



**PENGARUH HASIL REFORMULASI DENGAN PENAMBAHAN KH_2PO_4
DAN NH_4Cl PADA MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) DAN *Glomus* spp.
TERHADAP POPULASI *Pratylenchus coffeae* DAN
PERTUMBUHAN BIBIT KOPI SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI
BUKU NONTEKS**

SKRIPSI

Oleh :
Arum Dina Hidayati
NIM 130210103095

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

2017



**PENGARUH HASIL REFORMULASI DENGAN PENAMBAHAN KH_2PO_4
DAN NH_4Cl PADA MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) DAN *Glomus* spp.
TERHADAP POPULASI *Pratylenchus coffeae* DAN
PERTUMBUHAN BIBIT KOPI SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI
BUKU NONTEKS**

SKRIPSI

diajukan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi

Oleh :

Arum Dina Hidayati

NIM 130210103095

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P.

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

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Penyayang, kupersembahkan skripsi ini dengan segenap cinta dan kasih kepada:

1. Orang tua saya Bapak Soekarno dan Ibu Minatien yang telah memberikan doa dan semangat serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak dan ibu guru/dosen dari TK, SD, SMPN, SMAN, sampai Perguruan Tinggi Negeri yang telah memberikan bekal ilmu yang bermanfaat dan bimbingan dengan sepenuh hati;
3. Almamaterku Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember yang tercinta dan selaluku banggakan.

MOTO

“Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali orang – orang yang khusyu”)*

*“It’s not because I want, it’s because I can and I will” **)*



*) Dikutip dari : Al-Qur'an dan Terjemahannya. 1971. Jakarta : Yayasan Penyelenggara/Pentafsir

Al-Qur'an
**) Roman Reign

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arum Dina Hidayati

NIM : 130210103095

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Reformulasi dengan Penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. terhadap Populasi *Pratylenchus coffeae* dan Pertumbuhan Bibit Kopi serta Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun dan bersedia mendapat sanksi akademik jika terjadi dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2017

Yang menyatakan,

Arum Dina Hidayati

NIM 130210103095

SKRIPSI

**PENGARUH HASIL REFORMULASI DENGAN PENAMBAHAN KH_2PO_4
DAN NH_4Cl PADA MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) DAN *Glomus* spp.
TERHADAP POPULASI *Pratylenchus coffeae* DAN
PERTUMBUHAN BIBIT KOPI SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI
BUKU NONTEKS**

Oleh:

Arum Dina Hidayati
NIM 130210103095

Pembimbing

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

PERSETUJUAN

**PENGARUH HASIL REFORMULASI DENGAN PENAMBAHAN KH_2PO_4
DAN NH_4Cl PADA MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) DAN *Glomus* spp.
TERHADAP POPULASI *Pratylenchus coffeae* DAN
PERTUMBUHAN BIBIT KOPI SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI
BUKU NONTEKS**

SKRIPSI

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

Oleh

Nama Mahasiswa : Arum Dina Hidayati
NIM : 130210103095
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Biologi
Angkatan Tahun : 2013
Daerah Asal : Fakfak
Tempat, Tanggal Lahir : Fakfak, 21 Oktober 1995

Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si.
NIP. 19640501 199002 1 001

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

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Pengaruh Hasil Reformulasi dengan Penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. terhadap Populasi *Pratylenchus coffeae* dan Pertumbuhan Bibit Kopi serta Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

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

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

Anggota I,

Anggota II,

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

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

Mengesahkan:
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

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

RINGKASAN

Pengaruh Hasil Reformulasi dengan Penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. terhadap Populasi *Pratylenchus coffeae* dan Pertumbuhan Bibit Kopi Serta Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks; Arum Dina Hidayati, 130210103095; 2017; 73 halaman; Program Studi Pendidikan Biologi; Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Pratylenchus coffeae merupakan salah satu nematoda parasit yang menyerang tanaman kopi. Kopi merupakan salah satu andalan perkebunan di Indonesia namun kebutuhan kopi arabika tidak seimbang dengan produksi kopi arabika. Salah satu cara pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang sejalan dengan konsep *green economy* adalah pengendalian biologis dengan menggunakan agen hayati yaitu *Glomus* spp. dan *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB). *Glomus* spp. mampu meningkatkan pertumbuhan benih kopi arabika lebih baik dan dibantu dengan MHB. Peran MHB yaitu membantu infeksi mikoriza dan menginduksi ketahanan tanaman inang. Pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa *Glomus* spp. dan formulasi MHB dalam menurunkan populasi *P. coffeae* menurun sehingga perlu dilakukan reformulasi MHB dengan buffer KH_2PO_4 dan NH_4Cl diharapkan bisa meningkatkan efektivitas agen hayati dalam mengendalikan *P. coffeae* dan juga meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika. Penyampaian informasi mengenai pengendalian biologis ini perlu untuk disebarluaskan melalui suatu media yakni buku nonteks.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji kemampuan hasil reformulasi MHB dengan penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl dan *Glomus* spp. terhadap populasi *P. coffeae* dan pertumbuhan bibit kopi; menguji keefektifan bakteri pada hasil reformulasi dengan penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB dan *Glomus* spp. terhadap populasi *P. coffeae* dan pertumbuhan bibit kopi; menghasilkan buku nonteks yang layak mengenai hasil reformulasi MHB cair dan *Glomus* spp. yang mampu menurunkan *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi arabika.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA

Universitas Jember, Laboratorium Sub Mikrobiologi Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember, dan *Green House* Perumahan Tidar, dan Sterilisasi tanah di Fakultas Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 6 perlakuan dengan 4 pengulangan dan tiap ulangan terdiri atas 3 tanaman. A₁= 0 spora *Glomus* spp.+0MHB+50 nematoda, A₂= 100 spora *Glomus* spp.+0MHB+50 nematoda, A₃=100 spora *Glomus* spp.+1 ml MHB1 tunggal (*Pseudomonas diminuta*)+50nematoda, A₄= 100 spora *Glomus* spp.+1 ml MHB2 tunggal (*Bacillus subtilis*)+50 nematoda, A₅= 100 spora *Glomus* spp.+1 ml 10⁸MHB konsorsium (*P. diminuta* dan *B.subtilis*) +50 nematoda, A₆= 100 spora *Glomus* spp.+1 ml 10⁹ MHB konsorsium (*P. diminuta* dan *B.subtilis*)+50 nematoda.

Pengamatan dilaksanakan selama 16 minggu. Pengukuran parameter dilakukan setiap 4 minggu, kemudian pada akhir pengamatan dilakukan panen bibit kopi untuk diukur berat basah, berat kering, skor kerusakan akar, derajat infeksi mikoriza dan juga ekstraksi nematoda untuk menghitung populasi nematoda parasit.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian reformulasi MHB cair dan *Glomus* spp. dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi dan mengendalikan populasi nematoda parasit *P. coffeae*. Hasil Anova menunjukkan bahwa MHB dapat menurunkan populasi *P. coffeae* secara signifikan (P=0,000) baik yang berada di dalam akar maupun pada tanah. Penurunan populasi nematoda *P. coffeae* berkisar antara 40,46%-60,41% dibandingkan dengan kontrol. Selain itu pemberian formula MHB cair dan mikoriza juga meningkatkan pertumbuhan bibit kopi dibandingkan dengan kontrol, sedangkan buku nonteks yang berisi tentang hasil penelitian hasil reformulasi MHB cair dan *Glomus* spp. yang mampu menurunkan *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi arabikalayak digunakan sebagai media informasi dan buku bacaan bagi mahasiswa maupun masyarakat khususnya petani kopi.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Reformulasi dengan Penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. terhadap Populasi *Pratylenchus coffeae* dan Pertumbuhan Bibit Kopi serta Pemanfaatannya sebagai Buku Nonteks” sebagai tugas akhir di Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1).

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. 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 FKIP Universitas Jember dan dosen penguji utama yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini;
3. Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si., selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu, ilmu, perhatian, arahan, dan bimbingannya dalam menyelesaikan skripsi ini;
4. Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P., selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, ilmu, perhatian, arahan, materi dan bimbingannya dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Prof. Dr. Joko Waluyo, M.Si, selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini;
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, serta membimbing selama perkuliahan;
7. Keluarga besarku yang telah memberikan semangat dan motivasi selama ini;
8. Teknisi Lab. Mikrobiologi MIPA dan Teknisi Lab. FKIP Universitas Jember yang telah membantu selama penelitian.

9. Sahabat grup Penelitian : Oke Lolita Pratiwi, Zahroh Istantini, Lulut Tri Rizki, Yanuar Saputra dan Dian Ineke Damayanti yang telah membantu dari awal hingga akhir penelitian serta memberikan semangat antar satu sama lain;
10. Keluarga kosan kecil tercinta: Apriliana Tezha E.F, Zulfa Nailul I, Nafida Nur H, Isma Alfia N, Aliana Desbi, Anita Nur R, Irma Amelinda, Intan Nurjannah terima kasih atas kekompakan, doa, kebersamaan, semangat, serta persahabatan selama ini;
11. Teman kosan : Linda P, Vanadia A, Erlyana Kusuma W, Novia, dan Anissa Firmandia yang memberikan cerita, cinta dan doa;
12. Kakak angkatan dalam PPBI (Paguyuban Penelitian Bu Iis) khususnya kepada Mbak Gepsi, Mbak Ellena, Mbak Danti, Mbak Yeni, dan Mbak Rotul yang telah membantu dan mengingatkan dalam setiap penelitian;
13. Teman-teman kelas A, Sheila N, dan Dini Aisyafahmi yang telah menjadi keluarga selama menyelesaikan perkuliahan di Universitas Jember;
14. Naufan Arviansyah, S.T. yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
15. Teman-teman angkatan 2013 Pendidikan Biologi Universitas Jember;
16. Teman dari TK ABA Fak-fak, SD Yapis Fak-fak, SMPN 1 Kaimana, SMAN 1 Kaimana yang memberikan motivasi dan candaan selama ini;
17. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna pada diri pribadi penulis dan semua pihak lain juga dapat menambah wawasan dan pengetahuan bagi kita semua.

Jember, Oktober 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1.PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB 2.TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Nematoda	8
2.1.1 Klasifikasi Nematoda <i>P.coffeae</i>	8
2.1.2 Deskripsi Nematoda <i>P.coffeae</i>	9
2.1.3 Siklus Hidup Nematoda <i>P.coffeae</i>	11
2.1.4 Serangan dan Gejala kerusakan yang diakibatkan oleh <i>P.coffeae</i>	12
2.2 Tanaman Kopi Arabika(<i>Coffea arabica</i>)	13
2.2.1 Klasifikasi Kopi Arabica(<i>C. arabica</i>)	14

2.2.2 Morfologi Kopi Arabica(<i>C. arabica</i>)	14
2.2.3 Syarat Tumbuh Kopi Arabica(<i>C. arabica</i>)	16
2.2.4 Penyakit Pada Tanaman Kopi Arabica (<i>C. arabica</i>)	17
2.3 Agen Hayati Pegendali Biologis Nematoda	
<i>P. coffeae</i>	19
2.4 <i>Glomus</i> spp.	20
2.5 Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB)	21
2.5.1 <i>Pseudomonas diminuta</i>	22
2.5.2 <i>Bacillus subtilis</i>	23
2.6 Bakteri Pelarut Fosfat	26
2.7 Buku Nonteks	27
2.8 Kerangka Berpikir	28
2.9 Hipotesis	29
BAB 3. METODE PENELITIAN	30
3.1 Jenis Penelitian	30
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.2.1 Tempat Penelitian	30
3.2.2 Waktu Penelitian	30
3.3 Variabel Penelitian	30
3.3.1 Variabel Bebas	30
3.3.2 Variabel Terikat	30
3.3.3 Variabel Kontrol	31
3.4 Definisi Operasional	31
3.5 Desain Penelitian	32
3.6 Alat dan Bahan	33
3.6.1 Alat	33
3.6.2 Bahan	33
3.7 Prosedur Penelitian	33

3.7.1 Tahap Persiapan	33
3.7.2 Tahap Ekstraksi Nematoda <i>P.coffeae</i>	34
3.7.3 Tahap Perhitungan Populasi Nematoda	35
3.7.4 Tahap Persiapan Mikoriza	35
3.7.5 Tahap Pembuatan Reformulasi	36
3.7.6 Inokulasi <i>P.coffeae</i> , hasil reformulasi bakteri dan Mikoriza	37
3.7.7 Pemeliharaan Kopi	37
3.8 Parameter yang Diamati	38
3.8.1 Tinggi Bibit	38
3.8.2 Berat Basah Tajuk	38
3.8.3 Berat Kering Tajuk	38
3.8.4 Jumlah Nematoda <i>P. coffeae</i>	38
3.8.5 Skor Kerusakan Akar	39
3.8.6 Derajat Infeksi Mikoriza	39
3.9 Penyusunan Buku Nonteks	41
3.9.1 Penyusunan Buku Nonteks	41
3.9.2 Uji Validasi Buku Nonteks	41
3.10 Analisis Data	41
3.10.1 Analisis Data Penelitian	41
3.10.2 Analisis Validasi Buku Nonteks	42
3.11 Alur Penelitian	44
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil penelitian	45
4.1.1 Hasil analisis media tanam, ekstraksi dan identifikasi <i>P. coffeae</i> , analisis media molase yang digunakan reformulasi MHB	45
4.1.2 Pengaruh formula MHB dan Mikoriza terhadap Pertumbuhan bibit kopi arabika	47

4.1.3 Pengaruh formula MHB dan Mikoriza terhadap Akar kopi arabika	52
4.1.4 Pengaruh formula MHB dan Mikoriza terhadap Populasi Nematoda <i>P.coffeae</i>	54
4.1.5 Hasil Penilaian Buku Nonteks	58
4.2 Pembahasan	58
4.2.1 Hasil analisis media tanam, ekstraksi dan identifikasi <i>P. coffeae</i> , analisis media molase yang digunakan reformulasi MHB	58
4.2.2 Pengaruh MHB cair dan mikoriza <i>Glomus</i> spp. Terhadap Pertumbuhan bibit tanaman kopi	60
4.2.3 Pengaruh MHB cair dan mikoriza <i>Glomus</i> spp. Terhadap Populasi Nematoda <i>P.coffeae</i>	65
4.2.4 Penilaian Validasi Buku Nonteks	67
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	74

DAFTAR TABEL

2.1 Persyaratan kondisi iklim dan tanah yang optimum untuk kopi arabika..	17
3.1 Deskripsi skor penilaian produk buku nonteks	42
3.2 Kualifikasi kelayakan buku nonteks	43
4.1 Analisis tanah	45
4.2 Analisis molase	47
4.3 Pengaruh hasil reformulasi MHB cair dan mikoriza <i>Glomus</i> spp. terhadap rerata tinggi bibit kopi Arabika selama 4 kali pengamatan dalam 16 minggu	48
4.4 Pengaruh hasil reformulasi MHB cair dan mikoriza <i>Glomus</i> spp. terhadap rerata berat basah akar, berat basah tajuk, berat kering tajuk kopi arabika	51
4.5 Hasil rerata derajat infeksi	53
4.6 Pengaruh reformulasi MHB cair dan mikoriza <i>Glomus</i> spp. terhadap rerata kerusakan akar	54
4.7 Pengaruh reformulasi MHB cair dan mikoriza <i>Glomus</i> spp. terhadap rerata populasi nematoda	56
4.8 Penilaian dan saran produk buku nonteks oleh validator	57

DAFTAR GAMBAR

2.1 Morfologi nematoda <i>P. coffeae</i>	11
2.2 Representasi skematik siklus hidup <i>P. coffeae</i>	12
2.3 Tanaman kopi arabika	15
2.4 Tanaman kopi yang terserang nematoda <i>P. coffeae</i>	18
3.1 Skema penempatan inokulasi <i>P. coffea</i> , <i>Glomus</i> spp. dan hasil reformulasi MHB (<i>Mycorrhiza Helper Bacteria</i>)	37
3.2 Bagan alur penelitian	44
4.1 Gambar nematoda jantan	46
4.2 Gambar nematoda betina	46
4.3 Diagram batang rerata tinggi tanaman	49
4.4 Gambar performansi tiap perlakuan setelah 16 minggu	50
4.5 Gambar akar kopi terinfeksi mikoriza <i>Glomus</i> spp.....	53
4.6 Gambar perbandingan masing-masing akar	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Desain tata letak unit percobaan	74
Lampiran B. Hasil analisis	75
Lampiran C. Surat Rekomendasi Validasi	77
C.1 Hasil validasi ahli materi	78
C.2 Hasil validasi ahli media	81
Lampiran D. Hasil Data Penelitian	84
Lampiran E. Hasil Uji analisis ANOVA dan Uji Duncan	88
E.1 Tinggi tanaman	88
E.2 Berat basah akar	92
E.3 Berat basah tajuk	93
E.4 Skor kerusakan akar	94
E.5 Berat kering tajuk	97
E.6 Nematoda akar	98
E.7 Nematoda tanah	99
E.8 Nematoda total	100
E.9 Derajat infeksi	101
Lampiran F. Surat Penelitian	103
Lampiran G. Dokumentasi penelitian	106
Lampiran H. Lembar Konsultasi	111

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nematoda merupakan salah satu organisme yang berbentuk silindris memanjang, bilateral simetris, tidak berwarna, dan tidak bersekat/bersegmen. Menurut Widjaja (1985), didunia diperkirakan terdapat 500000 jenis nematoda, namun demikian sekitar 15000 jenis nematoda yang baru dikenali, dari jumlah tersebut ada sekitar 150 jenis yang merupakan nematoda parasit tanaman yang dipelajari dan terbukti dapat menimbulkan kerusakan dan kerugian pada tanaman.

Nematoda parasit merupakan salah satu organisme pengganggu tanaman (OPT). Nematoda parasit tanaman dalam tanah memenuhi kebutuhan hidupnya dengan cara menghisap unsur hara pada sistem perakaran tanaman inangnya. *Pratylenchus coffeae* merupakan salah satu nematoda parasit yang menyerang tanaman kopi. Nematoda *P. coffeae* menyerang akar tanaman kopi, sehingga fungsi akar untuk menyerap unsur hara dalam tanah menjadi tidak berfungsi, akibatnya suplai nutrisi bagi tanaman kopi tersebut menjadi terganggu. Apabila kerusakan akar tersebut semakin parah maka akan menyebabkan tanaman kopi tersebut mati. Untuk jenis kopi Arabika umumnya lebih rentan, apabila ditanam pada areal serangan nematoda pada saat ditanam di lapangan biasanya mati pada umur 2-3 tahun (Wiryadiputra,2010:157).

Kopi merupakan salah satu andalan perkebunan di Indonesia yang dapat meningkatkan devisa negara, pendapatan petani, pengusaha kopi, dan pencipta lapangan kerja. Terdapat 2 jenis kopi yang diperdagangkan di Indonesia yaitu kopi arabika dan kopi robusta, namun kebutuhan kopi arabika tidak seimbang dengan produksi kopi arabika. Hal ini disebabkan oleh berbagai macam penyebab salah satunya adalah nematoda parasit khususnya adalah *Pratylenchus coffeae*.

Potensi kerusakan yang ditimbulkan oleh *P.coffeae*, banyak dilakukan pengendalian terhadap nematoda ini diantaranya dengan menggunakan nematisida, tetapi hal tersebut berpengaruh terhadap keberlangsungan fungsi lingkungan. Pengendalian *P. coffeae* harus sejalan dan mendukung prioritas penelitian pemerintah khususnya mengarahkan agribisnis kopi kedepan pada *green economy* nasional, guna memenuhi tuntutan pasar Internasional yang mensyaratkan adanya keamanan pangan, pelestarian lingkungan dan peningkatan kesejahteraan petani. Salah satu cara pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang sejalan dengan konsep *green economy* adalah pengendalian biologis dengan menggunakan agen hayati (Mahfud, 2012:46).

