

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN PUPUK HAYATI MIKORIZA (*Glomus*
spp.) UNTUK MENGENDALIKAN NEMATODA PURU AKAR
(*Meloidogyne javanica*) PADA TEMBAKAU (*Nicotiana tabaccum L.*)**

**OLEH:
MARIS PURNANTO
MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2014**

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN PUPUK HAYATI MIKORIZA (*Glomus*
spp.) UNTUK MENGENDALIKAN NEMATODA PURU AKAR
(*Meloidogyne javanica*) PADA TEMBAKAU (*Nicotiana tabaccum* L.)**

**OLEH :
MARIS PURNANTO
105040200111057**

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

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
2014**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Efektivitas Penggunaan Pupuk Hayati Mikoriza (*Glomus spp.*)
Untuk Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne javanica*) Pada Tembakau (*Nicotiana tabaccum L.*)

Nama : Maris Purnanto

NIM : 105040200111057

Program Studi : Agroekoteknologi

Minat : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama,

Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D
NIP. 197708102002121003

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS
NIP. 195802081982121001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan

Dr.Ir. Bambang Tri Rahardjo,SU
NIP. 195504031983031003

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 195504031983031003

Penguji II,

Prof. Dr. Ir. Tutung Hadiastono, MS.
NIP. 195210281979031003

Penguji III,

Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D.
NIP. 197708102002121003

Penguji IV,

Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS.
NIP. 195802081982121001

Tanggal Lulus :



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Oktober 2014

Maris Purnanto
NIM. 105040200111057



RINGKASAN

Maris Purnanto, 105040200111057. Efektivitas Penggunaan Pupuk Hayati Mikoriza (*Glomus* spp.) Untuk Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne javanica*) Pada Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). Di bawah bimbingan Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D. Sebagai Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. Sebagai Dosen Pembimbing Pendamping.

Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) merupakan tanaman bernilai tinggi dan merupakan bahan yang dibutuhkan sangat luas di dunia yaitu untuk produksi sigaret, cerutu dan produk lain dari tembakau, merupakan tanaman komersial bukan pangan yang dibudidayakan paling luas di dunia. Nematoda parasitik tumbuhan terdapat dimana saja tanaman tembakau dibudidayakan. Mikoriza ialah suatu struktur yang khas yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu tumbuhan. Mikoriza juga memiliki peran sebagai *biocontrol* bagi tanaman dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan sebaliknya mikoriza tidak menyebabkan penyakit terhadap tanaman, dan membantu menyerap hara mineral dalam tanah dan menyediakan unsur-unsur hara N, Ca dan P bagi inang. Pengendalian penyakit tanaman yang mempunyai prospek baik dan ramah lingkungan ialah pengendalian hayati dengan memanfaatkan mikroba antagonis disekitar tanaman.

Tujuan dari penelitian ini ialah mengetahui efektivitas mikoriza (*Glomus* spp.) untuk pengendalian *M. javanica* pada tanaman tembakau. Hipotesis yang dikemukakan dalam penelitian ini ialah mikoriza efektif untuk mengurangi tingkat serangan *M. javanica* pada tanaman tembakau. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan informasi tentang tingkat keefektifan mikoriza sebagai dasar untuk merumuskan teknologi yang tepat untuk pengendalian *M. javanica* pada tanaman tembakau.

Penelitian ini dilaksanakan di dalam Rumah Kaca Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Jl. Besar Ijen 30 A, Malang serta laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Maret sampai Agustus 2014. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri dari 5 perlakuan dan di ulang sebanyak 5 kali. Pengamatan dilakukan terhadap populasi nematoda *M. javanica* tinggi tanaman, jumlah daun, persentase infeksi mikoriza dan nematoda serta berat basah dan berat kering tanaman. Data yang diperoleh di analisis menggunakan uji F taraf 5% dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Penggunaan pupuk hayati mikoriza dapat mengendalikan serangan nematoda puru akar *M. javanica* pada tanaman tembakau (*N. tabacum*). Pengaplikasian 60 g pupuk hayati mikoriza pada tembakau (*N. tabacum*) merupakan dosis yang paling efektif dalam mengendalikan serangan nematoda puru akar (*M. javanica*). Pengaplikasian 100 g pupuk hayati mikoriza pada tembakau (*N. tabacum*) merupakan dosis efektif untuk peningkatan produksi tembakau.

SUMMARY

Maris Purnanto. 105040200111057. The Effectiveness of Mycorrhizal Bio-fertilizer (*Glomus* spp.) to Control Root Knot Nematodes Attack (*Meloidogyne javanica*) on Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). Supervised by Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D. and Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS.

Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) is a high-value crop and is a necessary ingredient in the world is very wide for the production of cigarettes, cigars and other tobacco products, a commercial non-food crops are cultivated most extensive in the world. Plant parasitic nematodes are everywhere cultivated tobacco plants. Mycorrhiza is a typical structure that reflects the mutual functional interactions between a plant. Mycorrhizae also have a role as a biocontrol for plant and increase plant resistance to drought, and mycorrhizal not cause disease on plants, mycorrhizal also increase the plant ability to absorb mineral nutrients in the soil and provide nutrients N, Ca and P to the host. Control of plant diseases that have good prospects and environmental friendly by using antagonistic microbes around the plant.

The purpose of this research is to examine the effectiveness of mycorrhizal Bio-fertilizer (*Glomus* spp.) to control of *M. javanica* in tobacco plants. The hypothesis put forward in this research, mycorrhizae is effective to reduce the level of *M. javanica* attack in tobacco plants. The results of this research can increase knowledge and information about the effectiveness of mycorrhizae as a basis for formulating technology to the control of *M. javanica* in tobacco plants.

The research was conducted in the Screen House Agricultural High School Jl. Besar Ijen 30 A, Malang and Plant Pests and Diseases Laboratory Brawijaya University, Malang. Implementation of the research began in March and August 2014 This experiment used Completely Randomized Block Design, consisting of 5 treatments and each treatment was repeated 5 times. Data were collected for nematode population, plant height, number of leaves, the percentage of mycorrhizal infection and nematodes as well as wet weight and dry weight of plants. Data were analyzed using the F test level of 5% and continued with the Least Significant Difference test (LSD) at 5% level.

The results showed that the use of mycorrhizal bio-fertilizers can control the root knot nematodes attack in tobacco plants (*N. tabacum*). The application of 60 g of mycorrhizal biofertilizer on tobacco (*N. tabacum*) is the most effective dose in controlling root knot nematode attack (*M. javanica*). The application of 100 g of mycorrhizal biofertilizer on tobacco (*N. tabacum*) is an effective dose for the increased production of tobacco.

KATA PENGANTAR

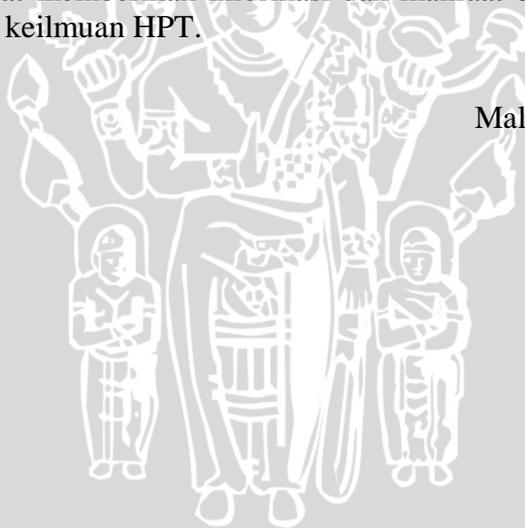
Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi berjudul “Efektivitas Penggunaan Pupuk Hayati Mikoriza (*Glomus* spp.) Untuk Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne javanica*) Pada Tembakau (*Nicotiana tabaccum* L.)” diajukan sebagai tugas akhir dalam rangka menyelesaikan studi di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Hagus Tarno, SP., MP., Ph.D. selaku dosen pembimbing utama dan Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. sebagai pembimbing pendamping atas segala kesabaran, nasihat, dan bimbingannya kepada penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. selaku Ketua Jurusan beserta seluruh dosen dan karyawan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang diberikan.

Terima kasih juga penulis sampaikan kepada kedua Orang Tua tercinta dan Adikku tersayang atas segala doa, semangat, kasih sayang, dan dukungan yang selalu diberikan dengan tulus kepada penulis. Juga kepadateman-teman Agroekoteknologi '10, teman-teman Minat Hama dan Penyakit Tumbuhan, teman-teman Beswan Djarum atas bantuan, motivasi dan kebersamaan selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi banyak pihak, terutama dalam bidang keilmuan HPT.

Malang, Oktober 2014

Penulis



RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dilahirkan di Temanggung pada tanggal 29 Maret 1991 dari ayah yang bernama Sugito dan ibu Lilik Ponirah. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Traji II pada tahun 1997 sampai tahun 2003, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 1 Ngadirejo, Temanggung pada tahun 2003 sampai tahun 2006, dan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 1 (STM Pembangunan) Temanggung, Jurusan Agribisnis Tanaman Perkebunan pada tahun 2006 sampai tahun 2010. Pada tahun 2010, penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi minat Hama dan Penyakit Tumbuhan di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur.

