media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K), P1 (10 g/ media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K), P2 (20 g/ media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K), P3 (30 g/ media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K), P4 (40 g/ media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K) dan P5 (50 g/ media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K). Variabel yang diamati kandungan tanin, intensitas penyakit, lama inkubasi patogen, pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian dosis mikoriza 50 g mampu memacu produksi tanin pada tanaman tembakau, mengurangi intensitas serangan penyakit lanas dan memperlambat masa inkubasi patogen *Phytophthora nicotianae*. Selain itu, pemberian mikoriza juga berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman meliputi tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang pemberian mikoriza memberikan perbedaan nyata dan mempunyai nilai tertinggi pada variabel pertumbuhan vegetatif tanaman yaitu tinggi, jumlah daun dan diameter batang. Intensitas penyakit pada tanaman tembakau perlakuan mikoriza lebih rendah dengan intensitas serangan 19,7% dibanding tanaman tembakau yang ditanam pada media tanah konvensional dengan intensitas serangan 45,98%. Masa inkubasi *Phytophthora nicotianae* yang menyerang tanaman tembakau lebih lama dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Tanin mengalami peningkatan pada tanaman tembakau yang ditanam pada media pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K+ mikoriza dibanding pada tembakau yang ditanam pada media tanah konvensional.

SUMMARY

NANDHA LIANI PUTRI. 155040201111047. The Effect of Inoculation Mycorrhiza to Produce Tannin in Tobacco Plant that Plant in Quartz Sand as An Effort to Suppress Lanas Diseases (*Phytophthora nicotianae* van Breda de Haan). Supervised by Dr. Anton Muhibuddin, SP., MP. and Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.

Plant disease control can be done with biological control agents in the form of mycorrhizae that play a role in increasing the host plant's defense against soil borne pathogens. Tannins are active compounds of class secondary metabolites produced by plants as a form of defense against pathogenic infections. This study aims to determine the effect of mycorrhizae on quartz sand media in the production of tannin content in tobacco plants, plant resistance to disease and increase the growth of tobacco plants.

This study used 7 treatments namely P01 (conventional soil and NPK fertilizer), P02 (0 g/ quartz sand growing media and compost AMB-P0K), P1 (10 g/ quartz sand planting media and AMB-P0K compost), P2 (20 g/ AMB-P0K quartz sand and compost media, P3 (30 g/ AMB-P0K quartz sand and compost media), P4 (40 g/ quartz and AMB-P0K compost media) and P5 (50 g/ quartz sand and compost AMB-P0K). Variables observed were tannin content, disease intensity, pathogen incubation time, plant height growth, number of leaves and stem diameter.

The results showed that the giving of 50 g of mycorrhizal dose can stimulate the production of tannins in tobacco plants, reduce the intensity of attacks of lanas disease and slow the incubation period of pathogenic *Phytophthora nicotianae*. In addition, inoculation mycorrhiza also significantly affected vegetative growth of plants including plant height, number of leaves and stem diameter. Inoculation of mycorrhiza give effect significant differences and had the highest value on plant vegetative growth variables, namely height, number of leaves and stem diameter. The intensity of the disease in tobacco plants mycorrhizal treatment is lower with an attack intensity of 19,7% compared to tobacco plants grown on conventional soil media with an attack intensity of 45,98%. The incubation period of *Phytophthora nicotianae* which attacks tobacco plants is longer than the control treatment. Tannins have increased in tobacco plants grown on AMB + mycorrhiza media compared to tobacco grown on conventional soil media.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas Rahmat dan Karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Pemberian Mikoriza terhadap Produksi Tanin Tanaman Tembakau Yang Ditanam Pada Media Pasir Kuarsa Sebagai Upaya Menekan Penyakit Lanas (*Phytophthora nicotianae* van Breda de Haan)”.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada bapak Dr. Anton Muhibuddin SP., MP. selaku dosen pembimbing utama dan bapak Antok Wahyu Sektiono., SP., MP. selaku dosen pembimbing pendamping atas segala kesabaran, nasihat, arahan, dan bimbingannya. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Ketua Jurusan Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. beserta seluruh dosen dan karyawan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya atas segala arahan dan bimbingannya kepada penulis.

Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orangtua Bapak Agus Haryani, Ibu Linaryati, kedua adik saya Kinanti Ega dan Raffy Egy, segenap keluarga dan orang-orang terdekat atas doa, motivasi, kasih sayang dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Juga teman-teman di Trenggalek, teman-teman di Malang dan teman teman di Laboratorium Penyakit Tumbuhan atas doa, motivasi, bantuan, dan saran yang diberikan kepada penulis.

Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi seluruh pembaca yang membutuhkan informasi.

Malang, Agustus 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Trenggalek pada tanggal 1 Maret 1997 sebagai putri pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Agus Haryani dan Ibu Linaryati.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 2 Nglongsor pada tahun 2003-2009, kemudian penulis melanjutkan ke SMP Negeri 1 Tugu, Trenggalek pada tahun 2009 hingga 2012. Pada tahun 2012 sampai tahun 2015 penulis studi di SMA Negeri 1 Karangan, Trenggalek. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif dalam Lembaga Kegiatan Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya yaitu menjadi pengurus aktif CADS (Center of Agriculture Development Studies) pada tahun 2016-2017. Penulis pernah aktif dalam kepanitiaan Teaching Farm di bawah program kerja CADS pada tahun 2016 sebagai divisi humas, Studi Lapangan di bawah program kerja CADS pada tahun 2016 sebagai ketua divisi acara dan RANTAI 8 (Ospek Program Studi Agroekoteknologi) di bawah program kerja FORKANO (Forum Komunikasi Mahasiswa Agroekoteknologi) pada tahun 2017 sebagai divisi humas dan dana usaha. Penulis pernah melakukan magang kerja di Pabrik Gula Kebon Agung, Malang pada tahun 2018.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	7
I. 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.
II. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Tanaman Tembakau	Error! Bookmark not defined.
2.2 Metabolit Sekunder	Error! Bookmark not defined.
2.3 Penyakit Lanas pada Tembakau (<i>Phytophthora nicotianae</i>)	Error! Bookmark not defined.
Error! Bookmark not defined.	
2.4 Senyawa Tanin dan Sifat Ketahanannya Terhadap Mikroba	Error!
Bookmark not defined.	
2.5 Mikoriza	Error! Bookmark not defined.
2.6 Media Pertumbuhan Tanaman	Error! Bookmark not defined.
III. 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.
3.5 Pelaksanaan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.6 Pengamatan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.7 Analisa Data	Error! Bookmark not defined.
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Identifikasi Jamur <i>Phytophthora nicotianae</i>	Error! Bookmark not defined.
defined.	
4.2 Kandungan Tanin pada Tembakau	Error! Bookmark not defined.
4.2 Lama Munculnya Gejala Penyakit Lanas (<i>Phytophthora nicotianae</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.3 Intensitas Penyakit Lanas oleh <i>Phytophthora nicotianae</i>	Error!
Bookmark not defined.	
4.4 Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tembakau	Error! Bookmark
not defined.	

V. PENUTUP.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.



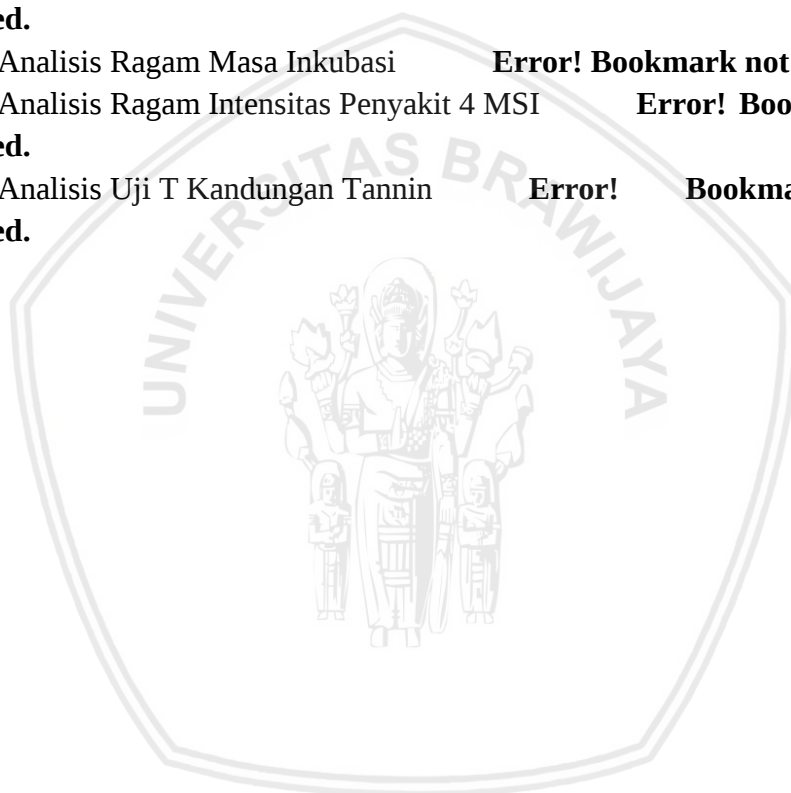
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Batang Tanaman Tembakau .	Error! Bookmark not defined.
2.	Daun Tanaman Tembakau	Error! Bookmark not defined.
3.	Bunga Tanaman Tembakau ..	Error! Bookmark not defined.
4.	Kenampakan Mikroskopis <i>P.nicotianae</i>	Error! Bookmark not defined.
5.	Siklus Hidup <i>Phytophthora nicotianae</i>	Error! Bookmark not defined.
6.	Gejala Serangan pada Tanaman Tembakau	Error! Bookmark not defined.
7.	Gejala Serangan pada Tanaman Tembakau di Lapangan	Error! Bookmark not defined.
8.	Mekanisme Infeksi oleh Fungi Mikoriza Arbuskular	Error! Bookmark not defined.
9.	Morfologi Gigaspora.....	Error! Bookmark not defined.
10.	Morfologi Scutellospora	Error! Bookmark not defined.
11.	Morfologi Glomus	Error! Bookmark not defined.
12.	Morfologi Sclerocytis	Error! Bookmark not defined.
13.	Morfologi Acalauspora	Error! Bookmark not defined.
14.	Morfologi Entrophospor	Error! Bookmark not defined.
15.	Koloni <i>P. nicotianae</i> pada media CMA pada 14 hari.....	Error! Bookmark not defined.
16.	Morfologi Jamur <i>Phytophthora nicotianae</i>	Error! Bookmark not defined.
17.	Gejala Serangan Penyakit Lanas oleh <i>Phytophthora nicotianae</i>	Error! Bookmark not defined.
18.	Perbandingan Tinggi Tanaman Setiap Perlakuan Mikoriza pada Umur 8 MST	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kandungan Pasir Kuarsa.....	Error! Bookmark not defined.
2.	Kandungan Tanin pada Batang Tembakau	Error! Bookmark not defined.
3.	Rerata Munculnya Gejala Penyakit	Error! Bookmark not defined.
4.	Intensitas Penyakit Lanas oleh <i>Phytophthora nicotianae</i>	Error! Bookmark not defined.
5.	Rata- Rata Tinggi Tanaman Tembakau	Error! Bookmark not defined.
6.	Rata-Rata Jumlah Daun Tanaman Tembakau	Error! Bookmark not defined.
7.	Rata-rata Diameter Batang.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran		
1.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman 2 MST	Error! Bookmark not defined.
2.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman 3 MST	Error! Bookmark not defined.
3.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman 4 MST	Error! Bookmark not defined.
4.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman 5 MST	Error! Bookmark not defined.
5.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman 6 MST	Error! Bookmark not defined.
6.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman 7 MST	Error! Bookmark not defined.
7.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman 8 MST	Error! Bookmark not defined.
8.	Analisis Ragam Jumlah Daun 5 MST	Error! Bookmark not defined.
9.	Analisis Ragam Jumlah Daun 6 MST	Error! Bookmark not defined.
10.	Analisis Ragam Jumlah Daun 7 MST	Error! Bookmark not defined.
11.	Analisis Ragam Jumlah Daun 8 MST	Error! Bookmark not defined.

12. Analisis Ragam Diameter Batang 3 MST **Error! Bookmark not defined.**
13. Analisis Ragam Diameter Batang 4 MST **Error! Bookmark not defined.**
14. Analisis Ragam Diameter Batang 5 MST **Error! Bookmark not defined.**
15. Analisis Ragam Diameter Batang 6 MST **Error! Bookmark not defined.**
16. Analisis Ragam Diameter Batang 7 MST **Error! Bookmark not defined.**
17. Analisis Ragam Diameter Batang 8 MST **Error! Bookmark not defined.**
18. Analisis Ragam Masa Inkubasi **Error! Bookmark not defined.**
19. Analisis Ragam Intensitas Penyakit 4 MSI **Error! Bookmark not defined.**
20. Analisis Uji T Kandungan Tannin **Error! Bookmark not defined.**



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu penyakit penting yang sering terdapat pada tanaman tembakau adalah penyakit lanas atau *black shank*. *Phytophthora nicotianae* van Breda de Haan merupakan penyebab penyakit lanas pada tanaman tembakau. Penyakit ini ditemukan hampir di semua daerah pertanaman tembakau dengan menimbulkan kerugian mencapai 100% (Panabieres *et al.*, 2016). Infeksi penyakit pada tanaman dapat terjadi mulai bibit hingga tanaman dewasa dan layu sebelum tanaman memasuki umur panen. Gejala serangan berupa tanaman layu, daun menguning, pangkal batang membusuk berwarna coklat dan apabila dibelah menunjukkan empulurnya bersekat (Semangun, 2000).

Pengendalian penyakit lanas yang sering dilakukan oleh petani adalah penggunaan fungisida. Namun, cara ini tidak terbukti 100% efektif dalam mengendalikan jamur patogen. Penggunaan fungisida dalam dosis tinggi dengan jangka waktu yang lama menunjukkan dampak negatif pada ekosistem tanah yaitu memberikan efek toksik pada mikroorganisme non target seperti mikoriza, trichoderma dan bakteri bermanfaat yang memegang peran penting dalam proses biologi tanah seperti penguraian bahan organik dan menstabilkan ekosistem tanah (Rani *et al.*, 2017). Oleh karena itu, penggunaan fungisida dianggap bukan menjadi solusi yang tepat dalam mengendalikan penyakit lanas.

Mikoriza merupakan salah satu mikroorganisme yang berasosiasi mutualistik antara fungi dengan akar tanaman dan berperan penting dalam peningkatan aktivitas hormon tanaman, perlindungan terhadap patogen tular tanah, dan peningkatan kualitas tanah. Mekanisme yang mendukung peran mikoriza dalam meningkatkan pertumbuhan dan pertahanan tanaman inang terhadap patogen tular tanah adalah melalui pengurangan eksudat akar, peningkatan pertumbuhan tanaman inang, penimbunan unsur mikro dan produksi metabolit sekunder (Suharti *et al.*, 2011). Mikoriza juga mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol (zat antibiotik) pada akar tanaman, seperti flavonoid, isoflavonoid, dan tanin. Terjadinya akumulasi senyawa-senyawa fenol ini disebabkan meningkatnya aktivasi enzim Phenylalanine Ammonium Lyase (PAL) yang berfungsi dalam menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan patogen

(Setyorini dan Yusnawan, 2016). Menurut Ramadhan *et al.* (2017), mikoriza dapat menginduksi lintasan dalam biosintesis metabolisme sekunder pada tanaman sehingga mampu melindungi tanaman dari cekaman biotik maupun abiotik. Tanin merupakan senyawa aktif metabolit sekunder golongan polifenol yang dihasilkan tanaman sebagai ketahanan alami berupa ketahanan biokimia. Senyawa ini berperan sebagai bentuk ketahanan terhadap *P. ramorum*. Mekanisme antifungi senyawa polifenol dalam membunuh patogen yaitu dengan mendenaturasi protein sel. Ikatan hidrogen yang terbentuk antara fenol dan protein mengakibatkan struktur protein menjadi rusak (Kulbat, 2016).

Media tanam adalah komponen utama bercocok tanam berisi suatu bahan atau media yang digunakan sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya akar tanaman (Wilkinson *et al.*, 2014). Pasir merupakan salah satu media tanam yang dapat dijadikan alternatif pengganti tanah, namun penggunaan pasir sebagai media tanam perlu ditambahkan bahan organik karena pasir sulit untuk menahan air dan kandungan unsur hara nya rendah (Hanafiah, 2005). Salah satu jenis pasir yang dapat dimanfaatkan adalah pasir kuarsa. Pasir kuarsa merupakan pasir yang dihasilkan dari proses *tailing* atau pemisahan biji timah dengan jumlah 18 miliar ton pada luas lahan pertambangan 1,336 juta ha (Pusat Kajian Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang, 2006). Menurut Saptiningsih (2007), pasir kuarsa dapat digunakan sebagai media tumbuh tanaman dengan penambahan kompos sebagai bahan pembenah (*ameliorant*) dan mikoriza. Interaksi antara pemberian mikoriza dengan kompos dalam media pasir merupakan kombinasi terbaik dalam pertumbuhan mikroba dan pertumbuhan fungi yang berguna bagi perkembangan tanaman. Penggunaan media pasir sebagai media tanam, dapat meningkatkan jumlah kolonisasi mikoriza. Berdasarkan kriteria jumlah kolonisasi, media pasir memperoleh kriteria sangat tinggi dengan perolehan sebesar 85,29% dibandingkan dengan media tanam cocopeat sebesar 16,39%, tanah 53,79% dan sekam 19,32% (Febriani *et al.*, 2017). Mikoriza dapat berkembang lebih baik pada tanah berpasir dibandingkan pada tanah berliat atau gambut. Komponen terbesar pasir terdiri dari partikel kuarsa sangat resisten terhadap pelapukan dan mengandung mineral- mineral yang menjadi elemen bagi tanaman yang bersifat esensial (Hardjowigeno, 1992).

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pemberian mikoriza pada media tanam pasir kuarsa dapat berpengaruh terhadap kandungan senyawa tanin, mengurangi intensitas penyakit lanas oleh patogen *P. nicotianae* van Breda de Haan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh mikoriza pada media pasir kuarsa terhadap produksi tanin dalam menekan penyakit lanas oleh patogen *P. nicotianae* van Breda de Haan pada tanaman tembakau.

1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dari penelitian ini adalah pemberian mikoriza pada media pasir kuarsa berpengaruh terhadap produksi tanin mampu mengurangi intensitas serangan penyakit lanas oleh patogen *P. nicotianae* van Breda de Haan pada tanaman tembakau.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi mikoriza pada media tanam pasir kuarsa sebagai upaya menekan serangan penyakit lanas oleh patogen *P. nicotianae* van Breda de Haan pada tanaman tembakau.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tembakau

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Tembakau

Tembakau merupakan tanaman semusim yang tergolong dalam tanaman perkebunan. Tanaman tembakau memiliki prospek agribisnis dan agroindustri yang dapat dikembangkan melalui pemanfaatan daun tembakau sebagai bahan baku biopestisida. Klasifikasi tanaman tembakau adalah sebagai berikut kerajaan Plantae, divisi Spermatophyta, sub divisi Angiospermae, kelas Dicotyledoneae, ordo Solanales, famili Solanaceae, genus Nicotiana, spesies *Nicotiana tabacum* L (Cahyono, 1998).