Penelitian Asyiah *et al* 2015, telah diketahui bahwa agen hayati yang dapat menghambat pertumbuhan dari nematoda parasit yaitu *Glomus* spp. Pemberian mikoriza *Glomus* spp. mampu meningkatkan pertumbuhan benih kopi arabika lebih baik. Pemberian *Glomus* spp. meningkatkan kandungan P tersedia tanah sampai 36% dan menurunkan populasi *P. coffeae* total sampai 82%. Kemudian dalam mengoptimalkan kerja dari mikoriza telah diketahui juga bahwa *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB) dapat menghambat *P. coffeae*. Penggunaan jenis MHB yang digunakan adalah genus *Pseudomonas* dan *Bacillus*. *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis* adalah 2 contoh dari bakteri MHB yang mampu mengendalikan populasi nematoda *P.coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika (Asyiah, 2014). MHB juga merupakan organisme yang membantu meningkatkan kinerja dari mikoriza (Garbaye,1994:197). Kemudian dilakukan inokulasi ganda mikoriza *Glomus* spp.dan MHB, baik *P. diminuta* maupun *B. subtilis* mampu menurunkan populasi nematoda sampai 90% dibanding control sedangkan jika dibanding dengan perlakuan tunggal, inokulasi ganda lebih baik 17% (Asyiah,2015).

Penelitian tersebut kemudian dilanjutkan dengan dilakukan formulasi pada agen hayati yaitu *Mikoriza Helper Bacteria*. Dalam pembuatan formulasi digunakan

2 jenis yaitu formula padat dan formula cair MHB, dari hasil uji *bioassay* terhadap populasi *P. coffeae* dan pertumbuhan bibit tanaman kopi, pada formula padat dengan dosis 20g hanya mampu menurunkan populasi *P. coffeae* sedangkan pada pertumbuhan bibit tanaman kopi hasilnya tidak terlalu berpengaruh (Asyiah, 2015). Hasil penelitian Aisyah *et al.*,(2016) menunjukkan bahwa Formula inokulan MHB cair yang memiliki viabilitas sel dan kandungan IAA tertinggi adalah konsorsium *P. diminuta* dan *B. subtilis* dengan perbandingan 2:3 dalam media pembiakkan massal molase 2%. Formula inokulan mikoriza *Glomus* spp. + MHB yang mempunyai jumlah spora *Glomus* spp. tertinggi dan viabilitas MHB tinggi adalah perlakuan *Glomus* spp. + formula cair MHB 10^8 , yaitu mampu meningkatkan jumlah spora sebanyak 4x kontrol (160 spora/gmedia).

Pemberian *Glomus* spp. + Formula cair MHB 10^8 mampu meningkatkan pertumbuhan benih kopi arabika dan menurunkan populasi *P. coffeae* sebesar 65%. Pemberian *Glomus* spp. + Formula MHB cair 10^8 juga mampu meningkatkan kandungan P tersedia pada tanah sampai 29% dan P total tanah sebesar 19%. Inokulan pada Formula cair masih memiliki kerapatan sel 10^8 setelah 4 bulan penyimpanan. Namun pada penelitian tersebut terdapat penurunan efektivitas agen hayati hasil formulasi dalam menekan populasi *P. coffeae* yaitu dari 90% menjadi 65%,kemungkinan terkait dengan permasalahan pada inokulan cair MHB, sehingga diperlukan adanya perbaikan pada inokulan cair MHB.

Bakteri *P. diminuta* dan *B. subtilis* merupakan mikroorganisme yang termasuk dalam kelompok BPF (Gunarto dan Nurhayati,1994). Bakteri pelarut fosfat (BPF) berperan penting dalam penyerapan unsur hara dalam tanah sehingga mampu meningkatkan produksi tanaman. Menurut penelitian Subagiyo *et al.*, (2015) fosfat anorganik secara umum digunakan sebagai buffer demikian juga di dalam medium MRS (*Man Rogosa Sharpe*) yang mengandung K_2PO_4 berperan sebagai buffer. Pada penelitian ini dilakukan penambahan sumber P dalam bentuk KH_2PO_4 dan K_2HPO_4 , sehingga unsur P yang terkandung dalam larutan KH_2PO_4 dapat digunakan sebagai penyedia fosfat bagi BPF dan juga dapat menstabilkan pH tanah. Sumber karbon

dan nitrogen merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan produk mikroorganisme (Sumantha *et al.*, 2006). Salah satu sumber nitrogen dapat didapatkan pada larutan NH_4Cl . Nitrogen sangat diperlukan untuk pertumbuhan sel, sedangkan unsur karbon digunakan untuk meningkatkan energi biosintesis (Aunstrup, 1979 dalam Naiola dan Widhyastuti, 2002), sehingga dari unsur fosfat dan nitrogen yang digunakan sebagai sumber kecukupan nutrisi bagi MHB, sehingga bakteri tersebut kerjanya efektif maka perlu dilakukan dengan menambahkan larutan buffer yaitu KH_2PO_4 dan NH_4Cl diharapkan bisa meningkatkan efektivitas agen hayati dalam mengendalikan *P. coffeae* dan juga meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika.

Pengetahuan masyarakat atau petani kopi tentang pemanfaatan *Glomus* spp. dan MHB cair untuk pengendalian *P. coffeae* pada tanaman kopi khususnya kopi arabika masih sangat sedikit, sehingga masyarakat umumnya lebih banyak menggunakan obat kimia yang dapat menimbulkan efek negatif pada lahan pertanian. Pengetahuan ini masih pada ruang lingkup peneliti dan belum dimanfaatkan oleh masyarakat luas. Masyarakat perlu mengetahui pemanfaatan agen hayati yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan suatu produk bahan bacaan yang menarik dan mudah dipahami yaitu buku nonteks, yang memberikan informasi kepada masyarakat khususnya petani kopi tentang manfaat tentang *Glomus* spp. dan hasil reformulasi MHB terhadap *P. coffeae* dan pertumbuhan kopi arabika.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh hasil reformulasi dengan penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. terhadap populasi *Pratylenchus coffeae* dan pertumbuhan bibit kopi serta pemanfaatannya sebagai buku nonteks”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

- a. Adakah pengaruh hasil reformulasi dengan penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB dan *Glomus* spp. terhadap kemampuan menurunkan populasi *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi arabika ?
- b. Manakah kerapatan yang paling optimal dari hasil reformulasi dengan penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB tunggal atau konsorsium dan *Glomus* spp. yang mampu menurunkan populasi *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi arabika?
- c. Apakah buku nonteks layak sebagai buku bacaan tentang pengaruh hasil reformulasi dengan penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. terhadap populasi *Pratylenchus coffeae* dan pertumbuhan bibit kopi?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah pembahasan dan mengurangi kerancuan dalam menafsirkan masalah yang terkandung didalam penelitian ini, maka diberi batasan masalah sebagai berikut.

- a. Tanaman kopi yang digunakan adalah bibit kopi arabika dari perkebunan kopi banyuwangi berumur 3 bulan.
- b. Mikoriza yang digunakan ialah *Glomus* spp. yang diperoleh dari Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- c. Nematoda *P. coffeae* yang digunakan setiap perlakuan diberikan sebanyak 50 ekor/pot, mulai dari juvenile hingga dewasa. Nematoda didapatkan dari hasil ekstraksi akar yang terserang *P. coffeae* menggunakan metode Baermann dimodifikasi. Akar tanaman kopi yang terserang *P. coffeae* tersebut diambil dari hasil rearing.
- d. Formula yang digunakan yaitu formula berbentuk cair dengan bahan pembawa

- berupa molase 1% untuk bakteri *Pseudomonas diminuta* dan molase 2% untuk bakteri *Bacillus subtilis* dan menggunakan aquadest sebagai media pelarutnya.
- e. Formula MHB yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 bentuk yaitu tunggal dan konsorsium, dengan kerapatan bakteri 10^9 . Pada MHB1 merupakan bakteri *P. diminuta*, MHB2 merupakan *B. subtilis* sedangkan pada MHB konsorsium merupakan campuran MHB1 dan MHB2 dengan perbandingan 2:3.
 - f. Larutan buffer hasil reformulasi untuk bakteri *P. diminuta* yaitu KH_2PO_4 0,1% dan NH_4Cl 0,05% sedangkan untuk bakteri *B. subtilis* KH_2PO_4 0,1% dan NH_4Cl 0,1%
 - g. Pengamatan pertumbuhan yang terdiri dari tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan setiap 4 minggu sekali selama 4 bulan sedangkan pengamatan pada berat basah tajuk, berat basah akar, skor kerusakan akar dan berat kering tajuk dilakukan setelah akhir penelitian yaitu pada bulan keempat setelah aplikasi.
 - h. Tingkat penekanan terhadap nematoda *P. coffeae* diamati di akhir penelitian atau setelah 16 minggu masa perlakuan dengan menghitung populasi total nematoda *P. coffeae* di dalam tanah dan akar tanaman, serta dibandingkan dengan kontrol. Perhitungan populasi nematoda *P. coffeae* di akar maupun tanah dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan metode *sentrifuge*.
 - i. Media tanam yang digunakan adalah tanah, pupuk dan pasir steril dengan perbandingan 1:1:1. Setiap pot diisi sebanyak 1 kg media tanam

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang akan diteliti, tujuan yang ingin dicapai, yaitu :

- a. Menguji kemampuan hasil reformulasi dengan penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. terhadap populasi *Pratylenchus coffeae* dan pertumbuhan bibit kopi
- b. Menguji kerapatan bakteri pada hasil reformulasi dengan penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. terhadap

populasi *Pratylenchus coffeae* dan pertumbuhan bibit kopi

- c. Menghasilkan buku nonteks mengenai hasil reformulasi MHB cair dan *Glomus* spp. yang mampu menurunkan *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi arabika.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Bagi masyarakat, dapat menambah wawasan tentang *Mycorrhiza Helper Bacteria* dan mikoriza yang efektif dalam menghambat pertumbuhan populasi *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi arabika.
- b. Bagi peneliti, dapat menambah pengalaman dan pengetahuan tentang agen hayati yang dapat menghambat populasi nematoda parasit tanaman.
- c. Bagi lembaga, dapat menambah pengetahuan baru dalam mengendalikan populasi *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kopi arabika dengan menggunakan agen hayati yang berupa hasil reformulasi cair MHB dan mikoriza.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nematoda

Nematoda merupakan mikroorganisme yang digolongkan ke dalam filum dunia hewan. Nematoda ketika dilihat dibawah mikroskop terlihat berupa cacing-cacing mikroskopis dengan ukuran tubuh yang sangat kecil dan berwarna bening. Secara umum karena ukuran tubuh nematoda sangat kecil, para petani sangat sulit membedakan dengan penyakit yang disebabkan oleh virus dan bakteri. Nematoda bisa hidup didalam maupun diatas tanah, apabila nematoda hidup didalam tanaman disebut endoparasit sedangkan apabila diluar tanah disebut ektoparasit. Jenis nematoda ada 2 yaitu nematoda saprofit dan nematoda parasit. Pada nematoda saprofit lebih menguntungkan tanaman karena memakan tanaman yang sudah mati dan memiliki ciri yaitu tidak memiliki *stylet* (alat runcing seperti tombak) sedangkan nematoda jenis parasit sangat merugikan tanaman karena dapat merugikan tanaman dan memiliki *stylet* (Pracaya, 2007).

Nematoda merupakan salah satu mikroorganisme yang berbentuk silindris memanjang, bilateral simetris, tidak berwarna, dan tidak bersekat/bersegmen. Menurut Widjaja (1985), didunia diperkirakan terdapat 500000 jenis nematoda, namun demikian sekitar 15000 jenis nematoda yang baru dikenali, dari jumlah tersebut ada sekitar 150 jenis yang merupakan nematoda parasit tanaman yang dipelajari dan terbukti dapat menimbulkan kerusakan dan kerugian pada tanaman. Nematoda parasit merupakan salah satu Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), nematoda parasit tanaman dalam tanah memenuhi kebutuhan hidupnya dengan cara menghisap unsur hara pada sistem perakaran tanaman inangnya. *Pratylenchus coffeae* merupakan salah satu nematoda parasit yang menyerang tanaman kopi.

2.1.1 Klasifikasi Nematoda *Pratylenchus coffeae* (Nematoda PelukaAkar)

Menurut Nickle (1991) Kedudukan nematoda parasit *Pratylenchus coffeae* dalam sistematika (taksonomi) hewan diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Nematoda
Class	: Chromadorea
Order	: Rhabditida
Family	: Pratylenchidae
Genus	: <i>Pratylenchus</i>
Species	: <i>Pratylenchus coffeae</i> .

2.1.2 Deskripsi Nematoda *Pratylenchus coffeae*.

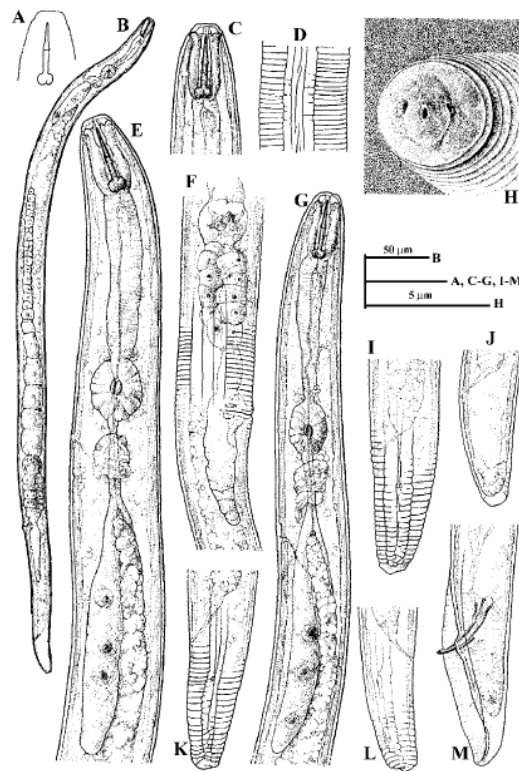
Pratylenchus coffeae adalah nematoda parasit yang menyerang akar pada beberapa tumbuhan diantaranya kopi. Nematoda ini memiliki beberapa karakteristik khusus, yaitu mempunyai ukuran yang kecil dengan panjang tubuh antara 0,4-0,7 mm, sedangkan diameter tubuh 20-25 μm . *Pratylenchus* sp. Jantan memiliki ukuran sekitar 0,42 mm sampai 0,61 mm sedangkan yang betina 0,46mm sampai 0,65mm. Panjang tubuh dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Bentuk nematoda ini pada umumnya memanjang, bagian ujung anterior kepala mendatar dengan kerangka kepala yang kuat memiliki *stylet* pendek dan kuat, panjangnya 14-20 μm dengan basal knop yang jelas. Faktor biotik dapat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi yang ada di akar atau dapat juga dipengaruhi oleh tingkat *nutrient* yang ada di dalam tanah. Area labial pada genus ini menjadi ciri untuk beberapa spesies. Area labial paling bagus diamati dibawah mikroskop elektron, area labial memiliki 3 pola tetapi untuk *P. coffeae* masuk dalam golongan pola pertama yang dibedakan dengan adanya wajah yang datar dan penuh tanpa adanya pembagian pada segmen submedian dan lateral, kemungkinan karena adanya penggabungan antara bibir annulus pertama oral disk (Dropkin,1992).

Tubuh *P. coffeae* umumnya tersusun oleh kutikula, epidermis, dan otot-otot somatik. Kutikula dibentuk oleh ornamen dangkal yang terdiri dari cincin-cincin melintang. Kutikula ini terdapat 3 zona yaitu kortikal, matriks dan lapisan dasar. Fungsi dari kutikula ini untuk perlindungan dan sarana interaksi dari lingkungan

luar, pergerakan, dan juga untuk mencegah agar tidak terjadi distorsi tubuh selama kontraksi otot (Castilo dan Volvas, 2007). Nematoda ini mempunyai lebar tubuh antara 40 μm hingga 160 μm , dengan panjang tubuh antara 0,4-0,7 mm, sedangkan diameter tubuh 20 -25 μm (Agrios, 1997). Bentuk nematoda ini pada umumnya memanjang, bagian ujung anterior kepala mendatar, dengan kerangka kepala yang kuat, mempunyai *stylet* pendek dan kuat, panjangnya 14-20 μm dengan basal knob yang jelas (Dropkin, 1992).

Ciri khusus dari nematoda parasit tanaman adalah adanya *stylet* pada bagian kepalanya yang berfungsi sebagai alat untuk masuk ke dalam jaringan tanaman dan makan cairan sel. Ciri khusus ini merupakan perbedaan morfologi utama antara nematoda parasit tanaman (fitoparasit) dengan kelompok nematoda lainnya yang tidak parasit pada tanaman (Nugrohorini, 2012). Ukuran *Stylet* dari *Pratylenchus* pendek dan gemuk, dengan basal knob yang berkembang dengan baik dalam mendukung *stylet*. Pada Bagian kerucut (konus atau metenchium) sangat kuat dan keras untuk menghancurkan dinding sel akar. Rata-rata ukuran dari *stylet* pada genus *Pratylenchus* adalah 16 μm , tetapi tergantung dari masing-masing spesiesnya, ukuran *stylet* dapat pendek sekali dengan ukuran 11,5 μm atau sepanjang 23 μm . *P. coffeae* memiliki ukuran panjang *stylet* rata-rata 15 μm dengan bentuk *stylet* knob yang membulat hingga bentuk yang lebih menyempit (dapat dilihat pada Gambar 2.1) (Castilo, 2007).

Kutikula dibentuk oleh ornamen dangkal yang terdiri dari cincin-cincin melintang. Kutikula ini terdiri dari 3 zona yaitu kortikal, matrix dan lapisan dasar. Fungsi dari kutikula ini untuk perlindungan dan sarana interaksi dari lingkungan luar, pergerakan, dan juga untuk mencegah agar tidak terjadi distorsi tubuh selama kontraksi otot (Castilo dan vovlas, 2007: 9).

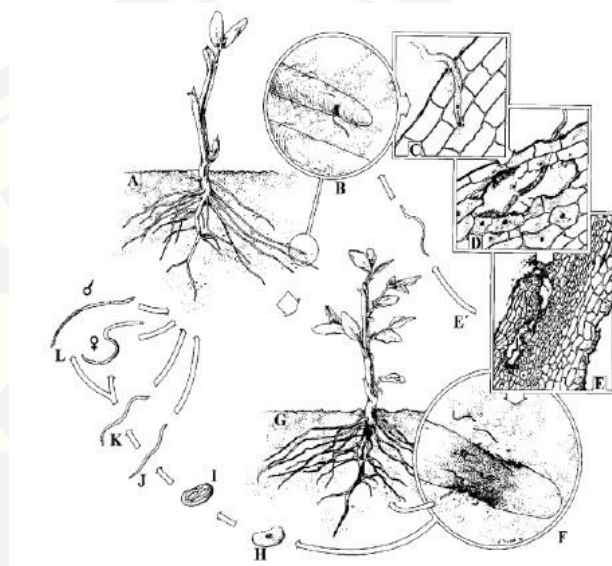


Gambar 2.1 Morfologi A: *Stylet* betina; B: Tubuh betina Keseluruhan; C: Bagian depan tubuh betina; D: Daerah lateral betina; E: Daerah paringéal betina; F: Daerah vulva; G: Daerah paringéal jantan; H: Bentuk kepala betina; I-L: Variasi ekor betina; M: Ekor jantan (Sumber : Castilo dan Volvas, 2007).

