



**PENGARUH JARAK TANAM INANG DENGAN PENAMBAHAN
MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) TERHADAP PRODUKSI
SKALA BESAR SPORA MIKORIZA (*Glomus* spp.) DAN
PEMANFAATANNYA SEBAGAI BUKU NONTEKS**

SKRIPSI

Oleh :
Oke Lolita Pratiwi
NIM 130210103088

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**PENGARUH JARAK TANAM INANG DENGAN PENAMBAHAN MHB
(*Mycorrhiza Helper Bacteria*) TERHADAP PRODUKSI SKALA BESAR
SPORA MIKORIZA (*Glomus spp.*) DAN PEMANFAATANNYA
SEBAGAI BUKU NONTEKS**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Program Studi Pendidikan Biologi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh :
Oke Lolita Pratiwi
NIM 130210103088

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

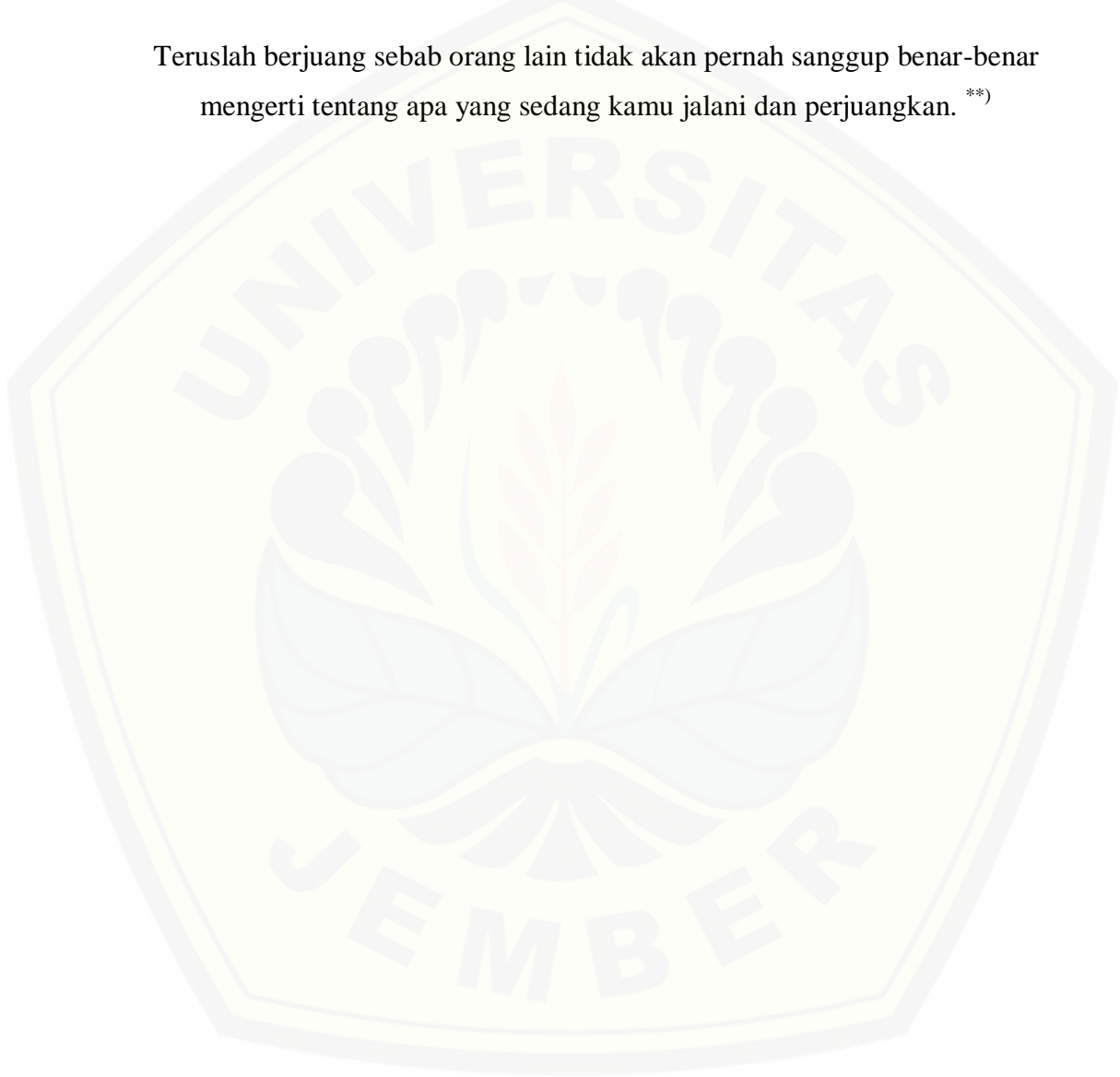
Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang, saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Orang tua tercinta, Lilik Nurhayati dan Suprpto yang selalu memberikan dukungan dan semangat baik secara moril maupun materiil serta doa yang tiada henti;
2. Bapak dan Ibu guru saya yang telah memberikan bekal ilmu yang bermanfaat dengan sepenuh hati selama saya menempuh sekolah;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang saya banggakan.

MOTO

Hidup harus tetap berjuang untuk mencapai sukses. *)

Teruslah berjuang sebab orang lain tidak akan pernah sanggup benar-benar mengerti tentang apa yang sedang kamu jalani dan perjuangkan. **)



*) Luqman Aji

**) Kurniawan Setiadi

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Oke Lolita Pratiwi

NIM : 130210103088

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Jarak Tanam Inang dengan Penambahan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) (*Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta*) terhadap Produksi Skala Besar Spora Mikoriza (*Glomus spp.*) dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Juli 2017
Yang menyatakan,

Oke Lolita Pratiwi
NIM 130210103088

SKRIPSI

**PENGARUH JARAK TANAM INANG DENGAN PENAMBAHAN MHB
(*Mycorrhiza Helper Bacteria*) TERHADAP PRODUKSI SKALA BESAR
SPORA MIKORIZA (*Glomus spp.*) DAN PEMANFAATANNYA
SEBAGAI BUKU NONTEKS**



Oleh :
Oke Lolita Pratiwi
NIM 130210103088

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si

PERSETUJUAN

**PENGARUH JARAK TANAM INANG DENGAN PENAMBAHAN MHB
(*Mycorrhiza Helper Bacteria*) TERHADAP PRODUKSI SKALA BESAR
SPORA MIKORIZA (*Glomus spp.*) DAN PEMANFAATANNYA
SEBAGAI BUKU NONTEKS**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Program Studi Pendidikan Biologi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh

Nama Mahasiswa : Oke Lolita Pratiwi
NIM : 130210103088
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Biologi
Angkatan Tahun : 2013
Daerah Asal : Jember
Tempat, Tanggal Lahir : Banyuwangi, 26 Juni 1995

Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P
NIP. 19730614 200801 2 008

Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si
NIP. 19640510 199002 1 001

PENGESAHAN

Skripsi Berjudul “Pengaruh Jarak Tanam Inang dengan Penambahan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) terhadap Produksi Skala Besar Spora Mikoriza (*Glomus* spp.) dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks” telah diuji dan disahkan pada:

hari : Jumat

tanggal : 28 Juli 2017

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji :

Pembimbing utama,

Pembimbing anggota,

Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P
NIP. 19730614 200801 2 008

Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si
NIP.19640510 199002 1 001

Penguji utama,

Penguji anggota,

Dr. Dwi Wahyuni, M. Kes
NIP. 19600309 198702 2 002

Prof. Dr. Joko Waluyo, M.Si
NIP. 19571028 198503 1 001

Mengesahkan
Dekan FKIP Universitas Jember

Prof. Dafik, M.Sc., Ph.D
NIP. 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Pengaruh Jarak Tanam Inang dengan Penambahan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) terhadap Produksi Skala Besar Spora Mikoriza dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks; Oke Lolita Pratiwi; 130210103088; 2017; halaman 66; Program Studi Pendidikan Biologi; Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan.

Mikoriza merupakan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualistik antara jamur dengan akar tanaman. Hubungan antara jamur mikoriza dengan akar tanaman ini dapat memperluas bidang penyerapan akar dengan meningkatkan pertumbuhan akar tanaman. Selain itu, mikoriza dapat berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Kompleksitas mikoriza dalam melakukan peranannya di dalam tanah sebagian besar bersimbiosis dengan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*). Bakteri-bakteri tersebut berperan terhadap perkembangan mikoriza dengan merangsang perkecambahan spora jamur serta meningkatkan derajat infeksi mikoriza pada akar tanaman. Perbanyakan spora mikoriza pada penelitian sebelumnya telah dilakukan namun masih dalam skala kecil. Tempat perbanyakan spora mikoriza skala kecil yaitu di gelas plastik dan diberi 2 benih jagung tiap gelas plastik. Media tanam zeolit sebanyak 200 gram diletakkan dalam gelas plastik. Formula inokulan mikoriza *Glomus* spp. dengan MHB yang mempunyai jumlah spora *Glomus* spp. tertinggi dan viabilitas MHB tinggi adalah perlakuan *Glomus* spp. dengan formula cair MHB 10^8 , yaitu mampu meningkatkan jumlah spora sebanyak 4xkontrol (160 spora/g media). Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan perbanyakan spora mikoriza dalam skala besar (*scale up*). Produksi spora mikoriza dalam skala besar ini dilakukan dengan mengatur jarak tanam tanaman inang (jagung) per petak percobaan. Pengaruh jarak tanam dapat mempengaruhi pertumbuhan akar pada tanaman (Sialaban dkk., 2013). Pertumbuhan akar pada tanaman nantinya dapat mempengaruhi kepadatan spora yang dihasilkan. Oleh karena itu, pengaruh jarak tanam dapat mempengaruhi kepadatan spora mikoriza yang akan dihasilkan.

Penelitian ini dilakukan di *Green House* Perumahan Istana Tidar, Kaliurang, Jember, Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember, Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember, dan Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember. Metode penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan jumlah tempat *scale up* (perbanyakan) yaitu 9 bak. Perlakuan yang digunakan adalah 3 perlakuan dengan 3 kali pengulangan. Perlakuan pertama dengan jarak tanam 10x10 cm (J_1), jarak tanam 15x15 cm (J_2), dan kontrol (13x13 cm) dengan menggunakan tempat dari gelas plastik (J_3).

Penanaman dilaksanakan selama 3 bulan. Tahapan pada penelitian ini adalah tahap persiapan, tahap aplikasi, dan tahap pengamatan. Parameter yang diamati adalah pengamatan derajat infeksi (setelah 1 bulan penanaman), pengamatan kepadatan spora mikoriza (setelah 3 bulan penanaman), pengujian

kerapatan sel MHB (setelah 3 bulan penanaman), dan pengujian kontaminan bakteri *E. coli* dan *S. typhi* (setelah 3 bulan penanaman).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jarak tanam inang berpengaruh sangat signifikan ($p=0,002$) terhadap derajat infeksi spora mikoriza. Pada perlakuan J_1 (jarak tanam 10x10 cm) memiliki derajat infeksi paling tinggi yaitu 94,4%, sedangkan perlakuan J_2 (jarak tanam 15x15 cm) yaitu 67,76% dan J_3 (kontrol) yaitu 67,67%. Perlakuan jarak tanam inang berpengaruh secara signifikan ($p=0,00$) juga terhadap kepadatan spora mikoriza. Perlakuan J_1 , J_2 , dan J_3 memiliki rerata jumlah spora yaitu 43,89 spora/gram; 37,33 spora/gram; dan 26 spora/gram. Pengetahuan mengenai perbanyak spora mikoriza dalam skala besar ini perlu diinformasikan kepada mahasiswa dan masyarakat. Oleh karena itu, buku nonteks merupakan media informasi yang cocok untuk menginformasikan hal tersebut. Buku tentang penelitian ini mendapatkan skor 39 dari ahli media dan skor 44 dari ahli materi. Hasil keputusan validator adalah buku nonteks layak digunakan sebagai sumber informasi karena semua item pada unsur yang dinilai sesuai, meskipun perlu adanya perbaikan pada produk ini.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah perlakuan jarak tanam inang berpengaruh secara signifikan terhadap produksi spora mikoriza *Glomus* spp. Jarak tanam 10x10cm (J_1) merupakan jarak tanam tanaman inang terbaik yang dapat menghasilkan kepadatan spora mikoriza sebagai agen hayati sesuai dengan Permentan nomor 70 tahun 2011. Buku nonteks yang berisi tentang hasil penelitian pengaruh jarak tanam inang terhadap produksi skala besar spora mikoriza *Glomus* spp. layak digunakan sebagai media informasi dan buku bacaan bagi mahasiswa pertanian maupun masyarakat.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia rahmat dan hidayahNya kepada penulis sehingga skripsi yang berjudul “Pengaruh Jarak Tanam Inang dengan Penambahan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) terhadap Produksi Skala Besar Spora Mikoriza (*Glomus* spp.) dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks” dapat terselesaikan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada program studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini juga tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis tidak lupa memberikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dafik, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember dan dosen pembimbing utama serta Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si selaku dosen pembimbing anggota yang telah membimbing dan menyumbangkan pemikirannya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi;
4. Dr. Dwi Wahyuni, M. Kes selaku dosen penguji utama dan Prof. Joko Waluyo, M.Si., Drs. selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini;
5. Seluruh dosen Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember atas ilmu yang diberikan semasa penulis menjadi mahasiswa;
6. Teknisi Laboratorium Pendidikan Biologi FKIP dan teknisi Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan tempat dan fasilitas untuk menyelesaikan penelitian dalam skripsi ini;
7. Keluarga tercinta Suprpto, Lilik Nurhayati, Yasinta Asya, Dimas Fajar dan Luqman Aji yang telah memberi dukungan, motivasi, dan doa;

8. Sahabat satu proyek PPBI 2013 Arum Dina, Tantin, Lulut, Yanuar, dan Dian Ineke yang telah membantu tenaga dalam menyelesaikan penelitian skripsi ini;
9. Kakak tingkat PPBI 2012 yang juga memberi dukungan bagi penulis;
10. Keluarga kecil Cassandra kos Tezha, Isma, Desbi, Nafida, Zulfa, Linda, Anita, Vana dan Amel yang selalu memberi dukungan dan motivasi;
11. Teman-temanku seangkatan 2013 yang memberikan motivasi;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga semua bimbingan, nasehat, motivasi, bantuan wawasan, saran, dan doa yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari Allah SWT. Harapan penulis semoga karya tulis skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat dan sebagai referensi bagi pihak yang membutuhkannya.

Jember, 28 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

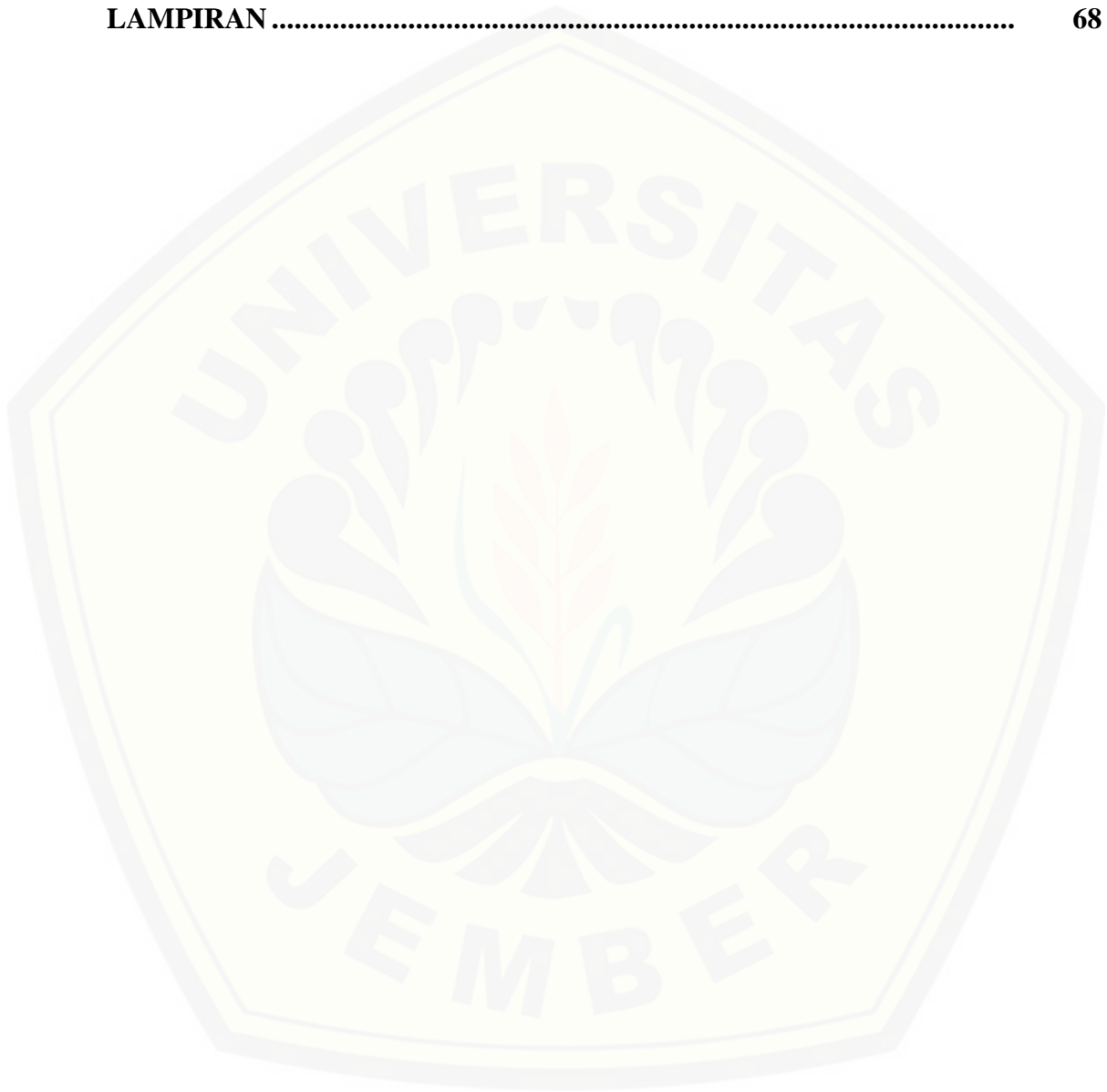
Halaman

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTO	iv
PERNYATAAN	v
PEMBIMBINGAN	vi
PERSETUJUAN	vii
PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	7
2.1.1. Deskripsi Fungi Mikoriza Arbuskular	7
2.1.2. Mikoriza <i>Glomus</i> spp.	9
2.1.3. Proses Infeksi Fungi Mikoriza Arbuskular	11
2.1.4. Peran Fungi Mikoriza Arbuskular	13
2.2. Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB)	15
2.2.1. Deskripsi MHB.....	15

2.2.2. <i>Pseudomonas diminuta</i>	16
2.2.3. <i>Bacillus subtilis</i>	17
2.2.4. Peran MHB dalam Mendukung Efektivitas Mikoriza	18
2.3. Perbanyak Spora Mikoriza	20
2.3.1. Produksi Skala Kecil Spora Mikoriza.....	20
2.3.2. Produksi Skala Besar Spora Mikoriza	20
2.4. Buku Nonteks.....	22
2.4.1. Pengertian dan Karakteristik Buku Nonteks	22
2.4.2. Fungsi Buku Nonteks.....	23
2.5. Kerangka Berpikir	24
2.6. Hipotesis Penelitian	25
BAB III. METODE PENELITIAN	26
3.1. Jenis Penelitian	26
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2.1. Tempat Penelitian	26
3.2.2. Waktu Penelitian.....	26
3.3. Identifikasi Variabel Penelitian	26
3.3.1. Variabel Bebas.....	26
3.3.2. Variabel Terikat	26
3.3.3. Variabel Kontrol.....	27
3.4. Definisi Operasional	27
3.5. Desain Penelitian	28
3.6. Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.6.1. Alat Penelitian	28
3.6.2. Bahan Penelitian	29
3.7. Prosedur Penelitian	29
3.7.1. Persiapan Alat dan Bahan	29
3.7.2. Persiapan Media Tanam.....	29
3.7.3. Penyemaian Benih	30
3.7.4. Persiapan Mikoriza <i>Glomus spp</i>	30
3.7.5. Persiapan Bakteri.....	31