Selama kuliah, penulis sempat mengikuti beberapa kegiatan organisasi, yaitu pengurus Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya tahun 2011-2012, radio komunitas 107,5 Oryza FM. Penulis juga mengikuti beberapa kepanitiaan antara lain POSTER FP UB tahun 2012 divisi kesehatan, Brawijaya International Agriculture divisi Humas, Agriculture Vaganza 2012 divisi perlengkapan, Musyawarah Nasional IBEMPI tahun 2012 divisi Humas, Community Empowerment Beswan Djarum DSO Malang tahun 2013 divisi Humas. Selama masa kuliah, penulis menerima beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik (PPA) Dikti tahun 2011 dan beasiswa Djarum Bakti Pendidikan tahun 2012.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN	v
RINGKASAN.....	vi
SUMMARY	vii
KATA PENGANTAR	viii
RIWAYAT HIDUP	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Hipotesis	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Tanaman Tembakau (<i>Nicotiana tabaccum L.</i>)	3
2.2 Mikoriza.....	4
2.2.1 Interaksi Mikoriza dengan Tanaman dan Patogen	5
2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Mikoriza	6
2.2.3 <i>Glomus</i> sp.	8
2.3 Nematoda Puru Akar (<i>Meloidogyne spp.</i>)	8
BAB 3. METODOLOGI.....	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	12
3.2.1 Alat	12
3.2.2 Bahan	12
3.3 Metode Penelitian.....	12
3.4 Persiapan Penelitian.....	12
3.4.1 Sterilisasi Media Tanam.....	12
3.4.2 Inokulum telur <i>M. javanica</i>	13
3.4.2 Identifikasi Nematoda Puru Akar	13
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	14



3.5.1 Inokulasi <i>Meloidogyne</i> sp.	14
3.5.2 Pemeliharaan Tanaman	14
3.6 Pengamatan	14
3.6.1 Populasi <i>Meloidogyne</i> sp.	15
3.6.2 Infeksi <i>Glomus</i> sp. pada Akar Tanaman Tembakau	15
3.6.3 Tinggi dan Jumlah Daun Tanaman Tembakau.....	15
3.6.4 Berat Basah dan Berat Kering Tanaman.....	15
3.7 Analisis Data	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Identifikasi Nematoda Puru Akar Pada Tanaman Tomat	17
4.2 Persentase Infeksi Mikoriza dan Nematoda.....	17
4.3 Populasi Akhir Nematoda Pada Media Tanam	18
4.4 Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun Tanaman Tembakau	19
4.5 Berat Basah dan Berat Kering Tanaman Tembakau	20
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Kesimpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	26



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Rerata Populasi Akhir Nematoda Pada 100 g Media Tanam	19
2.	Rerata Jumlah Daun Tembakau	20
3.	Rerata Berat Basah Tanaman Tembakau	20
4.	Rerata Berat Kering Tanaman Tembakau.	21

DAFTAR LAMPIRAN TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Analisis Ragam Persentase Infeksi Mikoriza	27
2.	Analisis Ragam Persentase Infeksi Nematoda (Gall)	27
3.	Analisis Ragam Populasi Akhir Nematoda	27
4.	Analisis Ragam Tinggi Tanaman Tembakau	27
5.	Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Tembakau	27
6.	Analisis Ragam Berat Basah Tanaman Tembakau	27
7.	Analisis Ragam Berat Kering Tanaman Tembakau	27



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Hasil identifikasi nematoda puru akar pada tanaman tomat	17
2.	Grafik persentase infeksi mikoriza dan nematoda pada akar	18
3.	Grafik pertumbuhan tinggi tanaman tembakau	19

DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Penanaman Bibit Tembakau	28
2.	Telur Nematoda <i>Meloidogyne</i> sp.	28
3.	Inokulasi Telur Nematoda <i>Meloidogyne</i> sp.	28
4.	Tanaman Tembakau Pada 45 HST	29
5.	Puru Akar Pada Tanaman Tembakau Tanpa Perlakuan Pupuk Hayati Mikoriza.....	29
6.	Perbandingan Tinggi Tanaman Pada 60 HST.....	29
7.	Ekstraksi Nematoda Untuk Menghitung Populasi Akhir Nematoda.....	30
8.	Puru Akar Pada Tanaman Tembakau.....	30
9.	Mikoriza Pada Akar Tanaman Tembakau	30
10.	Kerangka Operasional Penelitian.....	31
11.	Denah pengacakan sampel pengamatan	32
12.	Denah penempatan dan areal pengamatan.....	33



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) merupakan tanaman bernilai tinggi dan merupakan bahan yang dibutuhkan sangat luas di dunia yaitu untuk produksi sigaret, cerutu dan produk lain dari tembakau, merupakan tanaman komersial bukan pangan yang dibudidayakan paling luas di dunia (Akehurst, 1981). Nematoda parasitik tumbuhan terdapat pada tanaman tembakau dibudidayakan, tetapi beratnya masalah yang timbul tergantung pada iklim dan tipe tanah. Sebagian besar negara-negara penghasil tembakau terdapat pada kawasan intertropik. Nematoda parasitik yang dominan ialah *Meloidogyne* spp., diantaranya yang penting ialah *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica*, dan *M. hapla*.

Mikoriza ialah suatu struktur yang khas yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu tumbuhan tertentu dengan satu atau lebih galur mikobion dalam ruang dan waktu. Berdasarkan struktur tumbuh dan cara infeksi mikoriza dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu Ektomikoriza dan Endomikoriza. Mikoriza juga memiliki peran sebagai *biocontrol* pada tanaman dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan sebaliknya mikoriza tidak menyebabkan penyakit terhadap tanaman untuk menyerap hara mineral dalam tanah dan menyediakan unsur-unsur hara N, Ca dan P bagi inang (Furlan, 1988). Pengendalian penyakit tanaman yang mempunyai prospek baik dan ramah lingkungan ialah pengendalian hayati dengan memanfaatkan mikroba antagonis disekitar tanaman.

Di Indonesia penelitian mengenai pemanfaatan mikoriza untuk mengendalikan *Meloidogyne* belum banyak dilakukan. Penelitian ini akan mengungkapkan tentang bagaimana tingkat efektivitas mikoriza untuk mengendalikan *Meloidogyne* pada tanaman tembakau. Dari hasil penelitian ini diharapkan Mikoriza dapat menjadi suatu produk yang dapat dimanfaatkan secara optimal, terutama dalam budidaya tanaman tembakau.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah penggunaan pupuk hayati mikoriza (*Glomus* spp.) dapat mengendalikan serangan nematoda puru akar *M. javaniva* pada tanaman tembakau (*N. tabaccum*).
2. Berapakah dosis pupuk hayati mikoriza (*Glomus* spp.) yang paling efektif dalam pencegahan serangan nematoda puru akar *M. javaniva* pada tanaman tembakau (*N. tabaccum*).

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui penggunaan pupuk hayati mikoriza (*Glomus* spp.) dalam pengendalian *M. javaniva* pada tanaman tembakau.
2. Untuk mengetahui dosis pupuk hayati mikoriza (*Glomus* spp.) yang efektif dalam pencegahan serangan nematoda puru akar *M. javaniva* pada tanaman tembakau (*N. tabaccum*).

1.4 Hipotesis

1. Mikoriza (*Glomus* spp.) dapat mengurangi tingkat serangan *M. javaniva* pada tanaman tembakau.
2. Penggunaan pupuk hayati mikoriza (*Glomus* spp.) dengan dosis yang tinggi dapat mengendalikan serangan nematoda puru akar *M. javaniva* pada tanaman tembakau (*N. tabaccum*).

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan informasi tentang tingkat keefektifan mikoriza (*Glomus* spp.) sebagai dasar untuk merumuskan teknologi yang tepat untuk pengendalian *M. javaniva* pada tanaman tembakau.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabaccum L.*)

Tembakau merupakan bahan baku utama industri rokok dan cerutu yang keberadaannya mencuatkan dua kutub isu yang saling bertentangan, yaitu kesehatan dan pendapatan. Pada perkembangan selanjutnya, tanaman-tanaman tembakau rakyat di Jawa telah beradaptasi di daerah pengembangannya dan menghasilkan beberapa jenis tembakau khas lokal, seperti tembakau selopuro, tembakau kendal, tembakau temanggung, tembakau madura, tembakau paiton, tembakau besuki, tembakau kasturi, dan tembakau asepan (Rochman, 2008). Luas areal tanaman tembakau di Indonesia tahun 2005 sekitar 256.801 hektar dengan produksi sekitar 200.875 ton (Sudaryanto et al., 2008). Daerah produsen utama tembakau ialah Jawa Timur dengan jumlah pasokan sekitar 50,33% nasional, kemudian Jawa Tengah 31,67%, dan Nusa Tenggara Barat (11,62%).

Penyebab utama penurunan luas areal tembakau ialah degradasi lahan, erosi, dan tingginya penyakit penyakit tular tanah, akibat ditanami tembakau terus menerus, baik pada lahan tradisional maupun lahan-lahan baru yang kurang menguntungkan dari segi ekologi (Djumali, 2008). Penyakit tular tanah, lebih dikenal oleh masyarakat setempat sebagai penyakit “lincat”, disebabkan oleh patogen kompleks. Ada 3 patogen yang berasosiasi dengan penyakit lincat, yaitu bakteri *Ralstonia solanacearum*, nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) dan jamur *Phytophthora nicotianae* var *nicotianae* (Murdiyati et al., 1991). Namun, hanya dua di antara patogen tersebut, yaitu *R. solanacearum* ras I biovar III dan *Meloidogyne incognita* ras 2 yang terbukti sebagai penyebab utama penyakit lincat (Dalmadiyo, 2004; Arwiyanto, 2009).

Daya Dukung Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Perkembangan Penyakit Tular Tanah Kejadian penyakit lincat pada pertanaman tembakau erat kaitannya dengan cara budidaya petani tembakau di Kabupaten Temanggung yang kurang memperhatikan daya dukung lahan. Harga dan kebutuhan tembakau yang tinggi menyebabkan penggunaan tanah secara intensif dan pengembangan ke daerah yang secara ekologi kurang mendukung karena kondisi biofisik lahan tidak memungkinkan (Djumali, 2008). Padahal penggunaan lahan secara intensif selama bertahun-tahun untuk tanaman tertentu menyebabkan kualitas dan kondisi fisik tanah

turun, sehingga berdampak negatif terhadap produksi tanaman (Chander *et al.*, 1997). Pada lahan yang terus menerus ditanami dengan jenis tanaman yang sama cenderung rentan terhadap penyakit-penyakit tular tanah yang terakumulasi dari waktu ke waktu sehingga menimbulkan ledakan populasi yang besar dan berakibat pada peningkatan kerusakan yang sangat besar (van Bruggen dan Termorshuizen, 2003).

2.2 Mikoriza

Mikoriza berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua suku kata, yaitu *mycos* yang berarti jamur dan *rhiza* yang berarti akar. Jamur mikoriza pertama kali ditemukan oleh Frank, seorang botanis dari Eropa pada tahun 1885 dan diartikan sebagai *root fungus* (jamur akar) karena kemampuannya mengambil unsur hara seperti layaknya fungsi akar tanaman (Mosse, 1986). Subiksa (2002) menyebutkan bahwa mikoriza ialah suatu struktur yang khas yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu tumbuhan tertentu dengan satu atau lebih galur mikobion dalam ruang dan waktu. Berdasarkan struktur tumbuh dan cara infeksi mikoriza dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu Ektomikoriza dan Endomikoriza (VAM) (Husna *et al.*, 2007).