2.1.3 Siklus Hidup Nematoda *Pratylenchus coffeae*

Umumnya, siklus hidup nematoda parasit berlangsung selama 25-35 hari, kisaran hidup dari *P. coffeae* antara 45-48 hari dengan rincian sebagai berikut: inkubasi telur selama 15-17 hari, perkembangan larva hingga menjadi dewasa sekitar 15-16 hari dan perkembangan nematoda dewasa hingga meletakkan telur sekitar 15 hari, bergantung pada jenis nematoda, tanaman inang, dan keadaan lingkungan tanah (suhu, kelembaban, tekstur) (Mustika, 2003). Nematoda *Pratylenchus coffeae* memiliki empat stadium yaitu juvenil dan dewasa. Suhu yang baik untuk melakukan reproduksi pada nematoda *P. coffeae* sekitar 27-30°C, biasanya akan meningkat saat musim penghujan dan puncaknya ketika 7-8 bulan setelah terjadi serangan (Ploetz, 2003). Nematoda parasit didalam tanah ini dapat bertahan dalam stadium larva

tingkatan kedua (juvenil), tetapi pada keadaan tertentu nematoda ini juga dapat bertahan dalam stadium telur misalnya pada saat kering. Nematoda tertentu dapat bertahan hidup dalam membentuk siste (bila kering). Siklus hidup nematoda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Representasi skematik siklus hidup *Pratylenchus* spp. A: Sistem akar tanaman sehat; B-D: Penetrasi nematoda ke dalam akar; E-F: kerusakan kortikal; G: Sistem perakaran yang terinfeksi, terjadi nekrotik; H-I: telur; J-K: Spesimen juvenil; L: Spesimen dewasa (Sumber: Castilo dan vovlas, 2007:309)

2.1.4 Serangan dan Gejala kerusakan yang diakibatkan oleh *P. coffeae*

Sejauh ini, *P. coffeae* adalah nematoda yang paling umum dan membahayakan tanaman kopi di Indonesia. Hampir semua sentra produksi kopi di Indonesia terserang nematoda *P. coffeae*. Hal ini yang menjadi salah satu kendala mengapa produksi kopi di Indonesia menjadi menurun. Menurut Harni(2013) penurunan tanaman kopi mencapai 57% serangan, siklus hidup dari *P. coffeae* yaitu bertelur di dalam jaringan akar. Daur hidupnya berkisar antara 45-48 hari dengan rincian sebagai berikut: inkubasi telur selama 15-17 hari, perkembangan larva hingga menjadi dewasa sekitar 15-16 hari dan perkembangan nematoda dewasa hingga meletakkan telur sekitar 15 hari. *P. coffeae* menyerang jaringan korteks akar serabut

terutama akar serabut yang aktif menyerap unsur hara dan air. Akibatnya akar serabut menjadi rusak, berwarna coklat dan terdapat luka nekrotik.

Luka-luka tersebut secara bertahap meluas, sehingga seluruh akar serabut menjadi busuk dan tidak berfungsi. Gejala yang ditimbulkan oleh nematoda pada bagian tanaman di atas permukaan tanah umumnya tidak spesifik. Tanaman tampak kerdil, pertumbuhan terhambat, ukuran daun dan cabang primer mengecil, daun tua berwarna kuning yang secara perlahan-lahan akhirnya rontok dan tanaman mati. Akar tanaman kopi yang terserang oleh *P. coffeae* warnanya berubah menjadi kuning, selanjutnya berwarna coklat dan kebanyakan akar lateralnya busuk. Luka yang terjadi pada akar berakibat merusak seluruh sistem perakaran tanaman kopi. Tanaman yang terserang berat akan mati sebelum dewasa, akibat serangan nematoda *P. coffeae* dapat menghambat pertumbuhan tanaman, mengurangi produktivitas dan kualitas produksi dari tumbuhan kopi itu sendiri (Mustika, 2003).

2.2 Tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

Kopi arabika (*Coffea arabica*) berasal dari hutan pegunungan di Etiopia, Afrika. Di habitat asalnya, tanaman ini tumbuh di bawah kanopi hutan tropis yang rimbun. Kopi arabika banyak tumbuh di dataran dengan ketinggian di atas 500 meter dpl. Kopi arabika akan tumbuh maksimal bila ditanam di ketinggian 1000-2000 meter dpl dengan curah hujan berkisar 1200-2000 mm per tahun. Suhu lingkungan paling cocok untuk tanaman ini berkisar 15-24°C. Tanaman ini tidak tahan pada temperatur yang mendekati beku dibawah 4°C (Prastowo *et al.*, 2010).

Berbunga dan menghasilkan buah, tanaman kopi arabika membutuhkan periode kering selama 4-5 bulan dalam setahun. Biasanya pohon arabika akan berbunga diakhir musim hujan. Bila bunga yang baru mekar tertimpa hujan yang deras akan menyebabkan kegagalan berbuah. Kopi arabika menyukai tanah yang kaya dengan kandungan bahan organik. Material organik tersebut digunakan tanaman untuk sumber nutrisi dan menjaga kelembapan. Tingkat keasaman atau pH tanah yang diinginkan kopi arabika berkisar 5,5-6 (Prastowo *et al.*, 2010).

2.2.1 Klasifikasi Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

Kedudukan tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*) dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Viridaeplantae
Division	: Tracheophyta
Subdivision	: Spermatophytina
Class	: Magnoliopsida
Superorder	: Asteranae
Order	: Gentianales
Family	: Rubiaceae
Genus	: Coffea L.
Spesies	: <i>Coffea arabica</i> L. (Sumber : ITIS.gov)

2.2.2 Morfologi Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

Tanaman kopi memiliki akar tunggang sehingga tidak mudah rebah. Namun, akar tunggang tersebut hanya dimiliki oleh tanaman kopi yang berasal dari bibit semai atau bibit sambung (okulasi) yang batang bawahnya berasal dari bibit semai. Sementara tanaman kopi yang berasal dari 1 bibit stek, cangkok, atau okulasi yang batang bawahnya berasal dari bibit stek tidak memiliki akar tunggang sehingga relatif mudah rebah (AAK, 1988).

Bentuk dari daun kopi yaitu bulat, ujungnya agak meruncing sampai bulat dengan bagian pinggir yang bergelombang. Daun tumbuh pada batang, cabang, dan ranting. Pada cabang Orthotrop letak daun berselang seling, sedangkan pada cabang Plagiotrop terletak pada satu bidang, sedangkan untuk daun kopi robusta ukurannya lebih besar dari arabika (dapat dilihat pada Gambar 2.3) (Wachjar, 1984).



Gambar 2.3 Tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.). A: Daun Kopi Arabika; B: Buah Kopi Arabika; C: Bunga Kopi Arabika(Sumber : Jamaludin, 2012).

Bunga tanaman *C. arabica* L. merupakan bunga majemuk (muncul secara berkelompok). Bunga ini tumbuh di ketiak daun dengan bentuk menyerupai payung. Mahkota bunga bentuknya yaitu bintang dan warnanya putih. Masing-masing bunga mempunyai diameter sekitar 1-1,5 cm. Tanaman kopi umumnya akan mulai berbunga setelah berumur ± 2 tahun. Awalnya bunga tanaman kopi ini keluar dari ketiak daun yang terletak pada batang utama atau cabang reproduksinya, tetapi bunga yang keluar dari kedua tempat tersebut biasanya tidak berkembang menjadi buah, jumlahnya terbatas, dan hanya dihasilkan oleh tanaman-tanaman yang masih muda. Bunga yang jumlahnya banyak akan keluar dari ketiak daun yang terletak pada cabang primer. Bunga ini berasal dari kuncup-kuncup sekunder dan reproduktif yang berubah fungsinya menjadi kuncup bunga. Kuncup bunga kemudian berkembang menjadi bunga secara serempak dan bergerombol, ditunjukkan pada Gambar 2.3 (Soedibyo, 1998).

Buah dari tanaman kopi tidak berbeda jauh dengan bunganya. Hal ini dikarenakan bunga dari tanaman kopi ini juga tumbuh berkelompok atau bergerombol

(dapat dilihat pada Gambar 2.3). Buahnya memiliki ukuran yang cukup besar dan dompolan buahnya kurang rapat. Buah yang masih muda berwarna hijau bersih, sedangkan buah yang sudah masak berwarna merah cerah. Bentuk buahnya bulat telur dengan diameter kurang lebih 10-15 mm dan di dalamnya terdapat biji yang berjumlah dua atau berkeping dua yang memiliki bentuk bulat panjang. Berat 100 buah masak merah rata-rata 196 gram (Soedibyo, 1998).

2.2.3 Syarat Tumbuh Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

Kondisi lingkungan tumbuh tanaman kopi yang paling berpengaruh terhadap produktivitas tanaman kopi adalah tinggi tempat dan tipe curah hujan. Oleh sebab itu, jenis tanaman kopi yang ditanam harus disesuaikan dengan kondisi tinggi tempat dan curah hujan di daerah setempat (Ernawati, 2008). Faktor-faktor iklim yang mempengaruhi pertumbuhan kopi yang terpenting adalah distribusi curah hujan. Kopi memerlukan tiga bulan kering berturut-turut yang kemudian diikuti curah hujan yang cukup. Jumlah curah hujan yang optimal bagi pertumbuhan kopi adalah 2000-3000 mm per tahun. Kopi arabika walaupun tidak memerlukan bulan kering seperti robusta, tetapi dapat tahan terhadap masa kering yang berat. Hal ini disebabkan karena kopi arabika ditanam pada elevasi tinggi yang dingin dan relatif lebih lembab serta akarnya yang lebih dalam dari pada robusta (Wachjar, 1984).

Curah hujan yang dibutuhkan tanaman kopi bergantung pada sifat retensi tanah, kelembapan udara dan tingkat penutupan awan, serta praktek budidaya. Curah hujan tahunan yang optimal untuk kopi arabika melebihi 2.000 mm/tahun. Bulan kering (curah hujan <60 mm/bulan) yang berlangsung 2-4 bulan/tahun, penting untuk merangsang pembungaan. Curah hujan yang terlalu tinggi sepanjang tahun, mengakibatkan panen tidak merata dan hasilnya rendah. Kurangnya periode kering juga dapat membatasi budidaya kopi di daerah tropis dataran rendah (dapat dilihat pada Tabel 2.1) (Supriadi, 2013). Kopi arabika menghendaki ketinggian tempat antara 500-1700 m dpl dengan temperatur rata-rata tahunan 17°-21°C. Bila kopi arabika ditanam di dataran rendah (kurang dari 500 m dpl), biasanya produksi dan mutunya rendah serta mudah terserang penyakit karat daun yang disebabkan oleh

cendawan *Hemmileia vastatrix* (HV)(AAK, 1988).

Tabel 2.1 Persyaratan kondisi iklim dan tanah yang optimum untuk kopi arabika.

Syarat Tumbuh	Nilai
Iklim	
Tinggi tempat	700-14000 mdpl
Suhu udara harian	15-24°C
Curah Hujan Rata-rata	2000-4000 mm/tahun
Jumlah bulan kering	1-3 bulan/tahun
Tanah	
pH tanah	5.3-6.0
Kandungan bahan organik	Minimal 2%
Kedalaman tanah efektif	>100 cm
Kemiringan tanah maksimum	40%

Sumber : Teknologi Budidaya Kopi Poliklonal, 2008

Tanaman kopi menghendaki penyinaran matahari yang cukup panjang, akan tetapi cahaya matahari yang terlalu tinggi kurang baik. Oleh karena itu, dalam praktek kebun kopi diberi naungan dengan tujuan agar intensitas cahaya matahari tidak terlalu kuat. Sebaliknya naungan yang terlalu berat (lebat) akan mengurangi pembuahan pada kopi. Produksi kopi dengan naungan sedang, akan lebih tinggi dari pada kopi tanpa naungan. Kopi termasuk tanaman hari pendek (*short day plant*), yaitu pembungaan terjadi bila siang hari kurang dari 12 jam (Wachjar, 1984).

2.2.4 Penyakit pada Tanaman Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

Sejak tahun 1998, posisi Indonesia sebagai produsen kopi terbesar ketiga dunia setelah Brasil dan Kolumbia tergeser oleh Vietnam yang mampu memproduksi kopi 750.000 ton dengan kontribusi 10,7% terhadap total produksi dunia (Mahfud, 2012: 45). Pergeseran ini disebabkan kopi Indonesia kurang memiliki daya saing akibat rendahnya produktivitas, yaitu hanya 539 kg biji kering/ha/tahun, lebih rendah dibandingkan dengan negara produsen utama lainnya seperti Vietnam (1.540 kg/ha/tahun), Kolumbia (1.220 kg ha/tahun), dan Brasil (1.000 kg/ha/tahun) (Ditjenbun, 2006).

Hama dan penyakit menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan pada budidaya kopi di Indonesia. Karat daun yang disebabkan *Hemileia vastatrix* Berk and Br dan nematoda *Radopholus similis* (Cobb) Thorne menjadi perhatian utama pada

kopi arabika, sedangkan penggerek biji (*Hypothenemus hampei Ferrari*) dan *Pratylenchus coffeae* merupakan penyakit utama pada kopi arabika. Secara keseluruhan, sebagian besar perkebunan Indonesia dipengaruhi oleh salah satu atau kedua spesies nematoda tersebut (Wiryadiputra dan Tran, 2008). Sejauh ini, *P. coffeae* adalah nematoda yang paling umum dan membahayakan tanaman kopi di Indonesia. Hal ini disebabkan nematoda tersebut ditemukan hampir di semua propinsi penghasil kopi, pada ketinggian antara nol sampai lebih dari 1000 m dpl. Menurut Wiryadiputra (1995), di perkebunan kopi robusta kerugian hasil yang disebabkan oleh *P. coffeae* dapat mencapai 78%, dengan rata-rata sekitar 57%.



Gambar 2.4 (a) Tanaman tidak terinfeksi nematoda *P. coffeae*; (b) tanaman terinfeksi Nematoda *P. coffeae*, terlihat daun mulai menguning; (c) Tanaman mulai mati terlihat daun rontok akibat terinfeksi nematoda *P. coffeae* (Sumber : Lintas, 2014).

Diperkebunan kopi arabika, *P. coffeae* menyebabkan kerugian total karena tanaman kopi dapat mati pada usia dua tahun. *P. coffeae* mampu menginfeksi akar tanaman inang pada fase juvenil hingga dewasa. Kumar (1982) melaporkan bahwa akar kopi arabika lebih mudah ditembus oleh *P. coffeae* dibandingkan dengan kopi robusta. Sekitar 10% dari nematoda efektif menembus akar dalam waktu empat sampai lima hari inokulasi, sementara hanya 3% dari nematoda menembus akar robusta dalam waktu enam sampai delapan hari inokulasi. *P. coffeae* menyerang

jaringan korteks akar serabut terutama akar-akar serabut yang aktif menyerap unsur hara dan air. Akibatnya akar serabut menjadi rusak, berwarna coklat dan terdapat luka-luka nekrotik. Luka-luka tersebut secara bertahap meluas, sehingga akhirnya seluruh akar serabut membusuk daun kopi yang terkena *P. coffeae* akan timbul bercak nekrosis berwarna coklat tua seperti terbakar yang ditunjukkan pada gambar 2.4. Tanaman kopi yang terserang *P. coffeae* akan mati sebelum dewasa atau paling lama setelah berbuah pertama (Halupi dan Mulyadi, 2007).

Dampak–dampak yang telah ditimbulkan oleh nematoda *P. coffeae* ini sangat meresahkan masyarakat sehingga untuk menanggulangnya para petani memanfaatkan bahan kimia atau nematisida yang dapat merusak lingkungan sekitar. Penggunaan bahan kimia tersebut sangat praktis dan mudah untuk diaplikasikan namun, sehingga para petani sebagian besar menggunakannya. Dampak penggunaan nematisida ini dapat mengganggu agensia hayati yang berperan sebagai musuh alami bagi nematoda tersebut. Agen hayati yang telah diketahui untuk mengendalikan nematoda *P. coffeae* adalah jamur dan bakteri (Asyiah *et al*, 2015).

2.3 Agen Hayati Pengendali Biologis Nematoda *P. coffeae*

Pengendalian nematoda yang selama ini banyak digunakan adalah melalui pemanfaatan bahan kimia dengan menggunakan pestisida atau nematisida. Namun seiring dengan perkembangan zaman, pengendalian pada nematoda kopi sudah diarahkan pada pengendalian secara terpadu dengan menggunakan jenis atau klon kopi yang tahan, pestisida nabati, bahan organik, sanitasi, pergiliran tanaman, dan agen hayati (Wiryadiputra, 1998).

Munif (2003) mengatakan bahwa pengendalian nematoda peluka akar kopi dapat dilakukan dengan upaya sebagai berikut: 1) penambahan bahan organik tanah yaitu pupuk kandang atau kompos yang dapat membantu perkembangan dari mikroorganisme tanah yang berperan sebagai musuh alami Nematoda Peluka Akar (NPA); 2) Pengendalian berbasis *green economy* atau pengendalian biologi dengan cara memanfaatkan bakteri parasit seperti *P. penetrans* maupun bakteri saprofit yang

berasal dari rhizosfer seperti *Bacillus subtilis*, *Pasteuria fluorescens*, *Agrobacterium radiobacter*, serta pada kelompok *Pseudomonas* sp. demikian juga agen pengendali dari kelompok cendawan seperti *Paecilomyces lilacinus*, *Arthrobotrys oligospora*, *Dactylella* sp.; 3) penggunaan bahan perangkap (*trap cropping*); 4) Penggenangan tanah tanaman yang terinfeksi NPA selama beberapa bulan. Pengendalian nematoda harus sejalan dengan program pemerintah *green economy* nasional dengan memanfaatkan agen hayati. Berdasarkan penelitian Asyiah *et al* 2015, menyatakan bahwa telah diketahui agen hayati yang dapat menghambat pertumbuhan dari nematoda parasit yaitu *Glomus* spp.

2.4 *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 *vesicle* dan sistem percabangan hifa yang disebut *arbuscule*, 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).

Glomus spp. hidup di tanah yang didominasi oleh fraksi lempung (*clay*). Kondisitaneh ini sangat sesuai untuk perkembangan spora *Glomus* spp. (Hapsah, 2008). Spora *Glomus* spp. memiliki ukuran 125-325 μm , dan hanya memiliki satu jenis dinding yaitu dinding spora. Dinding spora berwarna merah sampai cokelat pada media *Polyvinil alcohol-Lactic acid-Glycerol* (PVLG) dan akan berwarna lebih pekat jika ditambahkan reaksi Melzer. Permukaan dinding spora halus tanpa perhiasan. Dinding spora berjumlah satu, seluruh lapisan yang ada pada dinding spora berasal dari dinding hifa pembawa. *Glomus* tidak membentuk dinding perkecambahan fleksibel. Dinding spora berakhir dengan pori pada daerah melekatnya hifa pembawa

(INVAM, 2008 dalam Vika, 2015:22). 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.

Menurut Uniport (2012), adapun kedudukan *Glomus* spp. dalam sistematika (taksonomi) dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Fungi
Phylum : Glomeromycota
Class : Glomeromycetes
Ordo : Glomerales
Family : Glomeraceae
Genus : *Glomus*
Spesies : *Glomus* spp.

2.5 Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB)

Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB) adalah istilah yang menggunakan bakteri untuk membantu mikoriza menjalankan perannya. Bakteri dikatakan MHB ketika bakteri itu bersifat endofit dengan kata lain bakteri tersebut harus berada disalah satu bagian tubuh mikoriza, dan berperan terhadap perkembangan mikoriza. Simbiosis bukan hanya hubungan antara fungi pembentuk mikoriza dan tanaman inang namun melibatkan organisme pendukung lainnya seperti bakteri (Asyiah *et al*, 2015).

Duponnois dan Garbaye (1994:201) menganalisis bagaimana MHB mempengaruhi konsentrasi senyawa antagonistik yang diproduksi oleh fungi mikoriza. Mereka mendapati bahwa bakteri tersebut mampu mendetoksifikasi media cair dari metabolit fungi yang bersifat menghambat. Bakteri MHB kemungkinan juga dapat menekan produksi senyawa toksik oleh mikroba tanah. Vivas *et al*. (2005:420) menyatakan bahwa bakteri MHB memiliki dampak positif yang kuat terhadap perkecambahan spora dan pertumbuhan fungi prasimbiosis dalam larutan yang terkontaminasi logam berat. Inokulasi bakteri bukan hanya menurunkan kerusakan hifa *G. mosseae* tetapi bahkan meningkatkan pertumbuhan akar dari 95%

(tanpa Cd) menjadi 254% (dengan larutan Cd). Pengaruh ini sama kuatnya dengan padaperlakuan Zn di mana pertumbuhan miselium berkisar dari 125% (tanpa Zn) hingga 232% (dengan larutan Zn).