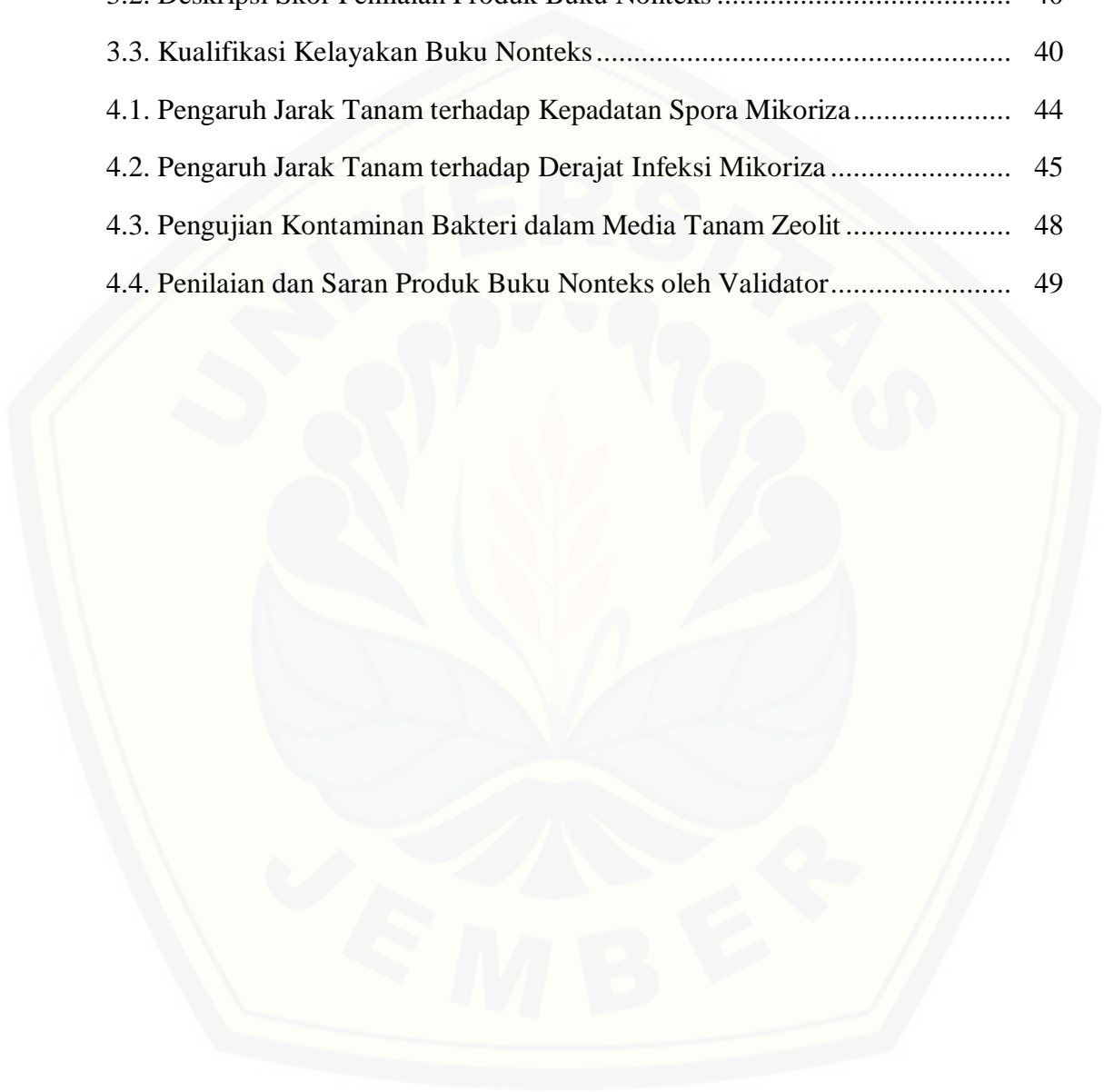
3.7.6. Inokulasi Mikoriza dan MHB.....	32
3.7.7. Pemeliharaan (Penyiraman dan Pemupukan).....	32
3.8. Parameter yang Diamati	32
3.8.1. Perhitungan Jumlah Spora Akhir.....	33
3.8.2. Pengamatan Derajat Infeksi.....	34
3.8.3. Perhitungan Jumlah Koloni MHB	36
3.8.4. Pengujian Mutu Spora Mikoriza.....	37
3.9. Penyusunan Buku Nonteks.....	38
3.9.1. Pembuatan Buku Nonteks	38
3.9.2. Uji Validasi Buku Nonteks	39
3.10. Analisis Data	39
3.10.1. Analisis Data Penelitian	39
3.10.2. Analisis Validasi Buku Nonteks.....	40
3.11. Alur Penelitian.....	41
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Hasil Penelitian	42
4.1.1. Identifikasi Spora Mikoriza <i>Glomus</i> spp	42
4.1.2. Pengaruh Jarak Tanam Inang dengan Penambahan MHB terhadap Produksi Skala Besar Spora Mikoriza	43
4.1.2.1. Pengaruh Jarak Tanam Inang terhadap Kepadatan Spora Mikoriza <i>Glomus</i> spp	43
4.1.2.2. Pengaruh Jarak Tanam Inang terhadap Derajat Infeksi Spora Mikoriza <i>Glomus</i> spp	45
4.1.2.3. Pengujian Kerapatan Sel MHB dalam Media Tanam Zeolit	46
4.1.2.4. Pengujian Mutu Spora Mikoriza sesuai dengan Permentan nomor 70 tahun 2011	47
4.1.3. Penilaian Buku Nonteks.....	48
4.2. Pembahasan	50
4.2.1. Pengaruh Jarak Tanam Inang dengan Penambahan MHB terhadap Produksi Skala Besar Spora Mikoriza	50
4.2.2. Penilaian Validasi Buku Nonteks.....	58

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	68



DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1. Perlakuan Penelitian.....	28
3.2. Deskripsi Skor Penilaian Produk Buku Nonteks	40
3.3. Kualifikasi Kelayakan Buku Nonteks	40
4.1. Pengaruh Jarak Tanam terhadap Kepadatan Spora Mikoriza.....	44
4.2. Pengaruh Jarak Tanam terhadap Derajat Infeksi Mikoriza	45
4.3. Pengujian Kontaminan Bakteri dalam Media Tanam Zeolit	48
4.4. Penilaian dan Saran Produk Buku Nonteks oleh Validator.....	49



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1. Spora <i>Glomus</i> spp.	10
2.2. Skema Penampang Longitudinal Akar yang Terinfeksi Mikoriza	12
4.1. Spora Mikoriza <i>Glomus</i> spp.	42
4.2. Spora Mikoriza <i>Glomus</i> spp. Hasil Scale Up	44
4.3. Akar Jagung yang Terinfeksi Mikoriza <i>Glomus</i> spp.....	45
4.4. Koloni Sel MHB (<i>Mycorrhiza Helper Bacteria</i>)	46
4.5. Koloni Bakteri Kontaminan.....	48
4.6. Cover Produk Buku Nonteks.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Hasil Uji Pendahuluan.....	68
A1. Hasil Uji Pendahuluan Derajat Infeksi	68
A2. Hasil Uji Pendahuluan Perhitungan Spora.....	69
Lampiran B. Denah Aplikasi Lapang	70
Lampiran C. Jadwal Penyiraman.....	71
Lampiran D. Buku Nonteks.....	72
D1. Hasil Validasi Buku Nonteks	72
D2. Produk Buku Nonteks	78
Lampiran E. Hasil Analisis Data	79
Lampiran F. Surat Ijin Penelitian.....	82
Lampiran G. Dokumentasi Penelitian.....	86
Lampiran H. Lembar Konsultasi Penyusunan Skripsi.....	91

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikoriza merupakan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualistik antar cendawan dengan akar tanaman. Kata mikoriza berasal dari bahasa Yunani yang mempunyai arti “jamur akar” yaitu suatu kerja sama saling menguntungkan antara jamur tertentu dengan akar tanaman tingkat tinggi. Jamur mikoriza adalah sekelompok jamur tanah yang diketahui dapat berfungsi sebagai pupuk hayati (Nurhayati, 2012). Penggunaan pupuk hayati dengan memanfaatkan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) terbukti mampu memperbaiki kondisi tanah dan juga meningkatkan penyerapan unsur hara tanaman.

Keuntungan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) yang paling utama pada tumbuhan adalah dapat meningkatkan penyerapan ion yang biasanya berdifusi secara lambat menuju akar atau yang dibutuhkan dalam jumlah banyak, terutama fosfat, NH_4^+ , K^+ , dan NO_3^- . Asosiasi simbiotik antara mikoriza dengan akar tanaman inang menyebabkan semakin luasnya bidang serapan dan lebih mampu memasuki ruang pori yang lebih kecil. Mikoriza dapat berperan aktif membantu pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan pertumbuhan akar sehingga dapat memaksimalkan proses penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Selain itu, mikoriza dapat berperan dalam peningkatan ketahanan tanaman terhadap serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) (Pujiyanto, (2001); Setiadi, (1989)). Peranan mikoriza sebagai agen pengendali hayati dibuktikan oleh penelitian Ambarwulan (2013) yang mengemukakan bahwa Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dapat berfungsi sebagai pelindung terhadap infeksi patogen akar. Mekanismenya sebagai berikut : (1) adanya selaput hifa (mantel) dapat berfungsi sebagai barier masuknya patogen, (2) FMA menggunakan hampir semua kelebihan karbohidrat dan eksudat lainnya, sehingga tercipta lingkungan yang cocok untuk patogen, (3) akar tanaman yang sudah diinfeksi FMA, tidak dapat diinfeksi oleh fungi patogen yang menunjukkan adanya kompetisi.

Kompleksitas mikoriza dalam melakukan peranannya di dalam tanah sebagian besar bersimbiosis dengan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*).

Bakteri-bakteri tersebut berperan terhadap perkembangan mikoriza dengan merangsang perkecambahan spora fungi serta meningkatkan derajat infeksi mikoriza pada akar tanaman. Berdasarkan hasil penelitian Asyiah dkk. (2015), menyatakan bahwa MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) mampu bersinergi dengan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dalam mengurangi populasi nematoda *P. coffeae*. MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) sangat bermanfaat untuk meningkatkan ketahanan mikoriza yang ditunjukkan dengan memaksimalkan pertumbuhan miselium dan akar sekaligus dapat meminimalisir kerusakan pada hifa mikoriza yang terdapat dalam akar tanaman. Salah satu jenis MHB yang sudah terbukti dapat memaksimalkan pertumbuhan mikoriza adalah konsorsium (campuran populasi) *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis* (Anggraeni, 2016). Oleh karena itu, dengan adanya MHB tersebut dapat membantu kelangsungan hidup mikoriza serta dapat meningkatkan peran mikoriza dalam tanaman yang nantinya dapat digunakan sebagai pupuk hayati.

Berdasarkan hasil penelitian Anggraeni (2016) formula inokulan MHB cair yang memiliki viabilitas sel dan kandungan IAA tertinggi adalah konsorsium (campuran populasi) *P. diminuta* dan *B. subtilis* dengan perbandingan 2:3 dalam media pembiakan massal molase 2%. Tempat perbanyakan spora mikoriza skala kecil yaitu di gelas plastik dan diberi 2 benih jagung tiap gelas plastik. Media tanam zeolit sebanyak 200 gram diletakkan dalam gelas plastik. Formula inokulan mikoriza *Glomus* spp. dengan MHB yang mempunyai jumlah spora *Glomus* spp. tertinggi dan viabilitas MHB tinggi adalah perlakuan *Glomus* spp. dengan formula cair MHB 10^8 , yaitu mampu meningkatkan jumlah spora sebanyak 4xkontrol (160 spora/g media). Pemberian *Glomus* spp. dengan penambahan Formula MHB cair 10^8 juga mampu meningkatkan kandungan P tersedia pada tanah sampai 29% dan P total tanah sebesar 19%.

Perbanyakan produksi spora mikoriza tersebut masih dilakukan dalam skala kecil. Oleh karena itu, perlu dilakukan produksi spora mikoriza dalam skala besar (*scaling up*) supaya dapat digunakan dan bermanfaat bagi petani dan masyarakat. *Scaling up* produksi spora mikoriza *Glomus* spp. dapat dilakukan

dengan mengatur jarak tanam tanaman inang (jagung) per petak percobaan. Pengaruh jarak tanam dapat mempengaruhi pertumbuhan akar pada tanaman yang selanjutnya akan berpengaruh pada fase pertumbuhan jagung berikutnya. Jarak tanam 70cm x 40cm memberikan produksi per tanaman 192.67 lebih besar dibandingkan produksi dengan jarak tanam 70cm x 10cm sebesar 159.50 (Sialaban dkk., 2013). Oleh karena itu, pengaruh jarak tanam inang dapat mempengaruhi pertumbuhan akar sehingga menghasilkan produksi spora mikoriza yang berbeda-beda. Selain itu, produksi spora mikoriza ini akan dilakukan pengujian tambahan untuk memenuhi standar mutu sesuai Permentan nomor 70 tahun 2011 sehingga dapat meningkatkan mutu produksi spora mikoriza dalam skala besar. Dalam Peraturan Menteri Pertanian tersebut terdapat persyaratan untuk Endomikoriza Arbuskular yaitu sebagai berikut: (1) total propagul MA (mikoriza arbuskular) sebanyak >10 spora/g berat kering; (2) derajat infeksi pada tanaman inang yaitu >50 %; (3) kadar air sebanyak <35 %; (4) kontaminan bakteri *E. coli* yaitu $< 10^3$ MPN/g atau MPN/ml dan bakteri *Salmonella* sp. $< 10^3$ MPN/g atau MPN/ml.

Hingga saat ini belum ada penelitian terkait dengan produksi spora mikoriza dalam skala besar (*scaling up*) dan mutunya sesuai dengan Permentan nomor 70 tahun 2011. Selain itu, pengetahuan mengenai perbanyakannya spora mikoriza yang diperkaya MHB *P. diminuta* dan *B. subtilis* perlu diinformasikan kepada masyarakat khususnya para petani. Penggunaan mikoriza sebagai pupuk hayati ini merupakan salah satu upaya untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap pupuk dan pestisida sintetik serta tanaman dapat tumbuh dengan baik tanpa pengaruh zat kimia. Oleh karena itu, untuk menginformasikan hal tersebut maka harus menggunakan media yang mudah dimengerti oleh para petani. Salah satu media informasi yang mudah dimengerti oleh masyarakat adalah buku nonteks. Buku nonteks ini adalah sejenis buku pengayaan pengetahuan yang bisa digunakan oleh masyarakat umum (Widyaningrum dkk., 2015). Buku nonteks ini memiliki bentuk yang sederhana dan praktis serta berisi informasi yang dapat menambah wawasan pembaca. Berdasarkan paparan di atas, maka dilakukan penelitian dengan judul Pengaruh Jarak Tanam Inang dengan

Penambahan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) terhadap Produksi Skala Besar Spora Mikoriza (*Glomus* spp.) dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Adakah pengaruh jarak tanam tanaman inang terhadap produksi skala besar spora mikoriza *Glomus* spp. di dalam media perbanyakan spora mikoriza ?
- b. Berapakah jarak tanam tanaman inang terbaik yang dapat menghasilkan kepadatan spora mikoriza sebagai agen hayati sesuai dengan Permentan nomor 70 tahun 2011?
- c. Apakah buku nonteks yang berisi hasil penelitian tentang pengaruh jarak tanam inang dengan penambahan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) terhadap produksi skala besar spora mikoriza (*Glomus* spp.) layak digunakan sebagai media informasi ?

1.3 Batasan Masalah

Supaya mempermudah pembahasan terkait dengan rumusan masalah yang diajukan serta untuk mengurangi kerancuan dalam pengkajian masalah yang terkandung dalam penelitian ini, maka permasalahan yang dibahas dibatasi sebagai berikut :

- a. Jenis MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) yang digunakan untuk penelitian adalah *B. subtilis* dari UNPAD dan *P. diminuta* dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi FKIP Universitas Jember yang diperbanyak pada medium molase 2 % dengan perbandingan konsorsium 2 : 3.
- b. Jenis mikoriza yang dipakai untuk penelitian adalah *Glomus* spp. terdiri dari beberapa spesies *glomus* yang diperoleh dari Faperta UGM Yogyakarta.
- c. Media tanam yang digunakan untuk perbanyakan mikoriza adalah batuan mineral zeolit dengan ukuran ± 2 mm.
- d. Tanaman inang yang digunakan untuk perbanyakan mikoriza adalah tanaman jagung dengan jenis benih super (Bisi 2) yang dibibitkan terlebih dahulu.

- e. Tempat atau wadah tanam perbanyak spora mikoriza *Glomus* spp. terbuat dari kayu berukuran 90 x 60 x 15 cm dan kakinya terbuat dari besi dengan ketinggian 1 m.
- f. Hasil perbanyak spora yang diamati adalah jumlah spora dalam berbagai jarak tanam serta derajat infeksi mikoriza pada akar.
- g. Permentan nomor 70 tahun 2011 mengenai pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah sebagai acuan pembuatan pupuk hayati menggunakan mikoriza. Persyaratannya adalah total propagul *Glomus* spp. yaitu lebih dari 10 spora/g; infeksi pada tanaman inang lebih dari 50%; kadar air kurang dari 35 %; dan kontaminan dari bakteri *E. coli* yaitu $<10^3$ MPN/g serta *Salmonella* sp. yaitu $<10^3$ MPN/g.
- h. Buku nonteks yang dihasilkan dari penelitian ini berupa buku berukuran 14,8 cm x 21 cm, memuat informasi hasil penelitian penulis yang disajikan dalam bentuk tulisan maupun gambar.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui pengaruh jarak tanam tanaman inang dalam memproduksi spora mikoriza *Glomus* spp. di dalam media perbanyak berukuran besar.
- b. Untuk mengetahui berapakah jarak tanam tanaman inang terbaik yang dapat menghasilkan kepadatan spora mikoriza yang memenuhi syarat sebagai agen hayati dan mutunya sesuai dengan Permentan nomor 70 tahun 2011.
- c. Untuk menghasilkan dan mengetahui buku nonteks yang berisi hasil penelitian tentang pengaruh jarak tanam inang dengan penambahan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) terhadap produksi skala besar spora mikoriza (*Glomus* spp.) layak digunakan sebagai media informasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan akan memperoleh beberapa manfaat, sebagai berikut:

- a. Bagi peneliti, dapat membuktikan secara ilmiah proses perbanyak produksi

spora mikoriza (*Glomus* spp.) dengan perlakuan perbedaan jarak tanam dan dalam tempat berukuran besar dapat menghasilkan spora mikoriza dalam skala besar dan mutunya sesuai dengan Permentan nomor 70 tahun 2011.

- b. Bagi peneliti lain, dapat memberikan sumbangan pemikiran sebagai referensi dan motivasi dalam meneliti lebih lanjut mengenai ketahanan spora mikoriza (*Glomus* spp.) dalam waktu penyimpanan cukup lama.
- c. Bagi masyarakat, dapat mengetahui cara perbanyak yang tepat dalam membuat pupuk hayati mikoriza yang dikombinasikan dengan MHB untuk meningkatkan ketahanan tanaman dan mengurangi ketergantungan masyarakat khususnya petani menggunakan pestisida sintetik.
- d. Manfaat bagi lembaga, dapat memberikan informasi dan pengetahuan tambahan bahwa produksi skala besar spora mikoriza (*Glomus* spp.) dapat ditingkatkan dengan perlakuan jarak tanam inang dan penambahan formula cair MHB (*B. subtilis* dan *P. diminuta*) sebagai pengendali biologis (bionematisida alami) sehingga dihasilkan propagul yang siap pakai.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

2.1.1 Deskripsi Fungi Mikoriza Arbuskular

Fungi mikoriza arbuskular (FMA), filum *Glomeromycota*, adalah simbion akar obligat yang terdapat disebagian besar ekosistem darat dan membentuk simbiosis mutualistik dengan beberapa spesies tanaman di seluruh dunia (Lekberg *et al.*, 2013). Simbiosis antara FMA dengan perakaran tanaman bersifat mutualistik atau saling menguntungkan karena tanaman inang memberi sebagian fotosintat bagi fungi, sebaliknya tanaman inang mendapatkan nutrien dari fungi (Rozalinda, 2010). Fungi mikoriza arbuskular dalam asosiasinya mempunyai kisaran inang yang sangat luas, tetapi tingkat efektivitasnya berbeda, beberapa jenis FMA tertentu menunjukkan spesifikasi untuk memilih dan berasosiasi dengan suatu jenis tanaman inang tertentu (Setiadi, 1990).

Mikoriza selain disebut dengan jamur tanah juga disebut sebagai jamur akar, hal ini dikarenakan habitat mikoriza yang berada di dalam tanah serta di area perakaran tanaman (rizosfer). Hampir pada semua jenis tanaman terdapat bentuk simbiosis ini. Pada umumnya mikoriza dibedakan dalam tiga kelompok besar, yaitu: endomikoriza (terdapat pada jenis tanaman pertanian), ektomikoriza (terdapat pada jenis tanaman kehutanan), dan ektendomikoriza (Harley and Smith, 2008). Mikoriza vesikula arbuskular dicirikan dengan membentuk struktur vesikel dan atau arbuskel saat mengkolonisasi akar tanaman inang sehingga cendawan ini dikenal sebagai cendawan vesikular arbuskular. Arbuskula merupakan struktur hifa yang bercabang-cabang seperti pohon-pohon kecil yang mirip haustorium (membentuk pola dikotom), berfungsi sebagai tempat pertukaran nutrisi antara tanaman inang dengan jamur. Sedangkan vesikel merupakan struktur dengan dinding yang tipis berbentuk bulat, lonjong maupun tidak teratur serta mengandung lipid di dalamnya (Simanungkalit, 2006).

Arbuskula berfungsi menyediakan area permukaan yang lebih luas untuk pertukaran metabolik. Arbuskula merupakan struktur FMA yang bersifat labil di

dalam akar tanaman. Sifat kelabilan tersebut sangat tergantung pada metabolisme tanaman, bahan makanan dan intensitas radiasi matahari. Pembentukan struktur tersebut dipengaruhi jenis tanaman, umur tanaman, dan morfologi akar tanaman (Brundrett, 1994).

Vesikel merupakan suatu struktur berbentuk lonjong atau bulat, mengandung cairan lemak, yang berfungsi sebagai organ penyimpanan makanan atau berkembang menjadi klamidospora, yang berfungsi sebagai organ reproduksi dan struktur tahan. Vesikel selain dibentuk secara interseluler ada juga yang secara intraseluler. Pembentukan vesikel diawali dengan adanya perkembangan sitoplasma hifa yang menjadi lebih padat, multinukleat dan mengandung partikel lipid dan glikogen. Sitoplasma menjadi semakin padat melalui proses kondensasi, dan organel semakin sulit untuk dibedakan sejalan dengan akumulasi lipid selama maturasi. Vesikel biasanya dibentuk lebih banyak di luar jaringan korteks pada daerah infeksi yang sudah tua, dan terbentuk setelah pembentukan arbuskul. Jika produksi metabolik dari tanaman inang berkurang, cadangan makanan itu akan digunakan oleh cendawan sehingga vesikula mengalami degenerasi. Pada ordo Glomales tidak semua genus memiliki vesikula. Gigaspora dan Scutellospora adalah dua genus yang tidak membentuk vesikula di dalam akar sehingga disebut Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). Nama vesikula dan arbuskula tampaknya berdasarkan karakteristik struktur arbuskula yang terdapat di dalam sel-sel korteks dan vesikula yang terdapat di dalam atau di antara sel-sel korteks akar tanaman (Brundrett, 1994).

Hifa eksternal merupakan struktur lain dari FMA yang berkembang di luar akar. Hifa ini berfungsi menyerap hara dan air di dalam tanah. Adanya hifa eksternal yang berasosiasi dengan tanaman akan berperan penting dalam perluasan bidang absorpsi akar sehingga memungkinkan akar menyerap hara dan air dalam jangkauan yang lebih jauh. Distribusi hifa eksternal ini sangat dipengaruhi oleh lingkungan abiotik.