2.1.2 Morfologi Tanaman Tembakau

Secara umum tanaman tembakau terdiri atas organ vegetatif (akar, batang, dan daun) dan organ generatif atau reproduktif (bunga dan buah). Morfologi tanaman tembakau adalah sebagai berikut :

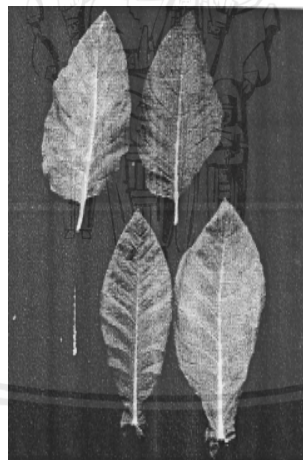
Akar. Tanaman tembakau memiliki akar tunggang menembus ke dalam tanah sampai kedalaman 50–75 cm. Selain akar tunggang terdapat akar-akar serabut dan bulu-bulu akar. Pertumbuhan perakaran ada yang lurus dan berlekuk. Sistem akar serabut dapat tumbuh pada kedalaman rata-rata 40-90 cm pada akhir pengembangan. Perakaran tanaman tembakau dapat tumbuh dan berkembang baik dalam tanah yang gembur, mudah menyerap air dan subur (Matnawi, 1997).

Batang. Batang tanaman tembakau berwarna hijau, berbulu, agak bulat, lunak tetapi kuat, makin ke ujung makin kecil. Ruas batang mengalami penebalan yang ditumbuhi daun, dan batang tanaman tidak bercabang atau sedikit bercabang (Gambar 1). Pada setiap ruas batang selain ditumbuhi daun juga tumbuh tunas ketiak daun, dengan diameter batang 5 cm dan tinggi tanaman dapat mencapai 2,5 meter. Fungsi dari batang adalah tempat tumbuh daun dan organ lainnya, tempat jalan pengangkutan zat hara dari akar ke daun, dan sebagai jalan menyalurkan zat hasil asimilasi ke seluruh bagian tanaman (Suwarso, 1996).



Gambar 1. Batang Tanaman Tembakau (Suwarso *et al.*, 1996)

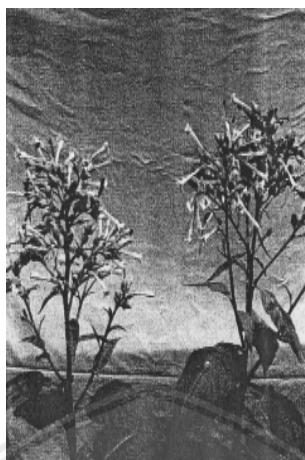
Daun. Bentuk daun tembakau adalah bulat lonjong, ujungnya meruncing, tulang daun yang menyirip, bagian tepi daun agak bergelombang dan licin. Daun bertangkai melekat pada batang, kedudukan daun mendatar atau tegak (Gambar 2) Ukuran dan ketebalan daun tergantung varietasnya dan lingkungan tumbuhnya. Jumlah daun dalam satu tanaman berkisar 28–32 helai, tumbuh berselang–seling mengelilingi batang tanaman (Cahyono, 1998).



Gambar 2. Daun Tanaman Tembakau (Basuki *et al.*, 2006)

Bunga. Bunga tanaman tembakau merupakan bunga majemuk yang terdiri dari beberapa tandan dan setiap tandan berisi sampai 15 bunga. Bunga berbentuk terompet dan panjang. Warna bunga merah jambu sampai merah tua pada bagian atasnya, sedang bagian lain berwarna putih. Kelopak bunga memiliki lima pancung, benang sari berjumlah lima tetapi yang satu lebih pendek dan melekat pada mahkota bunga. Kepala putik atau tangkai putik terletak di atas bakal buah di dalam tabung bunga. Letak kepala putik dekat dengan benang sari dengan

kedudukan sama tinggi (Gambar 3). Tembakau mulai berbunga pada 57-62 hari dengan periode pembungaan yang tidak serempak (Cahyono, 1998).



Gambar 3. Bunga Tanaman Tembakau (Basuki *et al.*, 2006)

Buah. Buah tembakau akan tumbuh setelah tiga minggu penyerbukan. Buah tembakau berbentuk lonjong dan berukuran kecil berisi biji yang sangat ringan. Biji tembakau dapat digunakan untuk berkembang biakan tanaman. Biji tembakau ini perlu waktu kurang lebih 2-3 minggu untuk dapat berkecambah. Setiap pertumbuhan yang normal, dalam satu tanaman terdapat lebih kurang 300 buah. Buah tembakau berbentuk bulat lonjong dan berukuran kecil, di dalamnya berisi biji yang bobotnya sangat ringan. Dalam setiap gram biji berisi ± 12.000 biji. Jumlah biji yang dihasilkan pada setiap tanaman rata-rata 25 gram (Cahyono, 1998).

2.1.3 Syarat Tumbuh Tanaman Tembakau

Tanaman tembakau merupakan tanaman tropis dan dapat tumbuh dalam daerah pengembangan tembakau pada lintang 19° LU - 35° LS dan suhu rata-rata $27-33^{\circ}\text{C}$. Curah hujan merupakan faktor penentu hasil dan mutu dari tembakau. Syarat tumbuh yang baik untuk tanaman tebu harus memperhatikan kondisi iklim dan tanah.

Iklim. Tanaman tembakau pada umumnya tidak menghendaki iklim yang kering ataupun iklim yang sangat basah. Angin kencang yang sering melanda lokasi tanaman tembakau dapat merusak tanaman (tanaman roboh) dan juga berpengaruh terhadap mengering dan mengerasnya tanah yang dapat menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen di dalam tanah. Tanaman

tembakau dataran rendah, curah hujan rata-rata 2.000 mm/tahun, sedangkan untuk tembakau dataran tinggi, curah hujan rata-rata 1.500-3.500 mm/tahun. Untuk tanaman tembakau dataran rendah, curah hujan rata-rata 2.000 mm/tahun, sedangkan untuk tembakau dataran tinggi, curah hujan rata-rata 1.500-3.500 mm/tahun. Penyinaran cahaya matahari yang kurang dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman kurang baik sehingga produktivitasnya rendah. Oleh karena itu lokasi untuk tanaman tembakau sebaiknya dipilih di tempat terbuka dan waktu tanam disesuaikan dengan jenisnya. Suhu udara yang cocok untuk pertumbuhan tanaman tembakau berkisar antara 21-32,3° C. Tanaman tembakau dapat tumbuh pada dataran rendah ataupun di dataran tinggi bergantung pada varietasnya. Ketinggian tempat yang paling cocok untuk pertumbuhan tanaman tembakau adalah 0 - 900 mdpl (Haryadi *et al.*, 2017).

Tanah. Struktur tanah yang baik untuk tanaman tembakau adalah tanah yang berstruktur gembur, sedikit berpori, pasir halus (tanah ringan) dengan aerasi karena tanah ini memudahkan pertumbuhan dan perkembangan perakaran tanaman meningkatkan peredaran udara di dalam tanah sehingga dapat mencegah air yang menggenang. Tipe tanah yang berstruktur remah, sedikit berpori, pasir halus (tanah ringan) dengan aerasi (Haryadi *et al.*, 2017).

2.1.4 Kandungan Senyawa Fitokimia pada Tembakau

Tembakau memiliki senyawa fitokimia berupa alkaloid, saponin, tanin, flavanoid dan senyawa fenolik (steroid, terpenoid dan karbohidrat). Senyawa-senyawa tersebut dapat menjadi sumber anitibiotik dari patogen fungi dan bakteri. Secara alami, tanaman famili *Solanaceae* yang tumbuh di daerah tropis kaya senyawa fitokimia yang memiliki potensi dalam meningkatkan ketahanan terhadap patogen (Singh *et al.*, 2010)

2.2 Metabolit Sekunder

Metabolit sekunder merupakan senyawa yang dihasilkan atau disintesa pada sel dan group taksonomi tertentu pada tingkat pertumbuhan atau stress tertentu. Senyawa ini diproduksi hanya dalam jumlah sedikit tidak terus-menerus untuk mempertahankan diri dari habitatnya dan tidak berperan penting dalam proses metabolisme utama (primer) (Salisbury dan Ross, 1995).

Menurut Vasconsuelo dan Baoland (2007), Faktor yang mempengaruhi produksi metabolit sekunder :

1. Formulasi/komposisi media kultur.
2. Faktor fisik (suhu, cahaya, kelembaban, dll).
3. Faktor genetik (genotip sel).
4. Faktor Stress lingkungan (logam berat, elicitor, sinar UV).

2.2.1 Manfaat Metabolit Sekunder bagi Tanaman

Senyawa metabolit sekunder pada tanaman memiliki beberapa fungsi, diantaranya sebagai atraktan (menarik serangga penyerbuk), melindungi dari stress lingkungan seperti serangan hama/penyakit (fitoaleksin) dan sinar ultra violet, sebagai zat pengatur tumbuh dan untuk bersaing dengan tanaman lain (alelopati). Senyawa metabolit sekunder yang dimiliki tanaman berpotensi dijadikan sebagai sumber gen tahan terhadap hama atau penyakit tertentu, serta berpeluang dikembangkan sebagai biopestisida. Tanaman memiliki mekanisme yang berbeda untuk menghilangkan atau memodifikasi senyawa beracun, di antaranya: ekskresi senyawa beracun ke bagian ekstraseluler, mengisolasi senyawa beracun ke vakuola, biosintesis senyawa beracun dalam bagian ekstraseluler dan modifikasi senyawa beracun ke dalam bentuk tidak aktif (Sirikantaramas *et al.*, 2008).

2.2.2 Respon Pertahanan terhadap Patogen

Menurut Sirikantaramas *et al.*(2008), patogen adalah agen atau penyebab penyakit. Mikroorganisme menular, seperti jamur, bakteri, dan nematoda, hidup dari tanaman dan merusak jaringannya. Tanaman telah mengembangkan berbagai strategi untuk mencegah atau membunuh penyerang. Respon tanaman terhadap serangan hama dan patogen adalah dengan pertahanan fisik seperti adanya duri dan pertahanan kimia seperti senyawa toksik/racun. Baris pertama pertahanan pada tanaman adalah penghalang utuh dan tak tertembus yang terdiri dari kulit kayu dan kutikula lilin. Keduanya melindungi tanaman terhadap patogen. Perlindungan eksterior tanaman dapat dikompromikan oleh kerusakan mekanis, yang dapat memberikan titik masuk untuk patogen. Jika garis pertahanan pertama

dapat dilalui, tanaman harus menggunakan mekanisme pertahanan lain, seperti racun dan enzim.

Metabolit sekunder adalah senyawa yang tidak langsung berasal dari fotosintesis dan tidak diperlukan untuk respirasi atau dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Selain metabolit sekunder, tanaman menghasilkan bahan kimia antimikroba, protein antimikroba, dan enzim antimikroba yang mampu melawan patogen. Tanaman bisa menutup stomata untuk mencegah patogen memasuki jaringan tanaman. Sebuah respon hipersensitif adalah tanaman mengalami kematian sel yang cepat untuk mencegah infeksi selanjutnya menggunakan bantuan endofit atau dengan akar melepaskan bahan kimia yang menarik bakteri menguntungkan lainnya (Halim *et al.*, 2014).

2.3 Penyakit Lanas pada Tembakau (*Phytophthora nicotianae*)

2.3.1 Klasifikasi Penyebab Penyakit

Klasifikasi dari *Phytophthora nicotianae* terdiri dari Kingdom: Chromista, Fillum: Oomycota, Kelas: Oomycetes, Ordo: Peronosporales, Genus: *Phytophthora*, Species: *Phytophthora nicotianae* (Santos, 2016).

2.3.2 Siklus Hidup *Phytophthora nicotianae*

Penyakit Lanas adalah penyakit pada tanaman tembakau yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora nicotianae* termasuk dalam kelas Oomycetes dengan ciri khas memiliki zoospora berflagel 2. Jamur ini dapat tumbuh pada suhu 5°C-37°C, dengan suhu optimal 26°C- 32°C dan mati pada suhu diatas 40°C (Santos, 2016). Selain itu, perkembangan penyakit juga akan meningkat dengan meningkatnya kelembaban tanah. *Phytophthora nicotianae* memiliki sporangium berbentuk jorong sampai agak bulat berbentuk buah pir dengan sporangiofor lebih halus dari pada hifa. Spora mempunyai dua bulu cambuk (flagella) dan patogen dapat membentuk klamidospora bulat berdinding agak tebal (Bush *et al.*, 2006).



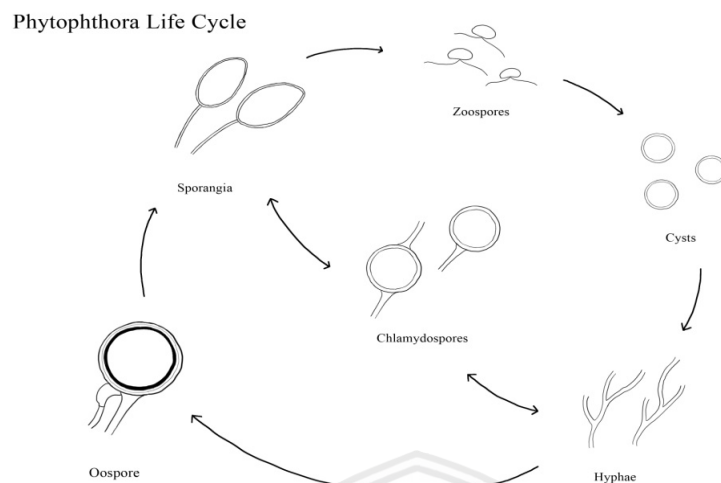
(a)



(b)

Gambar 4. Kenampakan Mikroskopis *P. nicotianae*; a. Miselium, b. Sporangia bar 10 μm (Santos, 2016)

Terjadinya penyakit lanas diawali dengan adanya propagul di dalam tanah dan sisa-sisa tanaman yang terinfeksi serta adanya klamidospora sebagai spora istirahat. *P. nicotianae* di tanah juga berfungsi sebagai sumber inokulum awal. Klamidospora dapat bertahan selama beberapa tahun meskipun tidak ada inang. Saat suhu dan kelembaban tanah meningkat, maka klamidospora berkecambah dengan menghasilkan satu atau beberapa tabung kecambah. Klamidospora juga dapat menginfeksi langsung akar tembakau atau memproduksi sporangium. Masing-masing sporangium berkecambah menghasilkan 5-30 zoospora dan zoospora inilah yang menginfeksi akar tembakau melalui proses kemotaksis. Satu jam kemudian, zoospora yang masuk ke dalam akar akan berkecambah dan segera menginfeksi tanaman. Selanjutnya tumbuh dengan cepat masuk sel epidermis dan korteks. Di dalam jaringan tanaman tersebut, *P. nicotianae* berkembang biak menghasilkan sporangia atau klamidospora. Selanjutnya siklus ini berlangsung berulang-ulang untuk menghasilkan infeksi yang baru (Hidayah dan Djajadi, 2009).

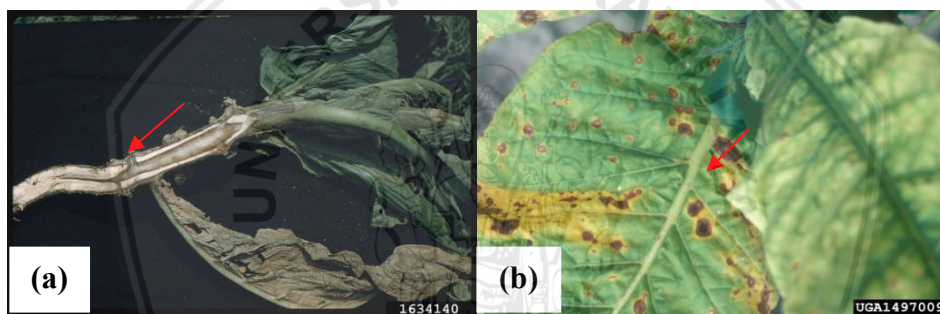


Gambar 5. Siklus Hidup *Phytophthora nicotianae* (Santos, 2016)

Oospora adalah spora reproduksi seksual yang dihasilkan dari pembuahan oogonium oleh antheridium. Oospora memiliki dinding sel tebal, umumnya berstruktur globose yang memungkinkan kelangsungan hidup jangka panjang di jaringan tanaman atau tanah. Sedangkan klamidospora adalah jenis lain dari spora survival berdinding tebal, tetapi diproduksi secara aseksual. Pada saat cuaca lembab, oospora dan klamidospora berkecambah untuk membentuk sporangiofora sporangia (sporangium = tunggal). Sporangia dapat menyebar dari satu tanaman ke tanaman lain melalui angin dan air kemudian melepaskan zoospora yang berumur pendek, bersel satu, dan berelemen yang dapat berenang melalui lapisan tipis air pada permukaan daun atau di dalam pori-pori tanah. Sporangia juga dapat berkecambah secara langsung untuk membentuk sporangiofor tambahan. Ketika zoospora menempel di tempat infeksi yang sesuai, zoospora menjatuhkan flagela dan mengembangkan dinding sel. Cyst adalah struktur istirahat dari zoospora yang berumur pendek yang kemudian berkecambah membentuk struktur mikroskopis dan berserat yang disebut hifa. Hifa memungkinkan patogen menginfeksi dan tumbuh di dalam sel tanaman untuk mendapatkan nutrisi. Setelah *Phytophthora* menginfeksi tanaman, ia menghasilkan lebih banyak klamidospora, oospora dan sporangia (Santos, 2016).

2.3.3 Gejala Serangan

Penyakit lanas dapat timbul mulai dari pembibitan sampai di pertanaman. Gejala di pembibitan (lanas bibit) adalah bibit daunnya “lodoh” atau “lonyot” seperti tersiram air panas dan busuk mulai pangkal batang sampai ujung bibit, dan penyebarannya agak merata. Gejala yang terjadi pada tanaman tembakau yang terserang *P. nicotianae* adalah daun menjadi berwarna kuning dan tanaman layu. Pada batang bagian bawah dan akar biasanya berwarna hitam dan jika batang dibelah maka pada empulurnya akan tampak bersekat-sekat. Pangkal batang yang busuk pada kedua jenis gejala tersebut apabila dibelah maka akan terlihat empulurnya bersekat-sekat (Gambar 6). Selain itu gejala penyakit pada daun (lanas daun) dengan gejala bercak bercincin (gelap terang) berwarna coklat (Supriyono, 2015).



Gambar 6. Gejala Serangan pada Tanaman Tembakau; (a). Pangkal batang busuk berwarna coklat; (b). Bercak bercincin berwarna coklat (www.forestryimage.org).

Gejala penyakit di pertanaman tembakau yaitu daun yang masih hijau berubah menjadi terkulai, layu dan akhirnya tanaman mati, pangkal batang busuk berwarna coklat. Apabila satu tanaman terinfeksi patogen *P. nicotianae* maka dapat menyebar ke seluruh pertanaman tanaman tembakau (Gambar 7). Jamur *P. nicotianae* ini dapat menyebar melalui air, tanah, bahan tanaman yang terinfeksi, serta sisa-sisa tanaman yang terinfeksi oleh *P. nicotianae* tersebut. Alat-alat pertanian yang telah digunakan pada area yang terinfeksi *P. nicotianae* tidak boleh digunakan pada area yang belum terinfeksi karena ini juga dapat menjadi media penularan *P. nicotianae* ke area yang sehat (Hidayah dan Djajadi, 2009).