Jamur ektomikoriza mempenetrasi diantara dinding sel korteks dan membentuk *cover* yang menyelimuti akar, mantel, atau hifa yang menutupi seluruh akar. Kebanyakan jamur ektomikoriza memproduksi *mushrooms* (badan buah), dan dapat dikelola di media biakan dalam laboratorium. Endomikoriza atau Arbuskular Mycorrhizae tidak membentuk mantel yang menyelimuti akar, karena jamur ini berada dalam korteks akar. Tipe jamur ini, fungsinya untuk cadangan makanan sebagai organ untuk perkembangbiakan, sedangkan arbuskula digunakan untuk menyerap nutrisi yang berada di area perakaran (Muchovej, 2001).

Pada awalnya mikoriza diduga sebagai struktur yang dibentuk secara teratur oleh akar tanaman. Akan tetapi saat ini diketahui bahwa keduanya berbeda dan terjadi interaksi antara keduanya, interaksi tersebut saling menguntungkan (simbiosis mutualisme) (Mosse, 1986). Bentuk simbiosis ditunjukkan secara nyata dengan cara memberikan tempat hidup dan nutrisi (karbon) bagi mikoriza oleh tanaman sebaliknya mikoriza memberikan keuntungan kepada tanaman inang dengan cara membantu tanaman dalam menyerap unsur hara terutama unsur P

(Husna *et al.*, 2007). Abdullah *et al.* (2005) menambahkan bahwa mikoriza berfungsi untuk memperbaiki tingkat serapan hara dan air terutama unsur fosfat dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen tanah melalui simbiosis dengan akar tanaman, secara tidak langsung mikoriza dapat meningkatkan pembentukan dan penyebaran akar tanaman melalui hifa eksternal yang mengakibatkan meningkatnya serapan unsur hara lain oleh tanaman.

2.2.1 Interaksi Mikoriza dengan Tanaman dan Patogen

Mikoriza juga memiliki peran sebagai *biocontrol* bagi tanaman dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan sebaliknya mikoriza tidak menyebabkan penyakit terhadap tanaman untuk menyerap hara mineral dalam tanah dan menyediakan unsur-unsur hara N, Ca dan P bagi inang (Furlan *et al.*, 1988). Pengendalian penyakit tanaman yang mempunyai prospek baik dan ramah lingkungan ialah pengendalian hayati dengan memanfaatkan mikroba antagonis disekitar tanaman. Mikoriza dapat mengendalikan penyakit diduga karena tanaman dipengaruhi kuat oleh adanya peningkatan nutrisi tanaman, sehingga ketahanan tanaman tersebut meningkat, atau ada faktor lain seperti mikoriza yang memainkan peran dalam mengurangi ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan patogen, secara fisik merubah akar dan jaringan akar, perubahan kimia di dalam jaringan akar, mengurangi *stress* lingkungan dan meningkatkan konsentrasi organisme bermanfaat di area perakaran (Amaranthus, 2001). Keberadaan mikoriza dalam tanah bersinergis dengan mikroba potensial seperti bakteri penambat nitrogen dan jasad renik selulolitik seperti *Mikoriza* sp. (Husna *et al.*, 2007).

Menurut Hardiatmi (2008), mikoriza dapat memberikan kekebalan bagi tanaman inang. Mikoriza ini menjadi pelindung fisik yang kuat, sehingga perakaran sulit ditembus patogen, sebab mikoriza mampu membuat bahan antibiotik untuk melawan patogen selain itu mikoriza dapat membentuk hormon seperti auxin, sitokinin dan geberelin, yang berfungsi sebagai perangsang pertumbuhan tanaman. Pena *et al.* (2005) memperkuat hasil penelitian sebelumnya mengenai pemanfaatan mikoriza untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen tular tanah (nematoda), dengan memaparkan hasil penelitian mengenai mekanisme pengendalian nematoda

Pratylenchus penetrans dengan memanfaatkan pada rumput *Ammophila arenaria*. Mekanisme yang terjadi dalam pengendalian ini ialah mikoriza menekan kolonisasi dan reproduksi nematoda *P penetrans*.

2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Mikoriza

Menurut Atmaja (2001), dalam lingkungan tanah, perkembangan mikoriza dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

1. Suhu

Suhu yang relatif tinggi akan meningkatkan aktifitas mikoriza. Untuk daerah tropika basah, hal ini menguntungkan. Proses perkecambahan pembentuk mikoriza melalui tiga tahap yaitu perkecambahan spora di tanah, penetrasi hifa ke dalam korteks akar tanaman. Suhu optimum untuk perkecambahan spora tanah sangat beragam tergantung jenisnya. Beberapa spesies *Gigaspora* yang diisolasi dari tanah Florida, wilayah subtropika mengalami perkecambahan paling baik pada suhu 34°C, sedangkan untuk spesies *Glomus* yang berasal dari wilayah beriklim dingin, suhu optimal untuk perkecambahan ialah 20°C. Penetrasi dan perkecambahan hifa di akar peka terhadap suhu tanah. Pada umumnya infeksi oleh mikoriza meningkat dengan meningkatnya suhu.

2. Kadar Air Tanah

Tanaman yang tumbuh didaerah kering, adanya mikoriza menguntungkan karena dapat meningkatkan kemampuan tanaman inang. Ada beberapa dugaan mengapa tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan diantaranya ialah:

- a. Adanya mikoriza, resistensi akar terhadap gerakan air menurun sehingga transfer air ke akar meningkat.
- b. Tanaman kahat P lebih peka terhadap kekeringan, adanya mikoriza menyebabkan status P tanaman meningkat sehingga daya tahan terhadap kekeringan juga meningkat.
- c. Pengaruh tidak langsung karena adanya miselia eksternal menyebabkan mikoriza efektif didalam mengagregasi butir-butir tanah sehingga kemampuan tanah menyimpan air meningkat.

3. pH tanah

Jamur umumnya lebih tahan terhadap perubahan pH tanah. Tetapi daya adaptasi masing-masing spesies mikoriza terhadap pH tanah berbeda-beda, karena pH tanah mempengaruhi perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman.

4. Bahan Organik

Bahan organik merupakan salah satu komponen penyusun tanah yang penting disamping air dan udara. Jumlah spora mikoriza berhubungan erat dengan kandungan bahan organik didalam tanah. Jumlah maksimum spora ditemukan pada tanah-tanah yang mengandung bahan organik 1-2 persen sedangkan pada tanah-tanah berbahan organik kurang dari 0,5 persen kandungan spora sangat rendah. Residu akar mempengaruhi ekologi mikoriza, karena seresah akar yang terinfeksi mikoriza merupakan sarana penting untuk mempertahankan generasi mikoriza dari satu tanaman ke tanaman berikutnya. Seresah akar tersebut mengandung hifa, vesikel dan spora yang dapat menginfeksi. Disamping itu juga berfungsi sebagai inokulasi untuk tanaman berikutnya.

5. Cahaya dan Ketersediaan Hara

Intensitas cahaya yang tinggi akan meningkatkan jumlah karbohidrat di dalam akar sehingga membuat tanaman lebih peka terhadap infeksi cendawan mikoriza. Infeksi mikoriza terbesar terjadi pada tanah-tanah yang mempunyai kesuburan yang rendah. Pertumbuhan perakaran yang sangat aktif jarang terinfeksi oleh mikoriza. Jika pertumbuhan dan perkembangan akar menurun infeksi mikoriza meningkat.

6. Fungisida

Fungisida merupakan racun kimia yang diracik untuk membunuh cendawan penyebab penyakit pada tanaman, akan tetapi selain membunuh cendawan penyebab penyakit fungisida juga dapat membunuh mikoriza, dimana pemakaian fungisida ini menurunkan pertumbuhan dan kolonisasi serta kemampuan mikoriza dalam penyerapan P (phospor).

2.2.3 *Glomus* sp.

Menurut Feronika (2003), *Glomus* sp. memiliki vesikel yang merupakan struktur berbentuk lonjong atau bulat yang mengandung cairan lemak, yang berfungsi sebagai penyimpan cadangan makanan atau berkembang menjadi kladospora yang berfungsi sebagai organ reproduksi dan struktur tahan. Vesikel biasanya dibentuk lebih banyak diluar jaringan korteks pada daerah infeksi yang sudah tua dan terbentuk setelah pembentukan arbuskula, Vesikula terbentuk pada ujung-ujung arbuskula. Arbuskula ialah struktur hifa yang bercabang-cabang, berfungsi sebagai tempat penukaran nutrisi antara tanaman inang dan VAM. Struktur ini dibentuk 2-3 hari setelah infeksi, diawali dengan penetrasi cabang hifa lateral yang dibentuk oleh hifa ekstraseluler ke dalam dinding sel inang.

Proses infeksi dimulai dari pembentukan appesorium yaitu struktur yang berupa penebalan masa hifa yang kemudian menyempit seperti tanduk Appesorium membantu hifa menembus ruang sel epidermis memulai permukaan akar, atau rambut-rambut akar dengan cara mekanis dan enzimatik. Hifa yang telah masuk ke lapisan korteks kemudian menyebar didalam dan diantara sel-sel korteks, hifa ini akan membentuk benang-benang bercabang yang mengelompok disebut arbuskula yang berfungsi sebagai jembatan transfer unsur hara, antara cendawan dengan tanaman inang. Arbuskula merupakan hifa bercabang halus yang dapat meningkatkan luas permukaan akar dua hingga tiga kali. Pada sistem perakaran yang terinfeksi akan muncul hifa yang terletak diluar, yang menyebar disekitar daerah perakaran dan berfungsi sebagai alat pengabsorpsi unsur hara. Hifa yang terletak diluar ini dapat membantu memperluas daerah penyerapan hara oleh akar tanaman (Hardiatmi, 2008).

2.3 Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.)

Nematoda *Meloidogyne* spp. ialah nematoda parasit yang menyerang akar. Nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) merupakan parasit penting dan banyak menyerang tanaman di lahan pengembangan maupun pembenihan, sehingga banyak menimbulkan kerugian bagi petani karena terjadi penurunan produktivitasnya. Nematode ini masuk kedalam akar dan menginfeksi akar, sehingga akar akan

membengkak dan tidak dapat berfungsi dengan baik. Pada bagian akar yang membengkak ini terdapat nematode yang bersarang di dalamnya. Nematoda *Meloidogyne* spp. ini mempunyai beberapa spesies. Antar spesies dapat dibedakan dengan melihat ciri fisik dari nematode tersebut. Selain itu antar spesies dari genus *Meloidogyne* spp. ini dapat dibedakan dengan melihat sidik pantat dari nematode tersebut. Dengan melihat sidik pantat ini dapat dibedakan spesiesnya.