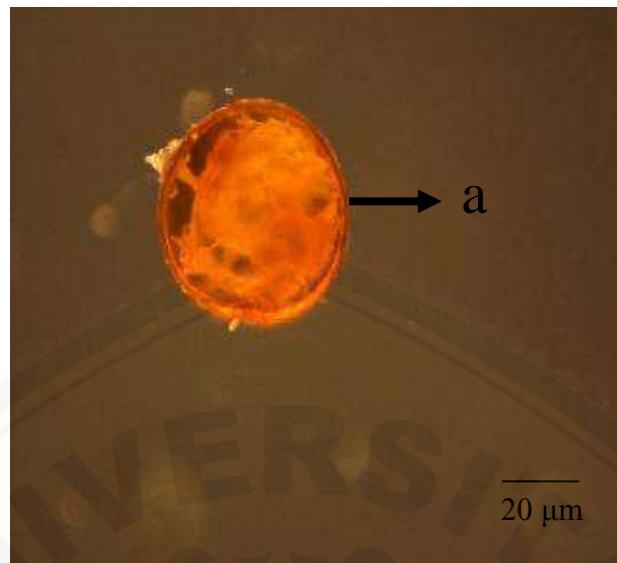
Spora merupakan propagul yang bertahan hidup dibandingkan dengan hifa yang ada di dalam akar tanah. Spora terdapat pada ujung hifa eksternal dan dapat

hidup selama berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun. Perkecambahan spora bergantung pada lingkungan seperti pH, temperatur, dan kelembaban tanah serta kadar bahan organik (Mosse, 1981). FMA mempunyai peran biologis yang cukup penting khususnya bagi tanaman yaitu (1) meningkatkan penyerapan hara, (2) sebagai pelindung hayati (bioprotektor), (3) meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan (4) berperan sinergis dengan mikroorganisme lain (Mosse, 1981).

2.1.2 Mikoriza *Glomus* spp.

Glomus spp. merupakan cendawan atau jamur yang berjenis endomikoriza, jaringan hifa cendawan masuk kedalam sel kortek akar dan membentuk struktur yang khas berbentuk oval yang disebut vesikel dan sistem percabangan hifa yang disebut arbuskula, sehingga endomikoriza disebut juga *Fungi Mikoriza Arbuskula* (FMA) adalah struktur sistem perakaran yang terbentuk sebagai manifestasi adanya simbiosis mutualistik antara cendawan (*myces*) dan perakaran (*rhiza*). Endomikoriza banyak mendapat perhatian karena penyebarannya lebih luas dan dapat berasosiasi dengan hampir 90% spesies tanaman tingkat tinggi, salah satunya adalah FMA (Cruz dkk., 2000).

Spora *Glomus* spp. disebut dengan *chlamydospora*, hal ini dikarenakan sporanya berasal dari perkembangan hifa. Terkadang hifa yang tumbuh bercabang-cabang, setiap cabangnya akan terbentuk *chlamydospora* serta membentuk sporocarp. Setelah dewasa, maka spora dipisahkan dari hifa pelekak oleh sebuah sekat. Adapun bentuk-bentuk spora bentuk *globos*, *subglobos*, *ovoid* ataupun *obovoid* dengan dinding spora terdiri atas lebih dari satu lapis (Patriyasari, 2006). Spora *Glomus* yang biasa ditemukan rata-rata memiliki bentuk bulat sampai bulat lonjong (seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.1).



Gambar 2.1 a) Spora *Glomus* sp. (perbesaran 100 kali) (sumber: Dewi, 2014)

Glomus spp. memiliki karakteristik spora berwarna coklat berbentuk bulat, berukuran 125-325 μ m, permukaan spora halus, terdapat bintik hitam pada bagian dalam spora. Serta dinding sporanya jelas dan hanya terdapat satu jenis dinding spora. Lapisan dinding spora pada *Glomus* sp. berasal dari dinding hifa pembawa. Spesies *Glomus* sp. tidak membentuk dinding perkecambahan fleksibel, akan tetapi dinding spora berakhir dengan pori pada daerah melekatnya hifa pembawa (INVAM, 2006 dalam Yovita, 2008). Adapun siklus hidup *Glomus* spp. sangat relatif pendek yaitu antara 4-6 hari dan setelah itu arbuskula akan mengalami degenerasi kemudian dicerna oleh sel tanaman inang (Hapsah, 2008).

Klasifikasi mikoriza *Glomus* spp. sebagai berikut :

Kingdom : Fungi
Phylum : Glomeromycota
Class : Glomeromycetes
Ordo : Glomerales
Family : Glomeraceae
Genus : *Glomus*
Species : *Glomus* sp. (Uniprot, 2012)

Menurut Ragupathy dan Mahadevan (1991) yang mempelajari FMA pada hutan pantai juga menyimpulkan bahwa *Glomus* adalah jenis FMA yang paling

dominan penyebarannya, yaitu 25 spesies dari 37 spesies yang ditemukan adalah tipe *Glomus*, dan Husin *et al.* (2007) juga telah mengobservasi dan mengidentifikasi spora FMA jenis *Glomus* spp. dalam jumlah dominan pada berbagai *rhizosfer* di lahan kritis. Hal tersebut menunjukkan bahwa *Glomus* memiliki adaptasi yang sangat luas, sehingga hampir ditemukan di berbagai kondisi lingkungan.

2.1.3 Proses Infeksi Fungi Mikoriza Arbuskular

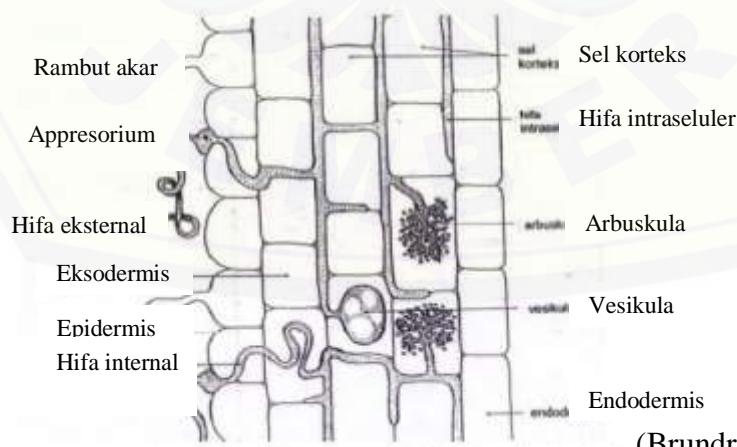
Jamur mikoriza vasikular arbuskular (FMA) mengadakan asosiasi dengan akar tanaman dan infeksi pada bagian korteks akar. Di dalam akar, jamur FMA membentuk arbuskular dan vesikel. Arbuskul merupakan hifa bercabang halus yang dapat meningkatkan 2 – 3 kali luas permukaan plasmolema akar, dan dapat digunakan untuk memindahkan nutrisi antara jamur dan tanaman. Arbuskula dapat terbentuk 2–3 hari setelah infeksi. Di dalam akar juga terbentuk vesikel yang merupakan organ penyimpanan. Jika korteks sobek, vesikel dibebaskan ke dalam tanah, dan selanjutnya dapat berkecambah yang merupakan propagul yang efektif. Bagian penting pada FMA ialah hifa eksternal yang dibentuk di luar akar tanaman. Hifa ini membantu untuk memperluas daerah penyerapan akar tanaman (Hidayat *et al.*, 2014).

Adapun proses infeksi mikoriza pada akar tanaman melalui beberapa tahap, yakni:

1. Sebelum menginfeksi, spora mikoriza berkecambah terlebih dahulu membentuk appressoria, yaitu struktur yang berupa penebalan masa hifa yang kemudian menyempit menyerupai tanduk.
2. Proses infeksi. Dengan alat apressoria melakukan penetrasi pada akar tanaman. Dengan adanya apressorium akan membantu hifa untuk menembus ruang sel epidemis melalui permukaan akar maupun rambut-rambut akar melalui proses enzimatik dan mekanis.
3. Pasca infeksi. Setelah penetrasi pada akar, maka hifa tumbuh secara interseluler. Hifa yang telah masuk ke lapisan korteks akar akan menyebar di dalam dan diantara sel-sel korteks, hifa ini akan membentuk benang-benang

bercabang yang mengelompok yang disebut dengan arbuskula. Arbuskula mempunyai fungsi menjadi jembatan transfer unsur hara antara tanaman inang dengan cendawan. Arbuskula memiliki percabangan yang lebih kuat dari hifa setelah penetrasi pada dinding sel. Arbuskula dapat hidup sekitar 4-15 hari, kemudian akan mengalami degenerasi dan pemendekan benang. Disaat yang bersamaan, beberapa jenis cendawan mikoriza juga membentuk vesikel atau pembengkakan pada bagian hifa dan interkalar atau apikal.

4. Selanjutnya adalah tahap perluasan infeksi cendawan mikoriza dalam akar yang terdiri dari tiga fase, yaitu:
 - a. Fase awal, yaitu fase dimana saat terjadi infeksi primer.
 - b. Fase exponential, yaitu fase dimana penyebaran, dan pertumbuhan mikoriza dalam akar lebih cepat.
 - c. Fase statis, yaitu fase dimana pertumbuhan akar dan mikoriza sama atau tetap.
5. Setelah terjadinya infeksi primer dan fase awal, pertumbuhan hifa akan keluar dari akar dan berkembang di dalam rhizosfer tanah. Bagian hifa yang berkembang di rhizosfer tanah tersebut dinamakan hifa eksternal dan memiliki fungsi dalam penyerapan larutan nutrisi dari tanah serta sebagai alat transportasi nutrisi ke akar. Adapun hifa eksternal memiliki percabangan dikotom tidak bersepta. Skema penampang longitudinal akar yang terinfeksi mikoriza ditunjukkan oleh Gambar 2.2.



(Brundrett *et al.*, 1994: 9)

Gambar 2.2 Skema penampang longitudinal akar yang terinfeksi mikoriza

2.1.4 Peran Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) menghasilkan struktur dalam akar tanaman (misalnya, arbuskula), sehingga memiliki peran penting dalam nutrisi mineral tanaman, (misalnya, P-serapan, N-serapan dan penyerapan nutrisi mikro) dan penyerapan air (Smith dan Read, 2008; Hodge dan Storer, 2014), mengakibatkan pertumbuhan tanaman meningkat, ketahanan, dan toleransi terhadap tekanan abiotik dan biotik, seperti patogen tanah dan kekeringan (Auge 2001; Cavagnaro *et al.*, 2001; Rodríguez-Echeverría *et al.*, 2009). FMA mempunyai peran biologis yang cukup penting khususnya bagi tanaman yaitu (1) meningkatkan penyerapan hara, (2) sebagai pelindung hayati (bioprotektor), (3) meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan (4) berperan sinergis dengan mikroorganisme lain (Mosse, 1981).

Cendawan mikoriza adalah salah satu mikroba yang dapat menghasilkan enzim fosfatase sehingga dengan enzim tersebut hifa-hifa cendawan mampu melepaskan ikatan P dari mineral liat pada tanah dan merombak P bentuk ion fosfor sehingga dapat dimanfaatkan bagi tanaman (Novriani dan Madjid, 2009). Pertumbuhan dan aktivitas endomikoriza di tanah atau rhizosfer tanaman sangat tergantung oleh keberadaan jenis-jenis atau spesies endomikoriza yang terdapat pada areal tersebut, lingkungan yang mendukung pertumbuhan spesies endomikoriza dan tanaman inang yang kompatibel (Smith dan Read, 2008). Menurut Abbott dan Robson (1981) dan Danesh *et al.* (2007), setiap spesies endomikoriza mempunyai “*innate effectiveness*” atau kemampuan yang spesifik dari spesies tersebut untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kondisi tanah yang kurang menguntungkan dengan cara membentuk hifa ekstensif di dalam tanah dan pada seluruh sistem perakaran tanaman untuk menyerap fosfor dari larutan tanah.

Mikoriza juga dapat melindungi tanaman dari eksès unsur tertentu yang bersifat racun seperti logam berat (Killham, 1994). Mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur beracun yang diberikan mikoriza dapat melalui efek filtrasi, menonaktifkan secara kimiawi atau penimbunan unsur tersebut dalam hifa cendawan. Disamping mampu mengendalikan serangan patogen fungi FMA

juga berpotensi besar sebagai pupuk hayati karena salah satu mikroorganisme yang memiliki peranan yang sangat penting bagi tanaman seperti dapat memfasilitasi penyerapan hara dalam tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, sebagai penghalang biologis terhadap infeksi patogen akar, meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman dan meningkatkan hormon pemacu tumbuh (Prihastuti, 2007).

Mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui perlindungan tanaman dari patogen akar dan unsur toksik. Imas *et al.* (1989) menyatakan bahwa struktur mikoriza dapat berfungsi sebagai pelindung biologi bagi terjadinya patogen akar. Mekanisme perlindungan dapat diterangkan sebagai berikut:

1. Adanya selaput hifa (mantel) dapat berfungsi sebagai barier masuknya patogen.
2. Mikoriza menggunakan hampir semua kelebihan karbohidrat dan eksudat lainnya, sehingga tercipta lingkungan yang tidak cocok untuk patogen.
3. Cendawan mikoriza dapat mengeluarkan antibiotik yang dapat mematikan patogen.
4. Akar tanaman yang sudah diinfeksi cendawan mikoriza, tidak dapat diinfeksi oleh cendawan patogen yang menunjukkan adanya kompetisi. Namun demikian tidak selamanya mikoriza memberikan pengaruh yang menguntungkan dari segi patogen.

Ketika terjadi infeksi mikoriza pada akar, memungkinkan mineral dapat dialirkan langsung dari satu tanaman ke tanaman lain, atau dari bahan organik mati ke akar tanaman. Juga membentuk lingkungan mikrorisosfer yang dapat merubah komposisi dan aktivitas mikroba. Hal ini terjadi karena perubahan fisiologi akar dan produksi sekresi oleh mikoriza. Menurut Bagyaraj dkk. (1992) dalam Puspitasari (2012), infeksi mikoriza dapat menyebabkan meningkatnya pertumbuhan tanaman serta meningkatkan kemampuan menyerap nutrisi yang ada dalam tanah, terutama unsur K, P, Ca, Cu, N, Mn, maupun Mg. Kolonisasi mikoriza pada akar tanaman dapat memperluas bidang serapan akar dengan adanya hifa eksternal yang tumbuh dan berkembang melalui bulu akar (Mosse, 1981).

Hasil-hasil penelitian oleh Cruzz *et al.* (2000); Hameeda *et al.* (2007) dan

Douds *et al.* (2010) membuktikan bahwa simbiosis cendawan mikoriza dengan tanaman dapat mengurangi ketergantungan tanaman tersebut pada pupuk dan pestisida buatan. Oleh sebab itu, penggunaan mikoriza sebagai agen hayati sangatlah penting karena dapat mengurangi ketergantungan tanaman terhadap pestisida maupun pupuk buatan yang terbuat dari berbagai bahan kimia sintetik.

Mikoriza memiliki peranan yang sangat penting sebagai agen hayati pada tanaman inang. Menurut Bohrer dan Amon (2004) dan Thamsurakul dan Charoensook (2006), mikoriza indigenus memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan sebagai pupuk hayati atau *biofertilizer* tanaman pertanian di lahan kering. Hal ini dikarenakan jenis-jenis endomikoriza indigenus lebih adaptif sehingga hifa dan spora cendawan tersebut bisa berkecambah dan mengkolonisasi sistem perakaran tanaman disekitarnya dengan cepat.

Kompleksitas simbiosis mikoriza bukan hanya sebagai sebuah interaksi antara tanaman dan fungi saja, tetapi juga harus mengikutsertakan organisme pendukung. Organisme pendukung dan mikoriza ini diketahui saling memberikan pengaruh secara mutualisme, yang kemudian menghasilkan apa yang disebut sebagai “*mycorrhizosphere*” (Garbaye, 1994). Mikorizosfer tersusun atas mikoriza, miselium eksternal, dan organisme pendukung (Barea *et al.*, 2005). Kerapatan mikoriza ternyata masih bisa ditingkatkan dengan memanfaatkan organisme pendukungnya dan bakteri organisme pendukung ini berpotensi untuk diaplikasikan sebagai biofertiliser. Bakteri yang mampu meningkatkan perkembangan mikoriza ini diberi nama *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB) (Garbaye, 1994).

2.2 *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB)

2.2.1 Deskripsi *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB)

Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB) merupakan organisme pendukung aktivitas mikoriza dalam peranannya berasosiasi dengan akar tanaman. Bakteri jenis ini mampu melakukan interaksi dengan mikoriza dengan cara meningkatkan pertumbuhan hifa eksternal sehingga bidang serapan air dan hara lebih luas (Frey-Klett *et al.*, 1997). MHB merupakan bakteri yang dapat membantu mikoriza

untuk menjalankan fungsi atau peranannya. Bakteri ini bersifat endofit, yaitu berada dalam tubuh mikoriza serta berperan untuk perkembangan mikoriza. Simbiosis mikoriza mencakup hubungan antara fungi pembentuk mikoriza dengan tanaman dan juga keterlibatan organisme lain seperti bakteri misalnya (Garbaye, 1994).

Berbagai jenis MHB sudah ditemukan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian Nunang (2011:30) berhasil mengisolasi 12 bakteri dari spora FMA, yaitu 7 bakteri dari *Gigaspora* sp. dan 5 bakteri dari *Glomus* spp. Adapun delapan jenis bakteri tersebut adalah *P. diminuta*, *B. licheniformis*, *B. laterosporus*, *E. hormaechei*, *B. brevis*, *B. subtilis*, *B. cereus* (GG), dan *B. firmus* memiliki kemampuan untuk membantu perkembangan hifa mikoriza. Selain itu juga ada 7 bakteri yang memiliki potensi aktivitas enzimatis selulase dan protease yaitu: *B. subtilis*, *B. cereus* (GG), *B. laterosporus*, *B. pasteurii*, *P. penneri*, *B. firmus*, dan *B. cereus*(GL), serta ada juga 4 bakteri yang dapat menghambat pertumbuhan jenis patogen *Rhizoctonia* sp., *Sclerotium* sp., maupun *Ganoderma* sp. adalah bakteri *B. subtilis*, *P. diminuta*, *P. penneri*, dan *E. hormaechei*.

2.2.2 *Pseudomonas diminuta*

Pseudomonas diminuta merupakan bakteri gram negatif yang sudah terbukti mampu menurunkan populasi nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis*) pada tanaman kentang dan juga termasuk bakteri pertumbuhan tanaman Plant Growth Promoting *Rhizobacteria* (PGPR) dikarenakan telah dibuktikan dapat menghasilkan giberelin dan sitokinin (Asyiah *et al.*, 2010).

Klasifikasi *P. diminuta* ternyata ada beberapa perubahan akibat adanya suatu penelitian yang dilakukan oleh Segers *et al.* (1994) menyatakan bahwa posisi taksonomi dari strain yang sebelumnya disebut *P. diminuta* terdapat kekeliruan, setelah dilakukan melalui pemeriksaan dengan pendekatan polyphasic. Hasil dari studi hibridisasi DNA-rRNA menyatakan bahwa *Pseudomonas diminuta* termasuk dalam genus yang berbeda dalam α subclass dari proteobacter, sehingga diusulkan nama genus *Brevundimonas*. Adapun klasifikasi bakteri *Pseudomonas diminuta* sebagai berikut :

Kingdom : Bacteria
Subkingdom : Negibacteria
Phylum : Proteobacteria
Class : Alphaproteobacteria
Order : Caulobacterales
Family : Caulobacteraceae
Genus : Brevundimonas
Species : *Brevundimonas diminuta* (ITIS.gov, 2016)

P. diminuta merupakan bakteri yang berbentuk batang kecil dan merupakan bakteri gram negatif. Panjangnya 1-5 μm . Diameter sek berkisar antara 0,5 – 0,1 μm . Sel tunggal atau berpasangan. Selain itu, memiliki flagella polar dengan panjang rata-rata 3,0 μm dan panjang gelombang rata-rata 0,6 μm yang merupakan karakteristik spesies tersebut. Bentuk koloni belang-belang, melingkar dan cembung dengan seluruh tepi. Permukaan koloni halus, berkilau, dan berwarna buram (Kaltenbach, 1975).

2.2.3 *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis merupakan salah satu bakteri yang banyak dikembangkan sebagai agen hayati untuk mengendalikan patogen tanaman. *B. subtilis* termasuk bakteri gram positif, berbentuk batang, dapat tumbuh pada kondisi aerob dan anaerob. Bakteri tersebut dapat membentuk endospora dan dapat bertahan hidup dalam waktu yang lama pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan untuk pertumbuhannya (Woitke, 2004). Adapun klasifikasinya sebagai berikut :

Kingdom : Bacteria
Subkingdom : Posibacteria
Phylum : Firmicutes
Class : Bacilli
Order : Bacillales
Famil : Bacillaceae
Genus : Bacillus
Species : *Bacillus subtilis* (ITIS.gov, 2016)

Bacillus subtilis ST21e dilaporkan mampu menghambat perkembangan patogen *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii*, *Phytophthora capsici* dan *Rhizoctonia solani* secara *in-vitro* (Khaeruni *et al.*, 2010a) dan secara *in-vivo* mampu menghambat penyakit layu *Fusarium* pada tomat (Khaeruni *et al.*, 2010b); penyakit busuk batang *Rhizoctonia* pada kedelai (Khaeruni *et al.*, 2012); dan penyakit busuk akar *Sklerotium* pada kedelai (Nengtias *et al.*, 2012), sehingga sangat potensial dikembangkan sebagai agens hayati patogen tanaman.

Bacillus subtilis merupakan bakteri saprofit yang mampu bertahan dan berkembang biak pada sisa-sisa bahan organik. Berdasarkan sifat tersebut sehingga bakteri ini dapat ditumbuhkan dan diperbanyak pada limbah organik cair yang tersedia melimpah di masyarakat seperti limbah air kelapa, air tahu dan molase (Khaeruni, 2013).