Tingkat kolonisasi mikoriza tergantung pada interaksi antara parameter abiotik dan biotik, fisiologi fungi, dan tingkat kerentanan akar terhadap infeksi. MHB dapat meningkatkan laju infeksi mikoriza pada berbagai tahapan interaksi. Sebagai contoh, fase pra infeksi seperti perkecambahan spora dan pertumbuhan miselium di dalam tanah dan pada permukaan akar dapat ditingkatkan oleh MHB, sehingga akar lebih rentan terhadap infeksi (Bowen, 1993). Bakteri yang digunakan ialah *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis*.

2.5.1 *Pseudomonas diminuta*

Pseudomonas diminuta adalah bakteri gram negatif yang membantu mikoriza berkembang di dalam tanah ataupun inangnya, sehingga bakteri ini disebut dengan MHB.

a. Klasifikasi *P. diminuta*

Berikut adalah klasifikasi *P. diminuta* menurut Holt (1994; 323):

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Proteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales
Famili	: Pseudomonadaceae
Genus	: <i>Pseudomonas</i>
Spesies	: <i>Pseudomonas diminuta</i>

b. Morfologi *Pseudomonas diminuta*

Genus *Pseudomonas* terdiri dari sejumlah bakteri gram negatif, aerob, katalase positif, oksidase positif, bergerak dengan flagel. Bakteri umumnya berbentuk batang (basil) dengan ukuran $0,6 \times 2 \mu\text{m}$, dapat bergerak aktif dengan flagel monotrika (flagel tunggal pada kutub), tidak berspora, tidak mempunyai selubung dan sifatnya gram negatif (Holt, 1994: 324).

c. Peran *Pseudomonas diminuta*

Bakteri gram negatif khususnya pada strain *Pseudomonas* telah banyak diteliti sebagai agen biokontrol karena dapat memproduksi metabolit antimikroba. Strain *Pseudomonas* sp. dapat menghasilkan tropolone yang bersifat bioaktif pada tanaman, jamur dan bakteri, selain itu *P. fluorescens* pada *rhizosphere* tanaman kapas sehat dapat memproduksi antibiotik *pyrrolnitrat* dan *pyoluteoren* (Kloepper, 1991: 320).

2.5.2 *Bacillus subtilis*

a. Klasifikasi *Bacillus subtilis*

Berikut adalah klasifikasi *Bacillus subtilis* menurut ITIS (2016) :

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Posibacteria
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Famili	: Bacillaceae
Genus	: <i>Bacillus</i>
Spesies	: <i>Bacillus subtilis</i>

b. Morfologi *Bacillus subtilis*

Bakteri ini adalah jenis bakteri yang umum ditemukan di tanah, air, udara dan materi tumbuhan yang terdekomposisi. Termasuk kelompok bakteri gram positif, aerobik, dan mampu membentuk endospora (Madigan, 2006). *B. subtilis* memiliki kemampuan memproduksi antibiotik dalam bentuk lipopeptida. Bakteri ini memiliki panjang tubuh antara 1,2 μm hingga 10 μm dan lebar 0,5 hingga 2,5 μm serta dapat bergerak dengan bantuan flagella. Bakteri *B. subtilis* memiliki dinding sel yang tersusun atas peptidoglikan. Bakteri ini juga dapat membentuk endospora berbentuk oval, bulat atau silindris yang digunakan ketika bakteri berada dalam keadaan yang merugikan bagi dirinya. Sporulasi terjadi hanya dengan satu spora per sel, tidak lebih (Holt *et al*, 1994).

c. Peran *Bacillus subtilis*

B. subtilis merupakan bakteri gram positif mampu menghasilkan berbagai antibiotic yaitu *streptovudin*, *basitirin*, *surfaktin*, *iturin A*, *polimiksin*, *difisidin*, *subtilin*, *subtilosin* dan *mikobasilin* yang dapat menghambat pembentukan dinding sel jamur patogen (Soesanto, 2008: 78). Menurut Wartono *et al.*, (2015: 26), *B. subtilis* secara umum mampu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Hal ini diduga karena *B. subtilis* yang diaplikasikan dapat menghasilkan zat pengatur tumbuh yang mampu memicu pertumbuhan tanaman *B. subtilis* juga menghasilkan enzim degradatif makromolekul yang dapat menghancurkan dinding sel jamur, seperti protease (intraseluler) dan beberapa enzim ekstraseluler yang disekresikan pada medium seperti levansukrase, glukonase, amilase, xilanase, kitinase, dan protease (Kunts & Rapoport, 1995; Schaechter, 2004 dalam Pratama 2013). Adanya *B. subtilis* juga memberikan keuntungan bagi tanaman karena *B. subtilis* merupakan rhizobakteri perangsang pertumbuhan tanaman atau PGPR.

Produksi akar secara lateral dapat dipengaruhi secara positif oleh MHB (Garbaye 1994; Schrey *et al.* 2005), kemungkinan karena produksi auksin atau senyawa yang berhubungan dengan auksin oleh bakteri. Pembentukan ujung akar baru dapat menyebabkan pembentukan lebih banyak mikoriza, karena kerapatan situs kolonisasi per volume tanah meningkat. *Paenibacillus sp. EJP73* dan *Burkholderia sp. EJP67*, dan dua isolat strain dari mikoriza *Lactarius rufus* ditemukan meningkatkan percabangan dikotomus pada semai *Pinus sylvestris*. MHB juga dapat menstimulasi produksi komponen fenolol seperti hypaphorine dan meningkatkan agresivitas simbiosis fungi (Duponnois dan Plenchett, 2003).

Selain perannya dalam perkembangan mikoriza, bakteri yang termasuk MHB terbukti dapat mengendalikan nematoda parasit. Asyiah *et al.*, (2010) membuktikan bahwa *P. diminuta* mampu menurunkan populasi nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis*) pada tanaman kentang. Kemudian telah dilakukan penelitian bahwa MHB dapat menghambat *P. coffeae*. Penggunaan jenis MHB yang digunakan adalah

genus *Pseudomonas* dan *Bacillus*. *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis* adalah beberapa dari bakteri MHB yang mampu mengendalikan populasi nematoda *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika (Asyiah, 2014).

Bakteri *P. diminuta* juga termasuk bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR = *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) karena menghasilkan giberellin dan sitokinin (Asyiah *et al.*, 2010). Serfoji *et al.*, (2010 dalam Asyiah, 2015) menunjukkan bahwa MHB *Bacillus coagulans* bersama dengan *Glomus aggregatum* mampu mereduksi nematoda puru akar (*Meloidogyne incognita*). Sinergisme MHB dan mikoriza dalam mengendalikan nematoda parasit perlu dikaji lebih lanjut pada nematoda parasit lain seperti *P. coffeae*, terlebih lagi *P. diminuta*. Selain sebagai agen pengendali nematoda parasit, *P. diminuta* juga merupakan MHB dan PGPR sehingga mempunyai potensi besar dalam mengendalikan nematoda *P. coffeae* yang menyerang akar tanaman kopi.

Penggunaan pupuk hayati yang berbasis PGPR khususnya Mikroorganisme pelarut Fosfat (MPF) dapat menggantikan penggunaan pupuk anorganik (Khan *et al.*, 2003). Mikroorganisme pelarut Fosfat (MPF) merupakan kelompok mikroorganisme tanah yang mempunyai kemampuan mengekstraksi P dari ikatannya dengan Al, Fe, Ca, dan Mg, sehingga dapat melarutkan P yang asalnya tidak tersedia bagi tanaman menjadi tersedia bagi tanaman. Hal ini terjadi karena mikroorganisme tersebut mengeluarkan asam-asam organik yang dapat membentuk kompleks stabil dengan kation-kation pengikat P di dalam tanah (Rao, 1982; Whitelaw, 2000). Mikroorganisme yang berperan dalam proses pelarutan fosfor ini antara lain dari kelompok bakteri: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Micrococcus* disebut “*phosphobacteria*“, sedangkan dari kelompok fungi: *Penicillium*, *Aspergillus*.

2.6 Bakteri Pelarut Fosfat

Fosfat adalah unsur hara utama yang diserap tanaman bermikoriza dan juga unsur- unsur mikro seperti Cu, Zn, dan Bo (Linderman, 1994). Selain itu fosfat

merupakan salah satu unsur hara esensial yang diperlukan dalam jumlah yang relatif banyak oleh tanaman, tetapi ketersediaannya terutama pada tanah-tanah masam menjadi terbatas, sehingga seringkali menjadi pembatas utama dalam peningkatan produktivitas tanaman.

Pemenuhan hara P selain dari pemupukan, dapat juga berasal dari aktivitas mikroba yang mampu melarutkan mineral P (Buresh et al., 1997). Aktivitas mikroba dalam proses mineralisasi P merupakan proses enzimatik, antara lain enzim fosfatase (Handayanto dan Hairiah, 2007). Proses enzimatik tersebut yang merubah P-organik menjadi P-anorganik yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Diketahui bahwa kelompok mikroba yang mampu melarutkan fosfat berupa bakteri (*Pseudomonas*, *Citrobacter*, *Bacillus*), jamur (*Aspergillus*, *Penicillium*) dan aktinomiset (*Streptomyces*). Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) terhadap peningkatan P tersedia telah banyak diteliti, baik skala laboratorium maupun lapang. Hasil penelitian Fitriatin et al., 2009 menyebutkan bahwa, *Pseudomonas* sp. dan *Penicillium* sp. bekerja sinergis meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman padi gogo.

Ketersediaan P dalam tanah dibutuhkan juga larutan buffer yang digunakan untuk menstabilkan pH dalam tanah. Menurut penelitian Subagiyoet al.,(2015) Fosfat anorganik secara umum digunakan sebagai buffer demikian juga .di dalam medium MRS K_2PO_4 berperan sebagai buffer. Pada penelitian ini dilakukan penambahan sumber P dalam bentuk KH_2PO_4 dan K_2HPO_4 . Hasil penelitian menunjukkan terjadi efek meningkatkan kepadatan sel pada awal waktu kultivasi. Efek yang terjadi pada penambahan garam fosfat ini terjadi melalui mekanisme buffering yaitu pengendalian nilai pH. Menurut Hayek& Ibrahim (2013) bakteri asam laktat menghasilkan asam terutama asam laktat selama pertumbuhannya, sehingga menyebabkan penurunan pH dan mengakibatkan kecepatan pertumbuhan menurun. Berdasarkan mekanisme kerja buffer maka dimungkinkan terjadinya efek meningkatkan kepadatan sel pada awal kultivasi oleh penambahan K_2HPO_4 . Produksi asam organik oleh bakteri asam laktat adalah bergantung pertumbuhan atau kepadatan sel. Semakin tinggi kepadatan sel semakin banyak asam yang dihasilkan dan dilepas ke lingkungan, sehingga suatu saat

dapat melampaui kapasitas buffering medium dan terjadi penurunan pH yang nyata, akibatnya pertumbuhan menjadi melambat.

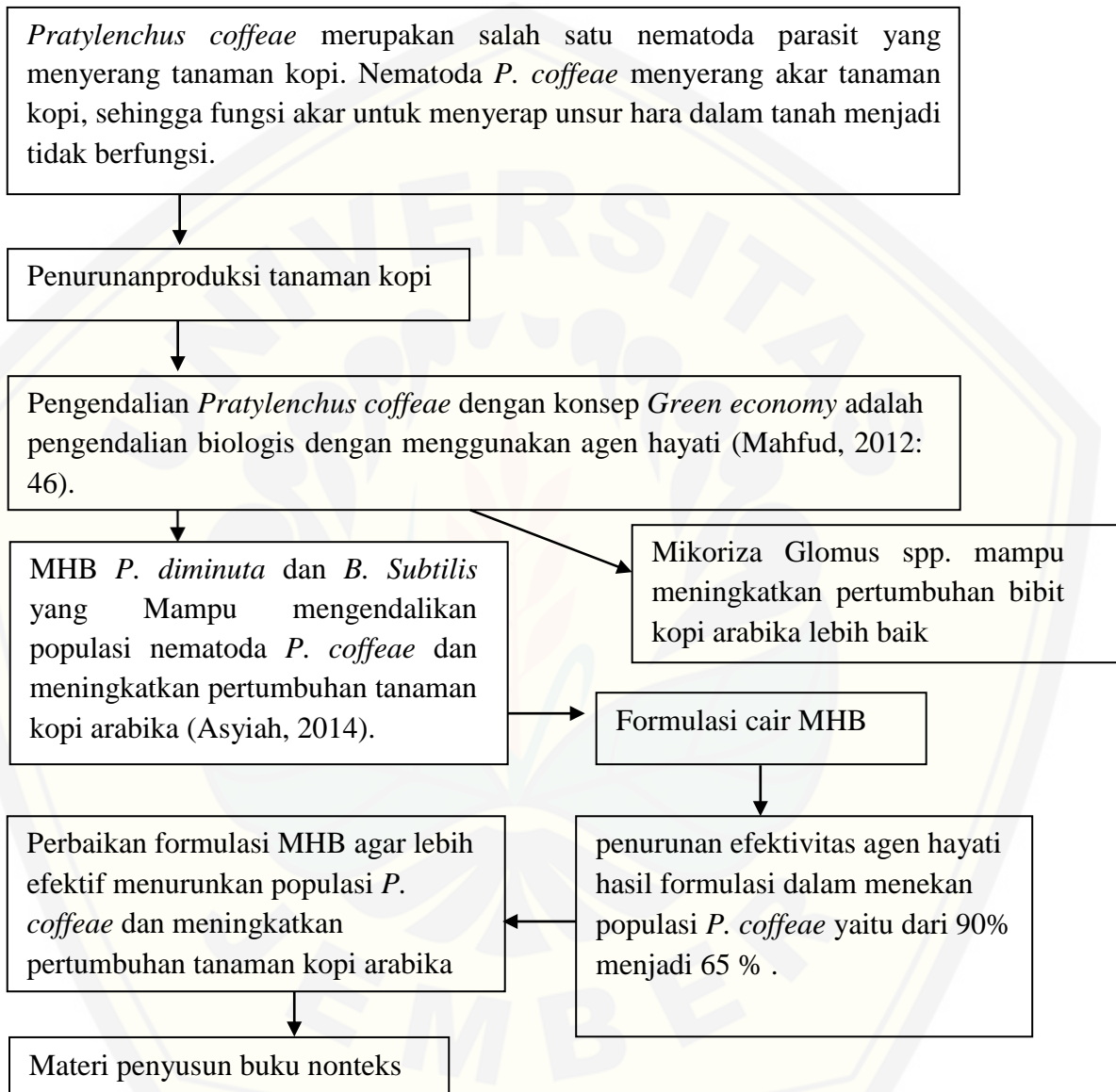
2.7 Buku Nonteks

Buku pendidikan dapat memberikan pengalaman, pengetahuan, dan keterampilan kepada siswa tentang kehidupan dalam berbagai jenis bidangnya, baik tentang diri, masyarakat, budaya dan alam sekelilingnya namun, buku pendidikan harus sesuai dengan keperluan siswa sehingga memberi kemudahan untuk digunakan oleh pembelajar, baik dalam pendidikan formal maupun nonformal sebagai mana tertuang dalam peraturan menteri pendidikan Nomor 2 tahun 2008 pasal 6 (2) yang menyatakan bahwa “selain bukuteks pelajaran, pendidik dapat menggunakan buku panduan pendidik, buku pengayaan, dan buku referensi dalam proses pembelajaran”.

Buku non-teks pelajaran berbeda dengan buku teks pelajaran. Berdasarkan makna leksikal, 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, termasuk karya kependidikan (scholarly, literary) terkait subjek yang bersangkutan (Pusat Perbukuan, 2008).

Buku non-teks adalah 1) buku yang dapat digunakan di sekolah namun bukan merupakan buku pegangan pokok bagi peserta didik dalam mengikuti kegiatan pembelajaran; 2) buku non-teks tidak menyajikan materi yang dilengkapi dengan instrumen evaluasi dalam buku tes atau ulangan, LKS (Lembar Kerja Siswa) atau bentuk lainnya yang diharapkan penulis; 3) penerbitan buku non-teks pelajaran tidak terkait dengan sebagian atau salah satu standart Kompetensi Dasar yang tertuang dalam Standart Isi; 4) materi atau isi buku non-teks dapat dibaca oleh semua jenjang pendidikan dan tingkatan kelas (Pusat Perbukuan Depdiknas, 2005).

2.8 Kerangka Berpikir



2.9 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah :

- a. Hasil reformulasi MHB cair dan *Glomus* spp. memberi pengaruh terhadap kemampuan penurunan populasi *P.coffeae* dan dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kopi Arabika.
- b. Hasil reformulasi yang paling optimal adalah MHB konsorsium dengan kerapatan 10^9 dapat menurunkan *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi Arabika.
- c. Buku nonteks mengenai hasil reformulasi MHB cair dan *Glomus* spp. terhadap *P. coffeae* dan peningkatan pertumbuhan bibit kopi Arabika layak digunakan sebagai buku bacaan.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratorium dilanjutkan dengan penyusunan media informasi berupa buku nonteks.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian tentang hasil reformulasi MHB cair dan mikoriza *Glomus* spp. pada dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember dan Laboratorium Sub Mikrobiologi, Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember sedangkan uji hasil reformulasi MHB cair dan mikoriza terhadap *Pratylenchus coffeae* dilakukan di *Green House* Perumahan Tidar. Tahap persiapan pembibit kopi dan persiapan nematoda dilakukan di *GreenHouse* Perumahan Tidar. Tahap Sterilisasi tanah di Fakultas Pertanian Universitas Jember

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan yang dimulai pada tanggal 20 November 2016 sampai dengan 20 Mei 2017.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Perbandingan inokulan cair hasil reformulasi mikoriza dengan MHB (*P. diminuta* dan *B. subtilis*) cair yang akan diberikan pada bibit kopi Arabika.

3.3.2 Variabel Terikat

Tinggi tanaman (cm), jumlah daun, skor kerusakan akar, berat basah tajuk, berat kering tajuk, derajat infeksi mikoriza serta jumlah nematoda *P. coffeae*.

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol atau variabel kendali dalam penelitian ini adalah media tanam yang digunakan merupakan media tanah yang sama, dengan perbandingan 1:1:1 antara tanah, pasir dan kompos. Bibit kopi yang digunakan adalah bibit kopi jenis arabika yang berumur 2 bulan dan berasal dari Perkebunan Kalibendo Kabupaten Banyuwangi. Nematoda *P. coffeae* yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari tempat yang sama yaitu akar kopi dari silosanen, Jember. Mikoriza *Glomus spp.* Berasal dari Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Formula yang digunakan ialah hasil reformulasi MHB cair. Air penyiraman pada bibit kopi yang digunakan merupakan sumber air yang sama.

3.4 Definisi Operasional

Peneliti memberikan pengertian untuk menjelaskan operasional penelitian agar tidak menimbulkan pengertian ganda terhadap pembaca. Adapun definisi operasional dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Nematoda *P. Coffeae* merupakan salah satu nematoda yang melukai akar serabut dari tanaman kopi yang masuk melalui ujung akar dengan memakan bagian korteks sehingga tanaman kopi menjadi layu dan mati.
- b. *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB) yaitu bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta* adalah agen hayati yang dapat berperan dalam mengendalikan *P. Coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi arabika.
- c. Mikoriza adalah jamur yang mampu bersimbiosis dengan akar tanaman, yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Glomus spp.* yang asalnya dari 5 tempat berbeda.
- d. Pertumbuhan bibit adalah peristiwa perubahan biologis yang terjadi pada bibit tanaman berupa perubahan ukuran, bentuk dan volume yang bersifat irreversibel yaitu tidak dapat kembali pada bentuk semula.
- e. Konsorsium adalah pencampuran dua atau lebih jenis bakteri untuk mendapatkan sebuah hubungan yang saling bekerja sama agar mendapat hasil

yang lebih baik.