Gambar 7. Gejala Serangan pada Tanaman Tembakau di Lapangan (Sastrahidayat, 2013)

2.4 Senyawa Tanin dan Sifat Ketahanannya Terhadap Mikroba

Tanin adalah senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada beberapa tanaman. Tanin mampu mengikat protein, sehingga protein pada tanaman dapat resisten terhadap degradasi enzim yang dikeluarkan oleh mikroba. Mekanisme kerja anti mikroba tanin mempunyai daya anti mikroba dengan cara inaktivasi enzim dan inaktivasi fungsi materi genetik. Mekanisme kerja tanin sebagai anti mikroba adalah menghambat enzim reverse transkriptase dan DNA topoisomerase sehingga sel mikroba tidak dapat terbentuk (Rijayanti, 2014).

Tanin memiliki aktivitas anti mikroba yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menginaktivkan adhesin sel mikroba, menginaktivkan enzim, dan mengganggu transport protein pada lapisan dalam sel. Tanin juga mempunyai target pada polipeptida dinding sel sehingga pembentukan dinding sel menjadi kurang sempurna. Hal ini menyebabkan sel mikroba menjadi lisis karena tekanan osmotik maupun fisik sehingga sel mikroba akan mati. Kompleksasi dari ion besi dengan tanin dapat menjelaskan toksisitas tanin. Mikroorganisme yang tumbuh di bawah kondisi aerobik membutuhkan zat besi untuk berbagai fungsi, termasuk reduksi dari prekursor ribonukleotida DNA. Enzim reverse transkriptase dan DNA topoisomerase sel mikroba tidak dapat terbentuk oleh kapasitas pengikat besi yang kuat oleh tanin (Rijayanti, 2014).

repository.ub.ac.id

Menurut Susanti (2000), sifat utama tanin pada tanaman tergantung pada gugus fenolik-OH yang terkandung dalam tanin. Secara garis besar sifat tanin dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Tanin secara umum memiliki gugus fenol dan bersifat koloid.
2. Semua jenis tanin dapat larut dalam air, kelarutannya besar dan akan bertambah besar apabila dilarutkan dalam air panas. Begitu pula dalam pelarut organik seperti metanol, etanol, aseton dan pelarut organik lainnya.
3. Reaksi warna terjadi bila disatukan dengan garam besi. Reaksi ini digunakan untuk menguji klasifikasi tanin. Reaksi tanin dengan garam besi akan memberikan warna hijau dan biru kehitaman, tetapi uji ini kurang baik karena selain tanin yang dapat memberikan reaksi warna, zat-zat lain juga dapat memberikan reaksi warna yang sama.
4. Tanin mulai terurai pada suhu 98,8°C
5. Tanin dapat dihidrolisis oleh asam, basa, dan enzim.
6. Ikatan kimia yang terjadi antara tanin-protein atau polimer lainnya terdiri dari ikatan hidrogen, ikatan ionik, dan ikatan kovalen. Tanin mempunyai berat molekul tinggi dan cenderung mudah dioksidasi menjadi suatu polimer, sebagian besar tanin amorf (tidak berbentuk) dan tidak mempunyai titik leleh.
7. Warna tanin akan menjadi gelap apabila terkena cahaya atau dibiarkan di udara terbuka.
8. Tanin mempunyai sifat bakteristatik dan fungistatik

2.5 Mikoriza

Mikoriza berasal dari bahasa Yunani, kata miko (*mykes*) yang berarti fungi dan rhiza yang berarti akar sehingga secara harfiah berarti “fungi akar” atau “fungi tanah”. Fungi ini dikenal sebagai fungi tanah karena habitatnya berada di dalam tanah dan berada di area perakaran (rhizosfer). Mikoriza merupakan suatu bentuk simbiosis mutualisme antara fungi dengan akar tanaman. Keistimewaan yang dimiliki dari fungi mikoriza adalah kemampuannya dalam membantu tanaman untuk menyerap unsur hara terutama unsur hara fosfor (P) (Brundrett *et al.*, 2008).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

2.5.1 Morfologi Fungi Mikoriza Arbuskular

Menurut Brundrett *et al.* (2008), morfologi adalah ilmu bentuk, struktur, dan susunan berbagai spesies makhluk hidup. Secara umum morfologi terdiri dari morfologi luar dan morfologi dalam (anatomi) dari makhluk hidup terutama Fungi Mikoriza Arbuskula. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) tergolong ke dalam tipe endomikoriza dan mampu membentuk organ-organ khusus yaitu arbuskular, vesikular dan spora.

Arbuskular. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) di dalam akar membentuk struktur khusus yang disebut arbuskular. Arbuskular merupakan hifa yang bercabang halus yang dibentuk oleh percabangan dikotomi yang berulang-ulang sehingga menyerupai pohon di dalam sel inang. Struktur ini mulai terbentuk 2-3 hari setelah infeksi, dimulai dengan penetrasi cabang hifa lateral yang dibentuk oleh ekstraseluler dan intraseluler ke dalam dinding sel inang.

Vesikular. Vesikular merupakan struktur fungi yang berasal dari pembengkakan hifa internal, berbentuk bulat telur yang berukuran 30-50 μm sampai 80-100 μm dan berisi banyak senyawa lemak sehingga merupakan organ penyimpan cadangan makanan dan pada kondisi tertentu dapat berperan sebagai spora atau alat untuk mempertahankan kehidupan fungi.

Spora. Spora terbentuk pada ujung hifa eksternal. Spora ini dapat dibentuk secara tunggal, berkelompok atau di dalam sporokarp tergantung pada jenis fungsinya. Perkecambahan spora sangat sensitif tergantung pada lingkungan seperti pH, temperatur dan kelembaban tanah. Spora dapat hidup di dalam tanah sampai beberapa tahun. Namun untuk perkembangan, FMA memerlukan tanaman inang.

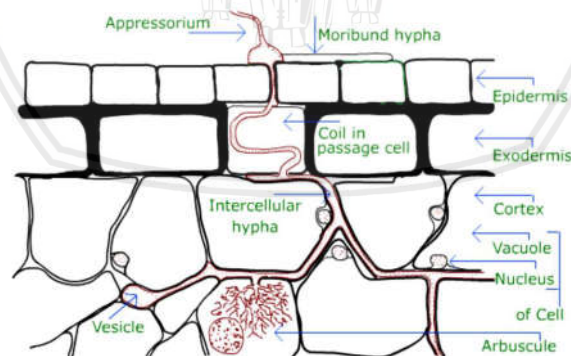
FMA dapat dibedakan dari ektomikoriza, karena FMA memiliki karakteristik berikut ini:

1. Sistem perakaran yang terinfeksi tidak membesar
2. Cendawannya membentuk struktur lapisan hifa tipis dan tidak merata pada permukaan akar
3. Hifa menyerang ke dalam individu sel jaringan korteks
4. Struktur percabangan hifa yang disebut dengan arbuskula dan struktur khusus berbentuk oval yang disebut dengan vesikel.

2.5.2 Habitat dan Distribusi Fungi Mikoriza Arbuskular

Habitat adalah tempat hidup dan berkembang biak makhluk hidup yang menghuni lokasi tertentu, aktivitas makhluk hidup disuatu habitat disebut relung (niche). Sedangkan distribusi adalah penyebaran suatu organisme ke daerah tertentu. FMA mulai ditemukan pada profil tanah kedalaman 20 cm dan masih terdapat pada kedalaman 70-100 cm. FMA tersebar secara aktif (tumbuh dengan miselium dalam tanah) dan tersebar secara pasif yaitu tersebar dengan angin, air, atau mikroorganisme dalam tanah. FMA dapat berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman, dimana tiap jenis tanaman dapat juga berasosiasi dengan satu atau lebih jenis FMA. Perkembangan simbiosis dalam Fungi Mikoriza Arbuskular dapat terjadi melalui peristiwa signalling awal, pembentukan apresorium, penetrasi akar, pertumbuhan internal dan perkembangan arbuskular (Wirakusumah, 2003).

Infeksi VAM dimulai dengan terbentuknya apresorium pada permukaan akar, menembus selsel epidermis akar tanaman. Setelah proses penetrasi, hifa tumbuh secara intraseluler atau ekstraseluler di dalam korteks dan pada inang-inang tertentu, hifa membentuk koil hifa di luar korteks. Hifa yang berada di rhizosfer mampu meningkatkan pengambilan fosfor dari dalam tanah dengan cara memperluas permukaan yang bersinggungan dengan tanah.



Gambar 8. Mekanisme Infeksi oleh Fungi Mikoriza Arbuskular (Singh *et al.*, 2008)

Pengambilan nutrisi oleh mikoriza melibatkan hifa yang berada di dalam tanah yang akhirnya dipindahkan ke dalam sel akar. Aliran fosfor di dalam hifa mengikuti aliran sitoplasma sedangkan pemindahan nutrisi dari jamur ke inang diduga melalui arbuskular. Hifa eksternal pada mikoriza dapat menyerap

unsur fosfat dari dalam tanah, dan segera diubah menjadi senyawa polifosfat. Senyawa polifosfat kemudian dipindahkan ke dalam hifa dan dipecah menjadi fosfat organik yang dapat diserap oleh sel tanaman. Infeksi mikoriza pada akar tanaman dapat dilihat dengan jelas melalui pewarnaan dengan bahan kimia. Sel akar yang terinfeksi menjadi lebih besar dan mengembang tetapi tidak sampai merusak sel akar yang terinfeksi, penampakan luarnya bahkan tidak perubahan (Singh *et al.*, 2008).

2.5.3 Klasifikasi Fungi Mikoriza

Brundrett *et al.*, (2004), klasifikasi adalah pengelompokkan makhluk hidup berdasarkan persamaan dan perbedaan morfologi, anatomi, fisiologi, habitat, dan distribusi. Ilmu klasifikasi juga disebut dengan Taksonomi. Klasifikasi FMA merupakan salah satu tipe fungi endomikoriza yang masuk dalam kelas zygomycetes dengan ordo Glomales. Ordo Glomales terdiri dari dua sub ordo yaitu: (1) sub ordo Gigasporineae famili Gigasporaceae dengan dua genus Gigaspora dan Scutellospora, (2) sub ordo Glomineae dan terdiri dari dua famili yaitu Glomaceae dengan genus Sclerocity dan Glomus, famili Acaulosporaceae dengan genus Acaulospora dan Entrophospora.

Tipe FMA dikenal enam genus yaitu:

1. Famili Gigasporaceae

Famili Gigasporaceae terbagi menjadi dua genus yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda, yaitu genus Gigaspora dan genus Scutellospora.

Genus Gigaspora. Gigaspora memiliki bentuk bulat dan permukaan dinding spora relative kasar. Perkembangan spora Gigaspora tidak langsung dari hifa. Pertama-tama ujung hifa (*subtending hyphae*) membulat yang dinamakan *bulbous suspensor*. Di atas *bulbous suspensor* ini timbul bulatan kecil yang semakin lama semakin besar dan mencapai ukuran maksimum yang akhirnya menjadi spora. Spora ini disebut azygospora. Morfologi dari spora *Gigaspora* ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Morfologi Gigaspora (Brundrett *et al.*, 2004)

Genus ini memiliki ciri khas yaitu spora yang dihasilkan secara tunggal di dalam tanah, tidak memiliki dinding spora dalam, terdapat bulbous suspensor, berbentuk globous atau sub globous, dan berwarna krem hingga kuning.

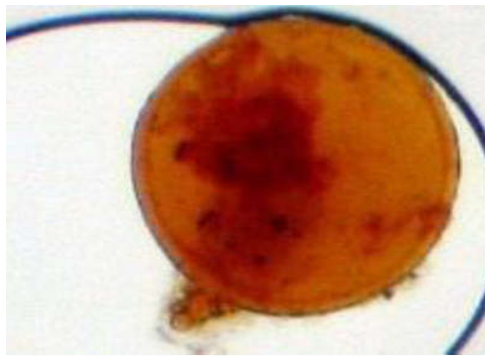
Genus Scutellospora. *Scutellospora* sp. adalah genus mikoriza yang termasuk dalam family *Gigasporaceae*, genus ini memiliki beberapa ciri khas antara lain, spora dengan atau tanpa hiasan, spora terdiri dari dinding spora yang fleksibel, ukuran spora berbentuk ovoid, obovoid, pyriformis atau irreguler. Morfologi dari spora Acaulospora ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Morfologi Scutellospora (Bihari dan Gupta, 2013)

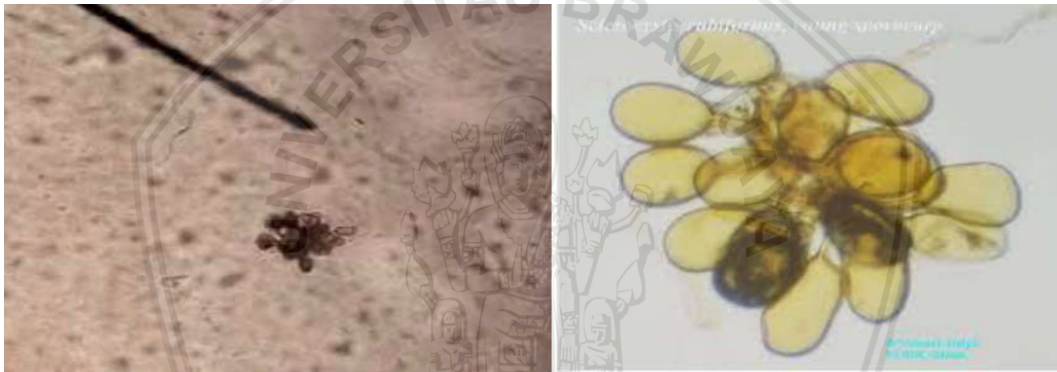
2. Famili Glomaceae

Genus Glomales. Ciri khas dari genus ini yaitu terdapat hypical attachment yang khas yang tidak ditemukan pada genus lainnya. Genus ini berbentuk globous, sub globous, ovoid, dan obovoid, berwarna kuning, merah kecoklatan, coklat, dan hitam. Genus ini dapat berkembang baik pada pH kurang dari 5 hingga netral. Morfologi dari spora glomus ini dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Morfologi Glomus (Debnath *et al.*, 2015)

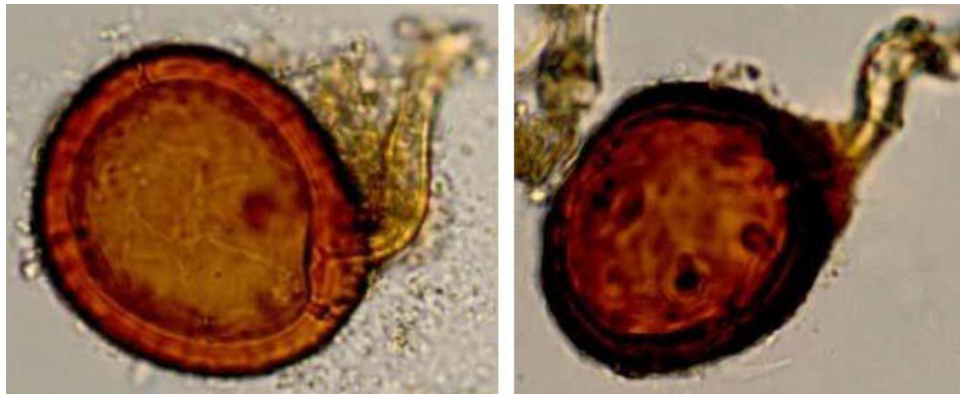
Genus Sclerocyttis. Genus ini memiliki ciri, bentuk oval, warna coklat tua dan memiliki bulbous, yaitu penyangga spora pada pangkal hifa. Morfologi dari spora *Sclerocyttis* ini dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Morfologi Sclerocyttis (Debnath *et al.*, 2015)

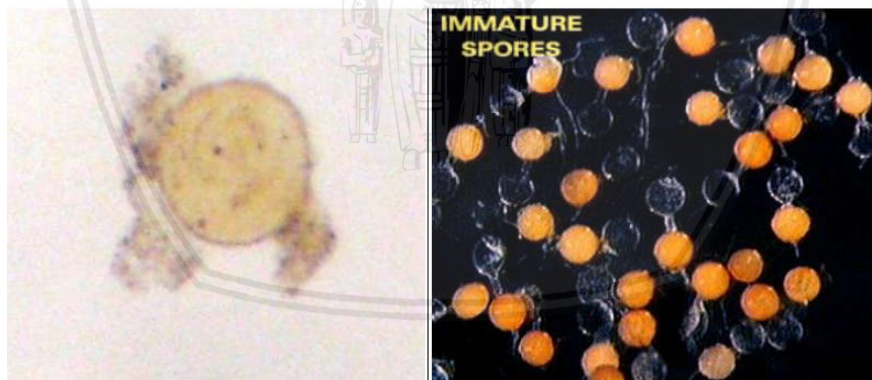
3. Famili Acaulosporaceae

Genus Acaulospora. *Acaulospora* sp. Adalah genus mikoriza yang termasuk dalam family *Acaulosporaceae*. Genus ini memiliki beberapa ciri antara lain berbentuk globos hingga elips, berwarna bening, kuning, ataupun merah kekuningan, memiliki 2-3 dinding spora. Genus ini lebih beradaptasi pada kondisi tanah asam dengan pH dari 5 hingga netral. Morfologi dari spora *Acaulospora* ini dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Morfologi Acalauspora (Debnath *et al.*, 2015)

Genus Enterospora. Genus *Enterospora* ini memiliki spora yang berbentuk bulat, warna cenderung coklat hingga kecoklatan, memiliki 2-3 dinding spora, warna dinding terluar terlihat lebih gelap (INVAM 2013). Genus ini dapat berkembang baik pada pH kurang dari 5. Ciri khas dari Genus ini adalah sporanya berkembang dari tengah tengah *sporifereous saccule*, sehingga pada saat dewasa bekas *saccule* nya masih tertinggal di sporanya dan akan meninggalkan dua lubang kecil jika *saccule* nya lepas yang disebut *cycatric* Morfologi genus *Entrophospora* dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Morfologi Entrophospora (INVAM, 2013)

2.5.4 Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Mikoriza

Arbuskular

Beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan penyebaran Fungi Mikoriza Arbuskula yaitu, suhu, kadar air tanah, pH tanah (derajat keasaman), bahan organik, cahaya dan ketersediaan cahaya, mikroorganisme lain.

1. Cahaya

Rendahnya jumlah produksi spora dan akar tanaman yang terinfeksi FMA dapat disebabkan oleh tingginya naungan pada tanaman inang. Naungan yang tinggi juga dapat menyebabkan berkurangnya respon tanaman terhadap fungi mikoriza. Hal ini disebabkan adanya hambatan pertumbuhan dan perkembangan internal hifa dalam akar yang berakibat terbatasnya perkembangan eksternal hifa pada rizosfer. Cahaya dan ketersediaan cahaya berperan pada mikoriza yang erat dengan penyediaan unsur P bagi tanaman menunjukkan keterikatan khusus antara mikoriza dan status unsur P tanah. Pada wilayah beriklim sedang konsentrasi unsur P tanah yang tinggi menyebabkan menurunnya infeksi FMA yang mungkin disebabkan konsentrasi unsur P internal yang tinggi dalam jaringan inang (Setiadi, 2001).