2.2.4 Peran MHB (*P. diminuta* dan *B. subtilis*) dalam Mendukung Efektivitas Mikoriza

Bakteri *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis* termasuk dalam golongan *Mycorrhiza Helper Bacteria* diketahui memiliki peran yang positif pada asosiasi mikoriza dan tanaman (Asyiah, 2015). Menurut Harni *et al.* (2012), bakteri endofitik yang juga terdapat jenis *Bacillus* dan *Pseudomonas* di dalamnya, dapat menghasilkan zat-zat kimia tertentu yang dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap nematoda *Pratylenchus brachyurus*. Zat-zat yang dihasilkan antara lain, kitinase, asam salisilat, katalase, dan peroksidase. Selain itu, menurut Rahanandeh *et al.* (2013) dalam penelitiannya menggunakan bakteri *Pseudomonas* untuk mengendalikan nematoda *Pratylenchus loosi* pada tanaman teh menyatakan bahwa keefektifan bakteri *Pseudomonas* dalam menekan *P. loosi* ada kaitannya dengan produksi antibiotik dari bakteri ini yang toksik terhadap nematoda. Spesies dan isolat *Pseudomonas* yang dicoba efektif membunuh nematoda *P. loosi* dengan tingkat penekanan 63,10% sampai dengan 95,24%.

MHB tersebut juga dapat memicu pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan fitohormon seperti IAA (Harni *et al.*, 2012). Senyawa toksik oleh mikroba tanah. Bakteri MHB memiliki dampak positif yang kuat terhadap

berlangsungnya perkecambahan spora dan pertumbuhan fungi prasimbiosis dalam larutan yang terkontaminasi logam berat (Vivas *et al.*, 2005). Menurut hasil penelitian Garbaye (1994), bakteri MHB memiliki empat teknik khusus dalam membantu efektifitas infeksi mikoriza terhadap tanaman kopi arabika. Empat teknik tersebut adalah sebagai berikut:

a. Efek MHB pada daya penerimaan akar

Bakteri yang berkembangbiak pada bagian rhizosfer berperan dalam meningkatkan tingkat penerimaan dari akar ke pembentukan mikoriza. Dari hipotesis tersebut dapat dijelaskan bahwa terdapat dua kemungkinan dari *Helper Bacteria Effect* yaitu bakteri MHB menginisiasi pembentukan hormon IAA untuk membentuk akar lebih pendek sehingga memungkinkan dapat meningkatkan interaksi keduanya. Selanjutnya bakteri akan menghasilkan enzim yang dapat melunakkan dinding sel sehingga Endomikoriza Arbuskular dapat berinteraksi dengan baik oleh akar.

b. Efek MHB pada interaksi akar dengan jamur

MHB berperan dalam memediasi biomolekul akar dan juga jamur. Kemungkinan akar dan jamur dapat melakukan interaksi berdasarkan enzim atau zat kimia yang dihasilkan masing-masing oleh jamur atau akar, sehingga peran MHB adalah untuk mempermudah pengenalan enzim atau zat kimia antar keduanya dengan menghasilkan senyawa senyawa tertentu seperti auksin dan enzim lainnya.

c. Efek MHB pada pertumbuhan jamur

Efek MHB lebih ditekankan pada pertumbuhan jamur. Hal ini dikarenakan keterkaitan saat pengkulturan jamur maupun bakterium dengan menggunakan media sederhana yang hampir sama. MHB berperan dalam memberikan stimulasi nutrisi pada mikoriza sehingga dapat mendapatkan pertumbuhan yang lebih baik dengan nutrisi yang lebih baik.

d. Modifikasi tanah rizosfer oleh MHB

MHB berperan secara tidak langsung dalam mempengaruhi rizosfer tanah dimana jamur dan akar tersebut berada. Bakteri MHB berperan dalam

memodifikasi komponen psiko-kimia dari tanah untuk memfasilitasi pembentukan interaksi antara jamur dan akar.

2.3 Perbanyak Spora Mikoriza (*Glomus spp.*)

2.3.1 Produksi Skala Kecil Spora Mikoriza

Produksi perbanyak spora mikoriza dapat ditingkatkan dengan penambahan inokulan MHB (*Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis*). Hal ini dibuktikan dengan penelitian (Anggraeni, 2016) yang menyatakan bahwa perbanyak spora dengan perlakuan penambahan MHB menghasilkan jumlah spora yang jauh lebih banyak dibandingkan perlakuan kontrol. Terutama perlakuan dengan penambahan MHB (*P. diminuta* dan *B. Subtilis*) 10^8 menghasilkan jumlah spora tertinggi dengan rerata jumlah spora 1620 per 10 gram. MHB dengan kerapatan 10^8 efektif untuk membantu memaksimalkan perkembangan mikoriza juga dalam membantu perkembangan tumbuhan. Semakin banyak akar yang terkolonisasi mikoriza maka semakin banyak hifa mikoriza yang terbentuk sehingga semakin banyak pula calon spora yang akan terbentuk (Anggraeni, 2016). Namun, perbanyak spora mikoriza tersebut masih dilakukan dalam skala kecil. Oleh karena itu, diperlukan perbanyak spora mikoriza dalam skala yang besar supaya dapat dimanfaatkan oleh para petani.

2.3.2 Produksi Skala Besar Spora Mikoriza

Perbanyak spora mikoriza dalam skala besar dapat berperan penting dalam bidang pertanian karena mikoriza juga berperan sebagai pupuk hayati. Menurut Bohrer dan Amon (2004); Thamsurakul dan Charoensook (2006) dan Suryatmana *et al.* (2009), mikoriza indigenus memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan sebagai “pupuk hayati” atau “*Biofertilizer*” tanaman pertanian di lahan kering daerah setempat karena jenis-jenis endomikoriza indigenus lebih adaptif sehingga hifa dan spora cendawan tersebut dapat dengan cepat bergerminasi dan mengkolonisasi sistem perakaran tanaman disekitarnya khususnya tanaman yang merupakan inang dari endomikoriza tersebut.

Hal penting yang diperhatikan dalam perbanyak inokulum adalah inang kompatibel, tempat tumbuh, dan lingkungan. Hal tersebut penting

dipertimbangkan karena fungi mikoriza arbuskula (FMA) bersifat obligat, dan kebutuhan masing-masing FMA terhadap faktor tersebut tidak selalu sama (Chalimah, 2007). Menurut Bagyaraj (1992) perbanyakan inokulum harus mempunyai daya infektivitas dan efektivitas tinggi, kolonisasi akar inang cepat dan menghasilkan spora banyak. FMA tidak memilih inang spesifik, semua tanaman berpotensi terinfeksi, namun tingkat infektivitas dan efektivitas berbeda setiap asosiasi inang dan FMA. Bakhtiar (2002) menyatakan bahwa meskipun FMA menginfeksi dan mengkolonisasi akar berbagai spesies tanaman, namun ada yang lebih disukai dengan memperlihatkan respon kolonisasi akar maksimum.

Produksi skala besar (*scaling up*) spora mikoriza *Glomus* spp. dapat dilakukan dengan mengatur jarak tanam tanaman inang (jagung) per petak percobaan. Perlakuan jarak tanam dilakukan untuk mengetahui pada jarak tanam berapa dapat memproduksi spora mikoriza lebih dari 10 spora per gram media. Jarak tanam berhubungan dengan luas atau ruang tumbuh yang ditempatinya dalam penyediaan unsur hara, air dan cahaya. Jarak tanam yang terlalu lebar kurang efisien dalam pemanfaatan lahan, bila terlalu sempit akan terjadi persaingan yang tinggi yang mengakibatkan produktivitas rendah. Pengaturan kepadatan populasi tanaman dan pengaturan jarak tanam pada tanaman budidaya dimaksudkan untuk menekan kompetisi antara tanaman. Setiap jenis tanaman mempunyai kepadatan populasi tanaman yang optimum untuk mendapatkan produksi yang maksimum. Pengaruh jarak tanam dapat mempengaruhi pertumbuhan akar pada tanaman yang selanjutnya akan berpengaruh pada fase pertumbuhan jagung berikutnya (Sialaban, dkk., 2013). Oleh karena itu, pengaruh jarak tanam inang dapat mempengaruhi pertumbuhan akar sehingga menghasilkan produksi spora mikoriza yang berbeda-beda.

Selain itu, perbanyakan spora mikoriza dalam skala besar harus memenuhi standar mutu sesuai Permentan nomor 70 tahun 2011 sehingga dapat meningkatkan mutu produksi spora mikoriza. Dalam Peraturan Menteri Pertanian tersebut terdapat persyaratan untuk Endomikoriza Arbuskular yaitu sebagai berikut (1) total propagul MA (mikoriza arbuskular) sebanyak > 10 spora/g berat kering; (2) derajat infeksi pada tanaman inang yaitu > 50 %; (3) kadar air

sebanyak < 35 %; (4) kontaminan bakteri *E. coli* yaitu < 10^3 MPN/g atau MPN/ml dan bakteri *Salmonella* sp. < 10^3 MPN/g atau MPN/ml.

2.4 Buku Nonteks

2.4.1 Pengertian dan Karakteristik Buku Nonteks

Buku nonteks ini adalah sejenis buku pengayaan pengetahuan yang bisa digunakan oleh masyarakat umum maupun sekolah, akan tetapi buku ini bukan merupakan buku pegangan utama yang digunakan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran. Buku nonteks dengan jenis buku pengayaan pengetahuan memiliki fungsi diantaranya sebagai pengayaan pengetahuan, yaitu dapat meningkatkan pengetahuan (*knowledge*) dan menambah wawasan pembaca tentang ilmu pengetahuan, teknologi dan seni (Widyaningrum dkk., 2015).

Buku nonteks berbeda dengan buku teks pelajaran. Jika dicermati berdasarkan makna lesikal, buku teks pelajaran merupakan buku yang dipakai untuk mempelajari atau mendalami suatu subjek pengetahuan dan ilmu serta teknologi, sehingga mengandung penyajian asas-asas tentang subjek tersebut. Berdasarkan ciri buku teks pelajaran, dapat diidentifikasi ciri-ciri buku nonteks sebagai berikut:

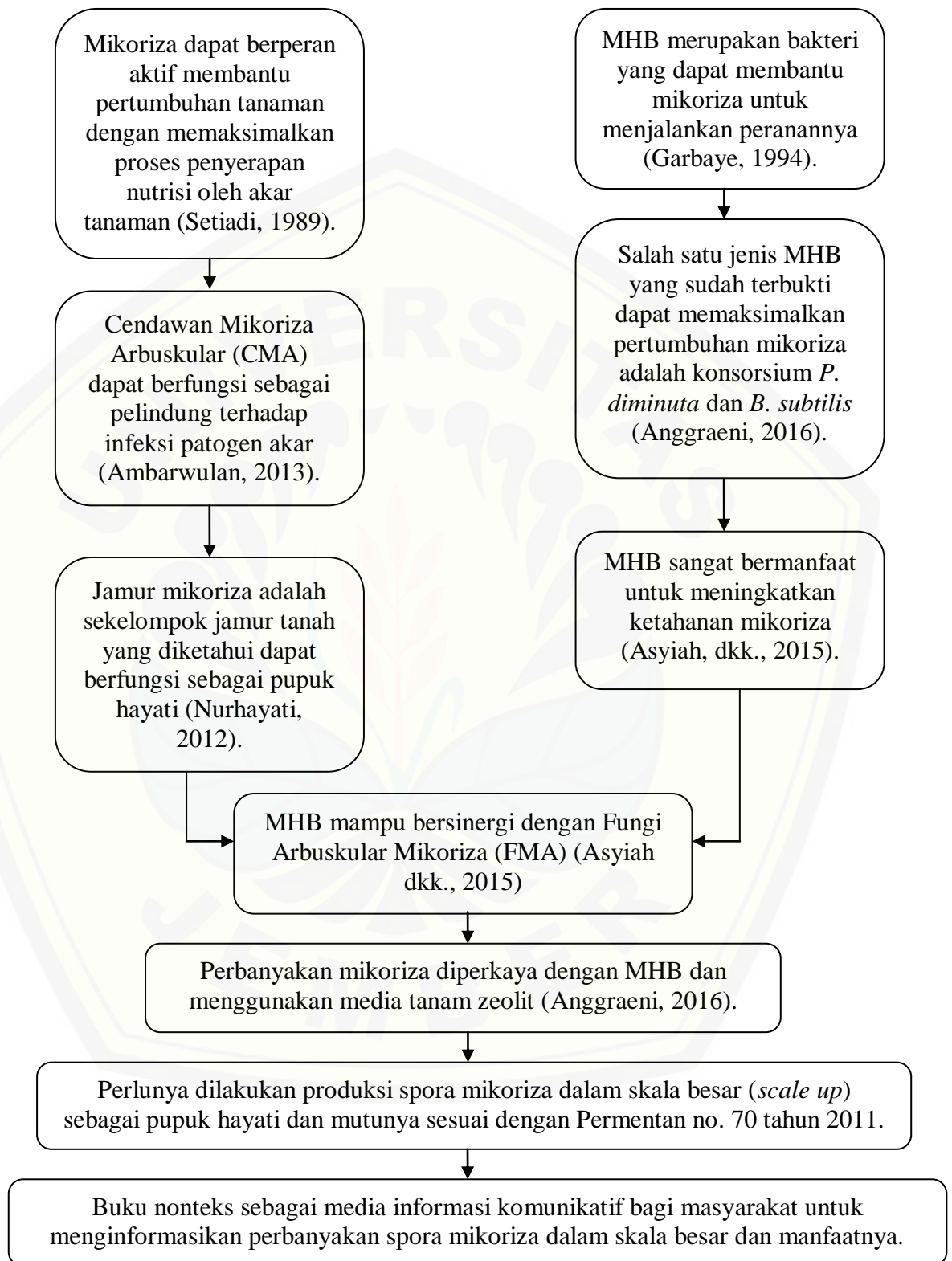
- a. Buku-buku yang dapat digunakan di sekolah atau lembaga pendidikan, namun bukan merupakan buku pegangan pokok bagi peserta didik dalam mengikuti kegiatan pembelajaran;
- b. Buku-buku yang tidak menyajikan materi pembelajaran yang dilengkapi dengan instrumen evaluasi dalam bentuk tes atau ulangan, latihan kerja (LKS) atau bentuk lainnya yang menuntut pembaca melakukan perintah-perintah yang diharapkan penulis;
- c. Buku-buku nonteks pelajaran tidak diterbitkan secara berseri berdasarkan tingkatan kelas atau jenjang pendidikan;
- d. Buku-buku nonteks pelajaran berisi materi yang tidak terkait secara langsung dengan sebagian atau salah satu Standar Kompetensi atau Kompetensi Dasar yang tertuang dalam Standar Isi, namun memiliki keterhubungan dalam mendukung pencapaian tujuan pendidikan nasional;

- e. Materi atau isi dari buku nonteks pelajaran dapat dimanfaatkan oleh pembaca dari semua jenjang pendidikan dan tingkatan kelas atau lintas pembaca, sehingga materi buku nonteks pelajaran dapat dimanfaatkan pula oleh pembaca secara umum;
- f. Penyajian buku nonteks pelajaran bersifat longgar, kreatif, dan inovatif sehingga tidak terikat pada ketentuan-ketentuan proses dan sistematika belajar yang ditetapkan berdasarkan ilmu pendidikan dan pengajaran (Pusat Kurikulum dan Perbukuan, 2012).

2.4.2 Fungsi Buku Nonteks

Buku nonteks pelajaran berfungsi sebagai bahan pengayaan, rujukan, atau panduan dalam kegiatan pendidikan dan pembelajaran. Berdasarkan fungsinya sebagai bahan pengayaan, buku nonteks pelajaran dapat memperkaya pembaca (termasuk peserta didik) dalam hal pengetahuan, keterampilan, dan kepribadian. Fungsi sebagai referensi, buku nonteks pelajaran dapat menjadi rujukan dan acuan bagi pembaca (termasuk peserta didik) dalam mendapatkan jawaban atau kejelasan tentang sesuatu hal secara rinci dan komprehensif yang dapat dicari dengan cepat. Fungsi sebagai panduan, buku nonteks pelajaran dapat menjadi pedoman dan tuntunan yang dapat digunakan oleh pendidik atau pihak lain yang berkepentingan dalam melaksanakan pendidikan dan proses pembelajaran serta kegiatan pendukung lainnya (Suherli, 2008).

2.5 Kerangka Berpikir



2.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini sebagai berikut :

- a. Perlakuan jarak tanam inang dapat mempengaruhi produksi spora mikoriza *Glomus* spp. dalam media perbanyakan spora mikoriza.
- b. Jarak tanam inang 10 cm x 10 cm adalah jarak tanam terbaik yang dapat menghasilkan kepadatan spora mikoriza sebagai agen hayati sesuai dengan Permentan nomor 70 tahun 2011.
- c. Buku nonteks yang berisi hasil penelitian tentang pengaruh jarak tanam inang dengan penambahan formula cair MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) terhadap produksi skala besar spora mikoriza (*Glomus* spp.) layak digunakan sebagai media informasi.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Adapun jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental laboratorium dan dilanjutkan pembuatan buku nonteks.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Tahap persiapan penyemaian benih jagung dan penyediaan media tanam zeolit dilaksanakan di *Green House* Perumahan Istana Tidar, Kaliurang, Kabupaten Jember. Persiapan mikoriza diperoleh dari Faperta Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Sedangkan tahap persiapan isolat bakteri dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember. Selanjutnya untuk tahap penelitian dilakukan di *Green House* Perumahan Istana Tidar, Kaliurang, Kabupaten Jember. Tahap pengamatan yaitu dokumentasi penelitian di Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 6 bulan, yaitu pada tanggal 9 November 2016 – 28 April 2017. Uji pendahuluan dilakukan pada 3 bulan pertama (November – Februari), kemudian dilanjutkan uji akhir pada 3 bulan terakhir (Februari – April).

3.3 Identifikasi Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jarak tanam tanaman inang per lubang tanam. Jarak tanam yang digunakan yaitu 10 cm x 10 cm, 15 cm x 15 cm, dan kontrol (13 cm x 13 cm).

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jumlah spora pada zeolit dan akar tanaman jagung (dihitung saat tanaman berumur 3 bulan/ panen akhir), derajat infeksi mikoriza pada akar tanaman jagung (dihitung saat tanaman

berumur 1 bulan tanam), kepadatan bakteri MHB yang ditanam pada medium selektif *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta* (dihitung pada saat berumur 3 bulan) dan pengujian kontaminan bakteri *E. coli* dan *Salmonella* sp. pada zeolit dan akar tanaman jagung (dihitung saat tanaman berumur 3 bulan).

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mikoriza Vesikular Arbuskular yang digunakan adalah jenis mikoriza yang sama yaitu *Glomus* spp. yang diperoleh dari Faperta Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. *Glomus* spp. yang digunakan merupakan *Glomus* yang terdiri dari 5 macam spesies *Glomus*, diaplikasikan masing-masing lubang tanam 100 spora (0,62 gram)
- b. Frekwensi penyiraman satu minggu pertama disiram dengan air 6 liter/tempat tanam kemudian dilanjutkan disiram dengan air 6 liter dan pupuk hyponex 25-5-20 sebanyak 6 liter/tempat tanam dengan konsentrasi 1 gram/liter seminggu 3x sampai tanaman berumur 2 bulan pemeliharaan, kemudian pada 1 bulan berikutnya dilakukan stressing dengan penyiraman 6 liter/tempat tanam 2 hari sekali selama seminggu, minggu berikutnya penyiraman 4,5 liter/tempat tanam 2 hari sekali selama seminggu, selanjutnya pada minggu ke tiga penyiraman 3 liter/tempat tanam 2 hari sekali selama seminggu, dan pada minggu terakhir tidak dilakukan penyiraman.

3.4 Definisi Operasional

Adapun definisi operasional dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Jarak tanam berhubungan dengan luas atau ruang tumbuh yang ditempatinya dalam penyediaan unsur hara, air dan cahaya. Jarak tanam yang terlalu lebar kurang efisien dalam pemanfaatan lahan, bila terlalu sempit akan terjadi persaingan yang tinggi yang mengakibatkan produktivitas rendah.
- b. *Glomus* spp. merupakan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) yang didapat dari koleksi Faperta UGM dalam bentuk propagul (sumber mikoriza berupa akar, spora, zeolit).

- c. Jumlah spora merupakan jumlah spora yang dihasilkan setelah 3 bulan penanaman (tanaman indikator) yang dihitung dengan metode ekstraksi propagul (akar+zeolit) per 1 gram.
- d. *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB) merupakan organisme pendukung aktivitas mikoriza dalam peranannya berasosiasi dengan akar tanaman.
- e. *B. subtilis* dan *P. diminuta* merupakan jenis dari MHB yang dikembangkan pada medium pembawa molase yang dikonsorsiumkan dengan perbandingan 2 : 3 (2 untuk *B. subtilis* dan 3 untuk *P. diminuta*) berdasarkan (KKP3N 2015).
- f. Buku nonteks dengan jenis buku pengayaan pengetahuan memiliki fungsi diantaranya sebagai pengayaan pengetahuan, yaitu dapat meningkatkan pengetahuan (*knowledge*) dan menambah wawasan pembaca tentang ilmu pengetahuan, teknologi dan seni (Widyaningrum dkk., 2015).

3.5 Desain Penelitian

Penelitian ini berupa percobaan dengan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 3 perlakuan (variasi jarak tanam) dengan 3 pengulangan, dan masing-masing lubang tanam terdiri dari 2 tanaman. Adapun perlakuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

J₁ : Perlakuan dengan jarak tanam 10 cm x 10 cm

J₂ : Perlakuan dengan jarak tanam 15 cm x 15 cm

J₃ : Perlakuan kontrol (13 cm x 13 cm)

Tabel 3.1 Perlakuan Penelitian

Perlakuan	1	2	3
J ₁ : 10 cm x 10 cm	J _{1.1}	J _{1.2}	J _{1.3}
J ₂ : 15 cm x 15 cm	J _{2.1}	J _{2.2}	J _{2.3}
J ₃ : Kontrol	J _{3.1}	J _{3.2}	J _{3.3}

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung reaksi,

mikropipet, tip biru, erlenmeyer (100 ml, 250 ml, dan 500 ml), beaker glass (50 ml dan 1000 ml), timbangan analitik, neraca, autoclave, vortex, bak plastik, tempat perbanyakan, penggaris, plastik wrap, gunting, kain kassa, benang, penangas, botol kecil, saringan (250 μm , 100 μm dan 50 μm), cawan petri, aluminium foil, gelas ukur (10 ml dan 100 ml), shaker, sentrifugal, mikroskop, gigarskin, kertas kayu, spirtus, penjepit, plastik, hand counter, mikroskop optik lab, counting disk, dan tabung Durham.