- f. Reformulasi adalah perbaikan kembali campuran antara media pembawa dengan organisme hidup dan seringkali dilengkapi dengan bahan tambahan untuk daya simpan yang lebih lama. Bahan yang digunakan sebagai reformulasi yaitu larutan buffer KH_2PO_4 dan NH_4Cl .

3.5 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yaitu pemberian *Glomus* spp. dan formula cair hasil reformulasi MHB. Dalam penelitian ini terdiri dari 6 perlakuan dengan 4 pengulangan dan tiap ulangan terdiri atas 3 tanaman. Pengujian terhadap mikoriza (*Glomus* spp.) dan formula cair hasil reformulasi MHB dengan pemberian KH_2PO_4 dan NH_4Cl terdiri atas:

1. $A_1 = 0$ spora *Glomus* spp. + 0 MHB + 50 nematoda
2. $A_2 = 100$ spora *Glomus* spp. + 0 MHB + 50 nematoda
3. $A_3 = 100$ spora *Glomus* spp. + 1 ml MHB1 tunggal (*Pseudomonas diminuta*) + 50 nematoda
4. $A_4 = 100$ spora *Glomus* spp. + 1 ml MHB2 tunggal (*Bacillus subtilis*) + 50 nematoda
5. $A_5 = 100$ spora *Glomus* spp. + 1 ml 10^8 MHB konsorsium (*P. diminuta* dan *B. subtilis*) + 50 nematoda
6. $A_6 = 100$ spora *Glomus* spp. + 1 ml 10^9 MHB konsorsium (*P. diminuta* dan *B. subtilis*) + 50 nematoda

3.6 Alat dan Bahan

3.6.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ialah saringan nematoda (250 μ m, 100 μ m dan 50 μ m), gelas ukur (ukuran 10ml dan 50ml), gelas beaker (ukuran 500ml dan 1000ml), sentrifuge, mikroskop cahaya dan mikroskop binokuler, counting disk, pot plastik (diameter 15,3 cm dan volume 1100 gram media tanam), camera digital, penggaris, timbangan analitik, labu erlenmayer, inkubator, lemari es, autoclave, laminar air flow, gunting pangkas/pemotong, pemanas bunsen, rak tabung, tabung reaksi, kompor listrik, vortex, blender, mikropipet 1 ml, jarum ose, shaker, pipet volume 10 ml, botol semprot, thermohigrometer, oven listrik, kaca benda dan kaca penutup, spatula, tip kuning, tip biru, selotip plastik, dan spidol/bolpoint.

3.6.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit kopi Arabika yang berumur 2 bulan, *Glomus* spp., isolat *B. subtilis*, isolat *P. diminuta*, medium *Nutrient agar*, molase, Buffer (KH_2PO_4 dan NH_4Cl), *lactofenol*, gliserin, benang wol, media tanam (pasir steril, tanah steril, kompos steril), aquadest, air, alkohol 70%, aluminium foil, kertas kayu, karet, kertas label, kapas dan tissue.

3.7 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

3.7.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan dalam hal ini meliputi tahap persiapan alat dan bahan, persiapan media tanam, persiapan penanaman bibit kopi arabika, dan persiapan nematoda *P. coffeae*.

a. Persiapan alat dan bahan

Persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain dalam tahap persiapan pembenihan tanaman kopi, persiapan nematoda dan mikoriza yang dilaksanakan di *Green House* Perumahan Istana Tidar. Tahap persiapan bakteri dan pembuatan hasil reformulasi di Laboratorium Mikrobiologi

Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember Penelitian serta untuk menimbang mikoriza (*Glomus* spp.) seberat 0,62 gram dan shaker reformulasi MHB di Laboratorium Mikrobiologi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

b. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah, pasir, dan kompos yang telah dicampur menjadi satu dengan perbandingan masing-masing 1:1:1. Media tanam ini kemudian disterilisasi dengan menggunakan *autoclave* pada suhu 135°C selama 2 jam. Tahap ini dilaksanakan di Fakultas Pertanian Universitas Jember.

c. Persiapan penanaman bibit kopi arabika

Benih kopi yang digunakan adalah kopi arabika dari Perkebunan kopi Kalibendo Kabupaten banyuwangi. Benih kopi sebelum dikecambahkan dilepas terlebih dahulu kulit arinya dan direndam selama 24 jam dalam air, kemudian menempatkan bibit pada media pembenihan berupa pasir steril. Setelah bibit berumur 2 bulan kemudian bibit dipindahkan pada pot plastik yang berisi tanah steril. Setelah memindahkan bibit, 1 minggu kemudian bibit siap digunakan untuk pengujian pada saat berumur 2 bulan setelah tanam.

d. Persiapan nematoda *P. coffeae*

Nematoda *P. coffeae* yang digunakan sebagai bahan penelitian diperoleh dari ekstraksi akar tanaman kopi yang terserang *P. coffeae*.

3.7.2 Tahap ekstraksi nematoda *P. coffeae* metode modifikasi Baermann

Nematoda *P. coffeae* diperoleh dari ekstraksi akar kopi yang mengalami gejala serangan nematoda *P. coffeae*. Nematoda *P. coffeae* yang digunakan adalah nematoda dari semua fase hidup, karena semua fase hidup nematoda *P. coffeae* menyerang sistem perakaran tanaman kopi Arabika. Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan metode Baermann yang dimodifikasi. Langkah kerja ekstraksi adalah sebagai berikut:

a. Menyiapkan tanaman kopi Arabika yang diduga terinfeksi nematoda dengan

kriteria yaitu akarnya berubah warna menjadi kuning kemudian kecoklatan, daunnya mengalami klorosis serta tampak kerdil,

- b. Mengambil akar tanaman kopi Arabika yang terinfeksi nematoda,
- c. Mengambil dan membersihkan akar tanaman kopi Arabika dari sisa tanah, kotoran lain yang melekat kemudian mencuci sampai bersih,
- d. Mengering anginkan sampel akar hingga kering,
- e. Memotong sampel akar 0,5 cm dengan gunting pangkas,
- f. Menimbang hasil potongan akar sebanyak 10gram,
- g. Memasukkan potongan akar ke dalam beker plastik, ditambahkan air sebanyak 100ml,
- h. Memasukkan campuran tersebut ke dalam blender dan menghaluskan sebanyak 2 kali. Melakukan penghalusan selama 15detik,
- i. Menyaring dengan saringan 40 mesh yang telah dipasang kertas tisu dan ring,
- j. Meletakkan saringan 40 mesh di dalam piring alumunium, kemudian mengisi air sebanyak 100 ml dan mengendapkannya selama 24jam,
- k. Menyaring air endapan dengan 2 saringan 325 mesh (0,045 mm). Mengendapkan hasil saringan selama 1jam,
- l. Melakukan pengurangan volume (ditap) dengan selang plastik sampai 100 ml,
- m. Mengamati hasil atau menyimpan hasil dalam lemari pendingin.

3.7.3 Tahap perhitungan populasi nematoda *P.coffeae*

Perhitungan populasi nematoda dilakukan dibawah mikroskop binokuler dengan cara mengurutkan sesuai dengan jalur yang terdapat pada cawan penghitung. Hasil penghitungan nematoda yang telah memenuhi jumlah yang diinginkan diletakkan pada botol. Pada penelitian ini digunakan populasi nematoda *P.coffeae* untuk perlakuan dalam setiap pot adalah 50 ekor *P.coffeae*.

3.7.4 Tahap Persiapan Mikoriza

Pada tahap persiapan mikoriza tersebut, dilakukan dengan memakai spora koleksi Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, ditumbuhkan dalam media

tumbuh berupa bantuan zeolit ukuran 2-3 cm steril yang sudah direndam larutan NaCl.

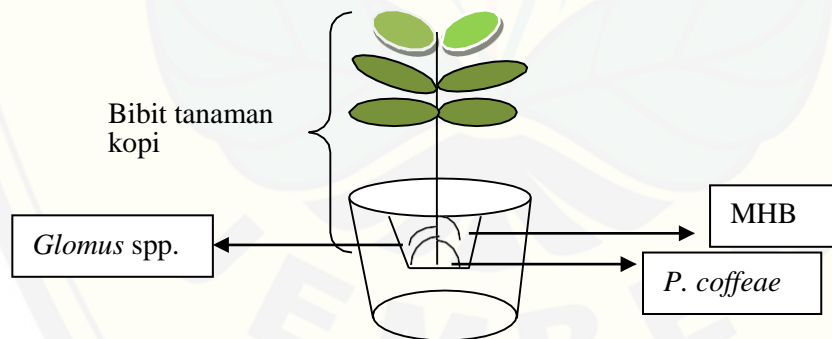
3.7.5 Tahap Pembuatan Reformulasi KH_2PO_4 dan NH_4Cl

Biakan murni bakteri *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis* yang diperoleh dari Sub Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember ada 2 jenis MHB yang digunakan yaitu tunggal dan juga konsorsium, pembuatan formulasi bakteri ini selama 1 minggu. Tahap awal yaitu bakteri diremajakan pada media cawan petri dengan medium NA. Pengambilan bakteri menggunakan jarum ose steril. Pertama, pengambilan isolat bakteri kemudian diremajakan pada medium NA miring selama ± 72 jam. Kemudian menyiapkan media molase dengan kode A=*P. diminuta* dan G=*B. subtilis*, pada kode A molase yang diperlukan yaitu 1% sedangkan kode G yaitu 2%, setelah media molase jadi, tambahkan dengan buffer yaitu pada kode A dengan NH_4Cl 0,1% dan KH_2PO_4 0,1% sedangkan kode G NH_4Cl 0,05% dan KH_2PO_4 0,1% lalu menambahkan aquadest hingga 300ml pada pembuatan media molase ini dibuat 1 hari sebelum menaruh biakan bakteri. Selanjutnya mengambil medium NA miring dari masing masing tabung yang berisi bakteri kemudian luruhkan dengan larutan garfis sebanyak 10 ml, lalu dihomogenkan menggunakan vortex selama 30 detik kemudian mengambil suspensi bakteri tersebut sebanyak 100 μl bakteri kedalam media molase untuk masing masing bakteri dengan kode A dan kode G. Kemudian shaker selama 3 hari. Selanjutnya dilakukan konsorsium *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas diminuta* dengan perbandingan 2 : 3 yaitu 120 ml dan 180 ml kemudian shaker selama 48 jam. Setelah itu, melakukan pengenceran bakteri menjadi 10^{-1} dan 10^{-2} yang siap diaplikasikan. Untuk pembuatan MHB tunggal yaitu Pengambilan bakteri menggunakan jarum ose steril. Pertama, pengambilan isolat bakteri kemudian diremajakan pada medium NA miring selama ± 72 jam. Kemudian menyiapkan media molase dengan kode A=*P. diminuta* dan G=*B. subtilis*, pada kode A molase yang diperlukan yaitu 1% sedangkan kode G yaitu 2%, setelah media molase jadi,

tambahkan dengan buffer yaitu pada kode A dengan NH_4Cl 0,1% dan KH_2PO_4 0,1% sedangkan kode G NH_4Cl 0,05% dan KH_2PO_4 0,1% lalu menambahkan aquadest hingga 300ml pada pembuatan media molase ini dibuat 1 hari sebelum menginokulasikan biakan bakteri. Selanjutnya mengambil medium NA miring dari masing masing tabung yang berisi bakteri kemudian luruhkan dengan larutan garfis sebanyak 10 ml, lalu dihomogenkan dengan vortex selama 30 detik kemudian mengambil suspensi bakteri tersebut sebanyak 100 μl bakteri kedalam media molase untuk masing masing bakteri dengan kode A dan kode G. Kemudian shaker selama 48 jam.

3.7.6 Inokulasi *P. coffeae* dan Reformulasi Bakteri dan Mikoriza

Tahap inokulasi *P. coffeae* dan formulasi bakteri serta mikoriza ini dilakukan dengan cara sebagai berikut, pada bibit kopi yang telah berumur 2 bulan yang sudah berada dalam pot dan terisi tanah kemudian diberikan nematoda *P. coffeae*, mikoriza (*Glomus* spp.) dan MHB yang sebelumnya sudah dilakukan pengenceran pada hari dan jam yang sama.



Gambar 3.1 Skema penempatan inokulan *P. coffeae*, mikoriza (*Glomus* spp.) dan MHB (*Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis*).

3.7.7 Pemeliharaan kopi

Pemeliharaan bibit kopi dilakukan dengan penyiraman air secara berkala dengan selang waktu 2-3 hari sekali. Setiap 2 minggu sekali dilakukan pengemburan

tanah pada media tanam dengan cara mengaduk tanah.

3.8 Parameter yang Diamati

Parameter yang diamati dalam penelitian ini antara lain:

3.8.1 Tinggi Bibit (cm)

Tinggi bibit diukur setiap 2 minggu sekali sampai berumur 4 bulan setelah aplikasi. Pengukuran dimulai dari pangkal batang diatas permukaan tanah sampai ujung pucuk apikal yang baru tumbuh.

3.8.2 Berat Basah Tajuk

Berat basah tajuk ditimbang pada akhir penelitian, saat bibit berusia 4 bulan. Setelah dibersihkan dari kotoran kemudian dipotong menggunakan gunting pangkas lalu bagian tajuk tanaman kopi (bagian pangkal akar hingga pucuk atas daun) langsung ditimbang menggunakan timbangan analitik.

3.8.3. Berat Kering tajuk

Berat kering tajuk ditimbang pada akhir penelitian, saat bibit berusia 4 bulan. Setelah di oven kemudian ditimbang berat dengan timbangan analitik bagian tajuk tanaman kopi (bagian pangkal akar hingga pucuk atas daun) selama ± 5 hari atau hingga konstan beratnya.

3.8.4 Jumlah Nematoda *P. coffeae*

Jumlah nematoda *P. coffeae* dihitung pada akhir penelitian yaitu saat bibit berumur 4 bulan dengan menggunakan Metode Baermann yang telah dimodifikasi.

Cara menghitung populasi nematoda *P. coffeae* sebagai berikut:

- a) Menuangkan suspensi nematoda yang diperoleh dari hasil ekstraksi ke dalam beker gelas, dengan volume 100ml.
- b) Mengambil suspensi nematoda kemudian diaduk hingga homogen dengan cara menggunakan pipet kemudian disemprotkan kembali dan dilakukan sampai 3 kali.
- c) Meletakkan suspensi nematoda, diambil sebanyak 10 ml dengan menggunakan

pipet di dalam cawan penghitung (counting disk).

- d) Melakukan penghitungan populasi dan jenis nematoda dibawah mikroskop binokuler dengan mengamati garis-garis sesuai jalur yang ada pada cawan penghitung. Penghitungan dilakukan sebanyak 3 kali.

Suspensi nematoda yang telah selesai dihitung, kemudian dikembalikan lagi ke dalam gelas beaker. Setiap akan dilakukan pengambilan suspensi nematoda 10 ml, dilakukan pengadukan sampai merata. Penghitungan populasi per 10 gram contoh akar atau 100 ml contoh tanah adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{(P1 + P2 + P3) \times 10}{3}$$

Keterangan :

P : Populasi nematoda setiap satuan contoh yang diambil

P1, P2, P3 : Perhitungan setiap 10 ml suspensi nematoda dengan tiga ulangan 10 : 100 ml.

3.8.5 Skor Kerusakan Akar

Skor kerusakan akar dihitung dari tingkat kerusakan akar pada akhir penelitian yaitu usiabibit kopi 3 bulan setelah tanam dengan asumsi bahwa akar yang rusak berwarna coklat kehitaman dan umumnya akar lateralnya habis. Pengamatan dilakukan menggunakan metode skoring yaitu dengan skala nilai skor 0-5, dengan asumsi 0 berarti bibit sehat dan nilai 5 bibit mati. Nilai intensitas serangan dalam bentuk skor dikonversi menjadi presentasi tingkat serangan menggunakan rumus Townsend-Heuberger yaitu:

$$\text{Intensitas Serangan} = \frac{\sum(n.v)}{(i.n)} \times 100\%$$

Keterangan :

v = nilai skor

i = nilai skor tertinggi

n = jumlah bibit yang diamati

3.8.6 Derajat Infeksi Mikoriza *Glomus* spp.:

Pengamatan infeksi akar diawali dengan pembongkaran bibit saat bibit berumur 3 bulan, bibit beserta akar dimasukkan ke dalam kantong plastik yang sebelumnya dibersihkan dengan air hingga bersih dan diberi label. Akar dan tanah dipisahkan terlebih dahulu, kemudian akar yang telah bersih diletakkan pada kertas dan akar dipotong sepanjang ± 1 cm. Setelah pengguntingan selesai, akar tersebut dimasukkan ke dalam kain kasa untuk memulai proses pewarnaan. Proses pewarnaan dimulai dengan mendidihkan larutan *lactofenol* diatas bunsen (penggunaan bunsen ditujukan agar *lactofenol* tidak cepat menguap). Setelah *lactofenol* mendidih, memasukkan akar tersebut selama 2-3 menit. Akar yang telah terwarnai direndam dalam air bersih selama 5 menit. Hal ini ditujukan untuk meluruhkan zat pewarna pada akar yang tetap menempel pada mikoriza. Setelah itu akar dimasukkan ke dalam tabung kecil kemudian menambahkan beberapa tetes *gliserin acid*. Proses pengamatan dilakukan dengan meletakkan akar dalam cawan petri kemudian diamati dibawah mikroskop. Penambahan *gliserin acid* ini bertujuan agar akar dapat disimpan selama beberapa bulan tetapi tidak mengubah warna mikoriza.

Perhitungan akar yang terinfeksi mikoriza dilakukan dengan metode slide. Prosedur kerja adalah sebagai berikut: (1) Mengambil potongan-potongan akar sepanjang 1 cm yang telah diwarnai secara acak; (2) Menyusun potongan-potongan akar pada gelas objek, satu slide mikroskop untuk 10 potong akar; (3) Mencatat jumlah akar yang terinfeksi mikoriza; (4) Mengambil contoh akar yang lain dan mengulangi prosedur diatas.

Akar yang terinfeksi mikoriza ditandai dengan adanya hifa, vesikel atau arbuskula dalam korteks akar tanaman. Persentase infeksi mikoriza tersebut dihitung berdasarkan rumus Philip & Haymen (Hapsah, 2006) :

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

Klasifikasi kelas infeksi akar (*The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA Forest Service Athena, Georgia*):

- a. Kelas 1, bila infeksi akar 0-5%
- b. Kelas 2, bila infeksi akar 6-26%
- c. Kelas 3, bila infeksi akar 27-50%
- d. Kelas 4, bila infeksi akar 51-75%
- e. Kelas 5, bila infeksi akar 76-100%

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, Kopi arabika dan *P. coffeae* serta peran MHB dan mikoriza untuk pertumbuhan bibit kopi dan pengendalian *P. coffeae*. 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 kopi, mahasiswa dan lembaga perkebunan.

3.9.2 Uji Validasi Buku Nonteks

Validasi buku ini dilakukan oleh 2 orang validator ahli, yaitu dosen pendidikan Biologi FKIP dalam bidang pendidikan (ahli media) dan dalam bidang tumbuhan (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-kritea yang harus terpenuhi dalam pembuatan buku nonteks.

3.10 Analisis Data

3.10.1 Analisis Data Penelitian

Analisis data yang digunakan adalah analisis data berupa uji ANOVA dengan taraf signifikansi 95% ($p < 0,05\%$) menggunakan SPSS versi 16. karena penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan inokulan cair hasil reformulasi bakteri *P. diminuta* dan *B. subtilis* dalam mengendalikan nematoda *P. coffeae* Apabila terdapat beda nyata dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%.