Sidik pantat dibagi dalam dua bagian, yaitu bagian dorsal dan bagian lateral. Pada sidik pantat bagian dorsal diantaranya garis lateral, lengkung dorsal, plasmid, sedangkan bagian ventral terdapat lubang vulva, lubang anus, dan striae. *Meloidogyne* spp. melakukan siklus hidupnya mulai dari telur hingga masa dewasa. *Meloidogyne* spp. dimulai dari fase telur, fase telur ini mengalami pergantian kulit jadi juvenile I. Setelah itu, leluar menetas, ganti kulit kedua jadi memasuki fase juvenile II. Kemudian bekembang anti kulit ketiga lagi masuk ke fase juvenile III, tumbuh masuk fase juvenile IV setelah ganti kulit keempat. Nama “nematoda puru akar” (root-knot nematodes) berasal dari puru yang karakteristik berasosiasi dengan nematoda tersebut. Tanaman inang *Meloidogyne* spp. meliputi sayur-sayuran, tanaman berjajar, pohon buah-buahan, dan gulma. Marga tersebut sangat penting terutama untuk pertanian di daerah tropik.

Menurut Dropkin (1991), endoparasitik yang bersifat obligat tersebut tersebar luas baik di daerah iklim tropis maupun iklim sedang. Perkembangbiakan tanpa jantan merupakan kebiasaan pada banyak jenis, tetapi pada jenis lain kedua jenis kelamin masih diperlukan dalam reproduksi. Telur-telurnya diletakkan di dalam kantung telur yang gelatinus yang mungkin untuk melindungi telur tersebut dari kekeringan dan jasad renik perusak telur. Kantung telur yang baru terbentuk biasanya tidak berwarna dan menjadi cokelat setelah tua. Telur-telur mengandung zigot sel tunggal apabila baru diletakkan. Embrio berkembang menjadi larva fase juvenile IV memasuki fase dewasa jantan dan betina.

Meloidogyne spp. jantan dan betina dewasa kemudian membengkak tubuhnya sehingga aktivitas gerakannya terbatas, betina akan mengandung telur yang jumlahnya banyak, ukuran tubuh betina akan tetap membengkak terus, tetapi jantan dewasa akan kembali ke ukuran ramping semula lagi yang mengalami pergantian kulit pertama (juvenile I) di dalam telur tersebut. Larva pada stadium kedua muncul

pada suhu dan kelembapan yang sesuai serta bergerak di dalam tanah menuju ke ujung akar yang sedang tumbuh. Mereka menerobos masuk, biasanya di daerah akar yang sedang memanjang, merusak sel-sel dengan mematukkan stiletnya berulang-ulang. Setelah masuk ke dalam akar, larva bergerak di antara sel-sel sampai tiba di dekat silinder pusat, sering kali berada di daerah pertumbuhan akar samping. Di tempat tersebut larva menetap dan menyebabkan pertumbuhan sel-sel yang akan menjadi makanannya. Larva menggelembung, dan melakukan pergantian kulit dengan cepat untuk kedua Juvenile II dan ketiga Juvenile III kalinya tanpa makan, selanjutnya menjadi jantan atau betina dewasa.

Nematoda betina tersebut terus menerus menghasilkan telur selama hidupnya. Kadang-kadang mencapai jumlah 1.000 telur. Lama daur hidupnya bervariasi tergantung pada inang dan suhu. Mungkin paling cepat 3 minggu dan paling lama beberapa bulan. Perbandingan jenis kelamin dipengaruhi oleh lingkungan. Yang jantan akan lebih banyak jika akar terserang berat dan zat makanan tidak cukup. *Meloidogyne* spp. betina dewasa akan tetap berada dalam ukuran membengkak sedangkan jantan dewasa dari ukuran membengkak akan kembali ke ukuran semula. Jenis *Meloidogyne* spp Mempunyai kisaran inang yang sangat luas, meliputi gulma dan berbagai tanaman yang dibudidayakan.

Morfologi nematoda bersifat seksual dimorfik. Nematoda betina berbentuk seperti botol mempunyai leher pendek dan tanpa ekor. Panjangnya lebih dari 0,5mm dan lebarnya antara 0,3-0,4 mm. stiletnya lemah dan panjangnya 12-15 μ m, melengkung ke arah dorsal serta memiliki pangkal knob yang jelas (Dropkin, 1991). Kerangka kepalanya lembek. Lubang ekskresinya terletak sedikit anterior samapi pada lempeng kelep median bulbus dan sering terdapat pada dekat basal stilet. Vulvanya terletak subterminal dekat anus. Kutikulanya berwarna keputihan, tipis dan beranulasi. Mempunyai dua saluran genital yang menggulung di dalam tubuhnya. Telur-telurnya diletakkan di luar tubuhnya di dalam massa gelatin (Shurtleff, 2000). Larvanya mirip seperti pada *Heterodera*, tetapi lebih kecil, mempunyai stilet yang lebih pendek dan lebih kecil (Dropkin, 1991).

Nematoda jantan berbentuk cacing, hidup bebas di dalam tanah dan panjangnya 1-2 mm, apabila diperlakukan dengan panas, maka tubuh nematoda yang mati berbentuk lingkaran 180⁰. Stilet dan kerangka kepalanya kuat, tidak berlekuk,

panjang stiletnya hampir dua kali lipat panjang stilet betina, ekornya pendek dan membulat, setengah melingkar. Spikulanya kuat, tidak mempunyai bursa. Mempunyai satu atau dua testis. Larva instar kedua (J2) silindris berbentuk cacing, panjangnya 450µm. stilet dan kerangka kepalanya mengalami eklerotinisasi yang lembek. Ekornya berbentuk kerucut, terdapat bagian yang berwarna hialin dimulai dari dekat ujung ekor (Prabowo, 2012).

Biologi nematoda *Meloidogyne* spp. ialah nematoda parasit yang menyerang akar. Nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) merupakan parasit penting dan banyak menyerang tanaman di lahan pengembangan maupun pembenihan, sehingga banyak menimbulkan kerugian bagi petani karena terjadi penurunan produktivitasnya. Nematoda ini masuk kedalam akar dan menginfeksi akar, sehingga akar akan membengkak dan tidak dapat berfungsi dengan baik. Pada bagian akar yang membengkak ini terdapat nematoda yang bersarang di dalamnya. Nematoda *Meloidogyne* spp. ini mempunyai beberapa spesies. Antar spesies dapat dibedakan dengan melihat ciri fisik dari nematoda tersebut. Selain itu antar spesies dari genus *Meloidogyne* spp. ini dapat dibedakan dengan melihat sidik pantat dari nematoda tersebut. Dengan melihat sidik pantat ini dapat dibedakan spesiesnya (Mulyadi, 1995).

Tanaman inang nematoda *Meloidogyne* spp. sangat luas. Nematoda ini ditemukan pada lebih dari 3000 spesies tanaman di seluruh dunia, termasuk sayuran, kacang-kacangan, sereal dan rumput, semak dan pohon buah-buahan, dan tanaman hias dan tanaman berkayu. Beberapa spesies umumnya memiliki kisaran inang khusus. Dua atau lebih spesies *Meloidogyne* kadang-kadang ditemukan di dalam habitat yang sama (Shurtleff, 2000).

Gejala yang disebabkan oleh nematoda ini ialah puru akar, Nematoda tersebut membentuk puru pada akar berbagai tanaman. Nematoda ini masuk kedalam akar dan menginfeksi akar, sehingga akar akan membengkak dan tidak dapat berfungsi dengan baik. Pada bagian akar yang membengkak ini terdapat nematoda yang bersarang di dalamnya (Prabowo, 2012).

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di dalam Rumah Kaca Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Jl. Besar Ijen 30 A, Malang serta laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Maret sampai Agustus 2014.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah corong *Baermann*, mikroskop binokuler, cawan petri diameter 9 cm, jarum, saringan berdiameter 160 μm , 135 μm , 55 μm dan 35 μm , objek glass, *beaker glass*, *polybag*, pipet tetes, kuas kecil, gelas plastik, kertas tisu, *handcounter*, penggaris, pot plastik, *sprayer* serta kamera.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah tanah steril, pupuk hayati mikoriza (*Glomus* spp.), *M. javanica*, benih tembakau, pupuk kompos, air, aquadest, lactofenol trypan blue 0,05%, larutan KOH 10%; H_2O_2 ; HCl 1%, Formalin 5%; NaOCl 1%.

3.3 Metode Penelitian

Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri dari 5 perlakuan, perlakuan pertama tanpa spora *Glomus* spp., perlakuan kedua dengan dosis pupuk 40 g/tanaman, perlakuan ketiga dengan dosis pupuk 60 g/tanaman, perlakuan keempat dengan dosis pupuk 80 g/tanaman, dan perlakuan kelima dengan dosis pupuk 100 g/tanaman, dari kelima perlakuan tersebut masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 kali.

3.4 Persiapan Penelitian

3.4.1 Sterilisasi Media Tanam

Sterilisasi media tanam dengan formalin 5%. Adapun sterilisasi tanah dilakukan dengan cara menyemprotkan larutan formalin pada media campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 1:1, diaduk merata, kemudian tanah ditutup dengan plastik selama 7 hari dan setelah itu bungkus plastik dibuka,

selanjutnya diawakan selama 7 hari. Media yang disterilkan dimasukkan kedalam polybag.

3.4.2 Inokulum telur *M. javanica*

Nematoda *M. javanica* diperoleh dari akar tanaman tomat di Areal pertanaman tomat Joyo Grand, Malang. Sampel akar tersebut diambil lalu dimasukan ke kantung plastik dan dibawa ke Laboratorium Nematologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Sampel akar yang diperoleh diambil massa telur menggunakan metode pengambilan secara langsung menggunakan jarum. Sampel akar dari lahan dicuci dengan menggunakan air secara hati-hati. Akar yang telah bersih dipotong dari pangkal batang tanaman, akar yang telah dipotong direndam dengan menggunakan air selama 48 jam. Akar hasil rendaman yang terdapat puru atau *gall* diambil massa telurnya dengan menggunakan jarum dan diletakan pada cawan petri. Massa telur tersebut diidentifikasi berdasarkan sidik pantatnya menggunakan pedoman identifikasi Eisenback *et al.*, (1981).