2. Suhu

Suhu dapat mempengaruhi perkembangan spora, penetrasi hifa pada sel akar dan perkembangan hifa pada korteks akar. Selain itu, suhu juga berpengaruh pada ketahanan dan simbiosis FMA. Semakin tinggi suhu semakin besar terbentuknya kolonisasi dan meningkatnya produksi spora. Suhu terbaik untuk perkembangan arbuskular adalah 30°C, namun suhu optimum bagi pertumbuhan koloni miselia adalah 28–34°C, sedangkan optimum bagi perkembangan vesikula pada suhu 35°C (Setiadi, 2001).

3. Kandungan Air Tanah

Menurut Setiadi (2001), untuk tanaman yang tumbuh di daerah kering, adanya FMA menguntungkan dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk tumbuh dan bertahan pada kondisi yang kurang air. Adanya FMA dapat memperbaiki dan meningkatkan kapasitas serapan air tanaman inang. Ada beberapa dugaan tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan diantaranya adalah :

- a. Adanya mikoriza resitensi akar terhadap gerakan air menurun sehingga transfer air ke akar meningkat.
- b. Tanaman kekurangan unsur P lebih peka terhadap kekeringan, adanya FMA menyebabkan unsur P tanaman meningkat sehingga menyebabkan daya tahan terhadap kekeringan meningkat pula.

- c. Adanya hifa eksternal menyebabkan tanaman ber-FMA lebih mampu mendapatkan air daripada yang tidak ber-FMA tetapi jika mekanisme ini yang terjadi berarti kandungan logam-logam lebih cepat menurun.
- d. Tanaman mikoriza lebih tahan terhadap kekeringan
- e. Pengaruh tidak langsung karena adanya miselin eksternal menyebabkan FMA efektif didalam mengagregasi butir-butir tanah sehingga kemampuan tanah menyimpan air meningkat.

4. pH Tanah

Fungi mikoriza pada umumnya memiliki adaptasi yang baik pada perubahan pH tanah. pH tanah berpengaruh pada perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman. pH optimum untuk perkembangan fungi mikoriza berbeda-beda tergantung pada adaptasi fungi mikoriza terhadap lingkungan. pH dapat mempengaruhi aktivitas kerja enzim yang berperan dalam perkecambahan spora fungi mikoriza (Wicaksono *et al.*, 2014).

5. Bahan Organik

Bahan organik merupakan salah satu komponen yang menunjang dalam meningkatkan kesuburan tanah serta memperbaiki sifat-sifat tanah. Jumlah spora FMA berhubungan erat dengan kandungan bahan organik dalam tanah. Pada tanah-tanah yang memiliki kadar bahan organik 1–2%, ditemukan mengandung spora maksimum sedangkan pada tanah-tanah berbahan organik kurang dari 0,5% kandungan spora sangat rendah. Bahan organik dapat mengurangi kemampuan berkecambah dari spora baik pada miselium agar maupun media tanah tidak steril. Ketersediaan nitrogen dan fosfat yang rendah akan mendorong pertumbuhan mikoriza, akan tetapi kandungan bahan organik yang terlalu rendah atau tinggi akan menghambat pertumbuhan mikoriza. Perkecambahan spora tidak hanya bergantung pada spesies dari FMA tetapi juga kandungan bahan organik di dalam tanah (Pujianto, 2001).

6. Tanaman Inang

Fungi mikoriza arbuskular merupakan simbiosis obligat yang dalam siklus hidupnya membutuhkan tanaman inang sebagai tempat hidupnya. Tanaman inang merupakan sumber senyawa karbon yang merupakan nutrisi bagi FMA. Kondisi fisik tanaman akan mempengaruhi perkembangan FMA, sehingga apabila

kondisi tanaman terganggu (stress) baik akibat kekeringan maupun penyakit maka kondisi FMA pun akan terganggu, yang dapat menyebabkan terputusnya asosiasi antara fungi dan tanaman yang selanjutnya dapat memicu sporulasi FMA (Widyati, 2013).

7. Mikroorganisme lain

Keberadaan mikroorganisme lain di dalam tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman inang, hal ini karena mikroorganisme di dalam tanah ada yang bersifat antagonis terhadap tanaman dan ada juga yang bersifat non-antagonis terhadap tanaman. Mikroorganisme yang bersifat antagonis akan menyerang tanaman inang dan menimbulkan gangguan fisik, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman inang dan mampu memicu sporulasi FMA. Namun mikroorganisme yang bersifat non-antagonis tidak menimbulkan gangguan fisik justru terkadang mikroorganisme tertentu dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman inang (Widyati, 2013).

2.5.5 Peran Mikoriza Bagi Tanaman

Mikoriza mempunyai beberapa peran penting terhadap pertumbuhan tanaman. Beberapa manfaat yang diperoleh tanaman inang dari adanya asosiasi mikoriza adalah sebagai berikut :

a. Meningkatkan penyerapan unsur hara

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

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

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

b. Tahan terhadap serangan patogen

Tanaman dikatakan sehat atau normal bila dapat melakukan fungsi fisiologisnya dengan baik. Tanaman menjadi sakit apabila terjadi kontak dengan patogen atau penyebab penyakit. Sudantha (2014), patogen menginfeksi tanaman melalui 4 tahapan yaitu : 1) Inokulasi : yaitu perpindahan inokulum dari sumber infeksi ke tanaman inang. Perpindahan jarak pendek ini dapat terjadi melalui air atau alat-alat pertanian sedangkan perpindahan jarak jauh terjadi karena perpindahan tanaman yang telah terinfeksi, 2) Penetrasi : yaitu masuknya inokulum ke dalam jaringan tanaman inang. Masuknya inokulum ini melalui lubang alami atau luka-luka pada akar, 3) Infeksi : yaitu sebagai akibat dari adanya interaksi antara tanaman inang dan patogen, 4) Invasi : yaitu perkembangan patogen di dalam jaringan tanaman. Hasil invasi ini kemudian akan menghasilkan gejala.

Fungi pembentuk mikoriza mempunyai potensi mengurangi kerusakan oleh patogen tular tanah. Berbagai mekanisme dikemukakan untuk menerangkan peran protektif oleh fungi mikoriza terhadap tanaman. Mekanisme yang paling banyak dikemukakan adalah mekanisme pengharaan (*nutritional*), karena tanaman yang status fosfornya bagus mempunyai sensitifitas rendah terhadap kerusakan oleh patogen. Mekanisme bukan pengharaan (*non-nutritional*) juga penting, karena tanaman bermikoriza dan tidak bermikoriza yang konsentrasi P internalnya sama mempunyai efek yang berbeda terhadap perkembangan patogen. Mekanisme *non-nutritional* meliputi aktivasi sistem perlindungan tanaman dan perubahan pola eksudasi yang secara bersamaan merubah populasi dalam *mikorizosfer*, meningkatkan lignifikasi dinding sel dan kompetisi sisi kolonisasi atau infeksi pada akar. Asosiasi mikoriza pada akar tanaman juga dapat meningkatkan pertumbuhan populasi organisme lain yang bermanfaat sehingga pertumbuhan tanaman lebih cepat, karena meningkatnya status nutrisi bagi tanaman. Dengan meningkatnya

status nutrisi, maka pertumbuhan tanaman juga meningkat sehingga meningkatkan pula resistensi tanaman terhadap serangan patogen. Asosiasi mikoriza pada akar tanaman juga memberikan perlindungan terhadap serangan patogen karena akar tanaman terselubungi hifa mikoriza (mantel) (Prayudyaningsih, 2012).

c. Sebagai konservasi tanah

Fungi mikoriza yang berasosiasi dengan akar berperan dalam konservasi tanah, hifa tersebut sebagai kontributor untuk menstabilkan pembentukan struktur agregat tanah dengan cara mengikat agregat-agregat tanah dan bahan organik tanah (Utama dan Yahya, 2003).

d. Mampu memproduksi hormon dan zat pengatur tumbuh

Fungi mikoriza dapat memberikan hormon seperti Auksin, Sitokinin, Giberellin dan juga zat pengatur tumbuh seperti vitamin kepada inangnya. (Rungkat, 2009)

Auksin. Auksin adalah zat hormon tumbuhan yang ditemukan pada ujung batang, akar, dan pembentukan bunga yang berfungsi sebagai pengatur pembesaran sel dan memicu pemanjangan sel di daerah belakang meristem ujung. Auksin berperan penting dalam pertumbuhan tumbuhan. Fungsi dari hormon auksin ini adalah membantu dalam proses mempercepat pertumbuhan, baik itu pertumbuhan akar maupun pertumbuhan batang, mempercepat perkecambahan, membantu dalam proses pembelahan sel, mempercepat pemasakan buah, mengurangi jumlah biji dalam buah. Kerja hormon auksin ini sinergis dengan hormon sitokinin dan hormon Giberellin. Tumbuhan yang pada salah satu sisinya disinari oleh matahari maka pertumbuhannya akan lambat karena kerja auksin dihambat oleh matahari tetapi sisi tumbuhan yang tidak disinari oleh cahaya matahari pertumbuhannya sangat cepat karena kerja auksin tidak dihambat. Sehingga hal ini akan menyebabkan ujung tanaman tersebut cenderung mengikuti arah sinar matahari atau yang disebut dengan fototropisme (Salisbury, 1995)

Giberellin. Giberellin merupakan hormon yang berfungsi sinergis (bekerja sama) dengan hormon auksin. Giberellin berpengaruh terhadap perkembangan dan perkecambahan embrio. Giberellin akan merangsang

pembentukan enzim amylase. Enzim tersebut berperan memecah senyawa amilum yang terdapat pada endosperm (cadangan makanan) menjadi senyawa glukosa. Glukosa merupakan sumber energi pertumbuhan. Apabila Giberellin diberikan pada tumbuhan kerdil, tumbuhan akan tumbuh normal kembali. Giberellin juga berfungsi dalam proses pembentukan biji, yaitu merangsang pembentukan serbuk sari (polen), memperbesar ukuran buah, merangsang pembentukan bunga, dan mengakhiri masa dormansi biji. Giberellin dengan konsentrasi rendah tidak merangsang pembentukan akar, tetapi pada konsentrasi tinggi akan merangsang pembentukan akar. Giberellin pertama kali diisolasi dari jamur *Giberella fujikuroi*. Hormon Giberellin dapat dibagi menjadi berbagai jenis, yaitu Giberellin A, Giberellin A2, dan Giberellin A3 yang memiliki struktur molekul dan fungsi yang sangat spesifik. Misalnya, hormon Giberellin yang satu berpengaruh terhadap pertumbuhan, sedangkan yang lain berpengaruh terhadap pembentukan bunga (Salisbury, 1995).

Sitokinin. Menurut Salisbury (1995), sitokinin adalah hormon yang berperan dalam pembelahan sel (sitokinesis). Fungsi sitokinin adalah:

1. Merangsang pembentukan akar dan batang serta pembentukan cabang akar dan batang dengan menghambat dominansi apical
 2. Mengatur pertumbuhan daun dan pucuk
 3. Memperbesar daun muda
 4. Mengatur pembentukan bunga dan buah
 5. Menghambat proses penuaan dengan cara merangsang proses serta transportasi garam-garam mineral dan asam amino ke daun.
 6. Sitokinin diperlukan bagi pembentukan organel-organel semacam kloroplas dan berperan dalam perbungaan
 7. Merangsang sintesis protein dan RNA untuk mensintesis substansi lain
- Senyawa sitokinin pertama kali ditemukan pada tanaman tembakau dan disebut kinetin. Senyawa ini dibentuk pada bagian akar dan ditransportasikan ke seluruh bagian sel tanaman tembakau. Senyawa sitokinin juga terdapat pada tanaman jagung dan disebut zeatin.

2.5.6 Komunikasi Akar dan Mikroba dalam Pembentukan Asosiasi Mikoriza Arbuskular (MA)

Pembentukan simbiosis MA dimulai dengan kolonisasi akar yang kompatibel oleh hifa yang berasal dari propagul fungi, spora aseksual atau akar bermikoriza. Selanjutnya diikuti dengan pembentukan apresorium sehingga hifa menembus korteks akar serta membentuk struktur yang disebut arbuskula. Sebelum terbentuknya kolonisasi telah diawali dengan “dialog” intensif antara akar dengan fungi MA tersebut melalui pertukaran sinyal kimiawi. Tanaman melepaskan senyawa gula dan asam amino, yang akan menstimulir fungi melepaskan senyawa fenol terutama flavonoid yang merupakan senyawa “kunci” pada sebagian besar interaksi mikroba-tanaman. Flavonoid mempengaruhi pertumbuhan, diferensiasi dan kolonisasi hifa fungi MA pada akar. Flavonoid juga dapat menunjukkan spesifisitas genus dan species pada fungi MA. Artinya suatu jenis/genus fungi hanya akan bersimbiosis dengan species/genus tumbuhan tertentu dan sebaliknya. Keberhasilan kolonisasi dipengaruhi oleh senyawa strigolakton yang merupakan turunan dari eksudat akar lakton (Akiyama *et al.*, 2005). Strigolakton tidak hanya berperan pada sistem percabangan hifa fungi tetapi juga merupakan senyawa kemoatraktan bagi fungi MA di rhizosfir.

Eksudat yang dikeluarkan oleh fungi MA juga akan mengundang komunitas mikroba lain di mikorizosfir dan beberapa bakteri yang berasosiasi dengan MA dapat memperbaiki kolonisasi mikoriza, percabangan akar dan senyawa-senyawa antifungal yang baik untuk melawan patogen. Bakteri yang terlibat dalam pembentukan dan berfungsinya simbiosis mikoriza dikenal sebagai Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB). Keragaman MHB pada mikorizosfir (lingkungan mikoriza) memiliki spesifikasi antara bakteri dengan fungi dan dengan tumbuhan inang (Frey-Klett *et al.* 2007).

Beberapa jenis dapat memiliki fungsi ganda, berpengaruh baik terhadap asosiasi MA maupun terhadap tumbuhan. MHB menghasilkan senyawa pengatur tumbuh yang sekaligus akan membantu perkecambahan spora, pertumbuhan miselia, peningkatan percabangan akar menurunkan cekaman melalui detoksifikasi senyawa-senyawa merugikan serta menghambat pertumbuhan pesaing dan mikroba antagonis. Menurut Singh *et al.* (2008), komunitas bakteri di

mikorhizosfir lebih dipengaruhi oleh MA daripada oleh tanaman inangnya. Simbiosis MA akan menjaga struktur komunitas mikroba tanah.

2.5.7 Komunikasi Akar, Mikroba dengan Patogen Tular Tanah

Tanaman memanfaatkan berbagai macam senyawa eksudat akar yang dihasilkannya untuk menarik mikroba yang menguntungkan dan untuk mengusir mikroba yang berbahaya (Bouwmeester *et al.* 2007). Namun demikian tidak jarang terjadi kesalahan dalam merekrut mikroba, undangan ditujukan bagi mikroba menguntungkan tetapi yang datang adalah mikroba jahat. Misalnya kesalahan tanaman dalam “mengundang” mikoriza menggunakan senyawa strigolakton dan turunannya (Awad *et al.* 2006). Hal ini karena rhizosfir juga merupakan arena pertarungan infeksi (*playground and infection court*) bagi berbagai patogen tanah, sekaligus suatu ladang pertarungan (*battle field*) di mana mikroflora dan mikrofauna berinteraksi dengan mikroba jahat golongan patogen dan mempengaruhi terjadinya infeksi oleh patogen (Raaijmakers *et al.*, 2009).

Asosiasi mutualisme antara tanaman dengan mikroba tanah, patogen juga memanfaatkan sinyal kimia dari eksudat yang dikeluarkan akar sebagai isyarat awal untuk mengenali inang dan menginfeksi. Sebelum terbentuk infeksi spora patogen umumnya datang ke rhizosfir tertarik oleh senyawa yang dikeluarkan oleh inangnya. Misalnya patogen pada tanaman kedelai *P. sojae* akan tertarik oleh senyawa daidzein dan genistein yang dihasilkan oleh akar kedelai (Bouwmeester *et al.*, 2007). Zhuang *et al.*, (2013) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh eksudat terhadap pertumbuhan dua varietas bit gula, menunjukkan bahwa gen ikut mengatur dalam interaksi mikroba-tanaman, sehingga akan mempengaruhi metabolime dan reaksi kemotaksis oleh mikroba. Pengaruh gen tanaman dapat bersifat negatif ketika eksudat akar membantu menentukan lokasi infeksi pada tanaman inang. Eksudat akar juga berperan untuk memberi sinyal antara parasit dengan tanaman inang yang mempengaruhi perkecambahan spora dan pembentukan haustorium parasit pada inangnya.

Sebagian besar tanaman menghasilkan senyawa antimikroba baik untuk pertumbuhan ketika kondisi normal maupun untuk melawan serangan patogen. Formulasi senyawa antifungal yang disebut fitoantisipin biasanya dihasilkan oleh tumbuhan yang sehat dan berperan sebagai penghalang terhadap hadirnya fungi

patogen. Namun demikian terdapat senyawa lain yang disebut fitoaleksin adalah senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh tumbuhan ketika sudah terserang oleh patogen. Kedua senyawa tersebut dikenal sangat efektif untuk menghadapi berbagai macam serangan patogen (Widyawati, 2017).

2.5.8 Aktivasi Mekanisme Ketahanan Internal Tanaman oleh

Mikoriza

Pengendalian biologis penyakit tanaman dengan aplikasi jamur mikoriza dapat menerapkan lebih dari satu mekanisme untuk menahan efek buruk dari organisme penyebab penyakit tanaman. Para peneliti telah mengeksplorasi kemungkinan mekanisme lain seperti aktivasi senyawa pertahanan tanaman dalam menanggapi pembentukan mikoriza di akar tanaman. Telah diamati bahwa, dalam menanggapi kolonisasi mikoriza meskipun lemah atau sangat lokal dan hanya terjadi sementara, aktivasi senyawa pertahanan tanaman tertentu terjadi yang menimbulkan reaksi pertahanan spesifik dan membuat tanaman proaktif terhadap patogen. Bahan kimia yang diproduksi di dalam mekanisme pertahanan tanaman adalah kelompok biokimia yang terdiversifikasi yang sebagian besar disintesis sebagai metabolit sekunder. Beberapa bahan kimia seperti, *fitoaleksins*, *kitinase*, *glukanase*, protein yang berhubungan dengan patogenesis, calose, glikoprotein yang kaya hidroksiprolin, senyawa fenolik dan enzim dari jalur fenilpropanoid telah dilaporkan terlibat dalam aktivasi pertahanan tanaman sebagai hasil dari kolonisasi FMA.

Perubahan fisiologi tanaman inang (termasuk nutrisi tanaman) sebagai konsekuensi dari interaksi tanaman dengan mikoriza dan jalur transduksi sinyal tanaman yang mengendalikan hubungan ini sebagian besar telah menjadi titik pusat penelitian. Sebaliknya, sedikit perhatian telah diberikan untuk memahami kontribusi FMA untuk manfaat non-gizi, seperti penekanan penyakit tanaman atau induksi ketahanan tanaman terhadap penyakit. Sudah diketahui bahwa akar tanaman mengeluarkan senyawa kimia yang berbeda (metabolit sekunder), yang biasanya menandakan berbagai mikroorganisme tanah, terutama terjadi di rhizosfer. Pengamatan Akiyama *et al.*, (2005) telah menetapkan bahwa *strigolakton*, sekelompok molekul pensinyalan yang mengandung karotenoid yang dilepaskan oleh akar tanaman inang mempromosikan percabangan hifa mikoriza dan

memfasilitasi pembentukan mikoriza pada akar tanaman. Produksi strigolakton umumnya meningkat pada fase awal kolonisasi akar tetapi menurun dalam simbiosis mikoriza.