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 3.1.

Tabel 3.1 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

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

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

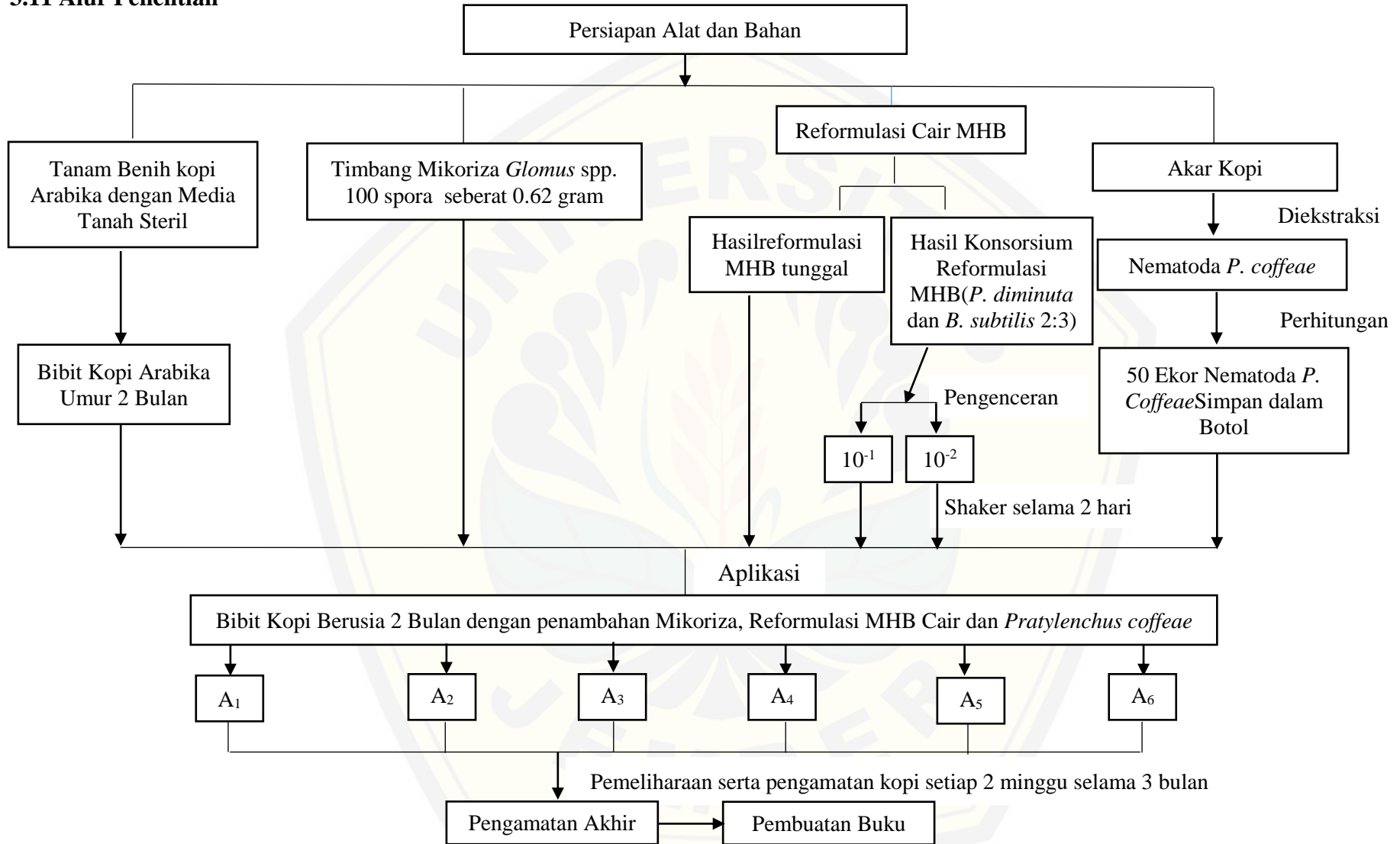
$$\text{Rentang skor} = \frac{\text{Interval}}{\text{Jumlah kategori skor}} = \frac{48}{4} = 12$$

Tabel 3.2 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 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 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 masyarakat
Sangat Layak	40 – 48	Semua item pada item yang dinilai sangat sesuai dan tidak ada kekurangan dengan buku nonteks sehingga dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat

*) didapatkan dari persentase skor (P) (Sujarwo, 2006)

3.11 Alur Penelitian



3.2 Gambar Bagan Alur Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Hasil reformulasi dengan penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB dan *Glomus* spp. berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan menurunkan populasi *P.coffeae* ($p=0,00$) yaitu perlakuan (A_5 dan A_6) berkisar antara 40,46% - 60,41% sedangkan bibit kopi arabika mampu meningkatkan pertumbuhan bibit yang berpengaruh secara signifikan ($p=0,001$).
- b. Kerapatan yang paling optimal dalam menekan populasi nematoda adalah reformulasi konsorsium MHB cair dengan kerapatan 1×10^9 cfu/ml yang ditambahkan *Glomus* spp. sedangkan untuk pertumbuhan tanaman yaitu bibit tanaman kopi arabika yang diberi reformulasi hasil MHB memiliki pertumbuhan yang lebih baik di bandingkan kontrol.
- c. Buku nonteks mengenai hasil reformulasi MHB cair dan *Glomus* spp. yang mampu menurunkan *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi arabika layak digunakan sebagai buku bacaan.

5.2 Saran

Berdasarkan dengan hasil dan pembahasan maka saran untuk peneliti selanjutnya ialah:

- a. Hasil reformulasi ini dapat diujikan pada nematoda kopi lain seperti *Radhopolus similis*.
- b. Menggabungkan formula MHB cair dan mikoriza menjadi satu formula baru yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.
- c. Melakukan analisis P tersedia dan P total pada tanah dan jaringan untuk mengetahui unsur P yang terkandung didalamnya.
- d. Perlu dilakuan penelitin lebih lanjut dengan kerapatan yang lebih tinggi.
- e. Mengujikan mikroorganisme yang digunakan dengan mikroorganisme yang lainnya misalnya MHB dengan bakteri endofit maupun Rhizobacteria lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1988. *Budidaya Tanaman Kopi*. Yogyakarta: IKAPI.
- Agrios, George N. 1997. *Plant Pathology: Fourth Edition*. London: Academic Press.
- Asyiah, N. I., Soekarto, M. Husain, Reginawanti H. 2010. *Biocontrol Of Potato Cyst Nematoda Globodera rostochiensis By Rhizobacter Isolates On Potato*. Dalam Suharsono (ed). Proceeding of Internasional Biotechnology Seminar. Malang: UMM.
- Asyiah, N. I., S. Wiryadiputra, I. Fauzi, R. Harni. 2015. Populasi *Pratylenchus coffeae* (Z.) dan Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika Inokulasi *Pseudomonas diminuta* L. dan *Bacillus subtilis* (C.). *Pelita Perkebunan*. Vol. 31 (1): 3040.
- Asyiah, N. I. 2015. Optimalisasi Peranan Mikoriza (*Glomus*Sp. Dan *Gigaspora* Sp.) Dalam Mengendalikan Nematoda *Pratylenchus coffeae* (>80%) Dan Meningkatkan Ketersediaan P Tanah Pada Tanaman Kopi Dengan Penambahan Mycorrhiza Helper Bacteria (*Pseudomonas diminuta* Dan *Bacillus subtilis*) Dan Phosphate Solubilizing Bacteria (*P. mallei* Dan *B. Mycoides*.) KKP3N
- BPPP. 2008. Teknologi Budaya Kopi Poliklonal. Seri Buku inovasi: BUN/14/2008. ISBN: 978-979-1415-35-4
- Buresh RJ, PC Smithson, DT Hellums. 1997. Building soil phosphorus capital in Africa. In R.J. Buresh et al. (eds.). *Replenishing soil fertility in Africa SSSA Spec. Publ.* 51. SSSA, Madison, WI. pp. 111-149
- Castilo, P. dan Volvas, N. 2007. *Pratylenchus (Nemtda:Pratylenchidae): Diagnosis Biology, Pathogenecity and Management*. Leiden: Kominklijke Brill NV.
- Cruz, A.T., Ishii, and K. Kadoya.,2000. *Effect of arbuscullsar mycorrhizal fungi on tree growth, leaf water potential, amd levels, of I-aminocycloproane-I-carboxylic acid and ethylene in roots of papaya under water stress conditions*. *Mycorrhiza* J.10/3 : 121 – 123
- Depdiknas. 2008. *Pengembangan Buku teks pelajaran*. Depdiknas : Jakarta
- Depdiknas. 2005. *Pengembangan Buku Teks dan Nonteks*. Depdiknas : Jakarta

- Ditjenbun. 2006. *Kopi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Dropkin, V.H. 1992. *Introduction to Plant Nematology*. Edisi Bahasa Indonesia, Penerjemah: Supratoyo. Yogyakarta: Gadjah Mada Press.
- Ernawati, Rr. 2008. *Teknologi Budidaya Kopi Poliklonal*. Lampung: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung
- Garbaye J. 1994. *Helper bacteria: a new dimension to the mycorrhizal symbiosis*. New Phytol 128: 197-210.
- Gunarto, L. dan L. Nurhayati. 1994. Karakterisasi dan identifikasi bakteri pelarut fosfat pada tanah-tanah di Indonesia. *Makalah disampaikan pada Seminar Tahunan 1994 Hasil Penelitian Tanaman Pangan, Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor*, 29-30 Maret 1994.
- Handayani, Nur R Heni. 2015. Pengaruh Inokulasi Ganda *Mychorriza Helper Bacteria* (MHB) Dan Mikoriza (*Glomus* spp.) Dalam Mengendalikan Populasi Nematoda *Pratylenchus coffeae* Z. Dan Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kopi Arabika. Skripsi
- Handayanto E dan K Hairiah. 2007. *Biologi tanah: Landasan pengelolaan tanah sehat*. Pustaka Adipura. hlm. 65-164.
- Harni. R., Munif, A., Supramana, Mustika, I. 2007. Potensi Bakteri Endofit Pengendali Nematoda Peluka Akar (*Pratylenchus brachyurus*) pada Nilam. *Journal of Bioscience*. Vol. 14(1):7-12.
- Hapsoh. 2008. *Pemanfaatan fungi Mikoriza Arbuskula Pada Budidaya Kedelai Di Lahan Kering*. Medan: Pidato Pengukuhan Guru Besar Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Williams, S. T. 1994. *Bergeys Manual of Determinative Bacteriology: Ninth edition*. Baltimore: Willian & wilkins.
- ITIS. 2016. *Coffea arabica*. [Online]. <http://www.itis.gov/servlet/Single>. (Diakses tanggal 8 Desember 2016).
- ITIS. 2016. *Bacillus subtilis*. [Online]. <http://www.itis.gov/servlet/Single>. (Diakses tanggal 17Desember 2016).
- Khan et al., (2002) Biocontrol of fungal pathogens by the use of plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen fixing microorganisms. *Ind J Bot Soc* 81:255–263
- Kloepper, J. W., Robert M. Z., Elizabeth M. T., 1991. *Plant growth promotion*

mediated by bacterial rhizosphere colonizers. Kluwer Academic Publisher. 315-326

- Kumar, A.C. 1982. Studies on nematodes in coffee soils of South India. 7. Histopathology and host parasitic relationship of *Pratylenchus coffeae* and two species of coffee. *J Coffee Res*. Vol. 12:23–30.
- Linderman RG (1994) Role of VAM fungi in biocontrol. In: Pflieger FL & Linderman RG (Eds) *Mycorrhizae and Plant Health* (pp 1–26). APS Press, St Paul.
- Madigan, M.T., and Martinko, J.M., (2006), *Biology of Microorganisms*, Prentice Hall, New Jersey.
- Mahfud, Moh. Cholil. 2012. Teknologi dan Strategi Pengendalian Penyakit Karat Daun untuk Meningkatkan Produksi Kopi Nasional. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian*. Vol. 5 (1), hal :44-57.
- Munif, A. 2003. *Prinsip-Prinsip Pengelolaan Nematoda Parasit Tumbuhan Di Lapangan Dalam Bahan Pelatihan. Identifikasi Dan Pengolahan Nematoda Parasit Utama Tumbuhan*. Bogor.
- Mustika, I. dan Y. Nuryani. 2003. *Penyakit-penyakit Utama Tanaman yang Disebabkan Oleh Nematoda*. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Makalah pada "Pelatihan Identifikasi dan Pengelolaan Nematoda Parasit Utama Tumbuhan". Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu (PKPHT) HPT, Institut Pertanian Bogor, 26-29 Agustus 2009. 34 h.
- Naiola, E. dan Widhyastuti, N., 2002, Isolasi, Seleksi dan Optimasi Produksi Protease Dari Beberapa Isolat Bakteri, *Berita Biologi*.
- Nickle, W. R. 1991. *Manual of Agriculture Nematology*. New York: Marcell Dekker INC
- Nugrohorini. 2012. *Nematoda Parasit Tanaman*. Surabaya: Penerbit UPN Press Surabaya.
- Nurhayati. 2010. Pengaruh Waktu Pemberian Mikoriza Vesikular Arbuskular Pada Pertumbuhan Tomat. *Jurnal Agrivigor* 9 (3) 280-284.
- Ploetz, R. C. 2003. *Diseases of Tropical Fruit Crops*. USA: University of Florida, IFAS, Tropical Research and Education Center Home Stead, Florida
- Pracaya, 2007. *Hama dan Penyakit Tanaman*. Penebar Swadaya, Jakarta.

- Prastowo, Karmawati, Rubijo, Siswanto, Indrawanto, dan Munarso. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kopi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Rahmi, F. L, A. Dahliaty dan S. Devi. 2012. Optimalisasi Komposisi Media dan Konsentrasi Sumber Karbon Produksi Enzim Selulase Bakteri Selulolitik Strain Lokal S-16 dan S-22. Repository Universitas Riau. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Kampus Binawidya Pekanbaru
- Purnanto et al., 2014. Efektivitas Penggunaan Pupuk Hayati Mikoriza (*Glomus* spp.) Untuk Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne javanica*) Pada Tembakau (*Nicotiana tabaccum L.*). *Jurnal HPT* Volume 2 Nomor 4. ISSN : 2338 – 4336.
- Rao, N.S.S., 1982. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Terjemahan H. Susilo. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Soedibyo. 1998. *Alam Sumber Kesehatan*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Soesanto, L. 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Supriadi, Harni, R., Supramana, M. S. Sinaga, Giyanto,. 2013. Mekanisme Bakteri Endofit Mengendalikan Nematoda *Pratylenchus Brachyurus* Pada Tanaman Nilam. *Bul. Littro*. Vol. 23 (1):102-114.
- Uniprot. 2012. [online] <http://www.uniprot.org/taxonomy/108480>. Diakses pada 28 Desember 2016
- Vika, 2015. Uji Kemampuan Mikoriza *Glomus* spp. Dalam Mengendalikan Nematoda *Pratylenchus coffeae* Z. Dan Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Dengan Aras Pemupukan P Yang Berbeda Pada Kopi Arabika (*Coffea arabica L.*) (skripsi)
- Vivas A, Barea JM, Azcon R. 2005. *Brevibacillus brevis* isolated from cadmium or zinc-contaminated soils improves in vitro spore germination and growth of *Glomus mosseae* under high Cd or Zn Concentrations. *Microbial Ecol.* Vol.49:416–424.
- Wachjar, A. 1984. *Pengantar Budidaya Kopi*. Bogor: Fakultas Pertanian.
- Wartono, Giyanto dan Mutaqin K. H. 2015. Efektivitas Formulasi Spora *Bacillus subtilis* B12 sebagai Agen Pengendali Hayati Penyakit Hawar Daun Bakteri pada Tanaman Padi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. Vol. 34 No.1

Widjaja Wisnuwardana, 1985. Pengendalian Nematoda Bengkak Akar Dengan Pola Tanam. Balai Penelitian Holtikultura Malang.

Wiryadipta, S. dan O. Atmawinata. 1998. Kopi (*Coffea* spp.) dalam: Pedoman Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Perkebunan. *Puslitbang Tanaman Industri Badan Litbang Pertanian*. Deptan. Hal.53-59.

Wiryadipta, S dan Loang K. Tran. 2008. *Indonesia and Vietnam dalam Souza, R.,M (Editor). Plant-Parasitic Nematodes of Coffee: Springer Science+ Business Media B.V.* Hal. 277-292.

Wiryadipta, Anggraini, Waluyo, dan Pujiastuti. 2010. Pengaruh Ekstrak Biji Sirsak (*Anona muricata*) Terhadap Perkembangan Nematoda *Pratylenchus coffeae* Pada Tanaman Kopi Arabika. *Jurnal Pelita Perkebunan*. Vol. 26 (3): 156-168.

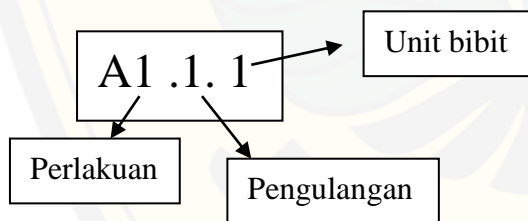
Whitelaw. 2000. *Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi*. *Adv. Agron.* 69 : 99-151.

LAMPIRAN A

DESAIN TATA LETAK UNIT PERCOBAAN

A 1.3.1	A 4.1.2	A 4.4.1	A 4.2.2	A 2.2.2	A 1.2.1
A 2.1.3	A1.1.1	A 6.2.1	A 4.3.2	A 3.1.2	A 2.2.3
A 3.2.3	A 4.4.2	A 6.4.2	A 6.3.1	A 6.3.2	A 2.4.3
A 1.4.3	A 1.4.1	A 4.1.3	A 5.2.1	A 4.1.3	A 3.2.2
A 5.3.2	A 4.2.1	A 5.4.3	A 5.1.1	A 1.2.2	A 2.1.2
A 5.2.2	A 2.1.1	A 3.1.1	A 1.3.3	A 1.3.3	A 1.4.2
A 3.4.1	A 6.1.1	A 3.3.1	A 4.3.3	A 1.2.3	A 2.2.1
A 3.2.1	A 6.4.3	A 5.4.1	A 2.3.3	A 5.3.3	A 3.4.2
A 4.2.3	A 6.2.2	A 1.1.2	A 6.2.1	A 6.4.1	A 3.3.2
A 2.3.2	A 5.3.1	A 6.1.3	A 1.3.2	A 2.3.1	A 5.1.3
A 3.3.2	A 5.4.2	A 5.4.2	A 2.4.1	A 3.1.3	A 6.3.3
A 4.4.3	A 4.1.1	A 3.4.3	A 6.1.2	A 2.4.2	A 5.1.2


Keterangan :



1. A₁ = 0 spora *Glomus* spp. + 0 MHB + 50 nematoda
2. A₂ = 100 spora *Glomus* spp. + 0MHB + 50 nematoda
3. A₃ = 100 spora *Glomus* spp. + 1 ml MHB 1 (*Pseudomonas diminuta*) + 50 nematoda (tunggal)
4. A₄= 100 spora *Glomus* spp. + 1 ml MHB 2 (*Bacillus subtilis*) + 50 nematoda (tunggal)
5. A₅= 100 spora *Glomus* spp. + 1 ml 10⁸ MHB (*P. diminuta* dan *B.subtilis*) + 50 Nematoda (konsorsium)
6. A₆= 100 spora *Glomus* spp. + 1 ml 10⁹ MHB (*P. diminuta* dan *B.subtilis*) + 50 Nematoda (konsorsium)

LAMPIRAN B

Hasil Analisis Tanah



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
LABORATORIUM TANAH
Jalan Mastrip Kotak Pos 164 Jember 68121
Telp.(0331) 333532 pos.128, Fax. (0331) 333531

LAPORAN ANALISIS
Nomor : 19.Lab Tanah/VIII/2015

Tanggal Masak : 11 Agustus 2015
Pengirim : Luthfiyatul H
Alamat : FKIP Biologi UNEJ
Tanggal Selesai : 14 Agustus 2015
Jenis Sampel/jumlah : A. Tanah / 1 Sample
B. Blotong / 1 Sample
C. Molase (Tetes) / 1 Sample

HASIL ANALISIS

A. Tanah

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1	N - Total	%	0,24
2	P - Total	mg/100 g	16,7
3	P - Tsd	ppm	14,65
4	K - Tsd	ppm	79,82
5	C - Org	%	2,39
6	C/N Ratio	-	9,95

B. Blotong


NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1	N - Total	%	1,89
2	P - Total	mg/100 g	24,7
3	K ₂ O	%	1,58
4	C - Org	%	29,09

Hasil analisis Molase

C. Molase / Tetes

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1	N - Total	%	0,29
2	P - Total	mg/ 100 g	15,2
3	P ₂ O ₅	%	0,18
4	K ₂ O	%	0,39
5	C - Org	%	56,79
6	C/N Ratio	-	19,58

Jember, 14 Agustus 2015
Kepala Laboratorium Tanah



Ir. Abdul Muji, MP.
NIP.19590612 198703 1 001

LAMPIRAN C. Surat Rekomendasi Validasi



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

SURAT REKOMENDASI SEBAGAI VALIDATOR

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

Nama : Arum Dina Hidayati
 NIM : 130210103095
 Program Studi : Pendidikan Biologi
 Judul Skripsi : Pengaruh Hasil Reformulasi dengan Penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. terhadap Populasi Nematoda *Pratylenchus coffeae* dan Pertumbuhan Bibit Kopi serta 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.	Dra. Pujiastuti, M.Si.	Ahli materi
2.	Ika Lia Novenda, S.Pd., M.Pd.	Ahli media

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

Jember, 2 Agustus 2017
 Dosen Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si.
 NIP. 19640501 199002 1 001

Keterangan:
 Dibuat rangkap 3 : masing-masing untuk Kombi, Dosen Pembimbing dan, Mahasiswa.
 *) Segala yang terkait dengan akomodasi validator ditanggung mahasiswa yang bersangkutan.