3.6.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan untuk perbanyakan mikoriza adalah spora *Glomus* spp. dari koleksi Faperta UGM, formula cair MHB (*B. subtilis* dan *P. diminuta*), zeolit (± 2 mm), aquades, alkohol 70 %, asam hipoklorit, asam fuchsin, NaCl, lactophenol blue solution, gula, bubuk kaolin, benih jagung, hyponex (25-5-20), medium selektif *B. subtilis*, medium selektif *P. diminuta*, Lactose Broth (LB), dan Brilliant Green Lactose Broth (BGLB), medium tetrathionat, medium NA, dan larutan garfis.

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Persiapan Alat dan Bahan

Tahapan pertama pada penelitian ini adalah menyiapkan alat dan bahan antara lain yaitu di *Green House* Perumahan Istana Tidar, Kaliurang, kabupaten Jember. Tahap persiapan mikoriza diperoleh dari Faperta Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Sedangkan tahap persiapan bakteri di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember.

3.7.2 Persiapan Media Tanam

Penyeterilan zeolit dilakukan dengan mencuci bersih dengan air kran mengalir sampai warna air cucian jernih. Setelah itu zeolit disterilkan dengan merendamnya dalam larutan asam hipoklorit 2% semalam. Kemudian mencuci dengan air hangat dan air bersih sampai tidak berbau asam hipoklorit. Selanjutnya merendam zeolit dalam larutan hara hyponex 25-2-20 konsentrasi 1gram/liter selama 24 jam. Lalu dikeringanginkan dan yang terakhir dimasukkan dalam

tempat perbanyakan, yaitu bak berukuran 90 x 60 x 15 cm.

3.7.3 Penyemaian Benih

Penyemaian benih dilakukan dengan penyeterilan benih jagung di bagian permukaan dengan direndam dalam sodium hipoklorit 2% selama 5 menit. Kemudian dibilas dengan aquades steril tiga kali, kemudian dikecambahkan pada baki plastik berisi zeolit lembab selama 7-10 hari.

3.7.4 Persiapan Mikoriza *Glomus* spp.

Glomus spp. diperoleh dari Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Penghitungan spora dilakukan dengan metode sentrifuse, adapun tahapan perhitungan spora dengan metode sentrifuse adalah sebagai berikut:

- a. Menimbang 10 gram inokulan, setelah itu dimasukkan ke dalam beaker glass yang berisi ± 200 ml air dan diaduk dengan pengaduk sampai rata.
- b. Mendinginkan hasil dari (a) selama 30 detik lalu dituangkan ke dalam saringan yang telah disusun menurut ukuran pori yang terbesar sampai terkecil (355 μm , 250 μm , 125 μm , dan 45 μm).
- c. Pembilasan dengan air diulang beberapa kali hingga diperkirakan tidak ada lagi spora yang tertinggal di dalam media tersebut.
- d. Spora yang menempel pada saringan dituangkan pada beaker glass dengan disemprot air dan didiamkan selama ± 1 jam.
- e. Pengurangan volume (ditap) dengan selang plastik sampai ± 100 ml.
- f. Hasil pengetapan dituangkan ke dalam tabung sentrifuse yang telah berisi bubuk kaolin sebanyak 1 sendok teh (± 10 gram) dan diaduk sampai merata. Ketinggian permukaan larutan dalam tabung sentrifuse harus sama, sebelum dimasukkan ke dalam alat sentrifuse.
- g. Memutar alat sentrifuse dengan kecepatan 2.500 rpm selama 3 menit.
- h. Membuang hasil sentrifuse terdapat 2 lapisan yaitu air pada lapisan atas sedangkan endapan kaolin pada lapisan bawah diproses lebih lanjut.
- i. Menuangkan larutan gula ke dalam tabung sentrifuse setinggi endapan kaolin yang terbentuk kemudian di aduk sampai merata (hal yang perlu diperhatikan

adalah ketinggian permukaan larutan dalam tabung sentrifuse harus sama, sebelum dimasukkan ke dalam alat sentrifuse).

- j. Memutar alat sentrifuse dengan kecepatan 2.500 rpm selama 3 menit.
- k. Hasil sentrifuse terdapat 2 lapisan yaitu 1 arutan gula pada lapisan atas digunakan pada proses selanjutnya sedangkan endapan kaolin pada lapisan bawah dibuang.
- l. Lapisan gula yang terdapat pada lapisan atas dituangkan ke dalam beaker yang telah berisi air sebanyak ± 700 ml, kemudian disaring dengan 2 saringan 325 mesh (0,045 mm). Hasil saringan diendapkan selama 1 jam.
- m. Pengurangan volume (ditap) dengan selang plastik sampai ± 100 ml.
- n. Mengamati spora dapat secara langsung atau disimpan di dalam lemari pendingin apabila belum diamati.

3.7.5 Persiapan Bakteri

Biakan bakteri murni diremajakan selama 24 jam pada medium NA miring pada tabung reaksi. Kemudian meluruhkan hasil peremajaan pada tabung dengan menggunakan ose. Selanjutnya menuangkan 1 ml aquadest hingga menjadi suspensi bakteri. Mengambil 1 ml suspensi bakteri hingga tingkat pengenceran 10^{-6} . Selanjutnya menuangkan 1 ml hasil pengenceran ke dalam labu erlenmayer yang sudah berisi medium NB (Natrium Broth) 100 ml. Suspensi pada labu erlenmayer dishaker hingga homogen selama 24 jam dengan kecepatan 100 rpm. Kemudian siapkan larutan molase 2% (molase 2ml dan aquades 98 ml). Setelah dishaker 24 jam, ambil 1 ml suspensi bakteri dalam NB dan dimasukkan ke dalam larutan molase 2% tersebut. Setelah itu campuran bakteri dan molase 2% dishaker selama 3 x 24 jam dengan kecepatan 100 rpm (membuat untuk masing-masing *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta*). Setelah 72 jam, biakan bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta* dikonsorsiumkan (dicampurkan) dengan perbandingan 2 : 3 (2 untuk *Bacillus subtilis* dan 3 untuk *Pseudomonas diminuta*). Setelah itu hasil konsorsium didiamkan selama 3x24 jam. Setelah berumur 3 hari, hasil konsorsium siap diaplikasikan pada tanaman jagung.

3.7.6 Inokulasi Mikoriza dan MHB

Inokulasi MHB dengan cara menyiram formula cair MHB *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta* 3 hari sebelum aplikasi (disiramkan di atas zeolit media tanam). Kemudian pada hari aplikasi memasukkan starter inokulan mikoriza 0,62 g mikoriza (kepadatan 100 spora/0,62 g inokulan) ke dalam tiap lubang tanam tanaman inang yang berisi media tanam zeolit. Kemudian dibuat lubang di bagian tengah untuk menanam bibit jagung tanpa melipat akar (Setiawati, 2015). Selanjutnya disiram dengan air sebanyak 6 L/tempat perbanyakan diletakkan di *Green House*.

3.7.7 Pemeliharaan (Penyiraman dan Pemupukan)

Penyiraman dilakukan setiap hari (6 L/tempat perbanyakan), dijaga dari patogen dan gulma. Kemudian pemupukan pertama dilakukan seminggu setelah tanam dengan pupuk Hyponex (25-5-20) konsentrasi 1 g/L sebanyak (6 L/tempat perbanyakan). Pemupukan lanjutan dengan dosis yang sama dilakukan tiga kali dalam seminggu. Setelah tanaman umur 2 bulan, dilakukan stressing untuk merangsang pembentukan spora pada bulan ke-3, yaitu dengan penyiraman dikurangi secara bertahap. Selama seminggu pertama penyiraman dilakukan dua hari sekali dengan dosis air 6 L, pada minggu ke-2 penyiraman dua hari sekali dengan dosis air 4,5 L, minggu ke-3 penyiraman dua hari sekali dengan dosis air 3 L, dan pada minggu akhir tidak dilakukan penyiraman sama sekali.

3.8 Parameter yang Diamati

Adapun parameter penelitian yang diamati adalah:

1. Jumlah spora mikoriza yang dihasilkan dihitung setelah 3 bulan penanaman (di akhir) menggunakan metode ekstraksi propagul (zeolit dan akar yang dicampurkan) per 1 gram.
2. Derajat infeksi mikoriza terhadap akar tanaman dihitung setelah 1 bulan penanaman.
3. Kerapatan sel dari MHB *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta* yang diamati jumlah koloni bakterinya di dalam medium selektif untuk masing-

masing bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta*. Pengamatan CFU dilakukan setelah penanaman 3 bulan (akhir).

4. Pengujian mutu spora mikoriza sesuai dengan Permentan nomor 70 tahun 2011.

3.8.1 Perhitungan Jumlah Spora Akhir

a. Ekstraksi Campuran Akar dan Zeolit dengan Metode Sentrifuse

Adapun langkah-langkah untuk mengekstraksi campuran akar dan zeolit adalah sebagai berikut:

1. Memotong akar kira-kira 0,5 cm dan dicampurkan dengan zeolit
2. Mencampur zeolit dan potongan akar sampai merata (homogen)
3. Menimbang hasil campuran akar dan zeolit sebanyak 1 gram
4. Mencuci campuran akar dan zeolit masukkan ke dalam beaker plastik bersih dengan air sebanyak ± 3 ml (3x) sampai bersih
5. Menuangkan air hasil pencucian ke dalam tabung sentrifuse yang telah berisi bubuk kaolin sebanyak 1 sendok garam dan diaduk sampai merata (ketinggian permukaan larutan dalam tabung sentrifuse harus sama, sebelum dimasukkan ke dalam sentrifuse)
6. Sentrifuse larutan selama 5 menit
7. Mengambil endapan hasil sentrifuse, sedangkan cairannya dibuang
8. Menambahkan cairan gula ke dalam endapan hasil sentrifuse dan diaduk sampai merata (homogen)
9. Sentrifuse larutan selama 3 menit
10. Hasil sentrifuse diambil cairannya
11. Menyaring air hasil sentrifuse ke dalam saringan 40 mesh ($0,358 \mu\text{m}$) yang diletakkan di atas piringan aluminium
12. Menambahkan air pada hasil sentrifuse sampai ± 100 ml.
13. Setelah itu mengendapkan 1-2 jam.
14. Setelah 1-2 jam, dilakukan pengurangan volume bertahap sampai ± 50 ml.
15. Hasil pengurangan volume digunakan untuk penghitungan spora.

b. Perhitungan Spora

Hasil ekstraksi propagule diletakkan di counting disk untuk dihitung jumlah sporanya. Perhitungan spora dilakukan dengan pengamatan menggunakan mikroskop dan juga menggunakan hand counter.

3.8.2 Pengamatan Derajat Infeksi Mikoriza

Pengamatan derajat infeksi dilakukan setelah satu bulan aplikasi. Tahapan pengamatan adalah sebagai berikut: (1) mengeluarkan kultur (tanaman jagung) dari media perbanyakan secara hati-hati dengan cara memegang bagian atas tanaman, (2) menggoyangkan perlahan tanaman agar zeolit bersama spora terjatuh ke dalam bak dan memasukkannya ke dalam bak plastik besar (3) memotong-motong akar dengan ukuran potongan 1 cm. Untuk menghitung persentase (%) derajat infeksi mikoriza pada akar ditentukan dengan metode slide menurut Giovannetti dan Mosse.

a. Pewarnaan Akar

Pewarnaan akar tanaman dilakukan dengan metode Kormanik dan McGraws (1982) dalam Matsetio (2014). Adapun prosedur kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Membersihkan akar sebanyak 1-2 gram yang telah direndam dalam larutan KOH 10% dan dipanaskan dengan pemanas air pada suhu 90°C selama 60 menit atau di autoclave 10 menit pada tekanan 15 psi.
2. Membilas akar dengan air hingga bersih (warna coklat tidak tampak).
3. Bila akar masih tampak berwarna coklat (misalnya akar kelapa sawit), merendam akar dalam H₂O₂ alkalin (larutan NH₄O₄ 3ml, H₂O₂ 10% 30 ml, dan air 567 ml) selama 10 – 20 menit.
4. Membilas akar kembali dengan air selama 3– 4 kali untuk menghilangkan H₂O₂ alkalin.
5. Merendam akar dengan HCl 1% selama 3–4 menit, selanjutnya HCl dibuang tanpa dibilas.

6. Merendam akar dalam 0,02% acid fuchsin-lactic acid (875 ml asam laktat + 63 ml gliserin + 62 ml air + 0,2 g acid fuhsin) dan dipanaskan dalam penangas air pada suhu 90°C selama 60 menit, atau di autoclave 10 menit pada tekanan 15 psi.
7. Larutan asam fuchsin yang tersisa dibuang dan akar-akar tersebut dimasukkan ke dalam cawan petri dan ditambahkan larutan lactophenol (300 g *phenol* + 250 ml *lactic acid* + 250 *glycerin* + 300 ml air) untuk destining.
8. Membilas akar dengan air beberapa kali dan masukan ke dalam cawan petri yang berisi larutan glyserin 50%.
9. Melakukan pengamatan infeksi pada akar.

b. Perhitungan Akar yang Terinfeksi Mikoriza

Perhitungan akar yang terinfeksi mikoriza dilakukan dengan metode slide (slide methods) (Giovannetti dan Mosse, 1980). Prosedur kerja:

1. Potongan-potongan akar dengan panjang 1 cm yang telah diwarnai diambil 10 potong secara acak kemudian disusun di atas gelas objek (slide mikroskop) (10 potong/slide).
2. Mengamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 10x10.
3. Mencatat jumlah akar yang terinfeksi mikoriza dalam 1 *slide object glass*.
4. Mengambil contoh akar yang lain dan ulangi 3x prosedur di atas untuk akar dengan perlakuan yang sama.

Adapun persentase akar yang terinfeksi mikoriza dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ Infeksi akar} = \frac{\text{Jumlah contoh akar yang terinfeksi}}{\text{Jumlah seluruh akar yang diamati}} \times 100\%$$

Adapun klasifikasi kelas infeksi akar dari The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA Forest Service Athena, Georgia (Setiadi, 1990):

- a. Kelas 1, bila infeksinya 0 - 5%
- b. Kelas 2, bila infeksinya 6 - 26%
- c. Kelas 3, bila infeksinya 27 - 50%

- d. Kelas 4, bila infeksiya 51 - 75%
- e. Kelas 5, bila infeksiya 76 - 100%

3.8.3 Perhitungan Jumlah Koloni MHB dalam Media Tanam Zeolit

Konsentrasi bakteri MHB di media tanam ditentukan dengan metode Pengenceran Plat (Schinner *et al.*, 1995). Selain itu, dilakukan juga pengamatan bakteri yang ada pada permukaan spora mikoriza dengan modifikasi metode Nunang (2011). Adapun cara penanaman zeolit mengandung bakteri MHB adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan Medium Khusus Penanaman Bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta*

Adapun tahapan dalam mempersiapkan medium selektif untuk penanaman bakteri dalam cawan adalah sebagai berikut:

1. Menimbang medum sesuai jumlah yang dibutuhkan untuk masing-masing medium *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta* yang dibutuhkan
2. Memasukkan medium ke dalam aquades steril kemudian diaduk rata
3. Memasak medium di atas kompor penangas listrik hingga larutan medium benar-benar tercampur dan matang
4. Setelah medium masak, kemudian medium disterilkan di dalam autoclave 121°C selama + 45 menit
5. Setelah selesai disterilisasi, maka medium dituangkan ke dalam cawan (@cawan / 15-20 ml medium) dan ditunggu sampai memadat
6. Setelah memadat, medium siap dipakai untuk ditanami bakteri.

- b. Penanaman bakteri

Adapun persiapan untuk penanaman bakteri pada medium selektif adalah sebagai berikut :

1. Menimbang 1 gram zeolit yang sudah tercampur rata
2. Pengenceran zeolit dengan memasukkan 1 gram zeolit ke dalam aquades sampai volume mencapai 100 ml (10^{-2}) ke dalam erlenmeyer
3. Mengocok / shaker erlenmeyer berisi campuran zeolit dan aquades

4. Ambil 1 ml suspensi dari erlenmeyer dan masukkan ke dalam aquades 9 ml dalam tabung (10^{-3}), seterusnya sampai diperoleh pengenceran 10^{-6} , 10^{-7}
5. Suspensi dengan kepadatan 10^{-6} dan 10^{-7} siap ditanam dalam cawan secara *spread plate* menggunakan gigarskin (pipa L).

c. Penanaman Bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta* Pada Medium Khusus

Tahap penanaman bakteri dalam cawan menggunakan metode *spread plate*, adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Mengambil 100 μ l suspensi bakteri menggunakan mikropipet dan menuangkannya di atas medium
2. Meratakan suspensi bakteri di atas medium menggunakan gigarskin (pipa L)
3. Menutup rapat tutup cawan dan mengsil dengan plastik wrap dan disimpan pada suhu ruang
4. Setelah berumur 24 jam, dilakukan penghitungan jumlah koloni bakteri *Pseudomonas diminuta* kemudian perhitungan *Bacillus subtilis* setelah berumur 48 jam

3.8.4 Pengujian Mutu Spora Mikoriza sesuai dengan Permentan Nomor 70 Tahun 2011

Menurut Permentan nomor 70 tahun 2011 mengenai pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah sebagai acuan pembuatan pupuk hayati menggunakan mikoriza. Persyaratannya adalah total propagul *Glomus* spp. yaitu lebih dari 10 spora/g; infeksi pada tanaman inang lebih dari 50%; kadar air lebih dari 35 %; dan kontaminan dari bakteri *E. coli* yaitu $<10^3$ MPN/g serta *Salmonella* sp. yaitu $<10^3$ MPN/g.

Adapun pengujian kontaminan bakteri *E. coli* hasil perbanyakan spora mikoriza sebagai berikut :

1. Menimbang 25 gram campuran zeolit dan akar tanaman.
2. Mencampur 25 gram campuran zeolit dan akar tanaman dengan 25 ml air steril.

3. Memasukkan ke dalam erlenmeyer berisi medium Lactose Broth (LB) 225 ml.
4. Medium diinkubator selama 16-20 jam dengan suhu 37⁰C.
5. Setelah itu, sampe diambil 1 ml dengan pengulangan 3 kali dimasukkan ke dalam tabung berisi LB 5 ml dan durham, lalu disimpan selama 24-48 jam.
6. Sampel juga dilakukan pengenceran 10⁻¹ dan 10⁻² diambil 1 ml lalu dimasukkan ke dalam larutan garfis 9 ml. Lalu disimpan pada suhu 37⁰C selama 24 jam.
7. Mengamati tabung Durham yang di dalamnya terbentuk gas lalu di *spread* pada medium EMBA (Eosin Methylene Blue Agar).

Adapun pengujian kontaminan bakteri *Salmonella* sp. hasil perbanyakan spora mikoriza sebagai berikut :

1. Menimbang 25 gram campuran zeolit dan akar tanaman.
2. Mencampur 25 gram campuran zeolit dan akar tanaman dengan 25 ml air steril.
3. Memasukkan ke dalam erlenmeyer berisi medium Lactose Broth 225 ml.
4. Medium diinkubator selama 16-20 jam dengan suhu 37⁰C.
5. Membuat medium tetrathionat kemudian dicampur dengan medium Brilliant Green Lactose Broth (BGLB) 100 ml lalu dipanaskan sampai mendidih.
6. Memindahkan medium ke erlenmeyer steril dan ditunggu hingga dingin.
7. Mengambil sampel sebanyak 10 ml lalu dimasukkan ke dalam medium tetrathionat 100 ml lalu disimpan selama 24 jam dengan suhu 43⁰C.
8. Mengambil sampel 1 ml untuk diinokulasikan ke dalam media SSA lalu disimpan selama 24 jam dengan suhu 37⁰C.
9. Mengamati medium yang terdapat koloni tak berwarna, merah muda, atau berwarna buram (hitam).

3.9 Penyusunan Buku Nonteks

3.9.1 Pembuatan Buku Nonteks

Tahap pembuatan buku nonteks akan dilaksanakan setelah selesai tahap penelitian. Ukuran buku nonteks yang akan dibuat adalah 14,8 cm x 21 cm. Buku

nonteks berisi tentang penjelasan pengertian dari mikoriza, MHB, dan perannya serta langkah pembuatan produksi spora mikoriza dalam skala besar (*scale up*). Adapun isi dari buku nonteks adalah informasi mengenai hasil penelitian dilengkapi dengan gambar untuk memperjelas informasi yang disajikan. Buku nonteks yang dihasilkan berupa buku informatif bertujuan untuk menyebarkan informasi hasil penelitian terutama dengan sasaran masyarakat petani dan lembaga perkebunan.

3.9.2 Uji Validasi Buku Nonteks

Validasi buku ini dilakukan oleh 2 orang validator ahli, yaitu dosen Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan sebagai ahli media dan dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember sebagai ahli materi. Hasil validasi digunakan untuk merevisi atau memperbaiki produk sehingga buku yang dihasilkan memenuhi standar kelayakan buku (Widyaningrum dkk., 2015). Hasil analisis ini sudah dapat digunakan untuk menentukan kevalidan karena validator tersebut adalah orang yang berkompeten (Khabibah dalam Yamasari, 2010: 2). Hasil uji validasi buku nonteks akan digunakan untuk menganalisis kelayakan buku ini sebagai media cetak informasi. Adapun hasil uji validasi buku berupa angka dan saran-saran dalam pembuatan buku nonteks. Uji validasi dilakukan berdasarkan kriteria-kriteria yang harus terpenuhi dalam pembuatan buku nonteks.

3.10 Analisis Data

3.10.1 Analisis Data Penelitian

Berdasarkan data hasil pengamatan akan dilakukan analisis data menggunakan Anova (SPSS versi 16) untuk uji Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tingkat kepercayaan 95% untuk menguji signifikansi pengaruh jarak tanam inang dan penambahan bakteri MHB (*B.subtilis* dan *P.diminuta*) terhadap jumlah spora yang terbentuk. Apabila ada beda nyata dilanjutkan dengan uji LSD pada taraf kepercayaan 95% untuk menguji perbedaan perlakuan dan kontrol.