Seperti beberapa mikroba tanah lainnya, jamur mikoriza juga menunjukkan kemampuan untuk mengurangi dampak patogen tanaman melalui resistensi sistemik terinduksi. Resistansi sistemik terinduksi (ISR) biasanya merupakan induksi berkelanjutan resistensi pada tanaman terhadap patogen, yang diinduksi oleh mikroorganisme rhizosfer non-patogen seperti PGPR, jamur mikoriza atau endofit. ISR melindungi tanaman dari infeksi berbagai patogen tanaman termasuk bakteri, jamur, virus, nematoda, dan serangga dan dimediasi oleh priming gen pertahanan yang menunjukkan ekspresi yang lebih tinggi secara sistemik dalam daun hanya setelah serangan patogen. ISR sering menunjukkan peningkatan sensitivitas tanaman terhadap pengatur pertumbuhan tanaman seperti asam jasmonat (JA) dan etilen (ET) (Pozo dan Azcon, 2007).

Pada tanaman yang dikolonisasi dengan mikoriza, resistensi sistemik yang terlokalisasi dan terinduksi telah diamati terhadap organisme yang merusak. Dalam penelitian *root split* mengamati peran perlindungan mikoriza, *Glomus mosseae* terhadap *Phytophthora parasitica* karena menghambat perkembangan dan proliferasi organisme penyebab penyakit dalam akar tomat. Sel-sel kortikal akar menjadi lebih tahan pada tanaman yang berkolonisasi dengan mikoriza yang menghasilkan resistensi sel tanaman, hal tersebut terjadi kemungkinan karena pembentukan penempatan dinding sel yang didukung oleh calose (berdekatan dengan hifa antar sel) dan senyawa fenolik, dan respon pertahanan sel tanaman. Resistensi sistemik yang diinduksi pada bagian akar mikoriza pada tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza dapat dikaitkan dengan penebalan dinding inang yang mengandung pektin dan esterifikasi non-esterifikasi (Pineda *et al.*, 2010).

2.6 Media Pertumbuhan Tanaman

Media tanam merupakan komponen mutlak dari kegiatan budidaya tanaman dan menjadi salah satu faktor penentu kualitas pertumbuhan tanaman yang mempengaruhi hasil produksi. Media tanam berfungsi sebagai tempat tanaman meletakkan akarnya, sumber unsur hara bagi tanaman yang harus didukung dengan drainase dan aerasi yang baik. Media tanam memberikan unsur hara dan

menyediakan lengas (air) bagi tanaman yang berfungsi untuk pertumbuhan. Tanaman akan tumbuh dengan baik apabila diletakkan pada media tanam yang subur. Kesuburan media tanam dapat dilihat dari aspek fisik yang meliputi tekstur, struktur dan aerasi, sedangkan dari aspek kimia meliputi pH, bahan organik dan jumlah unsur hara yang tersedia. Kesuburan fisik dan kimia media tanam menyediakan ruang untuk aktivitas mikroorganisme tanah dalam mengurai bahan organik (Wibowo, 2007). Prayugo (2007) juga mengatakan bahwa media tanam yang baik harus memiliki persyaratan-persyaratan sebagai tempat berpijak tanaman, memiliki kemampuan mengikat air dan menyuplai unsur hara yang dibutuhkan tanaman, mampu mengontrol kelebihan air (drainase) serta memiliki sirkulasi dan ketersediaan udara (aerasi) yang baik, dapat mempertahankan kelembaban di sekitar akar tanaman dan tidak mudah lapuk atau rapuh

Fungsi Media Tanam

Menurut Indriani (2002), media tanam memiliki peranan penting dalam pertumbuhan tanaman. Berikut fungsi-fungsi media tanam :

1. Sebagai tempat tumbuh tanaman

Tanaman menumbuhkan perakarannya didalam media tanam. Interaksi antara perakaran media tanam dengan tanaman menjadi salah satu faktor penentu kualitas tumbuh tanaman. Tanaman menumbuhkan akarnya kedalam media tanam untuk melakukan interaksi dengannya. Pertumbuhan akar tanaman didalam atau disekitar media tanam jelas mensyaratkan beberapa hal, yaitu media tanam dapat menyediakan udara dan nutrisi untuk diserap akar tanaman.

2. Penyedia air dan unsur hara bagi tanaman

Selain sebagai tempat hidup, media tanam juga menjadi tempat bagi tanaman untuk mencari makanan. Media tanam menyediakan air, udara, dan unsur-unsur mineral untuk diserap oleh tanaman melalui akar-akarnya. Seperti manusia, tanaman memerlukan makanan yang disebut hara tanaman (plant nutrient). Berbeda dengan manusia yang menggunakan bahan organik, tanaman menggunakan bahan anorganik untuk mendapatkan energi dan pertumbuhannya. Unsur yang diserap untuk pertumbuhan dan metabolisme tanaman dinamakan hara tanaman.

Jenis media tanam yang sering digunakan adalah kompos. Kompos merupakan pupuk yang berasal dari sisa-sisa bahan organik yang dapat memperbaiki sifat fisik dan struktur tanah, meningkatkan daya menahan air, kimia tanah dan biologi tanah. Sumber bahan pupuk kompos antara lain berasal dari limbah organik seperti sisa-sisa tanaman (jerami, batang, dahan), sampah rumah tangga, kotoran ternak (sapi, kambing, ayam, itik), arang sekam, abu dapur dan lain-lain. Pengomposan merupakan proses penguraian bahan organik atau proses dekomposisi bahan organik dimana didalam proses tersebut terdapat berbagai macam mikrobia yang membantu proses perombakan bahan organik tersebut sehingga bahan organik tersebut mengalami perubahan baik struktur dan teksturnya. Bahan organik merupakan bahan yang berasal dari makhluk hidup baik itu berasal dari tumbuhan maupun dari hewan. Adapun prinsip dari proses pengomposan adalah menurunkan C/N bahan organik hingga sama atau hampir sama dengan nisbah C/N tanah (<20), dengan demikian nitrogen dapat dilepas dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Kualitas dan tingkat dekomposisi bahan organik yang ditambahkan menentukan keberhasilan pengendalian penyakit tular tanah. Kualitas bahan organik meliputi bahan mentah kompos, misalnya asal bahan yang digunakan untuk memberi makan ternak, ukuran partikel, dan komposisi biologi, kimia, dan fisik kompos (Yulianti, 2010). Penelitian ini menggunakan Media AMB – P0K yang mempunyai komposisi Pasir Kuarsa, Kompos AMB – P0K, pupuk daun dan pupuk hayati mikoriza. Kompos AMB – P0K terdiri dari limbah tomat, rumput gajah dan kunyit yang telah di komposkan.

Pasir Kuarsa. Pasir Kuarsa sering dikenal dengan nama pasir putih yang merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldstar. Pada umumnya senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan tersebut terdiri atas oksida besi, oksida kalsium, alkali, magnesium, lempung dan zat organik hasil pelapukan hasil hewan dan tumbuhan. Pasir telah digunakan secara luas sebagai media perakaran stek karena media ini relatif murah, mudah tersedia dan bersih. Pasir tidak menyimpan kelembaban sehingga membutuhkan frekuensi penyiraman yang lebih tinggi. Penggunaan media pasir sebagai media tanam, dapat meningkatkan jumlah kolonisasi

mikoriza. Berdasarkan kriteria jumlah kolonisasi, media pasir memperoleh kriteria sangat tinggi dengan perolehan sebesar 85,29% (Pratiwi *et al.*, 2017). Keadaan ini sejalan dengan penelitian Darwo dan Sugiarti (2008) bahwa penambahan media pasir sebagai media tumbuh bibit tusam yang telah diinokulasikan dengan *S. citrinum* menghasilkan persen infeksi sebesar 77,60%. Sama halnya dengan Sariasih *et al.* (2014), yang menyatakan bahwa medium pasir gunung memberikan perolehan jumlah spora yang sangat baik. Persen kolonisasi yang tinggi menunjukkan adanya simbiosis mutualisme yang baik antara mikoriza dengan akar tanaman sehingga variabel kolonisasi sangat berpengaruh terhadap variabel lainnya. Berikut merupakan kandungan pasir kuarsa :

Tabel 1. Kandungan Pasir Kuarsa

Unsur	Kandungan Total
pH	6,50
C-Organik (%)	0,64
N- Total (%)	0,67
C/N Ratio	9,10
P Tersedia	0,40
K Tersedia	0

Sumber: Pratiwi *et al.* (2017).

Limbah Tomat. Tomat yang telah busuk menjadi media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme pengurai. Pada media tumbuh yang berbeda, maka mikroorganisme yang tumbuh dan kandungan unsur haranya juga bervariasi. Limbah tomat mampu menggantikan peran EM-4 dalam proses pengomposan sampah organik, karena dalam limbah tomat mengandung jasad renik atau mikrobial-mikrobial 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 (Anif dan Harismah, 2004).

Rimpang Kunyit. Kunyit merupakan salah satu tanaman yang dikenal sebagai tanaman obat potensial, selain sebagai bahan baku obat juga dipakai sebagai bumbu dapur dan zat pewarna alami. Kandungan utama di dalam rimpangnya terdiri dari minyak atsiri, kurkumin, resin, oleoresin, desmetoksikurkumin, dan bidesmetoksikurkumin, damar, gom, lemak, protein,

kalsium, fosfor dan besi. Zat warna kuning (kurkumin) dimanfaatkan sebagai pewarna untuk makanan manusia dan ternak. Kandungan kimia minyak atsiri kunyit terdiri dari ar-tumeron, α dan β -tumeron, tumerol, α -atlanton, β -kariofilen, linalol, 1,8 sineol sehingga dapat digunakan sebagai anti mikroba (Rahardjo dan Rostriana, 2005). Mekanisme kerja kurkumin sebagai anti mikroba mirip persenyawaan fenol lainnya yaitu menghambat metabolisme mikroba dengan cara merusak membran sitoplasma dan mendenaturasi protein sel yang menyebabkan kebocoran nutrisi dari sel sehingga sel mikroba mati atau terhambat pertumbuhannya (Ramadhani *et al.*, 2017).

Rumput Gajah. Rumput gajah merupakan tanaman hijauan jenis rumput-rumputan memiliki akar serabut yang dapat mengikat partikel dan mengangkat zat hara yang telah tercuci oleh air hujan kelapisan permukaan. Sifat ini sangat menguntungkan karena dapat menyuburkan tanah. Akar rumput gajah mengandung mikroba *Pseudomonas flourescens* dan *Bacillus polymixa* yang mampu menghasilkan enzim selulase, protease dan kemampuan melarutkan fosfat sehingga rumput gajah dapat dimanfaatkan sebagai formulasi PGPR yang dapat bermanfaat bagi kesehatan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung melalui berbagai fungsi. Sebagai kumpulan mikroba tanah, PGPR mempengaruhi tanaman secara langsung melalui kemampuannya menyediakan dan memobilisasi atau memfasilitasi penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah serta mensintesis dan mengubah konsentrasi *fithohormon* pemicu tumbuh tanaman sehingga memiliki ketahanan terhadap serangan penyebab penyakit (Eliza *et al.*, 2007).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, *green house* Agro Techno Park Jatikerto milik Universitas Brawijaya dan Laboratorium Farmasi Universitas Ma-Chung Malang pada bulan Januari sampai dengan bulan Mei 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mikroskop, *Laminar Air Flow Cabinete* (LAFC), autoklaf, *hand sprayer*, cawan petri, jarum ose, tabung reaksi, bunsen, botol media, cover glass, object glass, pipet tetes, micro pipet, gelas ukur 100 ml, gelas ukur 10 ml, *cutter*, erlenmeyer ukuran 250 ml, korek api, kompor listrik, timbangan, penggaris, jangka sorong, meteran, cetok, handphone, tray persemaian, alat tulis dan alat alat lain yang menunjang penelitian ini.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat patogen *Phytophthora nicotianae*, *polybag* ukuran 30 x 30 cm, pasir kuarsa, kompos AMB-P0K (limbah tomat, rimpang kunyit dan daun rumput gajah), kompos daun, mikoriza, plastik wrap, tray persemaian, plastik tahan panas, aluminium foil, kapas, aquades steril, media *Corn Meal Agar* (CMA), pupuk NPK, *metilen blue*, *chloramphenicol*, tisu steril, Larutan *Folin Dennis*, larutan Na_2CO_3 , aquabidestilata, alkohol 70%, kertas label, spirtus, tanah konvensional.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan dosis mikoriza yang terdiri dari 7 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan yang diberikan yaitu:

1. P01 = pemberian pupuk NPK pada media tanam tanah konvensional.
2. P02 = tanpa pemberian mikoriza pada media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K
3. P1 = pemberian mikoriza 10 g pada media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K

4. P2 = pemberian mikoriza 20 g pada media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K
5. P3 = pemberian mikoriza 30 g pada media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K
6. P4 = pemberian mikoriza 40 g pada media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K
7. P5 = pemberian mikoriza 50 g pada media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K

3.4 Persiapan Penelitian

3.4.1 Persiapan Pembuatan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah media tanam AMB-P0K dengan komposisi pasir kuarsa, kompos AMB-P0K dan kompos daun. Cara membuat kompos AMB-P0K adalah dengan menyiapkan bahan utama berupa limbah buah tomat, rimpang kunyit dan daun rumput gajah dengan perbandingan 2:1:1. Selanjutnya bahan dihancurkan menggunakan grinder kemudian menyiapkan cairan EM4 yang sudah dilarutkan dengan air dan dicampurkan pada bahan kompos, selanjutnya tutup campuran bahan lalu biarkan selama 5 hari. Kelembaban dan suhu serta sirkulasi udara pada proses pengomposan harus dijaga dengan menyemprotkan sedikit air setidaknya seminggu sekali dan mengaduk kompos. Pengadukan secara merata bertujuan untuk meratakan proses pengomposan. Media tanam AMB-P0K dibuat dengan cara mencampurkan komposisi pasir: pupuk organik AMB-P0K: kompos daun dengan perbandingan (6:3:1). Media tanam berisi $\frac{3}{4}$ dari ukuran polybag (Muhibuddin, 2018).

3.4.2 Persemaian Tanaman Tembakau

Benih tembakau disemai pada tray yang telah diisi oleh tanah dan kompos daun dengan perbandingan 1:1. Benih tembakau direndam selama $\pm$ 3-5 hari untuk mempercepat proses perkecambahan, kemudian benih disemai pada *tray* dan penyiraman dilakukan dengan *hand sprayer* untuk menjaga kelembaban. Setelah 35 hari pindahkan bibit ke media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB – P0K.

3.4.3 Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat alat yang digunakan disterilisasi terlebih dahulu dimasukkan kedalam plastik tahan panas. Untuk alat yang berupa cawan petri, gelas ukur, tabung reaksi disterilkan dengan menggunakan autoklaf. Sterilisasi dengan menggunakan uap air pada suhu 121°C selama 2-3 jam. Sedangkan untuk media, disterilkan dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C.

3.4.4 Pembuatan Media Tumbuh Jamur

Media untuk menumbuhkan jamur yang digunakan adalah media CMA. Cara pembuatannya yaitu CMA instan sebanyak 17 gram dilarutkan kedalam aquades 1000 ml, kemudian panasi sampai media benar-benar larut. Setelah itu media dimasukkan kedalam botol media lalu disterilkan menggunakan autoklaf sampai suhu 121°C. Media yang telah di autoklaf, kemudian dituang ke dalam masing-masing cawan petri yang telah steril.

3.4.5 Platting Media Tumbuh Jamur

Platting media dilakukan dalam LAFC untuk mendapatkan kondisi yang aseptis. Tahap awal yang dilakukan adalah memastikan LAFC benar-benar dalam kondisi steril yaitu telah disemprot alkohol, lampu UV dinyalakan selama 30 menit, kemudian blower dinyalakan bertujuan agar udara dari luar tidak masuk kedalam LAFC. Alat dan bahan dimasukkan kedalam LAFC. Tangan disterilkan dengan alkohol sebelum platting media. Bunsen dinyalakan sebagai tahap awal platting. Cawan petri yang telah disterilkan didekatkan pada bunsen, lalu media CMA pada botol kaca dimasukkan ke cawan petri sedikit demi sedikit. Kemudian, cawan petri diwrapping hingga rapat untuk menghindari kontaminasi. Media didiamkan selama beberapa saat hingga padat dan kemudian siap digunakan untuk menanam isolat *P. nicotianae*.

3.4.6 Identifikasi dan Peremajaan Isolat Jamur *P. nicotianae*

Isolat Jamur *P. nicotianae* yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas). Identifikasi makroskopis dilakukan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan dengan pengamatan morfologi koloni meliputi, bentuk koloni, warna, tepi dan permukaan. Identifikasi mikroskopis dilakukan dengan cara koloni jamur *P. nicotianae* diambil sedikit

untuk diletakkan diatas kaca preparat steril yang telah berisi media CMA, kemudian isolat jamur ditutup dengan *cover glass* dan diinkubasi selama 10 hari. Setelah diinkubasi, pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop terhadap bentuk spora dan miselia. Kemudian isolat dibandingkan dengan buku identifikasi Pictorial Atlas Soil And Seed Fungi Morphologies Of Cultured Fungi.

3.4.7 Pembuatan suspensi jamur *P. nicotianae*

Persiapan inokulum yaitu dengan menggunakan 10 ml aquades steril dituangkan pada media biakan jamur *P. nicotianae* yang berumur 14 hari di cawan petri dan diratakan menggunakan stik L dan kaca preparat untuk melepaskan konidia dari media tumbuh. Setelah itu hasil suspensi dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan dibuat pengenceran dengan perbandingan 1 ml suspensi jamur dan 9 ml aquades. Pengenceran dilakuan sebanyak 4 kali. Jumlah konidia per mililiter dihitung menggunakan haemocytometer. Rumus yang digunakan untuk menghitung konsentrasi konidia per milliliter sebagai berikut :

$$K = \frac{t}{n \times 0,25} \times 10^6$$

Keterangan:

K : Jumlah konidia

T : Total konidia dalam semua kotak contoh

n : Jumlah seluruh contoh yang dihitung

0.25 : Faktor koreksi

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Pemberian Mikoriza dan Penanaman Tanaman Uji

Pemberian mikoriza dan penanaman tanaman uji dilaksanakan di *green house* ATP Jatikerto. Bibit yang telah disemai selama 35 hari dan mikoriza dimasukkan ke dalam *polybag* yang telah berisi media tanam pasir kuarsa dan kompos AMB P0K. Masing-masing *polybag* berisi satu tanaman tembakau. Bibit dan mikoriza diinokulasikan secara bersamaan pada media tanam dengan cara diletakkan di dalam lubang dengan kedalaman 3–5 cm secara manual.

3.5.2 Inokulasi jamur *P. nicotianae*

Inokulasi dilakukan setelah tanaman tembakau berumur 4 minggu setelah pindah tanam. Akar tanaman tembakau dilukai menggunakan *cutter* steril kemudian suspensi patogen dituangkan ke daerah perakaran yang telah dilukai.