Lampiran C1. Lembar Validasi Ahli Materi

LEMBAR VALIDASI PRODUK BUKU NONTEKS

OLEH AHLI MATERI

“PENGENDALIAN *Pratylenchus coffeae* PADA TANAMAN KOPI ARABIKA
MENGUNAKAN MIKORIZA PLUS MHB (*Mychorriza Helper Bacteria*).”

I. Identitas Validator (Untuk Ahli Materi)

Nama : Dra. Pujiastuti M. S.
 Alamat : Perumahan Griya Kegal Besar B.E.1
 No.Telp./Handphone : 08124979520
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Usia : 57 Tahun
 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:

- Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan memberi tanda check list (√) pada kolom skor yang telah disediakan.
- 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 menlingkarisalah satu pilihan yang tersedia guna keberlanjutan produk buku ilmiah populer yang telah disusun.

III. Instrumen Penilaian

		4	3	2	1
Teknik Penyajian	Konsistensi sistematika sajian dalam bab		✓		
	Kelogisan penyajian dan keruntutan konsep		✓		
	Koherensi substansi antar bab		✓		
	Keseimbangan substansi antar bab		✓		
Pendukung Penyajian Materi	Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi		✓		
	Kesesuaian gambar dan keterangan	✓			
	Adanya rujukan/sumber acuan		✓		
Kelayakan Kebahasaan	Ketepatan struktur kalimat		✓		
	Kefektifan kalimat		✓		
	Kebakuan istilah		✓		
	Bahasa (EYD, kata, kalimat dan paragraf) digunakan dengan tepat, lugas dan jelas sehingga mudah dipahami pembaca.		✓		
	Pemahaman terhadap pesan atau informasi		✓		
JUMLAH SKOR KESELURUHAN			37		

Saran dan komentar perbaikan Produk Buku Nonteks:

1. font (huruf) terlalu kecil
2. Mula foto/gambar mikroskopis kemudian dikayahi dengan ukuran per besaran nya contoh hal 25
3. Mestinya ada foto awal dari yg dikayahi oleh Pratylenchus (Laboratory host apa) → pampalan tumbuhan

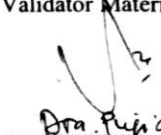
Kesimpulan:

Berdasarkan penilaian diatas, maka produk buku ini:

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

Jember... 13 Agustus 2017

Validator Materi


..... Dra. Puji Astuti, M. Ed.

JEMBER

Lampiran C1. Lembar Validasi Ahli Media

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

**“PENGENDALIAN *Pratylenchus coffeae* PADA TANAMAN KOPI ARABIKA
MENGUNAKAN MIKORIZA PLUS MHB (*Mychorriza Helper Bacteria*).”**

I. Identitas Validator (Untuk Ahli Media)

Nama : Ika Lita N. S.Pd. M.Pd
 Alamat :
 No.Telp./Handphone : 0856 5094 7944
 Jenis Kelamin :
 Usia :
 Pekerjaan :

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:

- Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan memberi tanda check list (√) pada kolom skor yang telah disediakan.
- 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 menlingkarisalah satu pilihan yang tersedia guna keberlanjutan produk buku ilmiah populer yang telah disusun.

III. Instrumen Penilaian

Sub 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 mengembangkan pengetahuan pembaca			✓
Produk bersifat informatif				✓	
Secara keseluruhan produk buku menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca				✓	
Keruntutan penyajian bersifat sistematis				✓	
JUMLAH SKOR KESELURUHAN		33			

Saran dan komentar perbaikan Produk Buku Nonteks:

- Layout lebih baik menggunakan gambar yang masih ada lisensinya dengan isi buku
- Jangan mepet dgn bagian bawah layout
- Halaman tidak gelas
- Keterangan huruf pada gambar tidak gelas, sebaiknya pilih warna yang kontras dan mencolok.
- Konsistensi dalam penulisan perlu dicek lagi.
- Cover depan, nama penulis terlalu besar. Priban di cover belakang kurang kontras dgn background
- Ebr 25 kurang gelas.

Kesimpulan:

Berdasarkan penilaian diatas, maka produk buku ini:

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

Jember, 07 Ags 2017

Validator Media



Ika Lia Novenda

JEMBER

LAMPIRAN D. HASIL DATA PENELITIAN**D1. Tinggi tanaman 16 minggu**

Perlakuan	tinggi (cm) minggu 4	tinggi (cm) minggu 8	tinggi (cm) minggu 12	tinggi (cm) minggu 16
A1.1	13.2	17.5	21.2	25
A1.2	11.6	26.4	23.7	26
A1.3	14	18.5	21	26.5
A1.4	14.2	18.4	23	26
A2.1	11.7	19.2	25.1	33
A2.2	13.4	16.4	20	32
A2.3	11.4	17.2	20	29
A2.4	12.9	19.4	24.1	27.5
A3.1	11	16.2	27	32
A3.2	12.2	17.3	20	26
A3.3	12.1	19.2	21.3	28
A3.4	13	15.6	22.1	30
A4.1	10.1	17.2	21.4	29
A4.2	11.5	18	22.6	27
A4.3	13.2	17.2	20	26
A4.4	10	17.2	21	26.5
A5.1	13.2	17	20.3	26.5
A5.2	9.8	15.8	22	27
A5.3	10.2	17.2	22	28
A5.4	12.5	15.9	20.1	26.5
A6.1	11.6	16.2	21.2	25
A6.2	8.9	18.2	29.2	35
A6.3	13	17.6	20.2	16.9
A6.4	11.2	16	20.1	27.5

D2. Berat basah akar, Berat basah tajuk, dan Berat kering tajuk

Perlakuan	Berat Basah Akar	Berat Basah Tajuk	Berat Kering Tajuk
A1.1	0.10	0.75	0.36
A1.2	0.14	1.01	0.27
A1.3	0.12	0.71	0.49
A1.4	0.16	1.0	0.43
A2.1	0.17	1.94	0.56
A2.2	0.20	1.04	0.52
A2.3	0.18	1.18	0.75
A2.4	0.22	1.88	0.89
A3.1	0.15	0.98	0.46
A3.2	0.16	0.50	0.47
A3.3	0.14	0.91	0.39
A3.4	0.18	0.89	0.44
A4.1	0.35	2.25	0.77
A4.2	0.20	2.40	0.69
A4.3	0.30	1.61	0.66
A4.4	0.33	1.90	0.75
A5.1	0.28	2.47	0.67
A5.2	0.27	2.10	0.60
A5.3	0.24	1.07	0.44
A5.4	0.30	1.45	0.45
A6.1	0.15	1.18	0.40
A6.2	0.20	1.01	0.57
A6.3	0.12	1.00	0.32
A6.4	0.24	0.99	0.30

D3. Skor Kerusakan Akar dan Derajat Infeksi Akar

Perlakuan	skor kerusakan akar	derajat infeksi
A1.1	45.00	0
A1.2	25.00	0
A1.3	40.00	0
A1.4	40.00	0
A2.1	40.00	90.00
A2.2	20.00	85.00
A2.3	15.00	90.00
A2.4	30.00	87.00
A3.1	40.00	87.00
A3.2	20.00	87.00
A3.3	30.00	90.00
A3.4	45.00	85.00
A4.1	20.00	88.00
A4.2	20.00	87.00
A4.3	25.00	85.00
A4.4	40.00	85.00
A5.1	45.00	90.00
A5.2	50.00	83.00
A5.3	5.00	91.00
A5.4	30.00	90.00
A6.1	50.00	100.00
A6.2	20.00	95.00
A6.3	10.00	97.00
A6.4	30.00	100.00

D4. Jumlah Nematoda Akar, Tanah, dan Total

Perlakuan	Nematoda akar	Nematoda tanah	Nematoda total
A1.1	1223.00	13.00	1236.00
A1.2	1243.00	17.00	1260.00
A1.3	1273.00	23.00	1296.00
A1.4	1238.00	16.00	1254.00
A2.1	834.00	23.00	857.00
A2.2	740.00	30.00	770.00
A2.3	713.00	37.00	750.00
A2.4	806.00	14.00	820.00
A3.1	874.00	13.00	887.00
A3.2	857.00	30.00	887.00
A3.3	867.00	30.00	837.00
A3.4	815.00	35.00	850.00
A4.1	920.00	17.00	937.00
A4.2	823.00	17.00	840.00
A4.3	877.00	20.00	897.00
A4.4	885.00	20.00	905.00
A5.1	687.00	30.00	717.00
A5.2	810.00	3.00	813.00
A5.3	693.00	40.00	733.00
A5.4	712.00	24.00	736.00
A6.1	515.00	20.00	535.00
A6.2	443.00	13.00	456.00
A6.3	450.00	30.00	480.00
A6.4	491.00	30.00	521.00

LAMPIRAN E. HASIL UJI ANALISIS ANOVA DAN UJI DUNCAN

E1. Tinggi tanaman

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Minggu ke 4	24	11.9125	1.41431	8.90	14.20
Minggu ke 8	24	17.7000	2.15528	15.60	26.40
Minggu ke 12	24	22.0250	2.36446	20.00	29.20
Minggu ke 16	24	27.5792	3.46698	16.90	35.00

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Minggu ke 4	Minggu ke 8
Normal Parameters ^{a,b}	N	24	24
	Mean	11.9125	17.7000
	Std. Deviation	1.41431	2.15528
Most Extreme Differences	Absolute	.132	.189
	Positive	.095	.189
	Negative	-.132	-.165
	Kolmogorov-Smirnov Z	.649	.924
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.794	.361

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Minggu ke 12	Minggu ke 16
Normal Parameters ^{a,b}	N	24	24
	Mean	22.0250	27.5792
	Std. Deviation	2.36446	3.46698
Most Extreme Differences	Absolute	.196	.199
	Positive	.196	.160
	Negative	-.196	-.199
	Kolmogorov-Smirnov Z	.960	.977
	Asymp. Sig. (2-tailed)	.316	.296

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

ONEWAY TT1 TT2 TT3 TT4 BY perlakuan /STATISTICS DESCRIPTIVES
HOMOGENEITY /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=DUNCAN ALPHA(0.05).

Oneway

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Minggu ke 4	.938	5	18	.480
Minggu ke 8	4.332	5	18	.009
Minggu ke 12	2.755	5	18	.051
Minggu ke 16	3.257	5	18	.029

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Minggu ke 4	Between Groups	13.184	5	2.637	1.446	.256
	Within Groups	32.822	18	1.823		
	Total	46.006	23			
Minggu ke 8	Between Groups	35.375	5	7.075	1.782	.167
	Within Groups	71.465	18	3.970		
	Total	106.840	23			
Minggu ke 12	Between Groups	9.300	5	1.860	.281	.918
	Within Groups	119.285	18	6.627		
	Total	128.585	23			
Minggu ke 16	Between Groups	61.877	5	12.375	1.038	.426
	Within Groups	214.583	18	11.921		
	Total	276.460	23			

**Post Hoc Tests
Homogeneous Subsets**

Minggu ke 4

Duncan^a

perlakuan	Subset for alpha = 0.05	
	N	1
A6	4	11.1750
A4	4	11.2000
A5	4	11.4250
A3	4	12.0750
A2	4	12.3500
A1	4	13.2500
Sig.		.068

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Minggu ke 8

Duncan^a

perlakuan	Subset for alpha = 0.05		
	N	1	2
A5	4	16.4750	
A6	4	17.0000	17.0000
A3	4	17.0750	17.0750
A4	4	17.4000	17.4000
A2	4	18.0500	18.0500
A1	4		20.2000
Sig.		.327	.054

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Minggu ke 12

Duncan^a

perlakuan	Subset for alpha = 0.05	
	N	1
A5	4	21.1000
A4	4	21.2500
A1	4	22.2250
A2	4	22.3000
A3	4	22.6000
A6	4	22.6750
Sig.		.451

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

Minggu ke 16

Duncan^a

perlakuan	Subset for alpha = 0.05	
	N	1
A1	4	25.8750
A6	4	26.1000
A5	4	27.0000
A4	4	27.1250
A3	4	29.0000
A2	4	30.3750
Sig.		.118

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

E 2. Berat Basah Akar

Descriptives

berat basah akar

					95% Confidence Interval for Mean	
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
A1	4	.1300	.02582	.01291	.0889	.1711
A2	4	.1925	.02217	.01109	.1572	.2278
A3	4	.1575	.01708	.00854	.1303	.1847
A4	4	.2950	.06658	.03329	.1891	.4009
A5	4	.2725	.02500	.01250	.2327	.3123
A6	4	.1775	.05315	.02658	.0929	.2621
Total	24	.2042	.07034	.01436	.1745	.2339

ANOVA

berat basah akar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.086	5	.017	11.029	.000
Within Groups	.028	18	.002		
Total	.114	23			

berat basah akar

Duncan^a

perlakuan	Subset for alpha = 0.05		
	N	1	2
A1	4	.1300	
A3	4	.1575	
A6	4	.1775	
A2	4	.1925	
A5	4		.2725
A4	4		.2950
Sig.		.053	.430

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Descriptives

berat basah akar

					95% Confidence Interval for Mean	
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
A1	4	.1300	.02582	.01291	.0889	.1711
A2	4	.1925	.02217	.01109	.1572	.2278
A3	4	.1575	.01708	.00854	.1303	.1847
A4	4	.2950	.06658	.03329	.1891	.4009
A5	4	.2725	.02500	.01250	.2327	.3123
A6	4	.1775	.05315	.02658	.0929	.2621

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

E. 3. Berat Basah Tajuk

Descriptives

berat basah tajuk

					95% Confidence Interval for Mean	
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
A1	4	.8675	.15966	.07983	.6134	1.1216
A2	4	1.5100	.46605	.23302	.7684	2.2516
A3	4	.8200	.21679	.10840	.4750	1.1650
A4	4	2.0400	.35506	.17753	1.4750	2.6050
A5	4	1.7725	.63015	.31508	.7698	2.7752
A6	4	1.0450	.09037	.04518	.9012	1.1888
Total	24	1.3425	.57519	.11741	1.0996	1.5854

ANOVA

berat basah tajuk

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.146	5	1.029	7.522	.001
Within Groups	2.463	18	.137		
Total	7.609	23			

berat basah tajuk

Duncan^a

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
A3	4	.8200		
A1	4	.8675		
A6	4	1.0450	1.0450	
A2	4		1.5100	1.5100
A5	4			1.7725
A4	4			2.0400
Sig.		.427	.092	.070

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

E.4 Skor Kerusakan Akar

Descriptives

skor kerusakan akar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
A1	4	37.5000	8.66025	4.33013	23.7196	51.2804
A2	4	26.2500	11.08678	5.54339	8.6085	43.8915
A3	4	33.7500	11.08678	5.54339	16.1085	51.3915
A4	4	26.2500	9.46485	4.73242	11.1893	41.3107
A5	4	32.5000	20.20726	10.10363	.3457	64.6543
A6	4	27.5000	17.07825	8.53913	.3247	54.6753
Total	24	30.6250	12.79542	2.61185	25.2220	36.0280

ANOVA

skor kerusakan akar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	434.375	5	86.875	.469	.794
Within Groups	3331.250	18	185.069		
Total	3765.625	23			

skor kerusakan akar

Duncan^a

perlakuan	Subset for alpha = 0.05	
	N	1
A2	4	26.2500
A4	4	26.2500
A6	4	27.5000
A5	4	32.5000
A3	4	33.7500
A1	4	37.5000
Sig.		.311

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size 4,000.

E.5. Berat Kering Tajuk

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
berat kering tajuk	24	.5183	.10171	.27	.70

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		berat kering tajuk
N		24
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.5183
	Std. Deviation	.10171
Most Extreme Differences	Absolute	.118
	Positive	.118
	Negative	-.099
Kolmogorov-Smirnov Z		.580
Asymp. Sig. (2-tailed)		.889

a. Test distribution is Normal.