3.4.2 Identifikasi Nematoda Puru Akar

Identifikasi sidik pantat nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) menggunakan nematoda puru akar yang menyerang akar tanaman tomat. Kemudian akar tanaman tomat dibelah secara hati-hati dengan menggunakan jarum agar nematoda betina tidak pecah. Selanjutnya pindahkan ke kaca preparat yang kering dan amati dibawah mikroskop stereo. Tusuk bagian kepala nematoda dengan jarum sehingga seluruh isi tubuh nematoda keluar dari dalam tubuhnya. Setelah nematoda kempis, bagian posterior (pantat) nematoda dipotong dengan menggunakan silet. Pemotongan bagian posterior ini dilakukan dengan memotong 1/3 dari bagian tubuh nematoda. Pada kaca preparat diberi sedikit air untuk membersihkan bagian posterior (pantat) nematoda dari cairan maupun telur nematoda. Harus dipastikan bagian tubuh nematoda tersebut dalam keadaan telungkup. Kemudian kaca preparat tersebut ditutup dengan penutup kaca preparat dan diamati dengan menggunakan mikroskop medan terang. Selanjutnya identifikasi spesies nematoda dengan mengamati struktur morfologi atau sidik pantat nematoda tersebut.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan preparat adalah peletakkan potongan tubuh nematoda diatas kaca preparat. Dalam peletakkannya, potongan tubuh nematoda bagian posterior (pantat) tersebut harus dipastikan dalam keadaan telungkup. Apabila posisi potongan tubuh terbalik, potongan tubuh dibalikkan dengan menggeser-geser penutup kaca preparat maka preparat akan sulit diidentifikasi dan kembali membuat preparat yang baru.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Percobaan tentang efektivitas penggunaan pupuk hayati mikoriza untuk pengendalian *Meloidogyne* sp. dilakukan bersamaan dengan penanaman bibit tanaman tembakau, yaitu dengan meletakkan pupuk hayati mikoriza ke dalam lubang tanam. Langkah selanjutnya yaitu meletakkan bibit tanaman tembakau diatasnya, kemudian lubang tanam ditutup dengan media dan disiram dengan air.

3.5.1 Inokulasi *Meloidogyne* sp.

Inokulasi *Meloidogyne* sp. ke tanaman tembakau dilakukan pada saat tanaman tembakau berumur 7 hari setelah tanam. Pada proses inokulasi, telur *Meloidogyne* sp. diletakkan pada area perakaran tanaman. Setiap tanaman di inokulasi dengan 100 telur *Meloidogyne* sp.

3.5.2 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman dilakukan di *screen house* meliputi:

1. Pengairan, pemberian air yang dilakukan sesuai dengan kondisi tanaman
2. Pengendalian gulma/ tumbuhan pengganggu dan hama penyakit. Pengendalian gulma dan hama penyakit dilakukan secara mekanik dengan cara penyiangan, membunuh hama dan memotong bagian tanaman yang terserang penyakit.

3.6 Pengamatan

Variabel pengamatan dalam percobaan efektivitas penggunaan pupuk hayati mikoriza. untuk mengendalikan *Meloidogyne* sp. meliputi:

3.6.1 Populasi *Meloidogyne* sp.

Pengamatan populasi *Meloidogyne* sp. dilakukan dengan melakukan perhitungan jumlah *Meloidogyne* sp. per 100 gram tanah pada setiap sampel pada akhir pengamatan.

3.6.2 Infeksi *Glomus* sp. pada Akar Tanaman Tembakau

Pengamatan persentase akar yang terinfeksi oleh *Glomus* sp. bertujuan untuk mengetahui kemampuan spora *Glomus* sp. untuk bersimbiosis dengan akar tanaman tembakau. Langkah-langkah untuk menghitung persentase akar yang terinfeksi *Glomus* sp. yaitu dengan menggunakan metode penjernihan dan pengecatan (*Clearing and Staining*). Akar dicuci dengan air destilat sampai bersih. Selanjutnya akar tersebut direndam dalam KOH 10 % selama 12 jam. Dengan menggunakan penyaring teh sebagai wadah, akar dicuci dengan air mengalir sebanyak 3-5 kali. Selanjutnya akar direndam dalam HCl 2% selama 12 jam. Setelah itu direndam dalam larutan *tripan blue* selama 12 jam. Akar direndam dalam larutan destaining untuk menghilangkan kelebihan larutan pewarna *tripan blue*. Akar dipotong sepanjang kurang lebih 1 cm dan kemudian letakkan berjajar pada gelas obyek. Setiap 5 potong akar di tutup dengan *cover glass*. Setelah pewarnaan selesai kemudian amati setiap potong akar dibawah mikroskop, untuk mengetahui persentase akar yang terinfeksi *Glomus* spp. dengan menggunakan rumus:

$$\text{Persentase Akar Terkolonisasi} = \frac{\text{Jumlah Bidang Akar Terinfeksi}}{\text{Total bidang pandang yang diamati}} \times 100 \%$$

3.6.3 Tinggi dan Jumlah Daun Tanaman Tembakau

Pengukuran tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman tembakau bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Glomus* spp. untuk mempengaruhi pertumbuhan tanaman tembakau. Pengukuran dilakukan 5 hari sekali hingga 10 kali pengamatan.

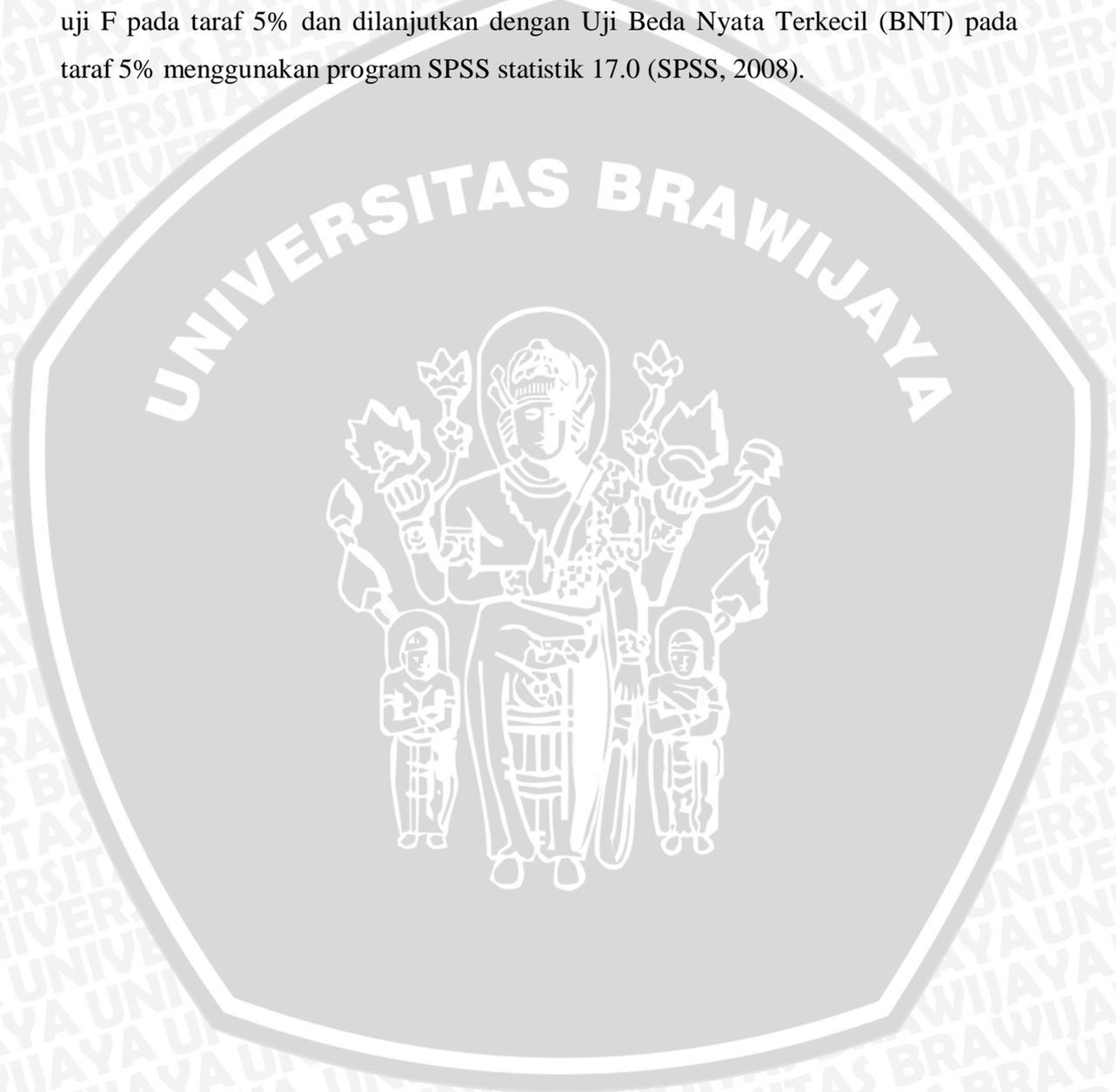
3.6.4 Berat Basah dan Berat Kering Tanaman

Pengukuran berat basah tanaman dilakukan dengan menimbang seluruh bagian tanaman yang telah dipanen. Berat kering tanaman ditentukan dengan

menimbang seluruh bagian tanaman yang telah dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C selama 72 jam.

3.7 Analisis Data

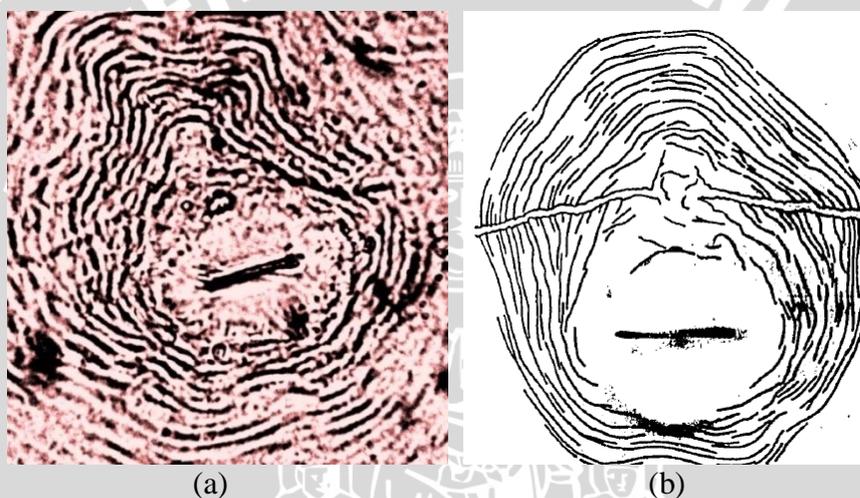
Data pengamatan yang diperoleh dari percobaan efektivitas penggunaan *Glomus* spp. untuk mengendalikan *Meloidogyne* sp., dianalisis dengan menggunakan uji F pada taraf 5% dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% menggunakan program SPSS statistik 17.0 (SPSS, 2008).