3.5.3 Perawatan Tanaman

Perawatan yang dilakukan adalah penyiraman satu kali sehari pada pagi hari. Kemudian dilakukan pencabutan gulma yang tumbuh di dalam *polybag*. Pengajiran dilakukan ketika tanaman tembakau mulai tumbuh sekitar ± 30 cm.

3.6 Pengamatan Penelitian

3.6.1 Masa Inkubasi

Pengamatan lama munculnya gejala penyakit dilakukan sejak hari pertama inokulasi sampai tanaman tembakau menunjukkan gejala visual penyakit lanas.

3.6.2 Intensitas Serangan Penyakit

Pengamatan dilakukan pada empat minggu setelah inokulasi. Penghitungan intensitas penyakit dilakukan dengan mencatat jumlah daun yang bergejala lanas kemudian dihitung menggunakan rumus metode skoring. Berdasarkan Majid *et al.*, (2013), kategori serangan ditentukan sebagai berikut:

- 0 = Tanaman tidak terserang penyakit
- 1 = kurang dari 10% daun tanaman terserang
- 2 = 10 – 30 % daun tanaman terserang
- 3 = 31 – 50 % daun tanaman terserang
- 4 = lebih dari 50 % daun tanaman terserang
- 5 = daun mati.

Berikut ini adalah rumus indeks penyakit:

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

IP : Indeks Penyakit

N : Jumlah daun dari tiap kategori serangan

v : Skor serangan

Z : Skor tertinggi serangan

N : Total jumlah daun yang diamati

3.6.3 Pertumbuhan Vegetatif pada Tanaman

Pengamatan pertumbuhan vegetatif tanaman dilakukan pada saat satu minggu setelah pindah tanam hingga delapan minggu setelah pindah tanam dengan interval satu minggu. Pengamatan dilakukan dengan cara mengamati tinggi tanaman, jumlah daun tanaman dan diameter batang.

1. Tinggi tanaman: diukur mulai dari permukaan tanah sampai titik tumbuh tanaman dengan menggunakan meteran.
2. Jumlah daun: dihitung banyak daun yang sudah berkembang secara sempurna (tidak termasuk kuncup daun).
3. Diameter batang: diukur pada ketinggian sekitar 1 cm diatas pangkal batang dengan menggunakan jangka sorong.

3.6.4 Penetapan Kadar Tanin

Uji kandungan kadar tanin menggunakan sampel batang tanaman tembakau pada setiap perlakuan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Farmasi Universitas Ma-chung, Malang dengan diawali pembuatan larutan standar dan penetapan kadar tanin.

a. Pembuatan Larutan Standar Asam Tanat 1000 ppm

0,1 g asam tanat dilarutkan dalam 100 ml aquades. Dibuat seri pengenceran 60 µg/mL, 80 µg/mL, 100 µg/mL, 120 µg/mL, dan 140 µg/mL. Diambil masing-masing 1 ml dari seri pengenceran dan dimasukkan ke dalam wadah labu tentukur 10 ml yang berisi 7,5 ml aquabidestilata. Ke dalam labu tersebut ditambahkan 0,5 ml pereaksi folin denis, didiamkan 3 menit dan ditambahkan 1 ml larutan Na₂CO₃

jenuh, diinkubasi selama 15 menit. Kemudian serapannya dibaca pada panjang gelombang 740 nm.

b. Penetapan Kadar Tanin

Sebanyak 0,5 g ekstrak ditimbang dan dilarutkan dengan aquabidestilata sampai 10 ml. Jika belum larut sempurna bisa dibantu dengan alat yang berfungsi untuk menghomogenkan larutan. Dipipet 1,0 ml sampel dengan seksama, dimasukkan ke dalam wadah berukuran 10 ml yang telah berisi 7,5 ml aquabidestilata. Ditambahkan 0,5 ml pereaksi folin denis, didiamkan selama 3 menit, ditambahkan 1,0 ml larutan Na_2CO_3 jenuh. Diinkubasi selama 15 menit, kemudian dibaca serapannya pada panjang gelombang 740 nm.

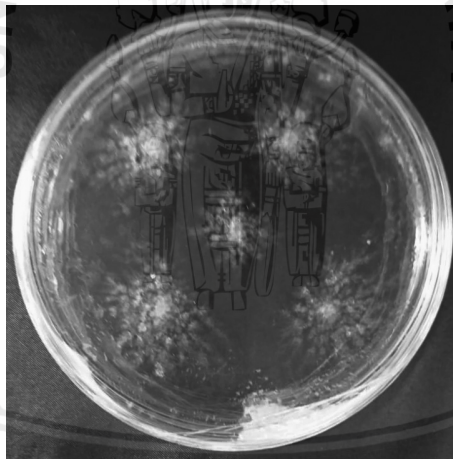
3.7 Analisa Data

Data yang diperoleh pada pengamatan tinggi, jumlah daun, diameter batang, munculnya gejala penyakit dan intensitas penyakit dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA) pada taraf 5% dengan Ms. Excel 2007. Apabila hasil pengujian pengujian menunjukkan hasil yang berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dan data yang diperoleh pada pengamatan kandungan tannin diuji dengan uji T satu sampel pada taraf 5% menggunakan aplikasi SPSS Statistic 2011.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

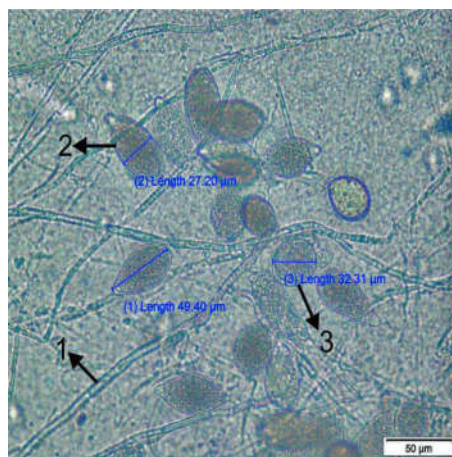
4.1 Identifikasi Jamur *Phytophthora nicotianae*

Phytophthora nicotianae merupakan patogen tular tanah dan bertahan di dalam tanah sampai beberapa tahun tanpa kehadiran inangnya. Patogen ini tumbuh dan berkembang baik pada tanah dengan suhu lebih dari 20°C. Isolat *P. nicotianae* yang tumbuh pada media Corn Meal Agar (CMA) yang diinkubasi selama 14 hari membentuk koloni yang mempunyai warna cenderung putih, permukaan koloni halus, koloni berbentuk bulat dengan pinggiran tidak rata (Gambar 19). Hal ini sesuai dengan pendapat Motulo (2007), pertumbuhan *Phytophthora* spp. sangat lambat, kemungkinan karena pengaruh media tumbuhnya. Miselium isolat dari *Phytophthora* spp. pada umumnya dapat tumbuh pada media PDA dan bertumbuh lebih baik pada media V8 dan CMA dengan tipe koloni *stelate*, *cottony*, *rossaceous* dan tidak beraturan, bentuk permukaan miselium datar.



Gambar 1. Koloni *P. nicotianae* pada media CMA pada 14 hari.

Pengamatan mikroskopis pada jamur *P. nicotianae* menunjukkan bahwa isolat jamur *P. nicotianae* memiliki hifa yang tidak bersekat, sporangium berbentuk oval menyerupai buah pir (Gambar 20). Hal ini sesuai dengan Bush *et al.*, (2006) morfologi koloni *P. nicotianae* pada umumnya sporangium berbentuk buah pir (ovoid) meskipun ditemukan juga variasi bentuk lainnya, mempunyai papilla yang jelas, bersifat caducous (mudah lepas dari sporangiofor) dengan tangkai dan memiliki panjang sporangium 40-62µm dan lebar 28-43µm, memiliki hifa senositik (tidak bersekat), hifa berwarna hyalin.



Gambar 2. Morfologi Jamur *Phytophthora nicotianae* ; 1. Hifa, 2. Sporangium, 3. Papilla

4.2 Kandungan Tanin pada Tembakau

Berdasarkan hasil uji kandungan tanin pada batang tembakau yang ditanam pada tanah konvensional dan aplikasi pupuk NPK dengan media pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K memiliki kandungan yang berbeda-beda (Tabel 2).

Tabel 1. Kandungan Tanin pada Batang Tembakau yang Ditanam pada Media Pasir Kuarsa

Rata-Rata Kandungan Tanin Pada Batang Tanaman Tembakau ($\mu\text{g/mL}$)				Nilai Probabilitas	
Perlakuan	Kontrol	AMB-P0K	AMB-P0K + Mikoriza	Kontrol terhadap AMB P0K	AMB P0K terhadap AMB P0K + Mikoriza
Kandungan Tannin ($\mu\text{g/mL}$)	65,6	86,8	122,04	0,01*	0,08

Keterangan: Uji T one sample test. Angka pada nilai probabilitas yang diikuti tanda (*) berbeda nyata ($p < 0,05$)

Dari tabel 2 hasil uji kandungan tanin pada batang tembakau dapat dilihat bahwa perlakuan tembakau yang ditanam pada tanah konvensional dan pemberian pupuk NPK (kontrol) mempunyai kandungan tanin sebanyak $65,6 \mu\text{g/mL}$, pada media AMB-P0K tanpa mikoriza sebesar $86,8 \mu\text{g/mL}$ dan pada media AMB P0K dengan mikoriza mempunyai kandungan sebesar $122,04 \mu\text{g/mL}$. Kandungan tanin pada media tanah konvensional dan pemberian pupuk NPK berbeda nyata dengan perlakuan kontrol AMB-P0K dengan mikoriza. Hal ini sesuai dengan Jugran *et al* (2015), akar tanaman yang terinfeksi mikoriza akan meningkatkan senyawa

antosianin, flavonoid dan tanin. Senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa yang dibentuk oleh tanaman ketika terjadi infeksi untuk mengaktivasi gen-gen ketahanan tanaman. Akumulasi senyawa fitokimia tersebut pada Mikoriza Arbuskular dapat meningkatkan aktivasi dari enzim *phenylalanine ammonium lyase* (PAL) dan kitinase yang secara fungsional berguna untuk sifat ketahanan terhadap patogen. Solaiman (2017), kandungan tanin dalam batang yang terinokulasi mikoriza arbuskular lebih tinggi dibandingkan dengan daun tanaman *Lotus japonicus* L. Terdapat simbiosis mutualisme antara mikoriza arbuskular dengan akar tanaman melalui epidermis sebagai interaksi resistensi sistemik terhadap patogen tanaman. Selain itu, kolonisasi mikoriza dengan akar tanaman juga mampu meningkatkan kandungan tanin, senyawa flavonoid, isoflavonoid dan senyawa fenolik yang terdapat pada dinding sel sebagaimana diketahui bahwa menurut Kurniawan (2013), tanin dapat membuat patogen inaktif dengan menetralkan aktivitas enzim perusak yang dihasilkan patogen. Mekanisme ketahanan yang ditunjukkan tanaman terhadap toksin patogen berupa reaksi detoksifikasi atau pemiskinan reseptor untuk produksi toksin sehingga patogen tidak dapat memproduksi toksin atau toksin yang diproduksi hanya sedikit.

Tanaman tembakau pada perlakuan mikoriza memiliki kadar tanin yang lebih tinggi dan juga memiliki intensitas penyakit lanas oleh patogen *P. nicotianae* lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang memiliki kandungan tanin lebih rendah dan memiliki intensitas penyakit lebih tinggi. Terlihat bahwa tanin mampu bersifat sebagai pengatur fungsi kekebalan dan ketahanan terhadap patogen yang sangat efektif menghambat perkembangan bercak *P. palmivora*. Beberapa senyawa fitokimia seperti saponin, tannin, steroid, dan flavonoid juga berfungsi sebagai antifungi, antibakteri, maupun antivirus dan mendukung kekebalan serta ketahanan tumbuhan yang digunakan sebagai bahan biopestisida (Javed dan Bashir, 2012).

4.2 Lama Munculnya Gejala Penyakit Lanas (*Phytophthora nicotianae*)

Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa semua tanaman yang diinokulasi jamur *P. nicotianae* menghasilkan gejala serangan yang sama yaitu tanaman yang daunnya masih hijau terkulai layu berwarna kuning kemudian pangkal batang dekat permukaan tanah busuk berwarna coklat (Gambar 21). Hal

ini sesuai dengan Semangun (2000), gejala serangan penyakit lanas diawali dengan tanaman layu. Setelah beberapa hari, daun-daun mulai menguning dan menggantung pada cabang. Akar dan batangnya berwarna sebagian besar hitam pekat, potongan melintang juga berwarna hitam pekat, dan akan mengeluarkan cairan bening. Infeksi jamur *P.nicotianae* pada tanaman tembakau dapat berkembang ke *xylem* yang mengakibatkan gangguan transportasi air.



Gambar 3. Gejala Serangan Penyakit Lanis oleh *Phytophthora nicotianae* ; a. bagian keseluruhan tanaman, b. pangkal batang, c. daun layu dan menguning.

Gejala penyakit lanas muncul pada waktu yang berbeda. Hasil pengamatan munculnya gejala penyakit lanas pada tanaman tembakau menunjukkan tanaman yang terserang penyakit lanas lebih cepat adalah perlakuan kontrol P01 dan tanaman yang terserang penyakit lanas lebih lambat adalah perlakuan P5. Berikut merupakan diagram lama munculnya gejala penyakit lanas pada tanaman tembakau :

Tabel 2. Rerata Munculnya Gejala Penyakit Lanis

Perlakuan	Rerata Munculnya Gejala Penyakit (HSI)
P01	5,75 a
P02	6,00 a
P1	7,00 b
P2	7,50 c
P3	7,75 cd
P4	8,0 d
P5	8,5 e

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa pemberian mikoriza pada tanaman tembakau dapat menghambat penyakit *P. nicotianae* dengan periode masuknya patogen ke dalam jaringan tanaman lebih lama dibandingkan tanpa aplikasi mikoriza. Hal ini diduga karena mikoriza telah mendominasi lingkungan sekitar media tanam menjadi lebih tahan terhadap perkembangbiakan patogen sehingga kemunculan gejala awal infeksi *P. nicotianae* pada tanaman tembakau setelah aplikasi mikoriza menjadi lebih lama karena patogen sulit penetrasi dalam jaringan tanaman tembakau. Menurut Zeng (2006), Fungi Mikoriza Arbuskular berpotensi dalam pengendalian hayati yang berfungsi sebagai pelindung terhadap infeksi patogen tular tanah karena kolonisasi FMA yang tinggi menyebabkan terbentuknya selaput tipis hifa eksternal yang berfungsi sebagai penghambat masuknya jamur patogen, kondisi akar tersebut sulit dipenetrasi oleh patogen karena patogen harus berkompetisi dengan FMA terlebih dahulu. Kondisi ini akan menghalangi perkembangan patogen akar, sehingga memperkecil terjadinya infeksi.

4.3 Intensitas Penyakit Lanas oleh *Phytophthora nicotianae*

Perhitungan intensitas serangan penyakit lanas pada tanaman tembakau dilakukan dengan metode skoring. Pada pengamatan intensitas serangan *P. nicotianae* menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap perlakuannya (Tabel 4)

Tabel 3. Intensitas Penyakit Lanas oleh *Phytophthora nicotianae* pada Tanaman Tembakau

Perlakuan	Intensitas Serangan (%)
P01	45,98 d
P02	29,68 c
P1	27,10 b
P2	26,63 b
P3	26,35 b
P4	21,00 a
P5	19,70 a

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Berdasarkan hasil perhitungan intensitas penyakit pada 4 minggu setelah inokulasi, pemberian mikoriza memiliki pengaruh yang nyata pada pengurangan intensitas penyakit yang disebabkan *P. nicotianae*. Pada perlakuan tanpa pemberian mikoriza memiliki perbedaan nyata dengan perlakuan pemberian

mikoriza. Intensitas penyakit terendah terdapat pada perlakuan P5 yaitu sebesar 19,7%. Sedangkan intensitas penyakit terbesar terdapat pada perlakuan P01 yaitu sebesar 45,98%. Hal ini dikarenakan mikoriza telah mengkolonisasi akar tembakau sehingga mampu menghalangi masuknya patogen *P. nicotianae* melalui penebalan dinding sel akar. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian tentang pemanfaatan mikoriza arbuskular untuk pengendalian patogen telah banyak dilaporkan oleh Pozo *et al.* (1998) bahwa aplikasi mikoriza arbuskular (*G. mosseae*) efektif mengendalikan *P. parasitica* pada tanaman tomat. Menurut Scheffknecht *et al.* (2006), pengaruh mikoriza pada akar tomat dan ketimun menunjukkan terjadinya perubahan morfologi atau anatomi, yaitu terbentuknya lignin pada bagian endodermis dari akar sehingga dapat menjadi penghalang terhadap penetrasi patogen, terjadinya lignin menyebabkan tanaman tomat lebih tahan terhadap patogen tular tanah. Infeksi jamur Mikoriza Arbuskular (MA) dapat meningkatkan konsentrasi kitinase dan kandungan asam amino terutama arginin, yang merupakan hasil akumulasi pada akar tanaman. Pada tanaman yang terinfeksi jamur mikoriza terjadi peningkatan konsentrasi fitoaleksin, sehingga pengaruh simbiosis antara jamur MA dengan tanaman inang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap beberapa patogen. Kolonisasi jamur mikoriza menyebabkan perubahan induksi, seperti terjadinya stimulasi biokimia, yaitu peningkatan fenil propanoid dalam jaringan inang. Simbiosis dengan jamur MA merupakan pengendalian biologi yang efektif menekan inokulum patogen yang potensial.

1.4 Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tembakau

1.4.1 Tinggi Tanaman

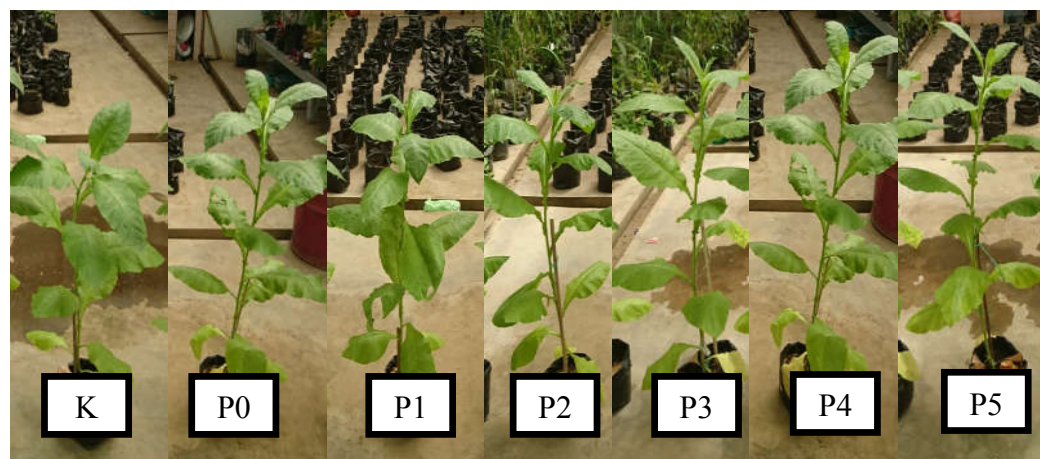
Hasil pengamatan tinggi tanaman tembakau menunjukkan rerata tinggi tanaman tertinggi adalah perlakuan P5 dan rerata tinggi tanaman terendah adalah perlakuan P01. Pada penelitian ini didapatkan hasil pengamatan tinggi tanaman pada tabel 5.