Descriptives

berat kering tajuk

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					A1	4		
A2	4	.5400	.03651	.01826	.4819	.5981	.50	.58
A3	4	.4400	.03559	.01780	.3834	.4966	.39	.47
A4	4	.5400	.03162	.01581	.4897	.5903	.51	.58
A5	4	.5700	.08042	.04021	.4420	.6980	.50	.67
A6	4	.6325	.08421	.04211	.4985	.7665	.51	.70
Total	24	.5183	.10171	.02076	.4754	.5613	.27	.70

Test of Homogeneity of Variances

berat kering tajuk

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.083	5	18	.115

ANOVA

berat kering tajuk

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.160	5	.032	7.332	.001
Within Groups	.078	18	.004		
Total	.238	23			

berat kering tajuk

Duncan^a

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
A1	4	.3875		
A3	4	.4400	.4400	
A2	4		.5400	.5400
A4	4		.5400	.5400
A5	4			.5700
A6	4			.6325
Sig.		.275	.056	.084

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

E.6. Nematoda Akar

Descriptives

nematoda akar

					95% Confidence Interval for Mean	
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
A1	4	1244.2500	20.96624	10.48312	1210.8880	1277.6120
A2	4	773.2500	56.26944	28.13472	683.7128	862.7872
A3	4	853.2500	26.43703	13.21852	811.1828	895.3172
A4	4	876.2500	40.11130	20.05565	812.4240	940.0760
A5	4	725.5000	57.33236	28.66618	634.2714	816.7286
A6	4	474.7500	34.17967	17.08984	420.3625	529.1375
Total	24	824.5417	236.72548	48.32139	724.5813	924.5021

ANOVA

nematoda akar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1257789.208	5	251557.842	145.565	.000
Within Groups	31106.750	18	1728.153		
Total	1288895.958	23			

nematoda akar

Duncan^a

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
A6	4	474.7500			
A5	4		725.5000		
A2	4		773.2500		
A3	4			853.2500	
A4	4			876.2500	
A1	4				1244.2500
Sig.		1.000	.122	.444	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

E.7. Nematoda Tanah

Descriptives

nematoda tanah

					95% Confidence Interval for Mean	
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
A1	4	17.2500	4.19325	2.09662	10.5776	23.9224
A2	4	26.0000	9.83192	4.91596	10.3552	41.6448
A3	4	27.0000	9.62635	4.81318	11.6823	42.3177
A4	4	18.5000	1.73205	.86603	15.7439	21.2561
A5	4	24.2500	15.62850	7.81425	-.6184	49.1184
A6	4	23.2500	8.30161	4.15080	10.0403	36.4597
Total	24	22.7083	9.05769	1.84889	18.8836	26.5331

ANOVA

nematoda tanah

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	317.708	5	63.542	.729	.611
Within Groups	1569.250	18	87.181		
Total	1886.958	23			

nematoda tanah

Duncan^a

perlakuan	Subset for alpha = 0.05	
	N	Mean
A1	4	17.2500
A4	4	18.5000
A6	4	23.2500
A5	4	24.2500
A2	4	26.0000
A3	4	27.0000
Sig.		.205

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

nematoda tanah

Duncan^a

perlakuan	Subset for alpha = 0.05	
	N	1
A1	4	17.2500
A4	4	18.5000
A6	4	23.2500
A5	4	24.2500
A2	4	26.0000
A3	4	27.0000
Sig.		.205

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

E.8. Nematoda Total

Descriptives

nematoda total

					95% Confidence Interval for Mean	
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
A1	4	1258.2500	29.93743	14.96872	1210.6129	1305.8871
A2	4	799.2500	48.46562	24.23281	722.1304	876.3696
A3	4	865.2500	25.66937	12.83469	824.4043	906.0957
A4	4	894.7500	40.38461	20.19230	830.4891	959.0109
A5	4	749.7500	42.98352	21.49176	681.3536	818.1464
A6	4	498.0000	36.45088	18.22544	439.9985	556.0015
Total	24	844.2083	232.85188	47.53069	745.8836	942.5331

ANOVA

nematoda total

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1220926.208	5	244185.242	168.186	.000
Within Groups	26133.750	18	1451.875		
Total	1247059.958	23			

nematoda total

Duncan^a

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
A6	4	498.0000			
A5	4		749.7500		
A2	4		799.2500		
A3	4			865.2500	
A4	4			894.7500	
A1	4				1258.2500
Sig.		1.000	.083	.288	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

E.9. Derajat Infeksi

Descriptives

derajat infeksi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
A1	4	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000
A2	4	88.0000	2.44949	1.22474	84.1023	91.8977
A3	4	87.2500	2.06155	1.03078	83.9696	90.5304
A4	4	86.2500	1.50000	.75000	83.8632	88.6368
A5	4	88.5000	3.69685	1.84842	82.6175	94.3825
A6	4	98.0000	2.44949	1.22474	94.1023	101.8977
Total	24	74.6667	34.40256	7.02239	60.1397	89.1936

ANOVA

derajat infeksi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	27124.833	5	5424.967	1011.911	.000
Within Groups	96.500	18	5.361		
Total	27221.333	23			

derajat infeksi

Duncan^a

perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
A1	4	.0000		
A4	4		86.2500	
A3	4		87.2500	
A2	4		88.0000	
A5	4		88.5000	
A6	4			98.0000
Sig.		1.000	.223	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

LAMPIRAN F. SURAT 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 : Arum Dina Hidayati
NIM : 130210103095
Program Studi : Pendidikan Biologi
Jurusan : Pendidikan MIPA
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan
No. Hp : 081333686471

Mengajukan permohonan ijin penelitian di Laboratorium Biologi FKIP Universitas Jember dengan judul "Pengaruh Inokulan Cair Hasil Reformulasi *Mycorrhiza Helper Bacteria*(*Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis*) dan Mikoriza (*Glomus Spp.*) Terhadap Populasi *Pratylenchus coffeae* Dan Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika Serta Pemanfaatannya Sebagai Leaflet."

Dengan ketentuan bersedia mematuhi segala persyaratan yang telah ditentukan oleh laboratorium/instansi tersebut di atas.

Jember, 31 Agustus 2016

Mahasiswa pemohon

Mengetahui
Dosen Pembimbing II

Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P.
NIP. 197306142008012008

Arum Dina Hidayati
NIM. 130210103095

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 Barang	Jumlah	Tanggal peminjaman	Tanggal kembali	Keterangan
1.	LAF	1	3/9 - 16	7/10/16	} kembali
2.	Autoclave	1	3/9 - 16	7/10/16	
3.	Shaker	1	3/9 - 16	7/10/16	
4.	Panorngas	1	3/9 - 16	7/10/16	
5.	Timbangan digital	1	3/9 - 16	7/10/16	
6.	Vortex	1	8/9 - 16	7/10/16	
7.	NH ₄ Cl	6 g	16-9-16		
8.	KH ₂ PO ₄	8 g	16-9-16		
9.	NH ₄ Cl	2 gr	21-10-16		
10.	NB	100 gr	21-10-16		
11.	Erlen 1000 ml	2	10-11-16	} 30-11-16	} [Signature]
12.	Erlen 500 ml	1	10-11-16		
13.	Erlenmeyer 1000ml	2	14-11-16		
14.	Shaker	1	16-11-16		
15.	Pinset	2	30-1-17	30-1-17	} kembali
16.					
17.					
18.					
19.					
20.					
21.					
22.					
23.					
24.					
25.					
26.					
27.					
28.					
29.					
30.					
31.					
32.					



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.uncj.ac.id

Nomor **0589**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 : Arum Dina Hidayati
NIM : 130210103095
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Biologi

Berkenaan dengan penyelesaian studinya, mahasiswa tersebut bermaksud melakukan penelitian identifikasi nematoda di Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang Saudara pimpin, dengan judul penelitian "Pengaruh Inokulasi Cair Hasil Reformulasi *Mikoriza Helper Bacteria* (*Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis*) dan Mikoriza (*Glomus* spp.) Terhadap Populasi *Pratylenchus coffeae* dan Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika".

Sehubungan dengan hal tersebut, mohon Saudara berkenan memberikan izin dan sekaligus memberikan bantuan informasi yang diperlukannya.

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

a.n. Dekan
Pembantu Dekan I,

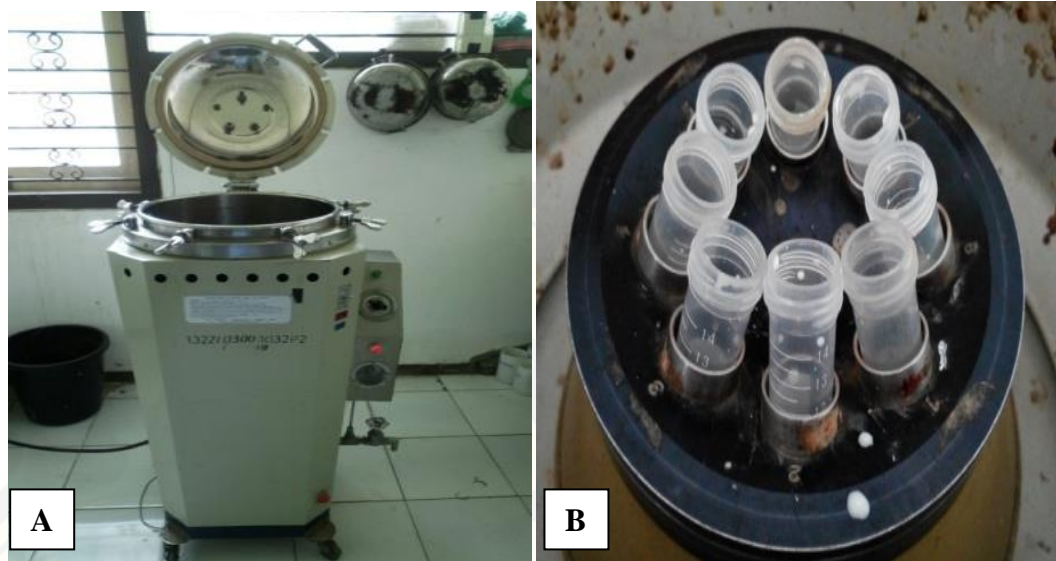


Dr. Sukatman, M.Pd.
NIP.19640123 199512 1 001

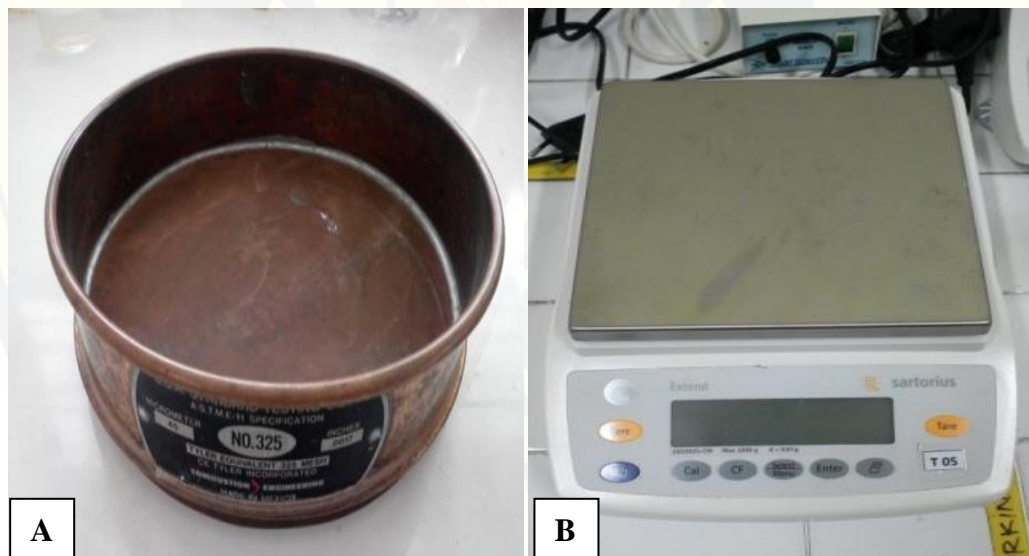
Tembusan Yth:

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

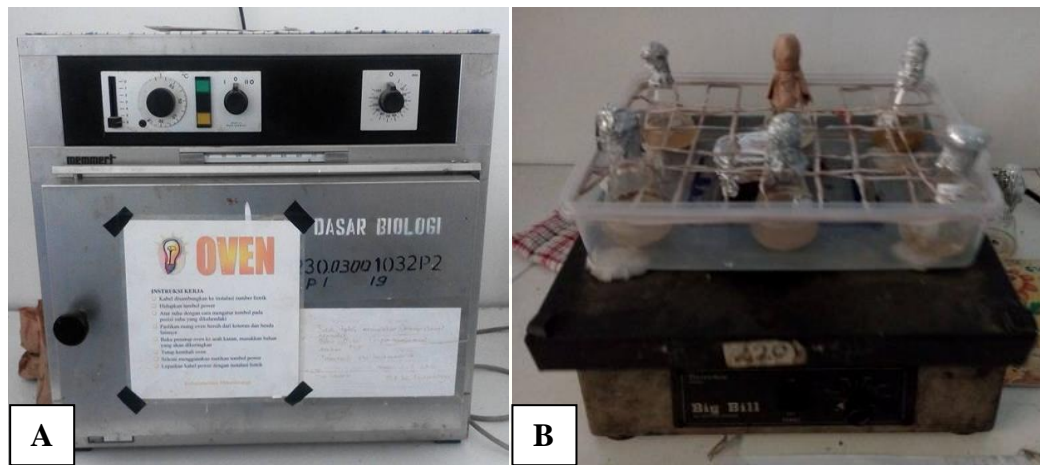
LAMPIRAN G. DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1. A) Autoclave untuk sterilisasi alat penelitian; B) Sentrifuge untuk memisahkan suspensi hasil ekstraksi akar.



Gambar 2. A) Neraca Analitik untuk menimbang Berat akar, tajuk serta mikoriza; B) Saringan 325 mesh untuk menyaring hasil ekstraksi nematoda.



Gambar 3. A) Oven untuk mengeringkan tajuk bibit kopi arabika; B) Shaker untuk menghomogenkan suspensi bakteri dan media.



Gambar 4. A) Stok KH_2PO_4 dan NH_4Cl untuk reformulasi MHB; B) Isolat Bakteri *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis* sebagai bahan aktif MHB.



Gambar 5. A) Penyemaian Biji Kopi Arabika; B) Bibit Tanaman Kopi dalam pot siap aplikasi;



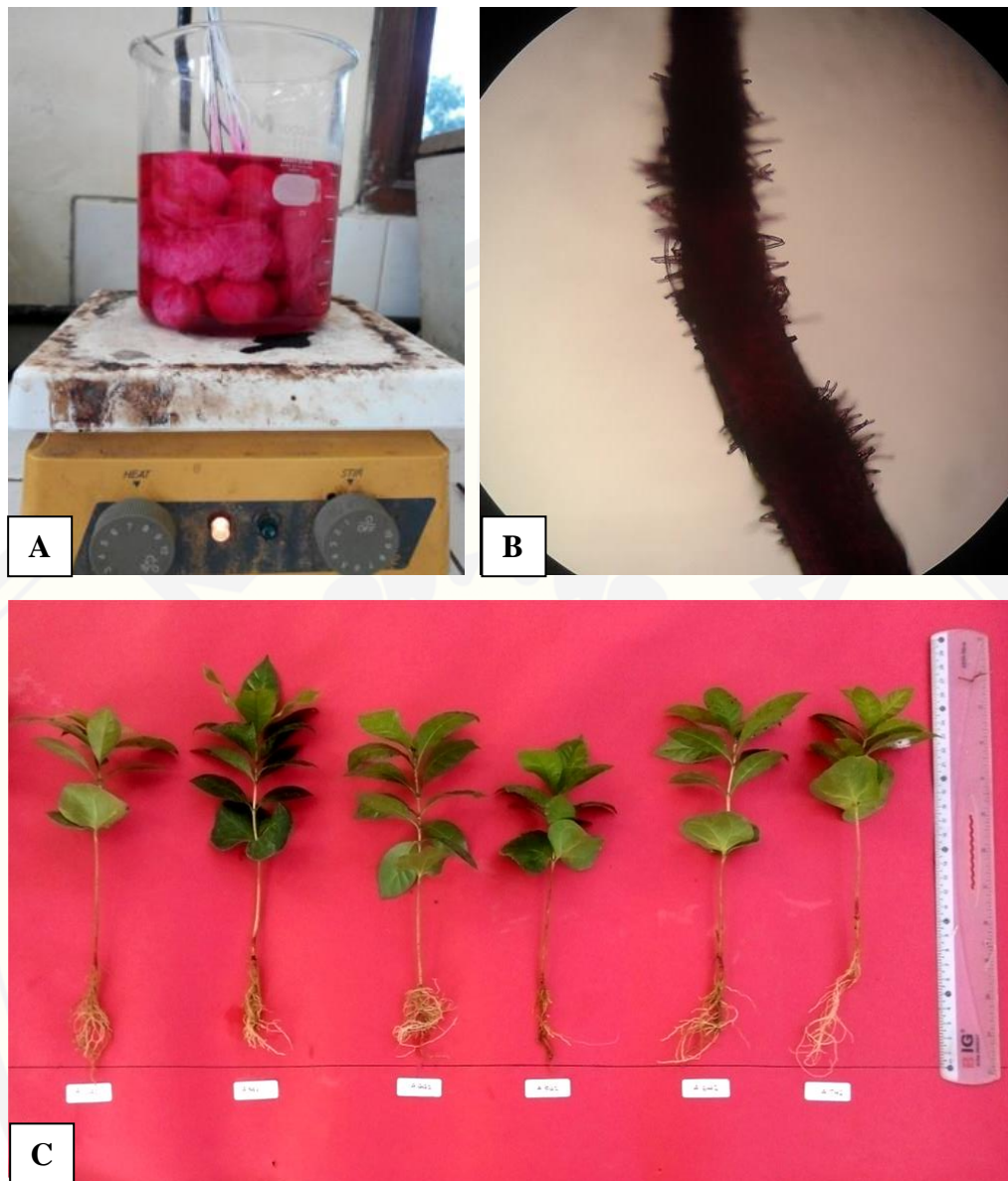
Gambar 6. A) Pengukuran Bibit Kopi setiap 4 minggu sekali; B) Persiapan pembuatan MHB.



Gambar 7. A) Mengambil Sampel Pohon Kopi arabika yang terserang nematoda; B) Persiapan Aplikasi



Gambar 8 A) Ekstraksi Tanah ; B) Penyaringan Hasil Nematoda.



Gambar 9. A) Pewarnaan akar; B) Akar Bibit Kopi terinfeksi Mikoriza *Glomus* spp. (perbesaran 4x10); C) Performansi Tajuk Bibit Kopi Arabika Pasca Panen.

LAMPIRAN H. LEMBAR KONSULTASI



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 : Arum Dina Hidayati
NIM : 130210103095
Jurusan/Program Studi : Pendidikan MIPA/Pendidikan Biologi
Judul : Pengaruh Hasil Reformulasi dengan Penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB(*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. Terhadap Populasi *Pratylenchus coffeae* dan Pertumbuhan Bibit Kopi Serta Pemanfaatannya Sebagai Buku Nonteks.
Pembimbing Utama : **Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si.**
Pembimbing Anggota : Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P.

Kegiatan Konsultasi

No.	Hari/tanggal	Materi Konstasi	Tanda Tangan Pembimbing
1	12 Agustus 2016	Pengajuan Judul	
2	10 Januari 2017	Pengajuan BAB 1, 2, dan 3	
3	17 Januari 2017	Konsultasi BAB 1, 2, dan 3	
4	1 Februari 2017	Revisi BAB 1, 2, dan 3	
5	6 Februari 2017	ACC Seminar Proposal	
6	15 Maret 2017	Seminar Proposal Skripsi	
7	9 Juni 2017	Penyerahan Hasil dan Analisis Penelitian	
8	13 Juli 2017	Pengajuan BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
10	20 Juli 2017	Konsultasi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
11	11 Agustus 2017	Revisi BAB 1, 2, 3, 4, 5	
12	22 Agustus 2017	Konsultasi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
13	12 September 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.unej.ac.id

LEMBAR KONSULTASI PENYUSUNAN SKRIPSI

Pembimbing Anggota

Nama : Arum Dina Hidayati
 NIM : 130210103095
 Jurusan/Program Studi : Pendidikan MIPA/Pendidikan Biologi
 Judul : Pengaruh Hasil Reformulasi dengan Penambahan KH_2PO_4 dan NH_4Cl pada MHB (*Mycorrhiza Helper Bacteria*) dan *Glomus* spp. Terhadap Populasi *Pratylenchus coffeae* dan Pertumbuhan Bibit Kopi Serta Pemanfaatannya Sebagai Buku Nonteks.
 Pembimbing Utama : Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si.
 Pembimbing Anggota : Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P.

Kegiatan Konsultasi

No.	Hari/tanggal	Materi Konsultasi	Tanda Tangan Pembimbing
1	12 Agustus 2016	Pengajuan Judul	
2	15 Desember 2016	Pengajuan BAB 1, 2, dan 3	
3	17 Januari 2017	Konsultasi BAB 1, 2, dan 3	
4	26 Januari 2017	Revisi BAB 1, 2, dan 3	
5	1 Februari 2017	ACC Seminar Proposal	
6	15 Maret 2017	Seminar Proposal Skripsi	
7	5 Juni 2017	Penyerahan Hasil dan Analisis Penelitian	
8	21 Juni 2017	Pengajuan BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
10	7 Juli 2017	Konsultasi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
11	21 Juli 2017	Revisi BAB 1, 2, 3, 4, 5	
12	8 Agustus 2017	Konsultasi BAB 1, 2, 3, 4, dan 5	
13	22 Agustus 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