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Nematoda Puru Akar Pada Tanaman Tomat

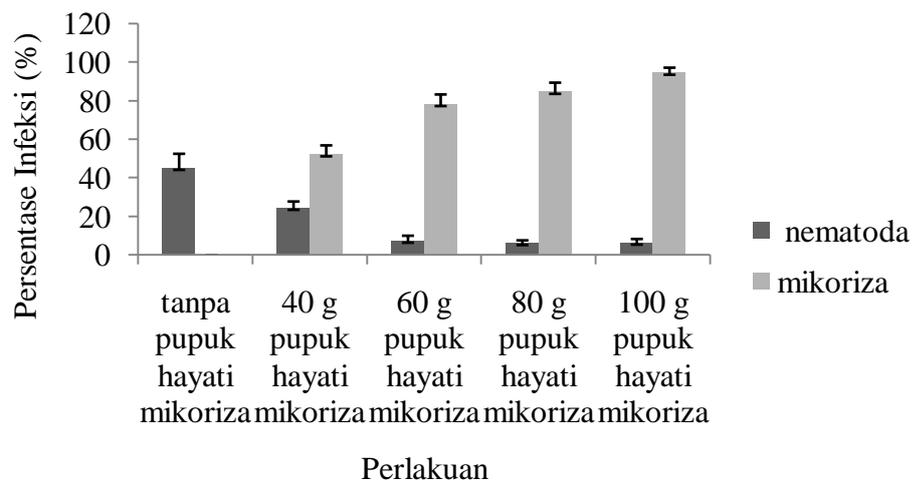
Berdasarkan pengamatan pada ciri-ciri khusus dari pola sidik pantat yang dimiliki nematoda betina terdapat 4 spesies nematoda puru akar ialah *M. javanica*. Hal ini dikarenakan pada *M. javanica* dicirikan oleh dua garis lateral yang jelas (Gambar 1a). Pola sidik pantat merupakan salah satu teknik identifikasi nematoda yang diperkenalkan oleh Eisenback *et al.*, (1981). Teknik identifikasi ini telah umum digunakan untuk melakukan identifikasi *Meloidogyne* walaupun belakangan ini pendekatan biologi molekuler diyakini lebih cepat dan lebih akurat untuk digunakan sebagai teknik identifikasi nematoda.



Gambar 1. Hasil identifikasi nematoda puru akar pada tanaman tomat diperoleh seperti gambar 1; (a) adanya garis lateral yang sangat jelas; (b) Menurut Eisenback (1981).

4.2 Persentase Infeksi Mikoriza dan Nematoda

Berdasarkan grafik persentase infeksi mikoriza dan nematoda dapat diketahui terdapat perbedaan yang nyata dari setiap perlakuan. Semakin tinggi dosis pupuk hayati mikoriza tingkat infeksi nematoda juga semakin menurun. Penambahan 60, 80, dan 100 g pupuk hayati mikoriza secara nyata dapat menurunkan tingkat infeksi nematoda yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik persentase infeksi mikoriza dan nematoda pada akar

Menurut Ferguson dan Woodhead (1982) intensitas yang tinggi akan menambah infeksi VA mikoriza dan produksi dari spora. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan bahwa semakin tinggi dosis yang diaplikasikan maka akan semakin tinggi tingkat infeksi mikoriza pada akar tanaman. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa mikoriza dapat berperan menurunkan infeksi nematoda. Hal ini sesuai dengan pendapat Schenk (1981) bahwa tanaman yang terinfeksi mikoriza akan mengalami penebalan sel kortikal sehingga penetrasi pathogen dapat dihalangi.

4.3 Populasi Akhir Nematoda Pada Media Tanam

Pengamatan akhir populasi nematoda dilakukan untuk mengetahui kemampuan nematoda bertahan hidup pada setiap perlakuan pupuk hayati mikoriza. Berdasarkan hasil analisa ragam populasi akhir nematoda diketahui bahwa pada perlakuan 60, 80 dan 100 g pupuk hayati mikoriza dapat menekan jumlah populasi akhir nematoda pada media tanam yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Populasi yang dapat bertahan hidup diluar akar (inang) menjadi relatif lebih sedikit karena adanya kompetisi inang dengan mikoriza. Keberadaan tanaman inang akan mempengaruhi populasinya meskipun nematoda dapat hidup selama beberapa bulan tanpa tanaman inang.

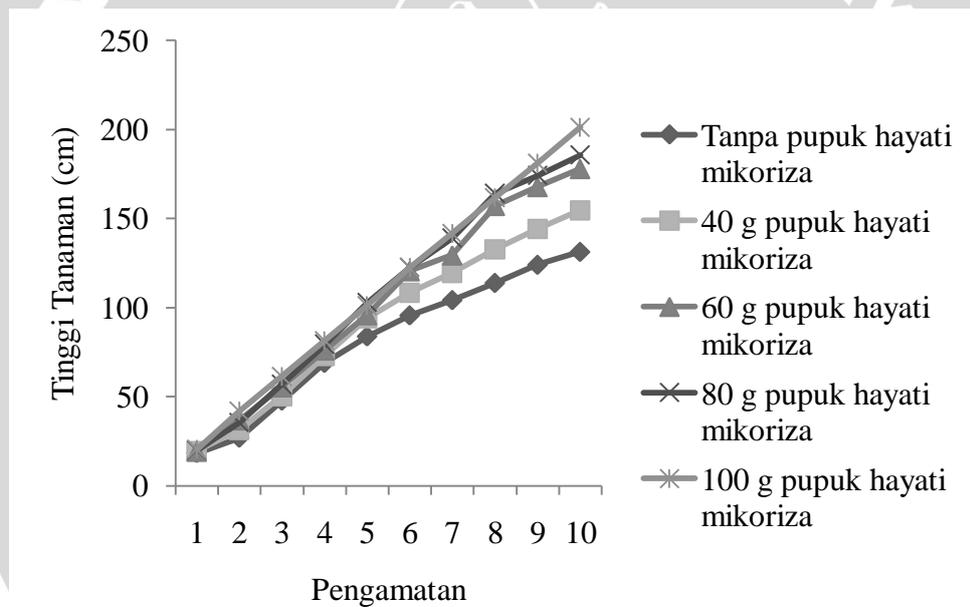
Tabel 1. Rerata Populasi Akhir Nematoda Pada 100 g Media Tanam

Perlakuan	Rerata Populasi Nematoda (ekor)	
Tanpa Pupuk Hayati Mikoriza	25,2	a
40 g Pupuk Hayati Mikoriza	13,8	b
60 g Pupuk Hayati Mikoriza	4,2	c
80 g Pupuk Hayati Mikoriza	4,0	c
100 g Pupuk Hayati Mikoriza	3,0	c

Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom yang sama, tidak berbeda nyata dengan uji BNT 5%.

4.4 Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun Tanaman Tembakau

Berdasarkan hasil pengamatan tinggi tanaman tembakau selama 10 kali pengamatan, dapat diketahui bahwa pertumbuhan tanaman mengalami peningkatan pada setiap perlakuan. Tinggi tanaman terbaik didapat dari perlakuan dengan 100 g pupuk hayati mikoriza.



Gambar 3. Grafik pertumbuhan tinggi tanaman tembakau dilakukan 5 hari sekali

Menurut Carling dan Brown (1982) peningkatan pertumbuhan tanaman yang bermikoriza disebabkan oleh meningkatnya kegiatan fisiologis tanaman untuk mengambil nutrisi dalam tanah seperti K, Ca, Mg dan P. Tetapi pengambilan Fosfor dalam tanah oleh mikoriza adalah yang utama. Diduga mikoriza berperan meningkatkan penyerapan nutrisi dalam tanah dan kandungan hormon pertumbuhan tanaman. Menurut Paul dan Clark (1989) meskipun sulit untuk mengetahui mekanismenya namun aktivitas hormon dan laju fotosintesis akan meningkat pada



tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza. Seperti telah diketahui kemampuan mikoriza dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah berbeda-beda untuk tiap-tiap spesies, baik dalam jumlah daun, diameter batang dan tinggi tanaman.

Tabel 2. Rerata Jumlah Daun Tembakau

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)	
Tanpa Pupuk Hayati Mikoriza	15,000	a
40 g Pupuk Hayati Mikoriza	16,000	a
60 g Pupuk Hayati Mikoriza	19,800	b
80 g Pupuk Hayati Mikoriza	20,000	b
100 g Pupuk Hayati Mikoriza	20,000	b

Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom yang sama, tidak berbeda nyata dengan uji BNT 5%.

Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada beberapa perlakuan pupuk hayati mikoriza pada tanaman tembakau. Perbedaan yang nyata terdapat antara perlakuan tanpa mikoriza dan 40 g pupuk hayati mikoriza bila dibandingkan dengan perlakuan 60, 80 dan 100 g pupuk hayati mikoriza. Menurut Baon (1986) kandungan Fosfor yang tinggi dalam tanah akan menghambat perkembangan dari mikoriza. Selain peningkatan penyerapan nutrisi, diduga mikoriza berperan tidak langsung meningkatkan laju fotosintesis dan kandungan klorofil. Akibat lebih lanjut terjadi peningkatan tinggi tanaman, produksi, diameter batang, dan jumlah daun.

4.5 Berat Basah dan Berat Kering Tanaman Tembakau

Berdasarkan hasil analisa ragam berat basah dan berat kering tanaman tembakau diperoleh perbedaan yang nyata dari setiap perlakuan. Penambahan 100 g pupuk hayati mikoriza menghasilkan berat kering tanaman tertinggi dibandingkan perlakuan yang lain. Dari hasil pengamatan dapat diketahui bahwa semakin tinggi dosis pupuk hayati mikoriza yang ditambahkan ke tanaman tembakau dapat menghasilkan berat kering tanaman yang semakin tinggi pula.

Tabel 3. Rerata Berat Basah Tanaman Tembakau

Perlakuan	Berat Basah (gram)	
Tanpa Pupuk Hayati Mikoriza	249,300	a
40 g Pupuk Hayati Mikoriza	271,940	b
60 g Pupuk Hayati Mikoriza	267,900	b
80 g Pupuk Hayati Mikoriza	297,200	c
100 g Pupuk Hayati Mikoriza	331,900	d

Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom yang sama, tidak berbeda nyata dengan uji BNT 5%.

Tabel 4. Rerata Berat Kering Tanaman Tembakau.