3.10.2 Analisis Validasi Buku Nonteks

Setelah dilakukan validasi buku nonteks oleh 2 validator, maka selanjutnya dilakukan analisis validasi buku nonteks. Analisis validasi buku nonteks berdasarkan nilai yang didapat dari hasil validasi buku nonteks oleh validator. Validator menilai media berdasarkan kriteria yang telah diberikan. Deskripsi penilaian produk buku ilmiah populer dari masing-masing validator dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Deskripsi skor penilaian produk buku nonteks

Kategori	Skor	SkorMaksimum	
		Ahlimateri	Ahli media
Tidak valid/kurang	1	1 x 12*) = 12	1 x 12*) = 12
Kurang valid/cukup	2	2 x 12*) = 24	2 x 12*) = 24
Valid/baik	3	3 x 12*) = 36	3 x 12*) = 36
Sangat valid/sangatbaik	4	4 x 12*) = 48	4 x 12*) = 48

*)merupakan jumlah item pada lembar validasi penilaian buku nonteks (Lampiran D.).

Selanjutnya akan dihitung rentang skor untuk menentukan skor kriteria validasi buku nonteks berikut:

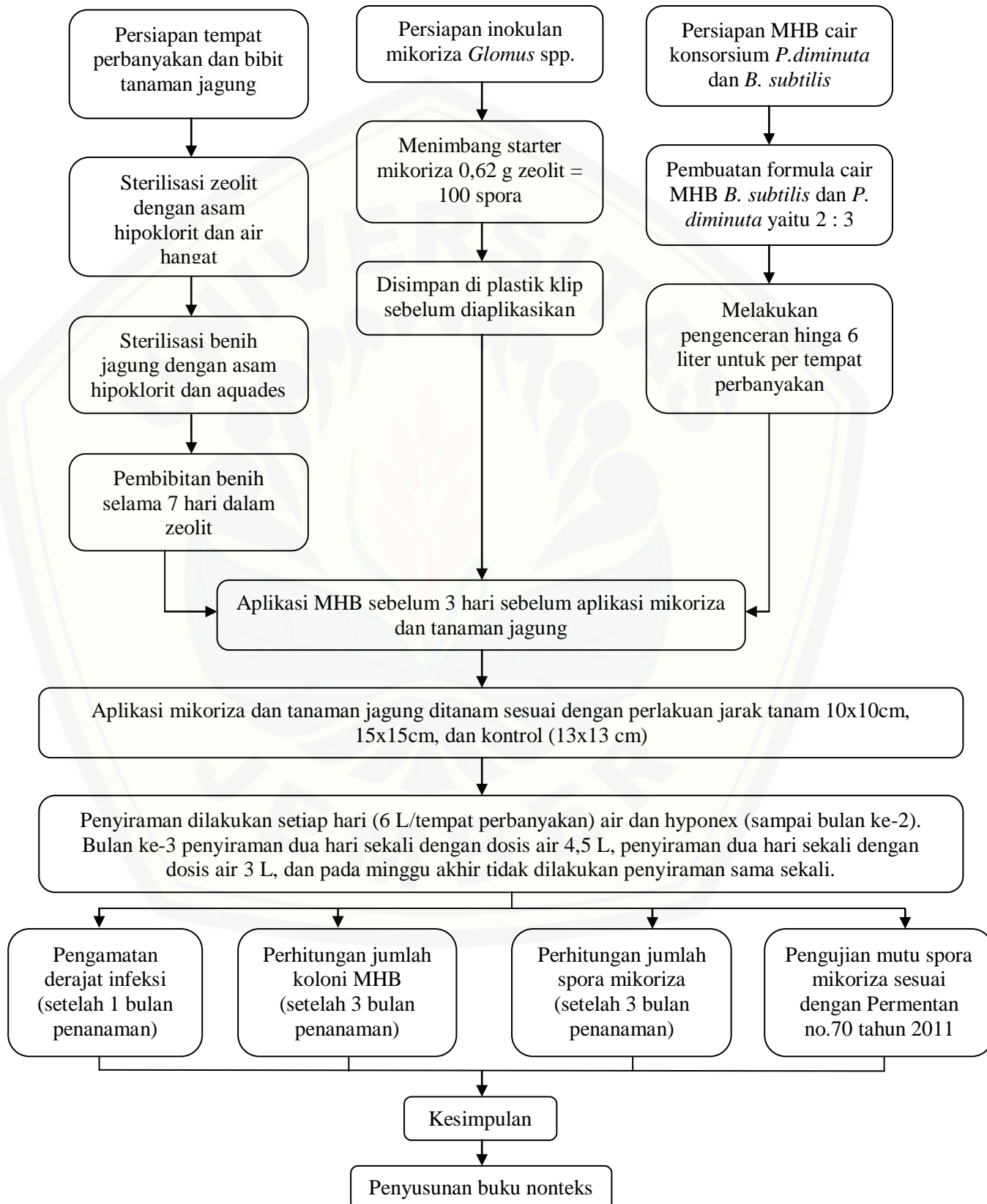
Interval skor : skor tertinggi – skor terendah = 48 – 12 = 36

$$\text{Rentang skor} = \frac{\text{Interval}}{\text{Jumlah kategori skor}} = \frac{36}{4} = 9$$

Tabel 3.3 Kualifikasi kelayakan buku nonteks

Kualifikasi	Skor	Keputusan
Kurang Layak	12 – 21	Masing-masing item pada unsur yang dinilai tidak sesuai dan ada kekurangan dengan produk ini sehingga sangat dibutuhkan pembenaran agar dapat digunakan sebagai buku bacaan mahasiswa dan masyarakat
Cukup Layak	22 – 30	Semua item pada unsur yang dinilai kurang sesuai dan ada sedikit kekurangan dan atau banyak dengan produk ini dan perlu pembenaran agar dapat digunakan sebagai buku bacaan mahasiswa dan masyarakat
Layak	31 – 39	Semua item pada unsur yang dinilai sesuai, meskipun ada sedikit kekurangan dan perlu pembenaran dengan produk ini, namun tetap dapat digunakan sebagai buku bacaan mahasiswa dan masyarakat
Sangat Layak	40 – 48	Semua item pada item yang dinilai sangat sesuai dan tidak ada kekurangan dengan produk ini sehingga dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat

3.11 Alur Penelitian



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Perlakuan jarak tanam inang berpengaruh terhadap kepadatan spora mikoriza.
- b. Jarak tanam 10x10cm (J_1) merupakan jarak tanam tanaman inang terbaik yang dapat menghasilkan kepadatan spora mikoriza sebagai agen hayati sesuai dengan Permentan nomor 70 tahun 2011.
- c. Buku nonteks yang berisi tentang hasil penelitian pengaruh jarak tanam inang terhadap produksi skala besar spora mikoriza *Glomus* spp. layak digunakan sebagai media informasi dan buku bacaan bagi mahasiswa pertanian maupun masyarakat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka penulis menyarankan agar :

- a. Pada saat perbanyak spora mikoriza khususnya persiapan bakteri harus diperhatikan kesterilan alat dan bahan yang digunakan,
- b. Pengaturan jadwal penyiram harus teratur sampai 2 bulan penanaman dan pada saat 1 bulan terakhir dilakukan proses *stressing* sehingga diusahakan media tanam zeolit tidak terkena air sama sekali sehingga spora dapat terbentuk dengan baik,
- c. Perlu adanya penelitian lanjutan tentang aplikasi spora hasil produksi skala besar pada tanaman lain,
- d. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengetahui jarak tanam inang paling optimum dengan menggunakan statistik ortogonal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, L. K. and A. D. Robson, 1981. Infectivity and Effectiveness of Five Endomycorrhizal Fungi: Competition with Indigenous Fungi in Field Soils. *Australian Journal of Agricultural Research*. 32: 621-630.
- Ambarwulan, R., Lisnawita, Lubis, L. 2013. Penggunaan Cendawan Mikoriza Arbuskula (FMA) untuk Mengendalikan *Fusarium Oxysporum* F.Sp. *Cubense* Dan Nematoda *Radopholus Similis* Pada Tanaman Pisang Barangan (*Musa Paradisiaca* L.) di Rumah Kaca. *Jurnal Online Agroteknologi*. 2(1): 339-348.
- Anas, I. dan J. L. O. Tampubolon. 2004. Media Campuran Tanah-Pasir dan Pupuk Anorganik untuk Memproduksi Inokulan Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA). *Buletin Agronomi*. 32(1): 26-31.
- Anggraeni, W. 2016. *Pengaruh Penambahan MHB (Mycorrhiza Helper Bacteria) (Bacillus Subtilis dan Pseudomonas Diminuta) terhadap Hasil Perbanyakan Mikoriza (Glomus Spp.) dalam Media Tanam Zeolit dan Pemanfaatannya sebagai Leaflet*. Jember: Universitas Jember.
- Asyiah, I.N., Soekarto, M. Husain, Reginawanti H. 2010. *Biocontrol of Potato Cyst Nematode Globodera rostochiensis By Rhizobacter Isolates on Potato*. dalam Suharsono (ed). *Proceeding of Internasional Biotechnology Seminar*, UMM.
- Asyiah, I.N., Soekadar, W., Fauzi. I., Harni, R. 2015. *Populasi Pratylenchus coffeae dan Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika Akibat Inokulasi Pseudomonas diminuta dan Bacillus subtilis*. Jember : Pelita Perkebunan.
- Augé RM. 2001. Water Relations, Drought and Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Mycorrhiza*. 11:3–24.
- Bagyaraj, D . J. 1992. *Ecology of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae*. p. 3-34. In *D.K. Arora, B. Rai, K.G. Mukerti and G.R. Knudsen (Ed.) Handbook of Applied Mycology, Soil and Plants*. New York : Marcel Dekker.
- Bakhtiar.Y. 2002. Selection of Vascular Mycorrhiza (VAM) Fungi, Host Plants and Spore Numbers for Producing Inoculum. *J. Biosains dan Bioteknologi Indonesia* 2(1); 36-40.
- Barea, J.M., M.J. Pozo, R. Azcon, C. Azcon-Aguilar, 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. *J Exp Bot* 56:1761-1778.

- Bohrer, K.E., Friese, Carl F. dan Amon, J.P. 2004. Seasonal Dynamics of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Differing Wetland Habitats. *Dayton Journal*. University of Dayton- Wright State University.
- Brundret, MC., Melville L and Peterson L. 1994. *Practical Methods In Mycorrhiza Research*. Canada: Mycologue Publications.
- Cavagnaro TR, Gao LL, Smith FA, Smith SE (2001) Morphology of Arbuscular Mycorrhizas is Influenced by Fungal Identity. *New Phytol* 151:469–475.
- Chalimah, S., Muhadiono, L. Aznam, S. Haran, N., Toruan-Mathius. 2007. Propagation of *Gigaspora* sp. and *Acaulospora* by Pot Culture in Green House. *Biodiversitas*. 7(4):12-19.
- Cruz, A.F., T. Ishii, and K. Kadoya. 2000. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Tree Growth, Leaf Water Potential, and Levels of 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylic acid and Ethylene in the Roots of Papaya Under Water Stress Conditions. *Mycorrhiza J.* 10/3: 121-123.
- Danesh, Y.R.; E.M. Goltapeh; A. Alizadek; A. Varma and K.G. Mukerjii. 2007. Arbuscular-Mycorrhizal Fungi Associated with Alfalfa Rhizosphere in Iran American-Eurasian. *Journal of Agriculture dan Environment Science* 2(5): 574-580.
- Delvian. 2006. *Dinamika Sporulasi Cendawan Mikoriza Arbuskula*. Sumatera Utara: USU Repository.
- Dewi, A.P. 2014. *Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula di Bawah Tegaan Jabon (Anthocephalus cadamba) di Madiun Jawa Timur*. Bogor: IPB.
- Douds J., D.D., G. Nagahashi, P.R. Hepperly. 2010. On-farm Production of Inoculum of Indigenous Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Assessment of Diluent of Compost for Inoculum Production. *Bioresource Technology* 101. 2326-2330.
- Frey-Klett P., Pierrat J.C., and Garbaye J. 1997. Location and Survival of Mycorrhiza Helper *Pseudomonas fluorescens* During Establishment of Ectomycorrhizal Symbiosis between *Laccaria bicolor* and *Douglas fir*. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 63: 139-144.
- Garbaye J. 1994. Helper bacteria: A New Dimension to the Mycorrhizal Symbiosis. *New Phytol* 128:197-210.
- Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytol* 84:489-490.

- Hameeda, B., G. Harini, O.P. Rupela and G. Reddy. 2007. Effect of Composts or Vermi-Composts on Sorghum Growth and Mycorrhizal Colonization. *African Journal of Biotechnology* 6(1): 9 – 12.
- Hapsoh. 2008. *Pemanfaatan fungi Mikoriza Arbuskula Pada Budidaya Kedelai Di Lahan Kering*. Medan: Pidato Pengukuhan Guru Besar Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Harley. J.L, Smith. S.E. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. London: Academic Press.
- Harni, R., Supramana, Sinaga, M. S., Giyanto, Supriyadi. 2012. Mekanisme Bakteri Endofit Mengendalikan Nematoda *Pratylenchus brachyurus* pada Tanaman Nilam. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 23(1): 102-114.
- Hidayat, Osmia., Febria, Fuji Astuti., dan Nasir, Nasril. 2014. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri pada Pasir Sarang dan Cangkang Telur Penyu Lekang (*Lepidochelys olivaceae*L.) yang Menetas dan Gagal Menetas. *Jurnal Biologi Universitas Andalas* 3 (2): 154-161.
- Hodge A, Storer K. 2014. Arbuscular Mycorrhizal and Nitrogen: Implications for Individual Plants Through to Ecosystems. *Plant Soil*. 386:1–19
- Husin, E. F., Marlis, R., Trimitri., Auzan., Burhanuddin., dan Zelfi, Z. 2007. *Observasi dan Identifikasi Spora Cendawan Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Berbagai Rhizosfir di Lahan Kritis Sumatera*. Disajikan Pada Seminar Nasional Mikoriza “Percepatan Sosialisasi Teknologi Mikoriza Untuk Mendukung Revitalisasi Kehutanan” Bogor : Pertanian dan Perkebunan.
- Imas, T., R.S. Hadioetomo, A.W. Gunawan dan Y. Setiadi, 1989. *Mikrobiologi Tanah II*. IPB: Depdikbud Ditjen Dikti Pusat Antar Universitas Bioteknologi.
- INVAM. 2006. International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Acaulospora foveata* (reference accession BR861). <http://Ninvarn.caf.wvu.edu/iungi~tlxonorny/Aca~losporaceae/Acaulospora/foveata/foveata.htm> [diakses 26 Oktober 2016].
- ITIS.gov. 2016. (Ehrenberg, 1835) Cohn, 1872. Bacterial Nomenclature up-to-date website version Juni-2012. http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=958555 (diakses tanggal 4 Desember 2016).
- Kaltenbach, CM., Moss, CW., Weaver, RE. 1975. Cultural and Biochemical Characteristics and Fatty Acid Composition of *Pseudomonas diminuta* and *Pseudomonas vesicular*. *J Microbiol*. 4(1): 339-344

- Khaeruni A., Sutariati, Wahyuni S. 2010a. Karakterisasi dan Uji Aktifitas Bakteri Rizosfer Lahan Ultisol sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman dan Agensia Hayati Cendawan Patogen Tular Tanah secara In-Vitro. *Jurnal Hama dan Penyakit Tanaman Tropika*. 10(2):123-130.
- Khaeruni A., Rahman A. 2012. Penggunaan Bakteri Kitinolitik sebagai Agens Biokontrol Penyakit Busuk Batang oleh *Rhizoctonia solani* pada Kedelai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 8(2):37-41.
- Khaeruni, A., Asrianti, Rahman, A. 2013. Efektivitas Limbah Cair Pertanian sebagai Media Perbanyakan dan Formulasi *Bacillus subtilis* sebagai Agens Hayati Patogen Tanaman. *Jurnal Agroteknos*. 3(3):144-151.
- Killham, K, 1994. *Soil Ecology*. Cambridge University Press
- Kormanik, P.P. dan A.C. McGraw. 1982. *Quantification of Vesicular- Arbuscular Mycorrhizae in plant roots*. In N.C. Schenck (Ed). *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. St. Paul: The American Phytopathological Society.
- Lekberg, Y., and R. T. Koide. 2013. Is Plant Performance Limited By Abundance Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi A Meta-Analysis Of Studies Published Between 1988 And 2003. *New Phytol*. 168:189–204.
- Machmud, M., Sudjadi, M., dan Suryadi, Yadi. 2002. *Seleksi dan Karakterisasi Mikroba Antagonis*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya
- Matsetio, Agung. 2014. *Jenis dan Potensi Fungi Mikoriza Asal Tanah Pasca Tambang Batubara Ddalam Mengendalikan Penyakit Busuk Batang Fusarium sp. pada Tanaman Jagung*. Bengkulu: Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu.
- Mosse.B. 1981. Vesicular-Arbuscular Mychorrhyza Research for Tropical Agriculture. *Res. Bull*. 194. Hawaii Institut for Tropical Agriculture.
- Nengtias, SP., Darwis, Khaeruni A. 2012. Potensi Rizobakteri Indigenous Tanah Ultisol sebagai Agen Pengendali Hayati Penyakit Layu Sklerotium dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman. *Berkala Penelitian Agronomi*, 1(2): 148-155.
- Novriani dan A. Madjid. 2009. *Peran dan Prospek Mikoriza*. Palembang: Program Pasca Sarjana Universitas Sriwijaya.

- Nunang, L.M. 2011. *Diversitas Bakteri Asal Spora Fungi Mikoriza Arbuskula Gigaspora sp. dan Glomus sp. Serta Potensinya sebagai Mycorrhiza Helper Bacteria*. Tesis. Sekolah Pascasarjana IP. Bogor. 63p.
- Nurhayati. 2012. Infektivitas Mikoriza pada Berbagai Jenis Tanaman Inang dan beberapa Jenis Sumber Inokulum. *Jurnal Floratek*. 7:25-31.
- Patriyasari, Tanti. 2006. *Efektivitas Cendawan Mikoriza Arbuskula (FMA) Terhadap Pertumbuhan Dan Produktivitas Cynodon dactylon (L.) Pers Yang Diberi Level Salinitas Berbeda*. Bogor: IPB.
- Peraturan Menteri Pertanian. 2011. *Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah* Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011.
- Prihastuti. 2007. *Isolasi dan Karakterisasi Mikoriza-Arbuskular di Lahan Kering Masam, Lampung Tengah*. <http://journal.discoveryindonesia.com> (diakses 10 September 2016).
- Pujianto. 2001. *Pemanfatan Jasad Mikro, Jamu Mikoriza dan Bakteri dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan Di Indonesia*. Tinjauan Dari Perspektif Falsafah Sains. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Puspitasari, Desi., Purwani, Kristanti Indah., dan Muhibuddin, Anton. 2012. Eksplorasi Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM) Indigenous pada Lahan Jagung di Desa Torjun, Sampang Madura. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 1, (Sept, 2012): E-21.
- Rahanandeh, H.; G. Khodakaramian; N. Hassanzadeh; A.Seraji & S.M. Asghari (2013). Evaluation of antagonistic *Pseudomonas* against root lesion nematoda of tea. *International Journal of Biosciences*,3, 32–40.
- Ragupathy S & Mahadevan A. 1991. *VAM distribution influenced by salinity gradient in a coastal tropical forest*. pp. 91-97. Di Dalam: Soerianegara and Supriyanto (Eds). Proceeding of second Asian Conference on Mycorrhiza. *Biotrop Special Publication.Seameo Biotrop*. 42: 91-97.
- Rodríguez-Echeverría S, Crisóstomo JA, Nabais C, Freitas H (2009) Belowground mutualists and the invasive ability of *Acacia longifolia* in coastal dunes of Portugal. *Biol Invasions* 11:651–661.
- Rozalinda, Maria Viva dan Rini, Vida. 2010. Pengaruh Tanaman Inang Dan Media Tanam Pada Produksi Fungi Mikoriza Arbuskular. *Jurnal Agrotropika*.15(1): 37 –43. Lampung: Universitas Lampung.

- Schinner, F., Ohlinger, R., Kandeler, E., & Margesin, R. 1995. *Methods in Soil Biology*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Segers, P., Vancanneyt, M., Pot, B., Torck, U., Hoste, B., Dewettinck, D., Falsen, E., Kersters, K., Vos, P.D. 1994. Classification of *Pseudomonas diminuta* Leifson and Hugh 1954 and *Pseudomonas vesicularis* Busing, Doll, and Freytag 1953 in *Brevundimonas* gen. nov. as *Brevundimonas diminuta* comb. nov. and *Brevundimonas vesicularis* comb. nov., Respectively. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 44(3): 499-510.
- Setiadi, Fakuara, M. Y. 1990. *Aplikasi Mikoriza dalam Pembangunan Hutan Tansman Industri. Prossiding Seminar Bioteknologi Hutan*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan UGM.
- Setiadi, Imas, T., R.S. Hadioetomo, A.W. Gunawan. 1989. *Mikrobiologi Tanah II*. Depdikbud Ditjen Dikti, Pusat Antar Universitas Bioteknologi, IPB.
- Setiawati, Mieke Rochimi. 2015. *Teknik Perbanyakan Kultur Pot FMA*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Silaban, E. T., Purba, E., Ginting, J. 2013. Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis (*Zea mays sacaratha* Sturt. L) pada Berbagai Jarak Tanam dan Waktu Olah Tanah. *Jurnal Online Agroteknologi* 1(3) : 2337- 6597.
- Simanungkalit, R. D. M. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (Organic Fertilizer and Biofertilizer)*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Smith, S. E., and D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*, 3rd Ed. Academic Press, San Diego. 614 pp
- Subiksa, IGM. 2002. *Pemanfaatan Mikoriza Untuk Penanggulangan Lahan Kritis*. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Suherli. 2008. *Mengenal Buku Nonteks Pelajaran (Bagian I)*. [Online]. <http://suherlicentre.blogspot.co.id/2008/08/mengenal-buku-nonteks-pelajaran-bagian.html>. (Diakses tanggal 26 Januari 2017).
- Sujarwo. 2006. *Penyusunan Karya Tulis Ilmiah Populer*. <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pengabdian/sujarwompd/penyusunan-karya-tulis-ilmiah-populer.pdf>. (Diakses tanggal 26 Januari 2017)
- Supriono, 2000. Pengaruh Dosis Urea Tablet dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Kedelai Kultivar Sindoro. *Agrosains* Volume 2 No 2, 2000.