Tabel 4. Rata- Rata Tinggi Tanaman Tembakau

Perlakuan	Rata-Rata Tinggi Tanaman Tembakau (cm)							
	1MST	2MST	3MST	4MST	5MST	6MST	7MST	8MST
P01	5,5	6,2 a	9,4 a	18,8 a	24,3 a	35,6 a	50,6 a	67,4 a
P02	4,4	5,9 a	8,9 a	18,9 a	29,2 b	42,5 b	57,4 b	72,2 ab
P1	5,9	6,3 a	10,2ab	19,9 a	29,7 b	42,9 b	59,6 bc	73,5 ab
P2	3,7	6,5 ab	10,2ab	22,3 b	28,6 b	45,05 bc	61,7 bc	78,2 b
P3	5,1	6,9 b	11 b	22,3 b	33 c	47,73 c	62,9 c	86,3 c
P4	4,3	8,7 c	14 c	26 c	37,7 d	52,2 d	67,3 d	89,7 c
P5	5,2	9,2 c	14,6 c	26,3c	38,5 d	53,1 d	70,1 d	95,6 d

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis ragam pertumbuhan tinggi tanaman tembakau selama 8 MST mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Rerata tinggi tanaman pada pengamatan 1 MST sebesar 3,7 – 5,9 cm dan pada 8 MST sebesar 67,4 – 95,6 cm. Tinggi tanaman yang berbeda pada masing-masing perlakuan dipengaruhi adanya infeksi mikoriza pada akar tanaman tembakau sehingga akar tanaman lebih mudah menyerap unsur hara pada media tanam. Menurut Kumar (2018), kolonisasi mikoriza pada akar tanaman dapat memperluas bidang penyerapan akar dengan adanya hifa eksternal yang tumbuh dan berkembang melalui bulu-bulu akar. Hifa yang mempenetrasi tanaman inang akan membantu mendekatkan unsur hara dari zona rhizosfer pada tanaman inang, sehingga meningkatkan kapasitas akar dalam penyerapan air dan unsur hara, terutama fosfat (P) sehingga pertumbuhan tinggi tanaman menjadi optimal. Smith *et al.*, (2003) menyatakan bahwa jamur mikoriza arbuskular juga memacu pembentukan hormon-hormon pertumbuhan tanaman, seperti sitokinin dan auksin yang berperan dalam pembelahan dan pemanjangan sel dan hal ini semakin mengoptimalkan pertumbuhan tinggi tanaman.



Gambar 4. Perbandingan Tinggi Tanaman Setiap Perlakuan Mikoriza pada Umur 8 MST.

1.4.2 Jumlah Daun

Hasil pengamatan jumlah daun pada tanaman tembakau menunjukkan rerata jumlah daun tertinggi adalah perlakuan P5 dan rerata jumlah daun terendah adalah perlakuan P01. Pada penelitian ini didapatkan hasil pengamatan rata-rata jumlah daun tanaman tembakau selama 8 minggu setelah tanam disajikan dalam tabel 6.

Tabel 5. Rata-Rata Jumlah Daun Tanaman Tembakau

Perlakuan	Rata-Rata Jumlah Daun Tanaman Tembakau (helai)							
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7MST	8 MST
P01	5,00	5,75	7,25	8,25	9,25 a	10,00 a	11,25 a	12,50 a
P02	4,50	5,00	6,75	8,00	9,00 a	10,50 ab	11,75 ab	13,00 a
P1	5,25	5,75	7,00	7,50	9,75 b	11,00 bc	12,25 b	13,75 b
P2	4,25	5,00	6,75	8,00	10,00 b	11,25 c	13,00 c	14,25 b
P3	4,75	5,25	7,00	8,50	10,50 c	11,50 cd	13,50 cd	15,00 c
P4	4,3	5,5	7,5	8,8	11,0 d	12,0 d	13,8 de	15,5 cd
P5	4,8	5,8	8,3	9,5	11,5 e	13,0 e	14,3 e	16,0 d

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis ragam data jumlah daun selama 8 MST pada setiap perlakuan dan setiap pengamatan mengalami peningkatan. Rerata jumlah daun pada pengamatan terakhir sebesar 12,50- 16 helai. Rata-rata jumlah daun tanaman tembakau yang diberi perlakuan mikoriza bertambah sebanyak 2 hingga 4 helai daun tiap minggu. Sedangkan pada tanaman tembakau tanpa perlakuan dosis mikoriza hanya 1-2 daun tiap minggunya. Hal ini diduga pada dosis

tertinggi mikoriza mampu lebih aktif berkompetisi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perner *et al* (2006) menyatakan bahwa mikoriza mampu meningkatkan penyerapan unsur hara pada tanaman sehingga pertumbuhan dan perkembangan organ vegetatif seperti panjang batang maupun daun juga meningkat. Perkembangan daun yang lebih baik membuat tanaman mampu melakukan fotosintesis lebih optimal, karena daun yang menerima cahaya matahari sebagai energi utama dalam proses fotosintesis.

Pertumbuhan dan perkembangan daun sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dalam media tanam, terutama nitrogen. Nitrogen diperlukan oleh tanaman untuk melakukan proses-proses metabolisme, terutama pada masa vegetatif. Kompos berperan dalam meningkatkan porositas tanah sehingga memberikan juga ruang hidup yang optimal bagi mikroba tanah seperti FMA (Fungi Mikoriza Arbuskular). Inokulasi FMA juga mampu meningkatkan penyerapan unsur hara N oleh akar tanaman (Xie *et al.*, 2014). Oleh karena itu, pemberian FMA pada tanaman yang medianya diberi kompos akan meningkatkan jumlah daun tembakau. Hal tersebut dikarenakan unsur hara N yang tersedia pada media tanam diserap secara optimal oleh akar tanaman yang bermikoriza. Hal ini terjadi karena mikoriza dapat membantu menyerap unsur hara dari media tanam dan diedarkan ke seluruh organ tanaman sehingga dapat membantu menyediakan bahan baku pada proses fotosintesis.

1.4.3 Diameter Batang

Berdasarkan hasil pengamatan diameter batang menunjukkan rerata diameter batang tertinggi adalah perlakuan P5 dan rerata diameter batang terendah adalah perlakuan P02. Pada penelitian ini didapatkan hasil pengamatan diameter batang seperti pada tabel 7.

Tabel 6. Rata-rata Diameter Batang Tanaman Tembakau

Rata-Rata Diameter Batang Tanaman Tembakau (mm)								
Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5MST	6MST	7MST	8MST
P01	0,95	3,84	4,66 a	5,62 a	6,14 a	6,68 a	7,20 a	8,54 a
P02	1,05	3,93	4,69ab	5,31 a	6,00 a	6,59 b	7,26 a	7,95 a
P1	1,13	4,22	4,80 b	5,40 b	6,03 a	6,28 b	7,29 a	8,60 b
P2	1,15	4,28	5,24 c	5,64 b	6,19ab	7,01 c	7,55 b	8,63bc
P3	1,18	4,33	5,37c	6,49 c	6,95 b	7,15 c	7,75 c	8,71bc
P4	1,2	4,7	5,9 d	6,6 c	7,0 b	7,2 cd	7,8 c	8,9 c
P5	1,3	4,6	6,2 e	6,6 c	7,0 b	7,4 d	7,9 c	9,3 d

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%.

Pemberian mikoriza memiliki pengaruh yang lebih tinggi terhadap pertambahan ukuran diameter batang karena bidang penyerapan hara pada media tanam lebih luas. Hal ini sesuai dengan pendapat Orcut dan Nielsen (2000), akar yang bermikoriza mempunyai bidang penyerapan unsur hara yang lebih luas. Lebih luasnya bidang penyerapan unsur hara akan meningkatkan penyerapan unsur hara diantaranya adalah unsur P dan Ca. Meningkatnya kadar P memengaruhi pembentukan Adenosin Trifosfat (ATP) (Buchner, 2007) yang berperan penting dalam proses metabolisme dan pertumbuhan tanaman seperti pembelahan sel dan pemanjangan sel, respirasi dan fotosintesis. Demikian juga dengan meningkatnya kadar Ca yang berperan sebagai elemen struktural dinding sel dan membran sel. Kalsium memengaruhi aktivitas pembelahan dan penebalan sel-sel jaringan tanaman (Pinto *et al.*, 2015), sehingga proses diferensiasi menjadi lebih cepat dan pertumbuhan kambium berjalan lebih cepat yang terlihat pada pertambahan diameter batang tanaman.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemberian mikoriza pada media tanam pasir kuarsa dapat memperlambat masa inkubasi patogen *Phytophthora nicotianae* dan menekan intensitas serangan penyakit lanas. Produksi senyawa tanin pada tanaman tembakau juga dipengaruhi oleh pemberian mikoriza. Intensitas penyakit pada tanaman tembakau perlakuan mikoriza lebih rendah dengan intensitas serangan 19,7% dibanding tanaman tembakau yang ditanam pada media tanah konvensional dengan intensitas serangan 45,98%. Masa inkubasi *Phytophthora nicotianae* yang menyerang tanaman tembakau lebih lama dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Tanin mengalami peningkatan pada tanaman tembakau yang ditanam pada media pasir kuarsa dan kompos AMB-P0K + mikoriza dibanding pada tembakau yang ditanam pada media tanah konvensional.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait senyawa metabolit sekunder pada bagian tanaman tembakau yang lebih spesifik dalam menekan penyakit lanas. Selain itu diperlukan penelitian mengenai persentase kolonisasi mikoriza pada akar tanaman dan penghitungan kerapatan spora mikoriza.

DAFTAR PUSTAKA

- [INVAM]. 2013. International Culture Collection of Vesikular Arbuscular Mychorizal fungi (US). 2014.
- Akiyama, K., Matsuzaki dan Hayashi. 2005. Plant Sesquiterpenes Induce Hyphal Branching In Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Nature*, 435:824-827.
- Anif, S. dan Harismah, K. 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.
- Awad, AA., Sato, D., Kusumoto, Kamioka, HY., Takeuchi dan Yoneyama, K. 2006. Characterization of Strigolactones, Germination Stimulants for Root Parasitic Plants Striga and Orobanche, Produced by Maize, Millet and Shorgum. *Plant Growth Regulation* 48: 221-227.
- Baslam, M., Garmendia, N., Goicoechea. 2013. Enhanced Accumulation of Vitamins, Nutraceuticals and Minerals in Lettuces Associated with Arbuscular Mycorrhizal Fungi (FMA): A Question of Interest for Both Vegetables and Humans. *Review Agriculture* 3: 188–209.
- Basuki, S., Suwarso, Herwati, A dan Yulaikah, S. 2006. Biologi dan Morfologi Tembakau Madura. <http://balittas.litbang.pertanian.go.id>. Diakses pada 15 Agustus 2019.
- Bouwmeester, HJ., Roux, CJA., Lopez-Raez dan Becard, C. 2007. Rhizosphere Communication of Plants, Parasitic Plants And Am Fungi. *Trend in Plant Science* 12: 224-230.
- Brundrett, M. 2004. Diversity and Classification of Mycorrhizal Associations. *Biology*.
- Brundrett, M. 2008. Mycorrhizal Association: the web resource section 4. Arbuscularmycorrizas. <http://mycorrhizas.info/vam.html>
- Bucher, M. 2007. Functional Biology of Plant Phosphate Uptake at Root and Mycorrhiza Interfaces. *New Phytologist*, 173(1), 11-26.
- Bush, EA., Stromberg, EL., Hong, C., Richardson, PA., and Kong, P. 2006. Illustration of key Morphological Characteristics of *Phytophthora* species Identified in Virginia Nursery Irrigation Water. Online. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2006-0621-01-RS.
- Cahyono, B. 1998. Tembakau, Budi daya dan Analisis Tani. Kanisius. Yogyakarta. dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan di Kabupaten Jember. *J. of Sustainable Agriculture*. 33(2), 115-125.
- Darwo dan Sugiarti. 2008. Pengaruh Dosis Spora Cendawan Scleroderma Citrinum Persoon Dan Komposisi Media Terhadap Pertumbuhan Tusam Di Persemaian. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*. 5(5): 461-472

- Debnath, A., Karmakar P., Debnath, S., Roy, DA., Saha, AK., Das, P. 2015. Arbuscular Mycorrhizal and Dark Septate Endophyte Fungal Association In Some Plants Of Tripura, North-East India. *Journal Research In Enviromental Dan Applie Mycology* 5 (4): 398-407.
- Eliza, Munif, A., Djatnika, I., Widodo. 2007. Karakter Fisiologis dan Peranan Antibiosis Mikroba Perakaran Graminae terhadap *Fusarium* dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman Pisang. *J. Hort.* 17(2):150-160.
- Febriani, W., Riniarti, M dan Surnayanti. 2017. Penggunaan Berbagai Media Tanam dan Inokulasi Spora untuk Meningkatkan Kolonisasi Ektomikoriza dan Pertumbuhan *Shorea javanica*. *J. Sylva Lestari* 5(3): 87-94
- FreyKlett, PJ., Garbaye dan Tarkka, M. 2007. The Mycorrhiza Helper Bacteria Revisited. *New Phytol.* 176:22-36.
- Galup, CA., Sullivan, MJ dan Shew, HD. 2006. Black Shank Of Tobacco. www.Blackshank.aspx.htm.
- Gavito, ME., Rouhier, PAH., Olsson, PA., Medina, I., Jakobsen, B., Bago, AC. dan Azcon. 2005. Temperature Constraints on The Growth and Functioning of Root Organ Cultures with Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Journal of New Phytology* 168: 179–188.
- Halim, Jasril dan Saryono. 2014. Optimalisasi Produksi Senyawa Metabolit Sekunder Dari *Pseudomonas* Sp. Endofit Tanaman Dahlia (*Dahlia variabilis*). *Ind.Che.Acta*, 5(1).
- Hameed, A., Dillfuza, EF., Abd-Allah, A., Hashem, A., Kumar, P., Ahmad. 2014. Salinity Stress and Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis in Plants. In Miransari, M. (ed.) *Use of Microbes for The Alleviation of Soil Stresses*. Vol. 1, Springer Science Business Media NY. Hal 139–159.
- Hardjowigeno, S. 1992. Ilmu Tanah. Jakarta: Mediyatama Sarana Perkasa.
- Hariyadi, BW., Ali, M., dan Nurlina, N. 2017. Damage Status Assessment of Agricultural Land as a Result of Biomass Production in Probolinggo Regency East Java. *ADRI International Journal of Agriculture*, 1(1).
- Hasanuzzaman, M., Gill, SS., Fujita, M. 2013. Physiological Role of Nitric Oxide in Plants Grown Under Adverse Environmental Conditions. In Tuteja, N., S.S. Gill (ed.) *Plant Acclimation to Environmental Stress*. Springer Science Business Media. New York. Hal 269–322.
- Hashemi, M dan Safari M. 2016. Valorization of Tomato Waste Proteins Through Production of Antioxidant and Antibacterial Hydrolysates by Proteolytic *Bacillus subtilis*: Optimization of Fermentation Conditions. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 53(1) : 391–400
- Hidayah, N dan Djajadi. 2009. Sifat-Sifat Tanah yang Mempengaruhi Perkembangan Patogen Tular Tanah pada Tanaman Tembakau. *J. Perspektif* 8 (2): 74-83.
- Indriani, YH. 2002. Membuat Kompos Secara Kilat. PT. Penebar Swadaya. Jakarta.

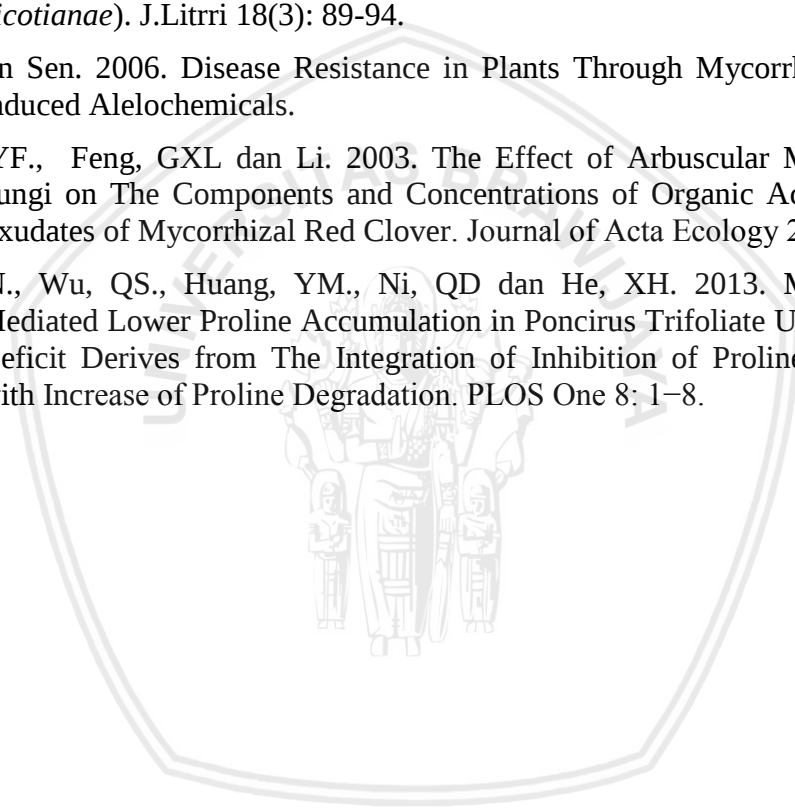
- Javed, S. dan Bashir, U. 2012. Antifungal Activity of Different Extracts of *Ageratum Conyzoides* for The Management of *Fusarium solani*. *African Journal Of Biotechnology* Vol. 11(49): 11022-11029.
- Jugran, AK., Bahukhandi, P. Dhyani, ID. Bhatt, RS., Rawal, SK., Nandi, LMS dan Palni. 2015. The Effect of Inoculation With Mycorrhiza: AM On Growth, Phenolics, Tannins, Phenolic Composition And Antioxidant Activity in *Valeriana jatamansi* Jones. *J. Soil Science and Plant Nutrition* 15 (4) , 1036-1049.
- Kapoor, R., Evelin, P., Mathur dan Giri. 2013. Arbuscular Mycorrhiza: Approaches for Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants for Sustainable Agriculture. in Tuteja, N., S.S. Gill (ed.) *Plant Acclimation to Environmental Stress*, Springer Science Business Media, LLC. p 359–401.
- Khan dan Sharoon. 2009. Characterization of Bacterial Endophytes of Sweet Potato Plants. *Plant Soil*: 1-12.
- Kumar, A., Tripti, Prasad, MNV., Maiti, SK dan Favas, PJC. 2018. Mycoremediation for Mine Site Rehabilitation. *Indian Institute of Technology*. Dhanbad.
- Kurniawan, AC. 2013. Ketahanan Kakao (*Theobroma cacao* L) terhadap Penyakit Busuk Buah (*Phytophthora palmivora*). Makalah Seminar Umum Halaman 1-21.
- Latef, AA., dan Chaoxing. 2014. Does The Inoculation with *Glomus Mosseae* Improve Salt Tolerance in Pepper Plants. *Journal of Plant Growth* 33: 644–653.
- Matnawi, H. 1997. *Budidaya Tembakau Bawah Naungan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Maudidiana, N. 2008. Identifikasi Sistem Budidaya Tembakau Deli. Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Motulo, HFJ. 2007. Karakter Morfologi dan Molekuler Isolat *Phytophthora palmivora* Asal Kelapa dan Kakao. *Buletin Palma* Vol.15 No. 2:121-122.
- Muhibuddin, A. 2018. *Spesifikasi Kandungan Nutrisi Kompos*. Unwaha Press
- Muktianto, RT dan Diartho, HC. 2018. Komoditas Tembakau Besuki Na-Oogst *Journal of Sustainable Agriculture*. 33(2), 115-125.
- Muthukumar, TP., Priyadharsini, E., Uma, S., Jaison, RR dan Pandey. 2014. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Alleviation of Acidity Stress on Plant Growth. in Miransari, M. (ed.) *Use of Microbes for The Alleviation of Soil Stresses*, Vol. 1. Springer Science Business Media. New York. Hal 43–71.
- Nurhandayani, R., Linda R dan Khotimah S. 2013. Inventarisasi Jamur Mikoriza Vesikular Arbuskular dari Rhizosfer Tanah Gambut Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr). *Jurnal Protobiont*, 2(3): 146 -151.
- Orcutt, DM dan Nielsen, ET. 2000. *Physiology of Plants Under Stress: Biotic Factor*. Canada: John wiley & Sons Inc.