Perlakuan	Berat Kering (gram)	
Tanpa Pupuk Hayati Mikoriza	30,960	a
40 g Pupuk Hayati Mikoriza	34,380	b
60 g Pupuk Hayati Mikoriza	34,480	b
80 g Pupuk Hayati Mikoriza	38,500	c
100 g Pupuk Hayati Mikoriza	47,420	d

Keterangan: Angka yang didampingi huruf yang sama pada setiap kolom yang sama, tidak berbeda nyata dengan uji BNT 5%.

Pengamatan berat basah dan berat kering ini diperoleh bahwa dengan penambahan pupuk hayati mikoriza dapat meningkatkan produktivitas tanaman tembakau. Menurut Mosse (1981) jamur mikoriza memiliki potensi untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman karena miselium jamur ini mampu berperan sebagai perpanjangan akar dalam menyerap nutrisi dan air yang tidak terjangkau oleh akar sehingga permukaan absorpsi akar bertambah luas.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Penggunaan pupuk hayati mikoriza dapat mengendalikan serangan nematoda puru akar *Meloidogyne sp.* pada tanaman tembakau (*Nicotiana tabaccum L.*)
2. Pengaplikasian 60 g pupuk hayati mikoriza pada tembakau (*Nicotiana tabaccum L.*) merupakan dosis yang paling efektif dalam mengendalikan serangan nematoda puru akar (*Meloidogyne sp.*)
3. Pengaplikasian 100 g pupuk hayati mikoriza pada tembakau (*Nicotiana tabaccum L.*) merupakan dosis efektif untuk peningkatan produksi tembakau.

5.2 Saran

Untuk mengendalikan serangan nematoda puru akar (*Meloidogyne sp.*), petani perlu mengaplikasikan pupuk hayati mikoriza sebanyak 60 g.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S. Y. Musa, dan H. Fernita. 2005. Perbanyak Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Berbagai Varietas Jagung (*Zea mays*) dan Pemanfaatannya pada Dua Varietas Tebu (*Saccharum officinarum* L.). Jurnal Sains dan Teknologi. 5(1):12-20.
- Akehurst, B.C. 1981. Tobacco, 2nd Edition. London, New York, Longman, 764 p.
- Atmaja, I. W. D. 2001. Bioteknologi Tanah. Jurusan Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. IPB.
- Baon, J. B., S. Wiryadipura, E. Sulistyowati. 1988. Pengaruh infeksi mikoriza terhadap serangan nematode *Pratylenchus coffeae* pada tanaman kopi. Pelita Perkebunan 4(1):22-30.
- Carling, D. E. dan M. E. Brown. 1982. Anatomy and Physiological VA mycorrhizal root and non-mycorrhizal root. Am. Phytopatol. Soc. West Germany. P 1108-1114.
- Chander, K., S. Goyal, M.C. Mundra and K.K. Kapoor. 1997. Organic matter, microbial biomass, and enzyme activity of soils under different crop rotations in the tropics. Biology and Fertility of Soils 24:306-310.
- Dalmadiyo, G. 2004. Kajian Interaksi Infeksi Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne incognita*) dengan Bakteri *Ralstonia solanacearum* pada tembakau Temanggung. Disertasi Doktor. Pasca Sarjana UGM. Yogyakarta. 135 hal.
- Djumali, 2008 Produksi dan Mutu Tembakau (*Nicotiana tabacum*) Temanggung di Daerah Tradisional Serta Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya. Disertasi Doktor. Fakultas Pasca Sarjana. Universitas Brawijaya. Malang 353 hlm.
- Dropkin, V.H. 1992. Pengantar Nematologi Tumbuhan. Gadjah Mada University. Yogyakarta
- Eisenback J. D, H. Hirschmann, J. N. Sasser, A. C. Triantaphyllou. 1981. A Guide to the Four Most Common Species of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* Spp.), With A Pictorial Key. The Departments of Plant Pathology and Genetics North Carolina State University. Carolina.
- Ferguson, J.J. dan S.H. Woodhead. 1982. Increase and Maintenance of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi. 47-54. Dalam Schenk N.C (eds) Methods and Principles of Mycorrhizal Research. Am. Phytopathol. 244p.
- Furlan, K. dan Y.S. Tsuno. 1988. Effect of Potassium on the Dry Matter Production of Sweet Potato. Proc 1st. Symp. On Trop Root Crop. Trinidad.

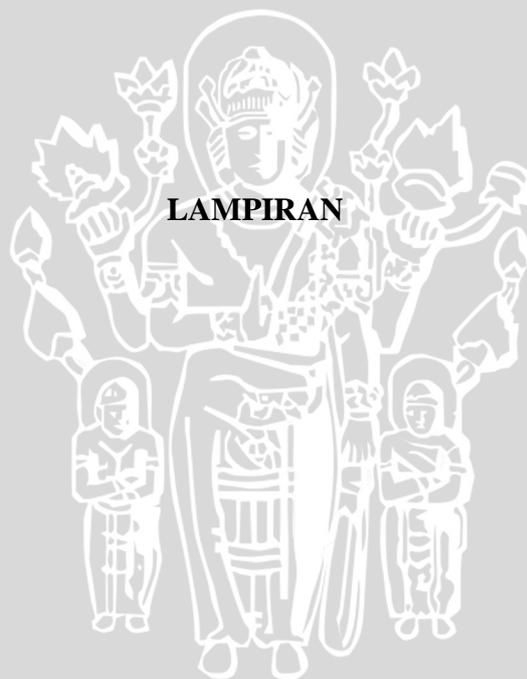
- Hardiatmi, J. M. S. 2008. Pemanfaatan jasad Renik Mikoriza untuk Memacu Pertumbuhan Tanaman Hutan. *Jurnal Inovasi Pertanian*. 7(1):1-10.
- Husna. F. D. Tuheru, dan Mahfudz. 2007. Aplikasi mikoriza untuk Memacu Pertumbuhan Jati di Muna. *Jurnal Info Teknis*. 5(1):1-4.
- Mosse, B. 1986. Mycorrhiza in a Sustainable Agriculture. *Biol. Agric. Hort.* 3:191-209.
- Muchovej, R. M. 2001. Importance of Mycorrhizae for Agricultural Crops. Agronomy Departement, Florida Cooperative Extension Service, Intitute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Florida, p 1-5.
- Mulyadi. 1995. Nematoda Parasitik Tumbuhan Di Pertanian Subtropik Dan Tropik. Gajah mada university. Yogyakarta.
- Murdiyati, A.S., G. Dalmadiyo, Mukani, Suwarso,S.H. Isdijoso, A.Rachman dan B.H. Adi.1991. Observasi lahan lincat di daerah Temanggung. Laporan Penelitian Kerjasama Balittas-Disbun Tk I Jawa Tengah-PT. Djarum. Balittas, Malang. 37 p.
- Paul, E. A. dan F. E. Clark. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Acad. Press. London. 273 p.
- Pena, E., S. R. Echeverria, W. H van der Putten, H. Freitas and M. Moens. 2005. Mechanism of Control of Root-Feeding Nematodes by Mychorrizal Fungi in the Dune Grass *Ammophila arenaria*. *J. Comp. New phytologist*. 169: 829-840.
- Prabowo, H. 2012. Jenis Nematoda yang Ditemukan pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum*) dan Rhizosfer Sekitar area Persawahan Niten, Bantul, Yogyakarta. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. Malang.
- Rochman, F. dan S. Yulaikah. 2008. Varietas Unggul Tembakau Temanggung. Prosiding Lokakarya Nasional Agribisnis Tembakau. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat. pp. 95-99.
- Schenck, N. C. 1981. Can Mycorrhizal Control Root Disease. *Phytopatol.* 65(3): p. 231-234.
- Shurtleff, Malcolm C & Averre, Charles W. 2000. *Diagnosing Plant Diseases Caused by Nematodes*. American Phytopathological Society.APS Press.
- SPSS. 2008. *SPSS Statistic 17.0*. IBM Statistic.
- Sudaryanto, T., P.U. Hadi, dan S. Friyatno. 2008. Analisis Prospek Ekonomi Tembakau di Pasar Dunia dan Refleksinya di Indonesia Tahun 2010. Prosiding

Lokakarya Nasional Agribisnis Tembakau. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat.pp. 162-170.

Van Bruggen, A.H.C. and A.J. Termorshuizen. 2003. Integrated approaches to root disease management in organic farming system. Australasian Plant pathology 32: 141-156.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Lampiran Tabel 1. Analisis Ragam Persentase Infeksi Mikoriza

SK	Db	JK	KT	F hit	F tab 5%
Perlakuan	4	28900,026	7225,007	464,517*	2,87
Galat	20	311,076	15554		
Total	24	29211,102			

Lampiran Tabel 2. Analisis Ragam Persentase Infeksi Nematoda (Gall)

SK	Db	JK	KT	F hit	F tab 5%
Perlakuan	4	5836,238	1459,059	93,393*	2,87
Galat	20	312,456	15,623		
Total	24	6148,694			

Lampiran Tabel 3. Analisis Ragam Populasi Akhir Nematoda

SK	Db	JK	KT	F hit	F tab 5%
Perlakuan	4	1820,560	455,140	173,718*	2,87
Galat	20	52,400	2,620		
Total	24	1872,960			

Lampiran Tabel 4. Analisis Ragam Tinggi Tanaman Tembakau

SK	Db	JK	KT	F hit	F tab 5%
Perlakuan	4	15034,294	3758,574	297,643*	2,87
Galat	20	242,556	12,628		
Total	24	15286,850			

Lampiran Tabel 5. Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Tembakau

SK	Db	JK	KT	F hit	F tab 5%
Perlakuan	4	120,560	30,140	88,647*	2,87
Galat	20	6,800	0,340		
Total	24	127,360			

Lampiran Tabel 6. Analisis Ragam Berat Basah Tanaman Tembakau

SK	Db	JK	KT	F hit	F tab 5%
Perlakuan	4	20383,870	5095,968	303,483*	2,87
Galat	20	335,832	16,792		
Total	24	20719,702			

Lampiran Tabel 7. Analisis Ragam Berat Kering Tanaman Tembakau

SK	Db	JK	KT	F hit	F tab 5%
Perlakuan	4	802,066	200,517	124,637*	2,87
Galat	20	32,176	1,609		
Total	24	834,242			



Lampiran Gambar 1. Penanaman Bibit Tembakau



Lampiran Gambar 2. Telur Nematoda *Meloidogyne* sp.