- Suryatmana, P., M.R. Satiawati, P. Rataseca. 2009. *Peranan Mikrofer dan Bahan Organik Kascing dalam Translokasi Pb, Serapan Fosfor dan Hasil Tanaman Cabai (Capsicum Annum) pada Tanah Tercampur Logam Berat*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Thamsurakul, S. and S.Charoensook, 2006. *Mycorrhizal Fungi As Biofertilizer For Fruit Tree Production in Thailand*. (Prosiding). International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer.
- Uniprot. 2012. *Taksonomi*. [online] <http://www.uniprot.org/taxonomy/108480>. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2016.
- Vivas A, Barea JM, Azcon R. 2005. Brevibacillus brevis Isolated From Cadmium or Zinccontaminated Soils Improves in Vitro Germination and Growth of *Glomus mosseae* under high Cd or Zn Concentrations. *Microbial Ecol* 49:416–424.
- Widyaningrum, E., Aprilya, S., Iqbal, M. 2015. Pengembangan Produk Penelitian Berupa Buku Nonteks sebagai Buku Pengayaan Pengetahuan. *Artikel Ilmiah Mahasiswa* 1(1) : 1-5.
- Woitke, M. 2004. *Bacillus subtilis* as Growth Promotor in Hydroponically Grown Tomatoes Under Saline Conditions. *Acta Hort* 659:363-369.
- Wulandari, G., Suwirmen, Noli, Z.A. 2014. Kompatibilitas Spora *Glomus* Hasil Isolasi dari Rizosfer *Macaranga triloba* dengan Tiga Jenis Tanaman Inang. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 3(2): 116-122.
- Yamasari, Yuni. 2010. *Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis ICT yang Berkualitas*. Seminar Nasional Pasca sarjana X-ITS. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya..
- Yovita, A.L. 2008. *Isolasi dan Identifikasi Cendawan Mikoriza Arbuskula Asal Tanah Pertanian dan Perkebunan Jawa Barat*. Skripsi. Bogor: Departemen Biologi IPB.

LAMPIRAN A. HASIL UJI PENDAHULUAN**A1. HASIL UJI PENDAHULUAN DERAJAT INFEKSI**

Hasil uji pendahuluan pengamatan derajat infeksi mikoriza ke akar tanaman jagung saat usia penanaman 1 bulan yaitu sebagai berikut:

Tabel Hasil Uji Pendahuluan Pengamatan Derajat Infeksi Mikoriza (1 bulan)

Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Jumlah	Derajat infeksi
5.1	v	v	v	v	v	-	v	v	-	v	20	67%
	-	-	-	v	-	v	v	v	v	v		
	v	v	v	v	-	-	-	-	v	v		
5.2	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	22	73%
	-	-	v	v	v	v	-	v	-	v		
	-	v	v	-	v	v	v	-	-	v		
10.1	v	v	v	v	v		-	v	v	v	27	90%
	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v		
	v	v	v	v	v	-	v	v	-	v		
10.2	v	v	v	v	-	v	v	v	v	v	29	97%
	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v		
	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v		
15.1	v	v	v	v	v	-	-	v	v	v	27	90%
	v	v	v	v	v	v	v	-	v	v		
	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v		
15.2	v	-	-	v	v	v	v	v	-	-	21	70%
	v	v	-	v	v	v	-	v	v	-		
	v	v	v	v	-	v	v	v	v	-		

Keterangan :

5 : jarak tanam 5x5 cm

10 : jarak tanam 10x10 cm

15 : jarak tanam 15x15 cm

Hasil uji pendahuluan pengamatan derajat infeksi dengan menggunakan perlakuan 5x5cm; 10x10cm; dan 15x15cm adalah perlakuan 5x5cm tidak dapat digunakan uji lanjut. Hal ini dikarenakan rata-rata derajat infeksi hanya 70%. Oleh karena itu, perlakuan yang digunakan untuk uji akhir adalah jarak tanam 10x10cm dan 15x15cm.

LAMPIRAN A2. HASIL UJI PENDAHULUAN PERHITUNGAN SPORA

Hasil uji pendahuluan perhitungan jumlah spora mikoriza setelah 3 bulan penanaman yaitu sebagai berikut:

Tabel Hasil Uji Pendahuluan Perhitungan Jumlah Spora (3 bulan)

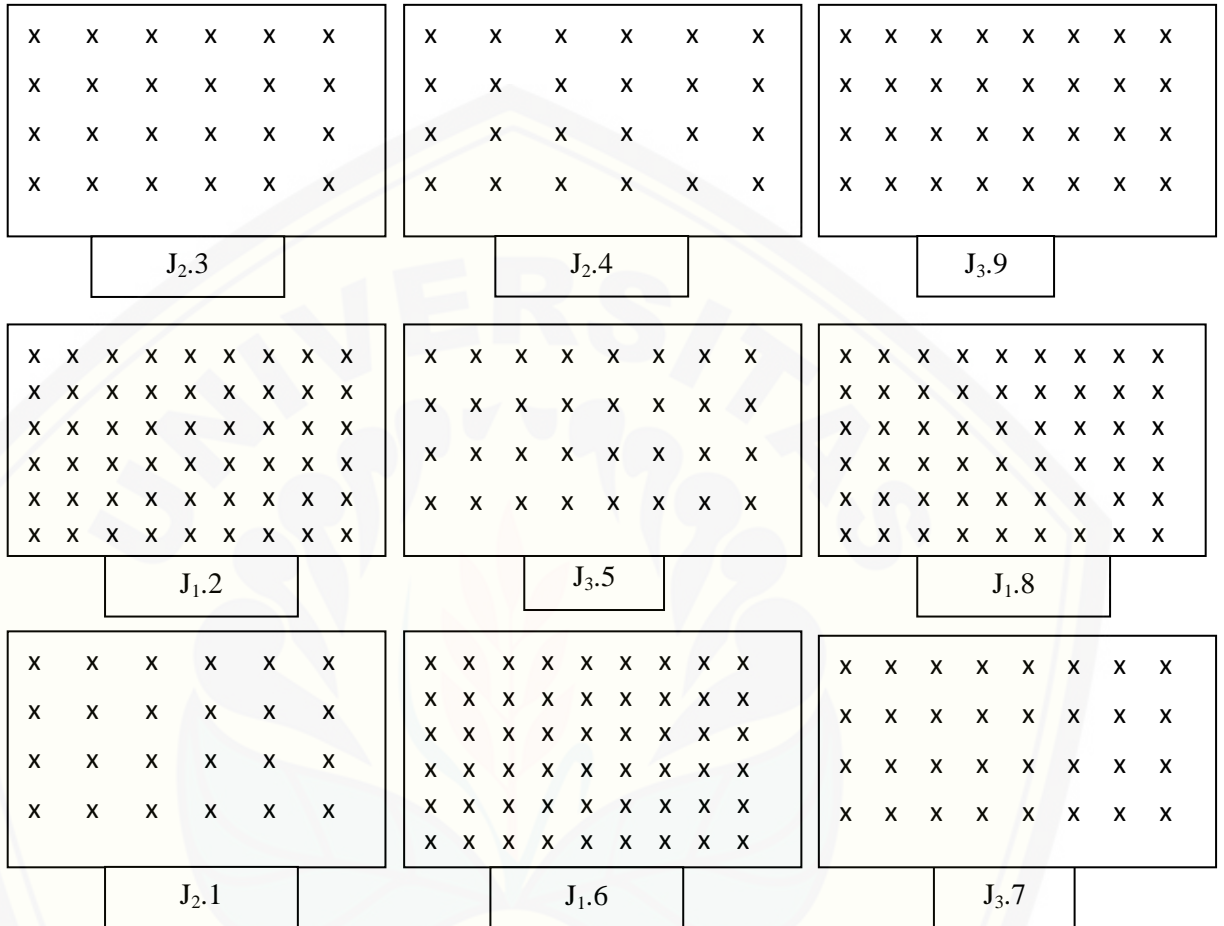
Perlakuan	Jumlah Spora/gr	Rata-Rata
5.1	19	13,6
5.2	13	
5.3	9	
10.1	11	13,3
10.2	20	
10.3	9	
15.1	6	13,6
15.2	1	
15.3	19	

Keterangan :

- 5 : jarak tanam 5x5 cm
- 10 : jarak tanam 10x10 cm
- 15 : jarak tanam 15x15 cm

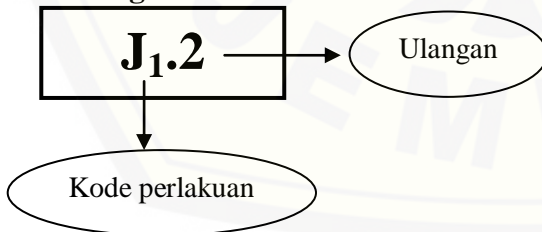
Hasil uji pendahuluan perhitungan jumlah spora adalah rata-rata jumlah spora yang dihasilkan tiap perlakuan hampir sama.

LAMPIRAN B. DENAH APLIKASI LAPANG



DEPAN

Keterangan :



- J₁ = jarak tanam 10 x 10 cm
- J₂ = jarak tanam 15 x 15 cm
- J₃ = kontrol (gelas plastik)

LAMPIRAN C. JADWAL PENYIRAMAN

Air 6 L	Air 6 L	Air 6 L	Air 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L
Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L
Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L
hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L
Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L
Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L	hyponex 6 L	Air 6 L	Air 6 L
Air 6 L	-	Air 6 L	-	Air 6 L	-	Air 6 L	-	Air 4,5 L	-
Air 4,5 L	-	Air 4,5 L	-	Air 3 L	-	Air 3 L	-	Air 3 L	-
Air 3 L	-	-	-	-	-	-	-	-	PANEN

Keterangan :



Waktu perlakuan penyiraman normal air 6 L/ hyponex 6 L (2 bulan/ 60 hari)



Waktu perlakuan stressing selama 1 bulan / 30 hari (penyiraman dilakukan 2 hari sekali dengan volume bertahap dikurangi hingga tidak disiram sama sekali)

LAMPIRAN D. BUKU NONTEKS

D1. HASIL VALIDASI BUKU NONTEKS

**LEMBAR VALIDASI PRODUK BUKU NONTEKS
OLEH AHLI MEDIA**

I. Identitas Validator (Untuk Ahli Media)

Nama : Mochammad Jabal, S.Pd, M.Pd
 Alamat : Purabaya, Siwalaya Land II, C-10
 No.Telp./Handphone : 08282964444
 Jenis Kelamin : L
 Usia : 22
 Pekerjaan : Dosen

II. Keterangan Skor Penilaian

NO	SKOR	KRITERIA	RUBRIK PENILAIAN
1.	4	Sangat Baik	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai sangat sesuai dan tidak ada kekurangan dengan produk buku.
2.	3	Baik	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai sesuai, meski ada sedikit kekurangan dengan produk buku.
3.	2	Cukup	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai kurang sesuai dan ada sedikit kekurangan dan atau banyak dengan produk buku.
4.	1	Kurang	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai tidak sesuai dan ada kekurangan dengan produk buku.

Petunjuk:

1. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan memberi tanda check list (✓) pada kolom skor yang telah disediakan.
2. Jika perlu diadakan revisi, mohon memberikan revisi pada bagian saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan tanggapan pada bagian kesimpulan dengan melingkari salah satu pilihan yang tersedia guna keberlanjutan produk buku yang telah disusun.

III. Instrumen Penilaian

Komponen	Butir	Skor			
		1	2	3	4
1. Artistik dan Estetika	Komposisi buku sesuai dengan tujuan penyusunan			✓	
	Penggunaan teks dan grafis proporsional				✓
	Kemenarikan <i>lay out</i> dan tata letak		✓		
	Pemilihan warna yang menarik		✓		
	Keserasian teks dan grafis			✓	
	Tata letak unsur grafika estetis, dinamis, dan menarik serta menggunakan ilustrasi yang memperjelas pemahaman materi/isi buku			✓	
	Ukuran buku nonteks yang sesuai dan praktis				✓
2. Fungsi keseluruhan	Produk membantu menambah wawasan pembaca			✓	
	Penyajian bahasa yang digunakan komunikatif dan sesuai sasaran			✓	
	Produk bersifat informatif				✓
	Secara keseluruhan produk buku menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca			✓	
	Keruntutan penyajian bersifat sistematis				✓
JUMLAH SKOR KESELURUHAN			38		

Saran dan Komentar Perbaiki Produk Buku Nonteks:

Saran dan komentar dapat dilihat langsung pada lembar buku.

$$= \frac{38}{48} = 79,167\%$$

Kesimpulan:

Berdasarkan penilaian di atas, maka produk buku ini:

- a. Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
- b. Dapat digunakan dengan revisi
- c. Dapat digunakan tanpa revisi

Jember, 28 April 2017

Validator Media

..Muhammad Iqbal, S.Pt, M.Pd.
NIP. 9802000121001

**LEMBAR VALIDASI PRODUK BUKU NONTEKS
OLEH AHLI MATERI**

I. Identitas Validator (Untuk Ahli Materi)

Nama : .. Dr. Bambang Hermiyanto ..
 Alamat : .. Jl. Tanjungmangu 92 Jember ..
 No. Telp./Handphone : .. 0852 5984 4729 ..
 Jenis Kelamin : .. Laki-laki ..
 Usia : .. 56 th ..
 Pekerjaan : .. Dosen Faperta UJember ..

II. Keterangan Skor Penilaian

NO	SKOR	KRITERIA	RUBRIK PENILAIAN
1.	4	Sangat Baik	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai sangat sesuai dan tidak ada kekurangan dengan produk buku.
2.	3	Baik	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai sesuai, meski ada sedikit kekurangan dengan produk buku.
3.	2	Cukup	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai kurang sesuai dan ada sedikit kekurangan dan atau banyak dengan produk buku.
4.	1	Kurang	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai tidak sesuai dan ada kekurangan dengan produk buku.

Petunjuk:

1. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan memberi tanda check list (√) pada kolom skor yang telah disediakan.
2. Jika perlu diadakan revisi, mohon memberikan revisi pada bagian saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan tanggapan pada bagian kesimpulan dengan melingkari salah satu pilihan yang tersedia guna keberlanjutan produk buku yang telah disusun.

III. Instrumen Penilaian

1. Teknik Penyajian	Konsistensi sistematika sajian dalam bab		3	
	Kelogsan penyajian dan keruntutan konsep			4
	Koherensi substansi antar bab			4
2. Pendukung Penyajian Materi	Penyajian materi sebagai pengembangan pengetahuan untuk menambah wawasan yang lebih luas			4
	Materi memiliki kebenaran keilmuan, sesuai dengan perkembangan ilmu yang akurat		3	
	Kesesuaian gambar dan keterangan			4
	Materi merupakan karya orisinal (bukan hasil plagiat)		3	
3. Kelayakan Kebahasaan	Adanya rujukan atau sumber acuan			4
	Ketepatan struktur kalimat			4
	Kefektifan kalimat			4
	Kebakuan istilah		3	
	Bahasa (EYD, kata, kalimat, dan paragraf) digunakan dengan tepat, lugas, dan jelas sehingga mudah dipahami masyarakat			4
JUMLAH SKOR KESELURUHAN				44

Saran dan Komentar Perbaikan Produk Buku Nonteks:

- Perlu konsisten penulisan jamur Mikoriza
- perlu dibuat bocoran alir metode perbanyakan - - - - -


Kesimpulan:

Berdasarkan penilaian diatas, maka produk buku ini:

- d. Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
- e. Dapat digunakan dengan revisi
- f. Dapat digunakan tanpa revisi

Jember, 12/15/2017

Validator Materi


Dr. Bambang FF



D2. PRODUK BUKU NONTEKS

Cover produk buku nonteks

LAMPIRAN E. HASIL ANALISIS DATA ANOVA

Descriptives

Derajat Infeksi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
J1=jarak tanam 10x10 cm	3	94.4467	6.93755	4.00540	77.2128	111.6805	86.67	100.00
J2=jarak tanam 15x15 cm	3	67.7667	3.86825	2.23333	58.1574	77.3759	63.30	70.00
J3=kontrol (pot plastik)	3	67.6667	6.80686	3.92994	50.7575	84.5758	60.00	73.00
Total	9	76.6267	14.35206	4.78402	65.5947	87.6586	60.00	100.00

ANOVA

Derajat Infeksi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1429.001	2	714.500	19.589	.002
Within Groups	218.853	6	36.475		
Total	1647.853	8			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Derajat Infeksi

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
LSD J1=jarak tanam 10x10 cm	J2=jarak tanam 15x15 cm	26.68000 [*]	4.93122	.002	14.6137	38.7463
	J3=kontrol (pot plastik)	26.78000 [*]	4.93122	.002	14.7137	38.8463

J2=jarak tanam 15x15 cm	J1=jarak tanam 10x10 cm	-26.68000*	4.93122	.002	-38.7463	-14.6137
	J3=kontrol (pot plastik)	.10000	4.93122	.984	-11.9663	12.1663
J3=kontrol (pot plastik)	J1=jarak tanam 10x10 cm	-26.78000*	4.93122	.002	-38.8463	-14.7137
	J2=jarak tanam 15x15 cm	-.10000	4.93122	.984	-12.1663	11.9663

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Rerata Jumlah Spora

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
J1=jarak tanam 10x10 cm	3	43.8900	1.68083	.97043	39.7146	48.0654	42.33	45.67
J2=jarak tanam 15x15 cm	3	37.3333	1.85802	1.07273	32.7178	41.9489	35.33	39.00
J3=kontrol (pot plastik)	3	26.0000	2.18378	1.26081	20.5752	31.4248	23.67	28.00
Total	9	35.7411	8.01233	2.67078	29.5823	41.8999	23.67	45.67

ANOVA

Rerata Jumlah Spora

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	491.486	2	245.743	66.740	.000
Within Groups	22.093	6	3.682		
Total	513.579	8			


Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rerata Jumlah Spora

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
LSD J1=jarak tanam 10x10 cm	J2=jarak tanam 15x15 cm	6.55667 [*]	1.56676	.006	2.7229	10.3904
	J3=kontrol (pot plastik)	17.89000 [*]	1.56676	.000	14.0563	21.7237
J2=jarak tanam 15x15 cm	J1=jarak tanam 10x10 cm	-6.55667 [*]	1.56676	.006	-10.3904	-2.7229
	J3=kontrol (pot plastik)	11.33333 [*]	1.56676	.000	7.4996	15.1671
J3=kontrol (pot plastik)	J1=jarak tanam 10x10 cm	-17.89000 [*]	1.56676	.000	-21.7237	-14.0563
	J2=jarak tanam 15x15 cm	-11.33333 [*]	1.56676	.000	-15.1671	-7.4996

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

LAMPIRAN F. SURAT IJIN PENELITIAN

 KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
Telepon: 0331-334988, 330738 Fax: 0331-332475
Laman: www.fkip.unej.ac.id


PERMOHONAN IJIN PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini.


Nama : Oke Lolita Pratiwi
NIM : 130210103088
Program Studi : Pendidikan Biologi
Jurusan : Pendidikan MIPA
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan
No. Hp : 082311487628

Mengajukan permohonan ijin penelitian di Laboratoium FKIP Biologi Sub Lab Mikrobiologi Universitas Jember dengan judul "*Scaling Up* Produksi Spora Mikoriza (*Glomus spp.*) dengan Penambahan Formula Cair MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*)". Dengan ketentuan bersedia mematuhi segala persyaratan yang telah ditentukan oleh laboratorium/instansi tersebut di atas.

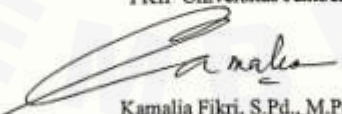
Mengetahui
Dosen Pembimbing I


Dr. Iis Nur Asyiah S.P., M.P.
NIP. 19730614 200801 2 008

Jember,
Mahasiswa pemohon


Oke Lolita Pratiwi
130210103088

Ketua Laboratorium Biologi,
FKIP Universitas Jember


Kamalia Fikri, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19840223 201012 2 004

Lampiran daftar alat dan bahan yang diperlukan

No.	Nama Alat	Jumlah	Tanggal peminjaman	Tanggal kembali	Keterangan
1.	Tabung reaksi	20	16 Mei 2016	25 Mei 2016	
2.	Tabung erlenmeyer	156	23 Mei 2016	25 Mei 2016	1000 mL
3.	Tip biru	50	16 Mei 2016	25 Mei 2016	
4.	Beaker glass 50 mL	6	16 Mei 2016	25 Mei 2016	
5.	Gelas ukur 50 mL	2	16 Mei 2016	25 Mei 2016	
6.	Beaker glass 1000 mL	6	16 Mei 2016	25 Mei 2016	
7.	Jarum ose	2	16 Mei 2016	25 Mei 2016	

Mengetahui,

Petugas Laboratorium FKIP Biologi



Tamyis

NIP. 197206082007011002

Mahasiswa peminjam



Oke Lolita Pratiwi

130210103088

Ketua Laboratorium Biologi,
FKIP Universitas Jember


Kamalia Fikri, S.Pd., M.Pd.

NIP. 19840223 201012 2 004



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
Telepon: 0331-334988, 330738 Fax: 0331-332475
Laman: www.fkip.unej.ac.id

Nomor **0593** /UN25.1.5/LT/2017
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

24 JAN 2017

Yth. Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Jember

Diberitahukan dengan hormat, bahwa mahasiswa FKIP Universitas Jember di bawah ini:

Nama : Oke Lolita Pratiwi
NIM : 130210103088
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Biologi

Berkenaan dengan penyelesaian studinya, mahasiswa tersebut bermaksud melakukan penelitian identifikasi mikoriza di Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang Saudara pimpin, dengan judul penelitian "Scaling up Produksi Spora Mikoriza (*Glomus* spp.) dengan Penambahan Formula Cair MHB (*Mikoriza Helper Bacteria*)".

Selubungan dengan hal tersebut, mohon Saudara berkenan memberikan izin dan sekaligus memberikan bantuan informasi yang dipelুকannya.