- Pagano, MC. 2014. Drought Stress and Mycorrhizal Plants. In Miransari, M. (ed.) Use of Microbes for The Alleviation of Soil Stresses. Springer Science Business Media. New York. Hal 97–110.
- Panabieres, F., Ali, GS., Allagui, MB., Dalio, RJD., Gudmestad, NC., Kuhn, ML., Roy, SG., Schena, L., Zampounis, A. 2016. *Phytophthora nicotianae* Diseases Worldwide: New Knowledge Of A Long-Recognised Pathogen. J. Phytopathologia Mediterranea. 55(1). 20–40
- Perner, H., Schwarz, D., dan George, E. 2006. Effect of Mycorrhizal Inoculation and Compost Supply on Growth and Nutrient Uptake of Young Leek Plants Grown on Peat Based Substrates. J. Hort Science 41(3): 628-632.
- Pineda, ASJ., Zheng, JJA., Van Loon, CMJ., Pieterse, M dan Dicke. 2010. Helping Plants To Deal With Insects: The Role of Beneficial Soil-Borne Microbes. Trends Plant Science 15:507–514
- Pinto, MCX., Kihara, VAM., Goulart, FMP., Tonelli, KN., Gomes, H. Ulrich and R. R. Resende. (2015). Calcium Signaling and Cell Proliferation. Cellular Signalling, 27(11), 2139 – 2149.
- Pozo, MJ., Gaudot DE., Aguilar, AC., Barea, JM. 1998. Chitinase and Chitinase Activities in Tomato Roots During Interactions with Arbuscular Mycorrhizal Fungi or *Phytophthora parasitica*. Journal of Experimental Bot. 49: 1729–1739.
- Prayugo, S. 2007. Media Tanam untuk Tanaman Hias. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Pujianto. 2001. Pemanfaatan Jasad Mikro, Jamur Mikoriza dan Mikroba Dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan Di Indonesia, Tinjauan dari perspektif falsafah Sains. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Pertanian Bogor. Review. 79: 473
- Rahardjo, M. dan Rostiana, O. 2005. Budidaya Tanaman Kunyit. Sirkuler no. 11. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.
- Raharja, NC. 2015. Isolasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Lokal pada Rhizosfer Rumput Lahan Pasca Tambang Timah di Kabupaten Belitung Timur. Skripsi Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan Institut Pertanian Bogor.
- Ramadhan, R., Nihayati, E., Sitawati. 2017. Pengaruh Aplikasi Cendawan Mikoriza dan Perlakuan Pemberian Air terhadap Peningkatan Kadar Asiatikosida Tanaman Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban). J. Biotropika. 5(2), 138-142.
- Ramadhani, P., Erli, Asterina. 2017. Hambat Ekstrak Etanol Rimpang Kunyit (*Curcuma domestica* V.) terhadap Pertumbuhan Mikroba Secara In Vitro. J. Kesehatan Andalas. 6(3).
- Rani, A., Singh, R., Kumar, P., Shukla, G. 2017. Pros and Cons of Fungicides: An Overview. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology: 112-117.

- Rungkat, JA. 2009. Peranan MVA dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman. Jurnal FORMAS. 4(1): 270-276.
- Salisbury, FB. dan Ross, CW. 1995. Fisiologi Tumbuhan, Perkembangan Tumbuhan dan Fisiologi Lingkungan. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Santos, AF. dos. 2016. *Phytophthora nicotianae*. Forest Phytophthoras 6(1).
- Sariasih, Y., Sutraswati, M dan Hartal. 2014. Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Cabai Terhadap Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Berbagai Media Pasir. J.Agrotek.Trop. 3(1) 29-31.
- Sastrahidayat, IR. 2013. Epidemiologi Kuantitatif Penyakit Tumbuhan. UB Press. Malang.
- Scheffknecht, S., Mammerler, R., Steinkellner, S. dan Vierheiling, H. 2006. Root Exudates of Mycorrhizal Tomato Plants Exhibit a Different Effect on Microconidia Germination of *Fusarium oxysporium* F. sp. *Lycopersici* Than Root Exudates From Non-Mycorrhizal Tomato Plants. Mycorrhiz 16:365-370.
- Semangun, H. 2000. Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Setiadi, Y. 2001. Peranan Mikoriza Arbuskula Dalam Reboisasi Lahankritis Di Indonesia Makalah Seminar Penggunaan CMA Dalam Sistem Pertanian Organik Dan Rehabilitasi Lahan.Bandung. 21-23April 2001.
- Setyorini, SD dan Yusnawan, E. 2016. Peningkatan Kandungan Metabolit Sekunder Tanaman Aneka Kacang sebagai Respon Cekaman Biotik. J.Iptek Tanaman Pangan 11 (2): 167-174.
- Shaul, O., David, R ., Sinvani G., Ginzberg., Ganon, Wininger,D ., Badani,H ., Ovdar, N dan Kapulnik, Y.2001. Plant Defence Response During Arbuscular Mycorrhiza Symbiosis. Current Advances Inmycorrhizae Research. The American Phytopathological Society St Paul Minnesota. p.61-68.
- Sinaga, P., Purba, E., Ginting, J., 2014. Pengaruh Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) terhadap Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Varietas Tembakau (*Nicotiana tabaccum* L.) di Lapangan. J Online Agroteknologi 2(2): 586-597.
- Singh G, Singh OP dan Maurya S. 2002. Chemical and Biocidal Investigations on Essential Oils of Some Indian Curcuma Species. Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials 45:75-81
- Sirikantaramas, S., M. Yamazaki, K. Saito. 2008. Mechanisms of Resistance to Self-Produced Toxic Secondary Metabolites in Plants. Phytochem. Rev. 7:467-477.
- Smith, SE., Smith, FA., dan Jakobsen, I. 2003. Mycorrhizal Fungi can Dominate Phosphate Supply to Plants Irrespective of Growth Responses. Plant Physiology, 133, 16-20

- Solaiman, ZM dan Senoo, K. 2017. Arbuscular Mycorrhizal Fungus Causes Increased Condensed Tannins Concentrations in Shoots but Decreased in Roots of *Lotus Japonicus* L. Rhizosphere, halaman 1-25.
- Sudantha, IM. 2014. Buku Patogen Tumbuhan Tular Tanah dan Pengendaliannya. Percetakan Arga Puji Press. Mataram. ISBN: 978-979- 1025-56-0. 250 hal.
- Suharti, N., Habazar, T., Nasir, N., Dachryanus, dan Jamsari. 2011. Induksi Ketahanan Tanaman Jahe Terhadap Penyakit Layu *Ralstonia solanacearum* Ras 4 Menggunakan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Indigenus. J. HPT Tropika, 11(1), 102-111.
- Sullivan, M. 2005. *Phytophthora parasitica* Dasturvar. nicotianae (Breda de Haan)Tucker.http://www.cals.ncsu.edu/course/pp728/Ralstonia/Ralstonia_solanacearum_biovars.html. 28 November 2018.
- Supriyono. 2015. Serangan Penyakit Layu Mikroba *Pseudomonas solanacearum* dan Lanas *Phytophthora nicotianae* pada Galur-Galur Harapan Tembakau Temanggung. J Agrivor 8(1): 43-50.
- Suwarso. 1996. Pemuliaan Tanaman Tembakau Virginia dan Tembakau Asli dalam Prosiding pemuliaan tanaman. PPTI Komda Jatim. Malang.
- Suwarso, Rochman, F., dan Yulaikah, S. 2006. Morfologi dan Biologi Tembakau Virginia. <http://balittas.or.id/sitembakau>. Diakses pada 15 Agustus 2019.
- Vasconsuelo, A. dan Boland, R. 2007. Molecular Aspects of The Early Stages of Elicitation of Secondary Metabolites In Plants. Plant Science 172:861-875.
- Wicaksono, MI., Rahayu, M., Samanhudi. 2013. Pengaruh Pemberian Mikoriza dan Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan Bawang Putih. J. Ilmu-Ilmu Pertanian 29(1).
- Widyati, E. 2013. Pentingnya Keragaman Fungsional Organisme Tanah terhadap Produktivitas Lahan. J. Hutan Tanaman 6 (1).
- Widyawati, E. 2017. Memahami Komunikasi Tumbuhan-Tanah dalam Areal Rhizosfir untuk Optimasi Pengelolaan Lahan. J. Sumberdaya Lahan 11(1): 33-42.
- Wilkinson, KM., Landis, TD., Haase, DL., Daley, BF., Dumroese RK. 2014. Tropical Nursery Manual. Washington. United States Department of Agriculture.
- Wright, SF. 2005. Management of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. In Zobel, RW. Wright, SF (ed.) Roots and Soil Management: Interactions Between Roots and The Soil. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison. 183–197.
- Xavier, LJC dan Boyetchko, SM. 2004. Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Disease Control. In: Arora DK (Ed.). Fungal Biotechnology in Agricultural, Food and Environmental Applications. 183–194 Dekker, New York
- Xie, XB., Weng, B., Cai, Y., Dong dan Yan, C. 2014. Effects Of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation and Phosphorus Supplyon the Growth and

- Nutrient Uptake of *Kandelia Obovata* (Sheue, Liu &Yong) Seedlings In Autoclaved Soil. *Applied Soil Ecology*, 75, 162 – 171.
- Yaseen, T., Burni, T dan Hussain, F. 2012. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation on Nutrient Uptake, Growth and Productivity of Chickpea (*Cicer arietinum*) Varieties. *Journal of Agronomy Plant Prod* 3: 334–345.
- Yulianti, T. 2010. Bahan Organik: Perannya dalam Pengelolaan Kesehatan Tanah dan Pengendalian Patogen Tular Tanah Menuju Pertanian Tembakau Organik. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri* 2(1)
- Yulianti, T., Hidayah, N danYulaikah, S. 2012. Ketahanan Delapan Kultivar Tembakau Lokal Bondowoso Terhadap Tiga Patogen Penting (*Ralstonia solanacearum*, *Pectobacterium carotovorum* dan *Phytophthora nicotianae*). *J.Litri* 18(3): 89-94.
- Zeng Ren Sen. 2006. Disease Resistance in Plants Through Mycorrhizal Fungi Induced Alelochemicals.
- Zhang, YF., Feng, GXL dan Li. 2003. The Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on The Components and Concentrations of Organic Acids in The Exudates of Mycorrhizal Red Clover. *Journal of Acta Ecology* 23: 30–37.
- Zou, YN., Wu, QS., Huang, YM., Ni, QD dan He, XH. 2013. Mycorrhizal Mediated Lower Proline Accumulation in *Poncirus Trifoliata* Under Water Deficit Derives from The Integration of Inhibition of Proline Synthesis with Increase of Proline Degradation. *PLOS One* 8: 1–8.





Lampiran 1. Deskripsi Varietas Tembakau GL 26 H

Spesies Tembakau	: <i>Nicotiana tabacum</i> .
Asal Introduksi	: Hibrida silang tunggal dari Amerika Serikat.
Tipe varietas	: Hibrida.

- Tetua betina Cytoplasmic male sterile GLH 1994-RCL.

- Tetua jantan K 326 (RTMV).

Sifat Morfologi	: Habitus Kerueut.
Tinggi tanaman (cm)	: $199,7 \pm 14,8$.
Warna batang	: Hijau muda.
Jumlah daun produksi (lembar/pohon)	: $27,4 \pm 1,35$.
Sirung	: Sedang.
Tipe /tangkai daun	: Duduk, sudut daun lancip.
Panjang daun (cm)	: $60,81 \pm 5,80$.
Lebar daun (cm)	: $29,91 \pm 3,26$.
Phylotaksi	: 5/13 kl.
Nisbah/indeks daun	: 0,49.
Lebar sayap daun (cm)	: $1,77 \pm 0,24$.
Kekasaran urat daun	: Sedang, sudut urat daun lancip.
Bentuk daun	: Elip lebar, bentuk ujung daun meruneing.
Irisan melintang daun	: Cekung, irisan bujur daun lengkung.
Bendol muka daun	: Sedang, sedikit melipat.
Ombak Tepi daun	: Lemah, torehan tepi daun berombak.
Telinga daun (cm)	: Tidak ada atau sangat pendek ($3,57 \pm 0,84$).
Warna daun	: Hijau, warna ibu tulang daun hijau
Umur berbunga (hst)	: $58,7 \pm 1,34$.
Panjang bunga (mm)	: Panjang ($\geq 51,7$).
Diameter tabung bunga (mm)	: Sedang (47,5 - 51,6).
Penggembungan bunga (mm)	: Lemah (≥ 8).
Ukuran mahkota (mm)	: Sedang (20 - 23).
Ujung mahkota	: Sangat kuat, warna pink, putik sempurna.

Benangsari vs Putik	: Lebih pendek.
Bentuk bunga	: Kerucut terbalik.
Posisi bunga vs daun atas	: Di atas.
Kekompakan bunga	: Terbuka.
Bentuk buah	: Bulat telur.
Potensi Produksi Krosok (ton/ha)	: 1,88 - 2,13.
Nilai Indek Mutu	: 70,28 - 86,99.
Nilai Indek Tanaman	: 133,45 - 178,82.
Kadar Nikotin (%)	: 2,11 - 4,11.
Ketahanan terhadap penyakit Jamur <i>P. nicotiana</i>	: Moderat tahan.
Bakteri <i>R. solanacearum</i>	: Moderat tahan.
Pemulia	: Fatkhur Rochman, Emy Sulistyowati, Ruly Hamida, dan Aprilia Ridhawati.
Peneliti pendukung	: Hamzah, Joko Triyono Rahardjo, Djajadi, Ali Permadi, Kristiana Sri Wijayanti, Muhammad Syakir, Fadjry Djufry, dan Fajarudin.
Pemilik varietas	: PT. Benih Emas Indonesia.

Lampiran 2. Perhitungan Pupuk NPK per Polybag

$$\text{Kebutuhan Pupuk NPK/ha} = 400\text{kg/ha}$$

$$\text{HLO} = \text{KLO} \times \text{BI} \times \text{LL}$$

$$= 30 \text{ cm} \times 1,1 \text{ gram/cm}^3 \times 10^8$$

$$= 33 \times 10^8$$

$$\text{Kebutuhan NPK} = \frac{\text{Ukuran polybag}}{\text{HLO}} \times \text{Kebutuhan pupuk NPK}$$

$$= 5000 / 33 \times 10^8 \times 400.000$$

$$= 5 \times 10^3 \times 4 \times 10^5 / 33 \times 10^8$$

$$= 0,6 \text{ gram/polybag}$$



Tabel Lampiran 1. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 2 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	39,43	6,57	5,73	* *	2,57	3,81
Galat	21	24,07	1,15				
Total	27	63,50					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 2. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 3 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	118,43	19,74	3,95	* *	2,57	3,81
Galat	21	105,05	5,00				
Total	27	223,48					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 3. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 4 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	235,75	39,29	2,62	*	2,57	3,81
Galat	21	315,34	15,02				
Total	27	551,09					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 4. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 5 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	625,19	104,20	8,52	* *	2,57	3,81
Galat	21	256,85	12,23				
Total	27	882,04					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 5. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 6 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	874,23	145,70	3,26	*	2,57	3,81
Galat	21	938,41	44,69				
Total	27	1812,64					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 6. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 7 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	991,02	165,17	2,61	*	2,57	3,81
Galat	21	1331,14	63,39				
Total	27	2322,16					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 7. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 8 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	2559,03	426,50	3,86	**	2,57	3,81
Galat	21	2322,98	110,62				
Total	27	4882,01					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 8. Analisis Ragam Jumlah Daun 5 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	19,93	3,32	6,07	**	2,57	3,81
Galat	21	11,50	0,55				
Total	27	31,43					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 9. Analisis Ragam Jumlah Daun 6 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	29,36	4,89	4,95	**	2,57	3,81
Galat	21	20,75	0,99				
Total	27	50,11					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 10. Analisis Ragam Jumlah Daun 7 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	40,21	6,70	8,04	**	2,57	3,81
Galat	21	17,50	0,83				
Total	27	57,71					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 11. Analisis Ragam Jumlah Daun 8 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	23.36	3.89	2.84	*	2.57	3.81
Galat	21	28.75	1.37				
Total	27	52.11					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 12. Analisis Ragam Diameter Batang 3 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	9,11	1,52	25,26	* *	2,57	3,81
Galat	21	1,26	0,06				
Total	27	10,38					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 13. Analisis Ragam Diameter Batang 4 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	7,91	1,32	14,07	* *	2,57	3,81
Galat	21	1,97	0,09				
Total	27	9,88					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 14. Analisis Ragam Diameter Batang 5 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	5,32	0,89	8,89	* *	2,57	3,81
Galat	21	2,09	0,10				
Total	27	7,41					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 15. Analisis Ragam Diameter Batang 6 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	3,68	0,61	4,49	* *	2,57	3,81
Galat	21	2,87	0,14				
Total	27	6,55					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 16. Analisis Ragam Diameter Batang 7 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	2,02	0,34	3,16	*	2,57	3,81
Galat	21	2,23	0,11				
Total	27	4,25					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 17. Analisis Ragam Diameter Batang 8 MST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	3,77	0,63	3,25	*	2,57	3,81
Galat	21	4,05	0,19				
Total	27	7,82					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 18. Analisis Ragam Masa Inkubasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	25,21	4,20	6,54	**	2,57	3,81
Galat	21	13,50	0,64				
Total	27	38,71					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 19. Analisis Ragam Intensitas Penyakit 4 MSI

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Perlakuan	6	1801,28	300,21	40,25	**	2,57	3,81
Galat	21	156,63	7,46				
Total	27	1957,91					

Keterangan; (ns) tidak berbeda nyata, (*) berbeda nyata, (**) sangat berbeda nyata

Tabel Lampiran 20. Analisis Uji T Kandungan Tannin

T-Test

[DataSet1]

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tanin	5	122,0400	15,86090	7,09321

One-Sample Test

	Test Value = 65.6					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Tanin	7,957	4	,001	56,44000	36,7461	76,1339

T-TEST

```

/TESTVAL=86.8
/MISSING=ANALYSIS
/VARIABLES=Tanin
/CRITERIA=CI (.95).

```

T-Test

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tanin	5	122,0400	15,86090	7,09321

One-Sample Test

	Test Value = 86.8					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Tanin	4,968	4	,008	35,24000	15,5461	54,9339