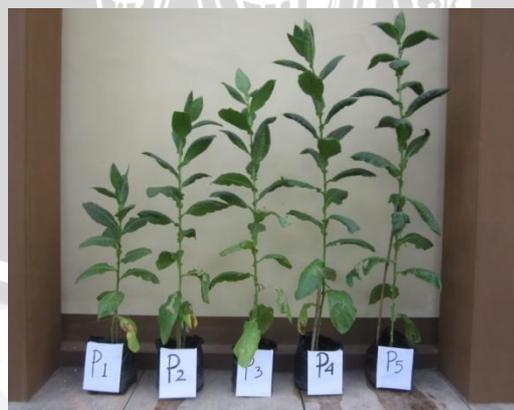
Lampiran Gambar 3. Inokulasi Telur Nematoda *Meloidogyne* sp.



Lampiran Gambar 4. Tanaman Tembakau Pada 45 HST



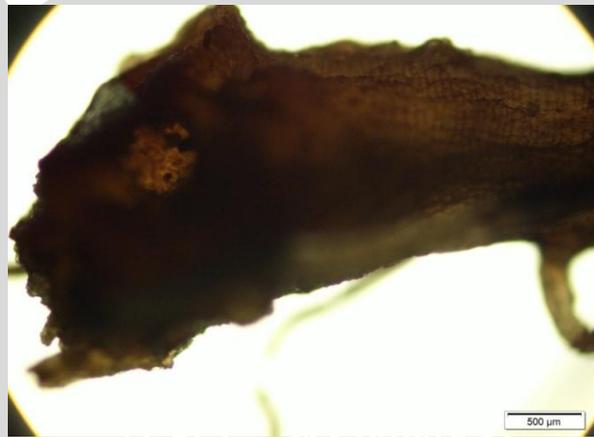
Lampiran Gambar 5. Puru Akar Pada Tanaman Tembakau Tanpa Perlakuan Pupuk Hayati Mikoriza



Lampiran Gambar 6. Perbandingan Tinggi Tanaman Pada 60 HST



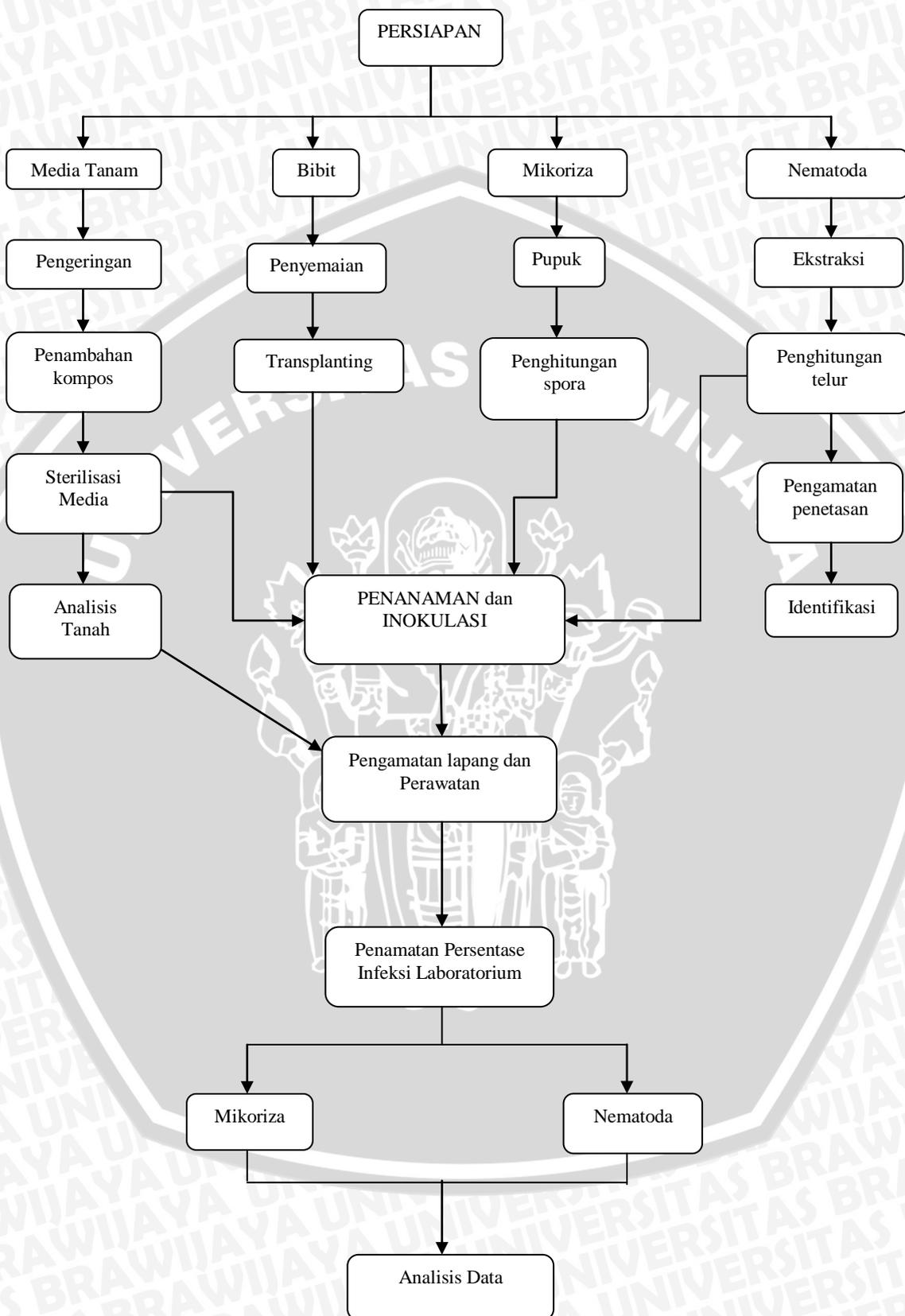
Lampiran Gambar 7. Ekstraksi Nematoda Untuk Menghitung Populasi Akhir Nematoda



Lampiran Gambar 8. Puru Akar Pada Tanaman Tembakau



Lampiran Gambar 9. Mikoriza Pada Akar Tanaman Tembakau



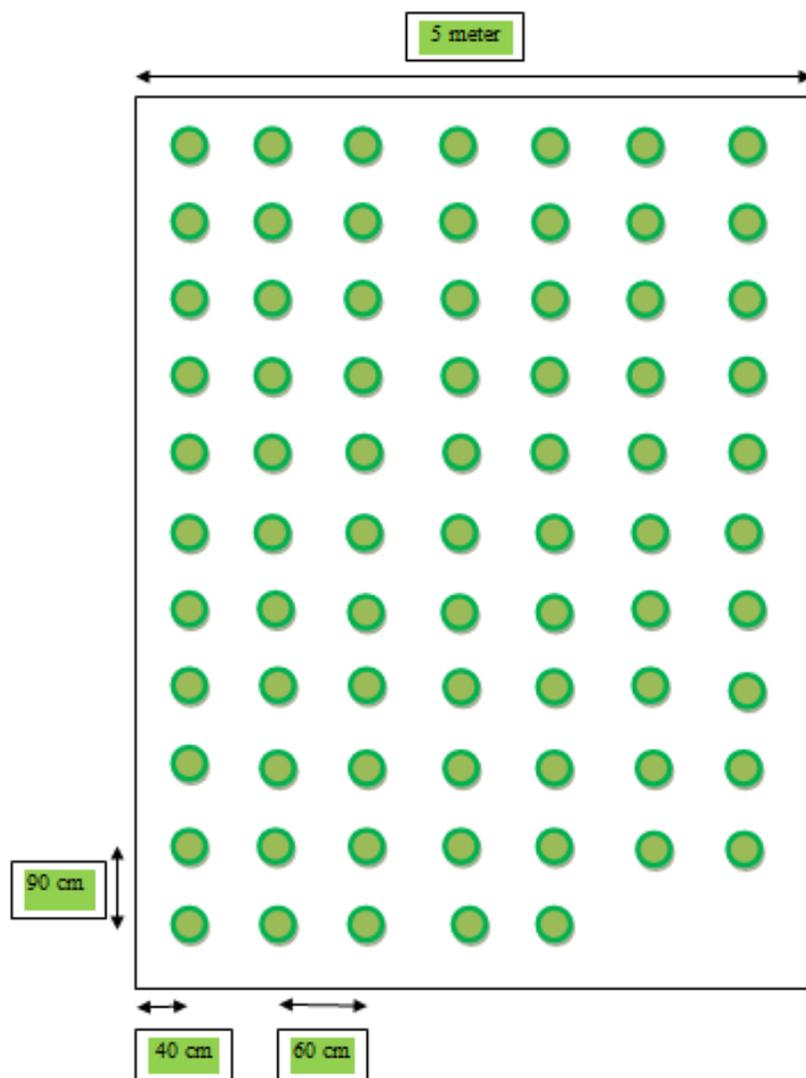
Lampiran Gambar 10. Kerangka Operasional Penelitian

Lampiran Gambar 11. Denah pengacakan sampel pengamatan

Jumlah Tanaman : 75
 Perlakuan : 5 (P1:tanpa mikoriza,P2:40 g, P3:60 g, P4:80 g, P5:100 g)
 Ulangan : 5
 Sampel Tiap Ulangan : 3

P1U4S1	P3U5S1	P4U1S2	P4U1S3	P5U3S1	P5U5S1	P5U4S1
P4U5S1	P4U3S3	P2U5S3	P2U2S1	P2U4S1	P2U1S3	P5U2S1
P5U1S2	P4U4S2	P2U3S1	P4U3S2	P5U3S2	P1U2S1	P3U5S2
P1U4S2	P1U1S3	P3U2S2	P1U4S3	P4U1S3	P4U5S1	P5U2S3
P3U5S3	P5U2S3	P4U2S2	P2U1S1	P2U3S2	P1U2S3	P1U5S2
P5U3S2	P3U1S1	P2U4S2	P1U3S3	P5U1S1	P4U2S3	P2U5S2
P5U1S3	P5U4S2	P1U2S2	P2U3S3	P1U1S2	P3U4S3	P2U1S2
P4U5S1	P3U2S3	P4U4S1	P3U4S1	P3U2S1	P2U2S3	P1U5S3
P2U5S1	P3U1S3	P2U4S3	P1U5S1	P5U2S1	P3U3S3	P3U3S2
P4U2S1	P3U3S1	P2U2S2	P4U3S1	P1U3S1	P3U1S2	P5U4S3
P5U2S2	P1U3S2	P1U1S1	P4U1S1	P3U4S2		





Lampiran Gambar 12. Denah penempatan dan areal pengamatan