Demikian atas perkenan dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

Dekan,
Pembantu Dekan I,

Dr. Suwatman, M.Pd.
NIP 19640123 199512 1 001

Tembusan Yth:

1. Kepala Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
2. Arsip.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
 Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121 Telepon: 0331-334988, 330738 Faks: 0331-334988 Laman: www.fkip.unj.ac.id

SURAT REKOMENDASI SEBAGAI VALIDATOR

Yang bertanda tangan di bawah ini saya selaku Dosen Pembimbing skripsi mahasiswa:

Nama : Oke Lolita Pratiwi
 NIM : 130210103088
 Program Studi : Pendidikan Biologi
 Judul Skripsi : Pengaruh Jarak Tanam Inang dengan Penambahan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) terhadap Produksi Skala Besar Spora Mikoriza (*Glomus spp.*) dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks

Selanjutnya untuk melengkapi instrumen dalam penelitian tersebut diperlukan validator untuk memvalidasi instrumen-instrumen tersebut, karena itu saya merekomendasikan bapak/ibu agar kiranya berkenan sebagai validator *);

No	Nama Validator	Bidang/Ahli
1.	Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP	Ahli materi
2.	Mochammad Iqbal, S.Pd.,M.Pd	Ahli media

Demikian atas bantuan dan kerjasama yang baik bapak/ibu disampaikan terimakasih.

Jember, 28 April 2017
 Dosen Pembimbing Utama,

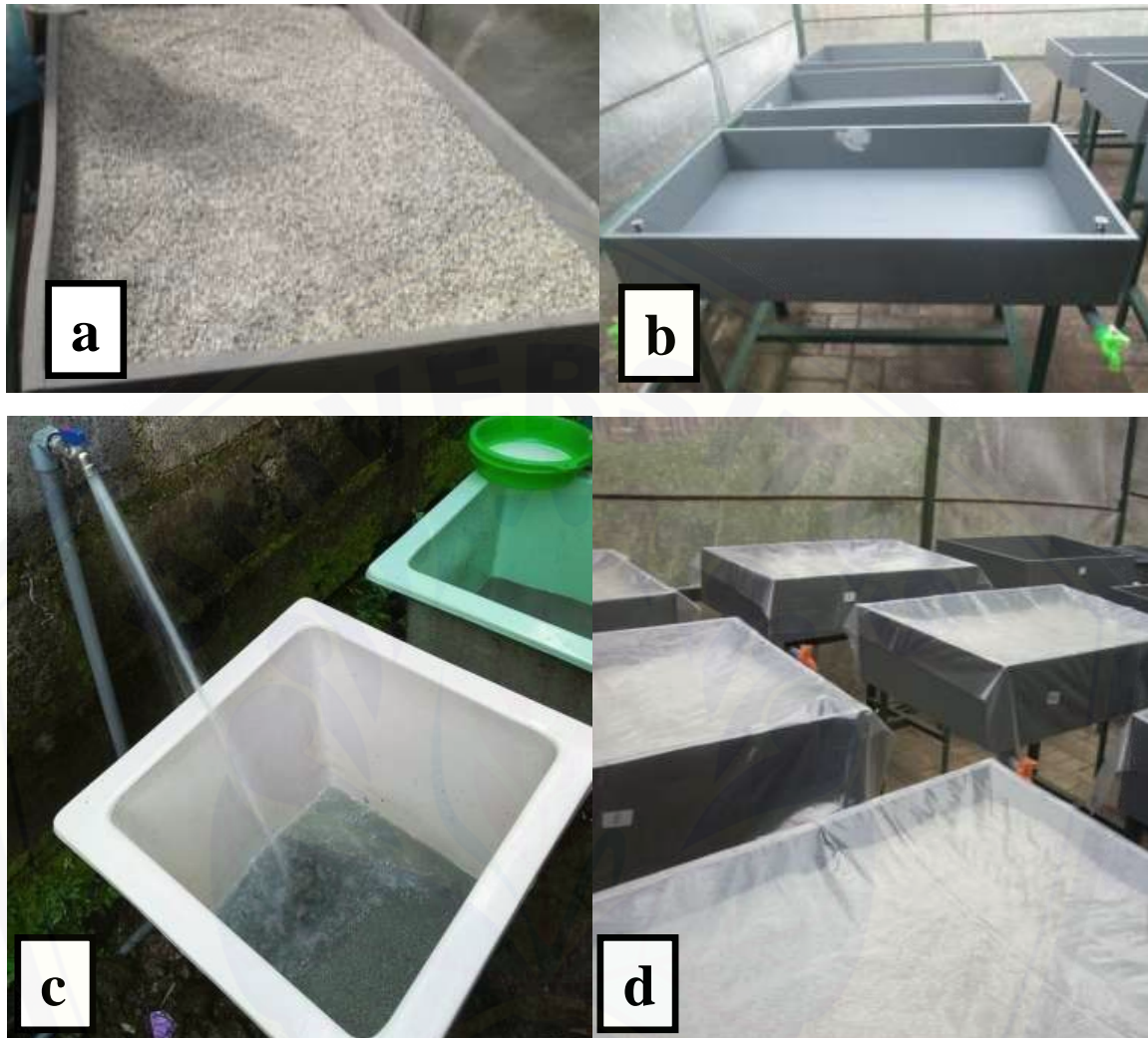
Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P
 NIP. 19730614 200801 2 008

Keterangan:

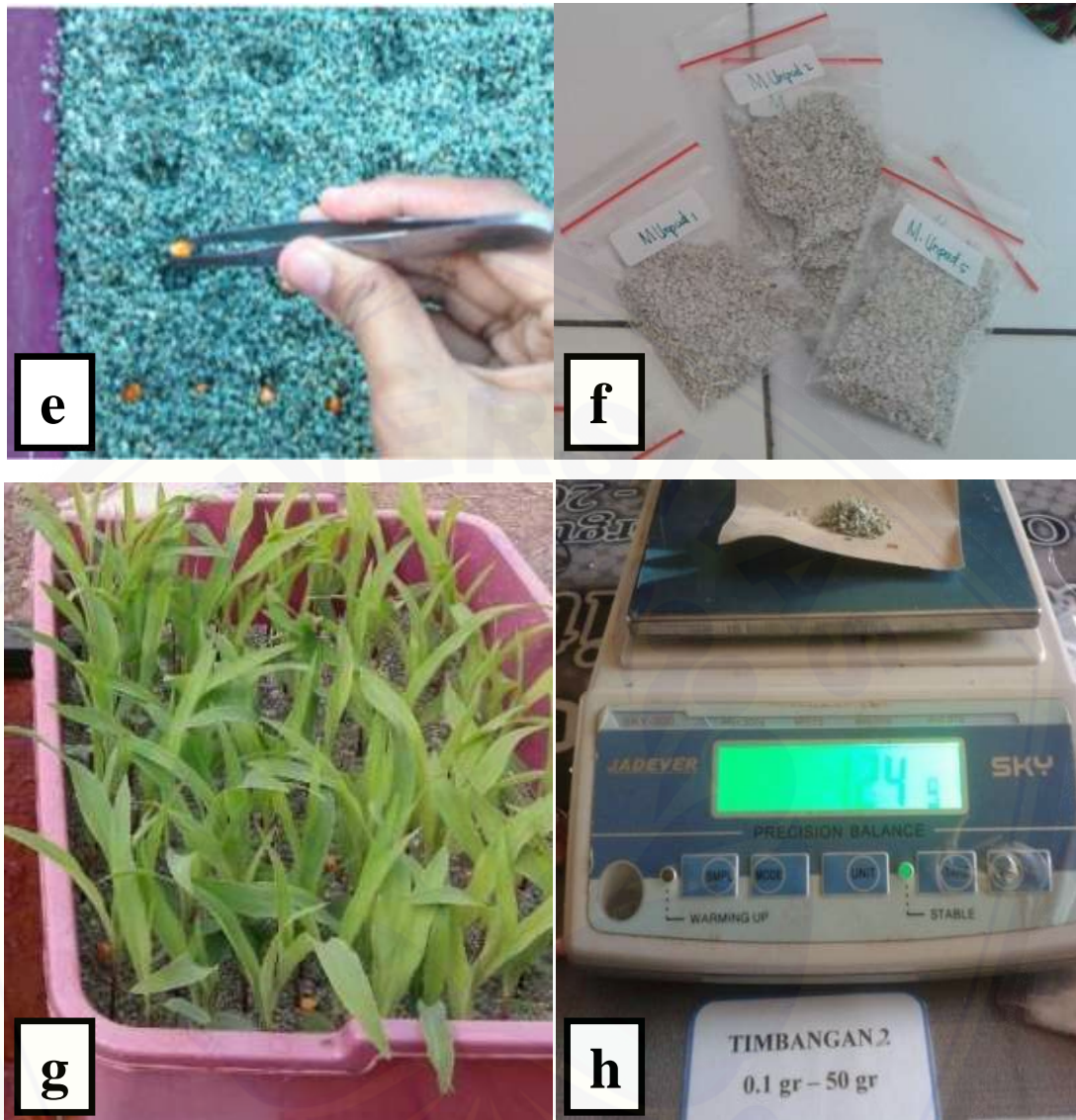
Dibuat rangkap 3 : masing-masing untuk Kombi, Dosen Pembimbing dan, Mahasiswa.

*) Segala yang terkait dengan akomodasi validator ditanggung mahasiswa yang bersangkutan.

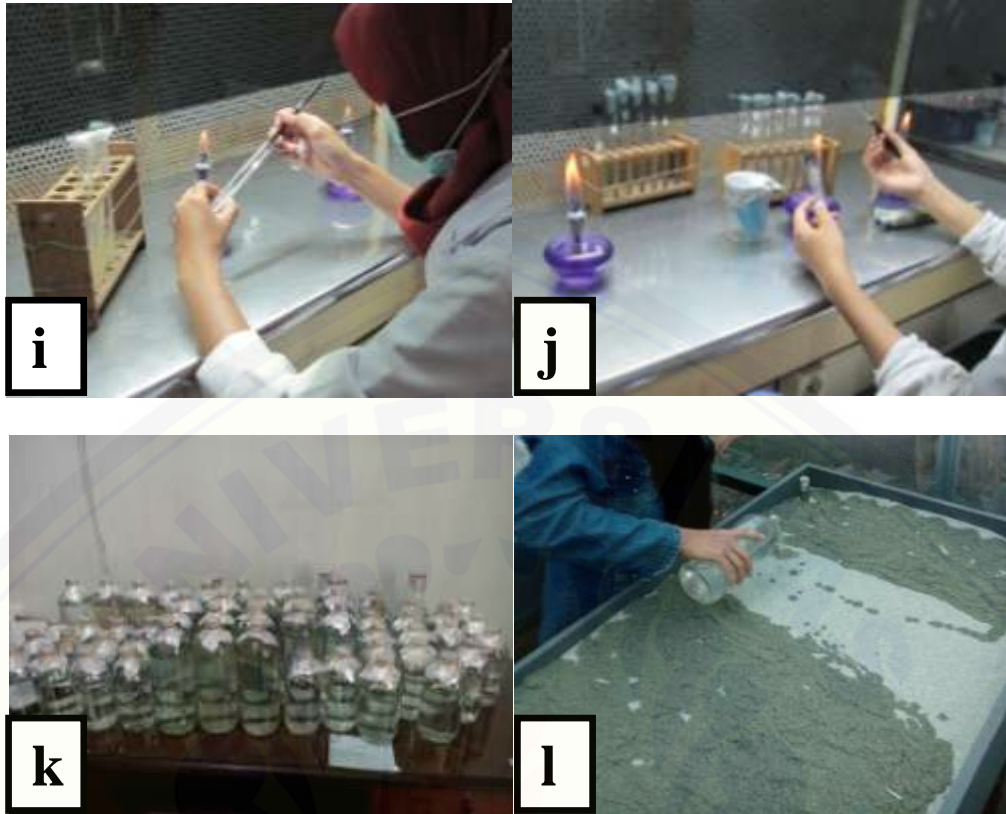
LAMPIRAN G. DOKUMENTASI PENELITIAN



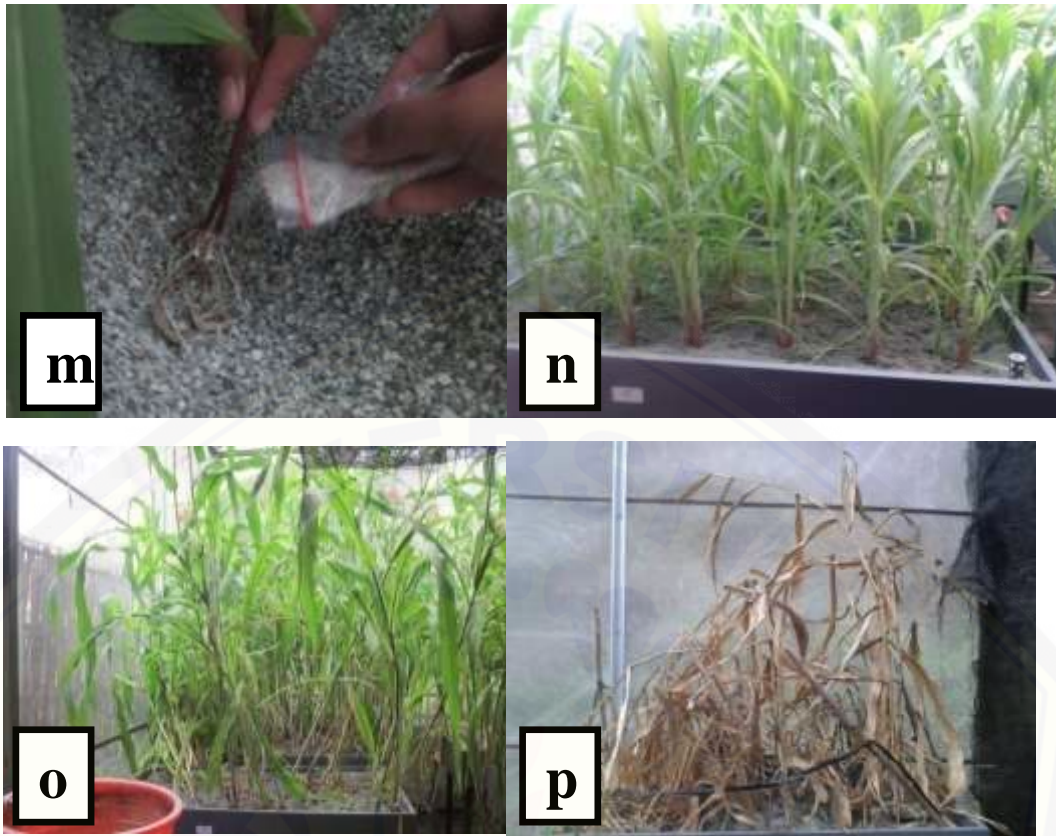
Gambar a) penjemuran zeolit, b) persiapan tempat perbanyakan spora mikoriza, c) penyucian zeolit dengan air, d) persiapan zeolit steril di tempat perbanyakan



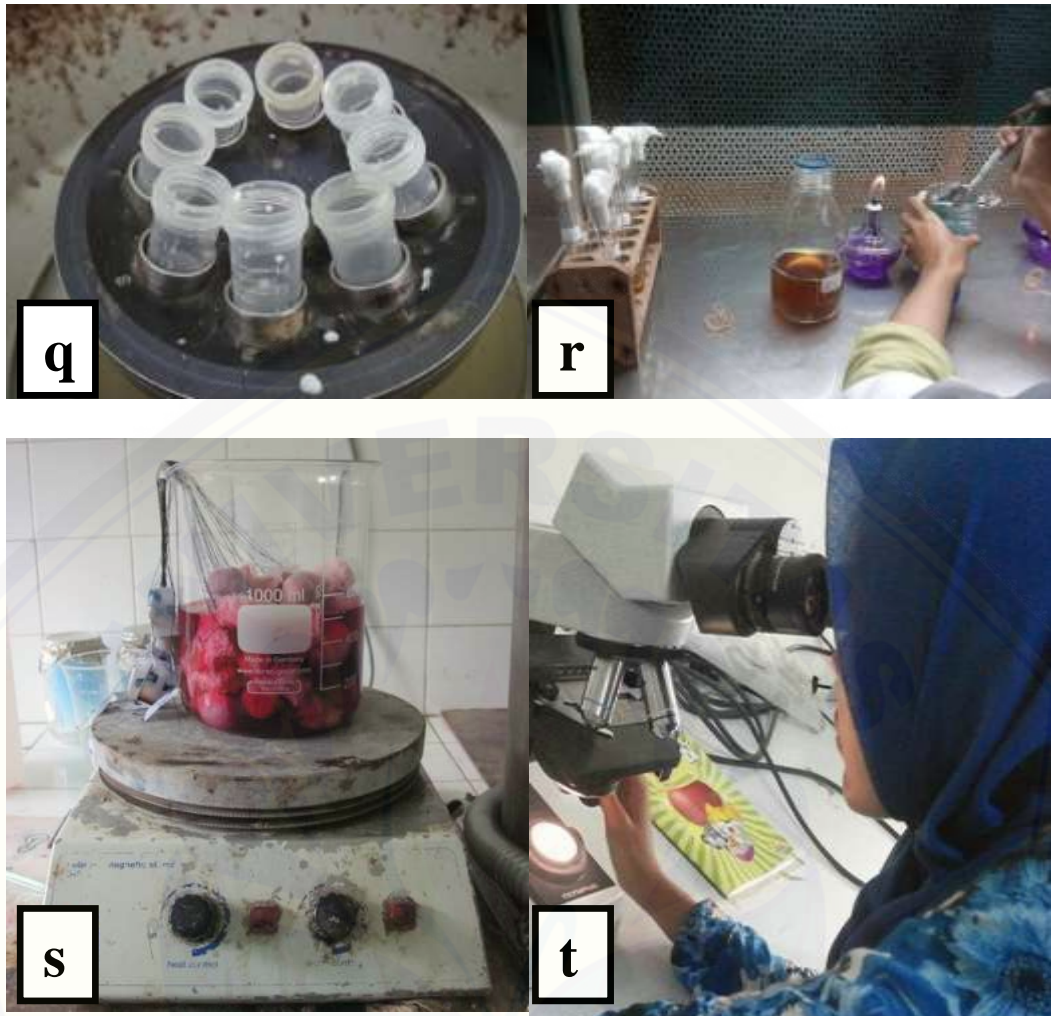
Gambar e) penyemaian benih jagung, f) persiapan starter spora mikoriza, g) tanaman jagung berumur 7 hari, h) penimbangan starter mikoriza



Gambar i) peremajaan bakteri MHB, j) pengenceran MHB, k) Pengenceran MHB dalam 1 liter, l) Aplikasi MHB



Gambar m) aplikasi starter mikoriza, n) tanaman berumur 1 bulan, o) tanaman berumur 2 bulan, p) tahap *stressing*



Gambar q) perhitungan spora dengan metode sentrifuge, r) pengujian kontaminan, s) pewarnaan akar jagung, t) pengamatan di bawah mikroskop

LAMPIRAN H. LEMBAR KONSULTASI PENYUSUNAN SKRIPSI



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
Telepon: 0331-334988, 330738 Fax: 0331-332475
Laman: www.fkip.unej.ac.id

LEMBAR KONSULTASI PENYUSUNAN SKRIPSI**Pembimbing Utama**

Nama : Oke Lolita Pratiwi
NIM : 130210103088
Jurusan/Program Studi : Pendidikan MIPA/Pendidikan Biologi
Judul : Pengaruh Jarak Tanam Inang dengan Penambahan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) terhadap Produksi Skala Besar Spora Mikoriza (*Glomus spp.*) dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks
Pembimbing Utama : **Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P**
Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si

Kegiatan Konsultasi

No.	Hari/tanggal	Materi Konsultasi	Tanda Tangan Pembimbing
1	12 Agustus 2016	Pengajuan Judul	
2	10 Oktober 2016	Pengajuan BAB 1, 2, dan 3	
3	18 Oktober 2016	Konsultasi BAB 1, 2, dan 3	
4	9 November 2016	Revisi BAB 1, 2, dan 3	
5	16 Desember 2016	ACC Seminar Proposal	
6	2 Maret 2017	Seminar Proposal Skripsi	
7	12 April 2017	Konsultasi Hasil Penelitian	
8	20 April 2017	Pengajuan BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
9	3 Mei 2017	Konsultasi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
10	10 Mei 2017	Revisi BAB 1, 2, 3, 4, 5	
11	16 Mei 2017	Konsultasi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
12	30 Mei 2017	ACC Ujian Skripsi	

Catatan:

1. Lembar ini harus dibawa dan diisi setiap melakukan konsultasi
2. Lembar ini harus dibawa sewaktu seminar proposal skripsi dan ujian skripsi



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
 Jalan Kalimantan Nomor 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121
 Telepon: 0331-334988, 330738 Fax: 0331-332475
 Laman: www.fkip.umi.ac.id

LEMBAR KONSULTASI PENYUSUNAN SKRIPSI

Pembimbing Anggota

Nama : Oke Lolita Pratiwi
 NIM : 130210103088
 Jurusan/Program Studi : Pendidikan MIPA/Pendidikan Biologi
 Judul : Pengaruh Jarak Tanam Inang dengan Penambahan MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) terhadap Produksi Skala Besar Spora Mikoriza (*Glomus* spp.) dan Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks
 Pembimbing Utama : Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P.
 Pembimbing Anggota : **Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si**

Kegiatan Konsultasi

No.	Hari/tanggal	Materi Konsultasi	Tanda Tangan Pembimbing
1	12 Agustus 2016	Pengajuan Judul	
2	6 Januari 2017	Pengajuan BAB 1, 2, dan 3	
3	13 Januari 2017	Konsultasi BAB 1, 2, dan 3	
4	27 Januari 2017	Revisi BAB 1, 2, dan 3	
5	3 Februari 2017	ACC Seminar Proposal	
6	20 April 2017	Konsultasi Hasil Penelitian	
7	19 Mei 2017	Pengajuan BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
8	2 Juni 2017	Konsultasi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
9	9 Juni 2017	Revisi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
10	16 Juni 2017	Konsultasi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
11	11 Juli 2017	Revisi BAB 1, 2, 3, 4, 5	
12	18 Juli 2017	Konsultasi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
13	18 Juli 2017	ACC Ujian Skripsi	

Catatan:

1. Lembar ini harus dibawa dan diisi setiap melakukan konsultasi
2. Lembar ini harus dibawa sewaktu seminar proposal skripsi dan ujian skripsi