



**IDENTIFIKASI DAN UJI POTENSI (PENGENDALI HAYATI) BAKTERI
PELARUT FOSFAT DARI RHIZOSFER TANAMAN KOPI (*Coffea* sp.)
YANG TERSERANG NEMATODA (*Pratylenchus coffeae*) SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI POSTER**

SKRIPSI

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

Oleh:

**Dita Paramytha A
NIM. 140210103068**

**Dosen Pembimbing I : Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P.
Dosen Pembimbing II : Dra. Pujiastuti, M. Si.**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**IDENTIFIKASI DAN UJI POTENSI (PENGENDALI HAYATI) BAKTERI
PELARUT FOSFAT DARI RHIZOSFER TANAMAN KOPI (*Coffea* sp.)
YANG TERSERANG NEMATODA (*Pratylenchus coffeae*) SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI POSTER**

SKRIPSI

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

Oleh:

**Dita Paramytha A
NIM. 140210103068**

**Dosen Pembimbing I : Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P.
Dosen Pembimbing II : Dra. Pujiastuti, M. Si.**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah Subhaanahu Wa Ta'aala yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, serta sholawat yang senantiasa dipanjatkan kepada Nabi Muhammad Shallallaahu 'Alayhi Wasallaam yang telah memberi petunjuk menuju jalan kebenaran. Dengan segala kerendahan hati skripsi ini akan ku persembahkan dengan penuh cinta dan kasih kepada :

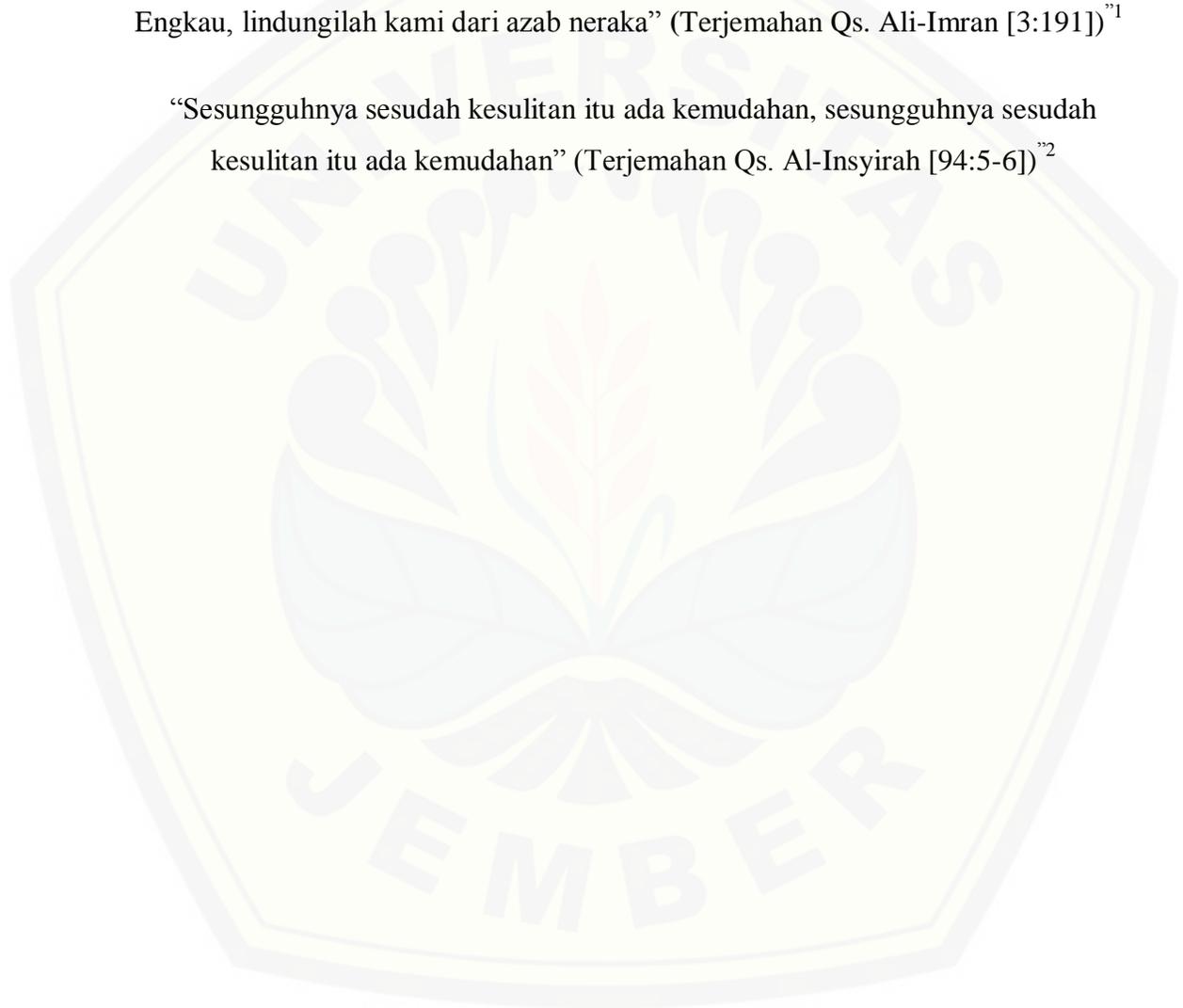
1. Orangtua tercinta, Bapak Mursidi dan Ibu Suparmi, saudara saya Mbak Dici Redo M dan adek Dhea Intan S, keponakan kecil saya Dzakira Khansa Adiva, serta seluruh keluarga besar yang terus dan selalu memanjatkan doa terbaik kepada Allah Subhaanahu Wa Ta'aala demi kelancaran dan kesuksesan putrinya ini didunia dan akhirat.
2. Guru saya pada saat SD, SMP dan SMA serta seluruh Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Jember, yang tidak pernah lelah mencurahkan waktu, tenaga dan ilmunya untuk mendidik serta membimbing saya selama ini.
3. Almamater tercinta Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember yang kubanggakan.

MOTTO

“(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi sambil berkata

“ Wahai Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Maha Suci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka” (Terjemahan Qs. Ali-Imran [3:191])¹

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” (Terjemahan Qs. Al-Insyirah [94:5-6])²



¹Departemen Agama RI. 2009. Al-Quran dan terjemahannya Mushaf Khadijah. Jakarta: Al Fatih.

²Departemen Agama RI. 2009. Al-Quran dan terjemahannya Mushaf Khadijah. Jakarta: Al Fatih.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dita Paramytha A

NIM : 140210103068

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul :
“Identifikasi dan Uji Potensi (Pengendali Hayati) Bakteri Pelarut Fosfat Dari
Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) yang Terserang Nematoda (*Pratylenchus coffeae*) serta
Pemanfaatannya Sebagai Poster” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali
jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan
pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas
keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap dan etika ilmiah yang harus
dijunjung tinggi.

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

Jember, Juni 2018
Yang menyatakan,

Dita Paramytha A
NIM.140210103068

SKRIPSI

**IDENTIFIKASI DAN UJI POTENSI (PENGENDALI HAYATI) BAKTERI
PELARUT FOSFAT DARI RHIZOSFER TANAMAN KOPI (*Coffea sp.*)
YANG TERSERANG NEMATODA (*Pratylenchus coffeae*) SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI POSTER**

Oleh

**Dita Paramytha A
NIM 140210103068**

Pembimbing

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

Pembimbing Anggota : Dra. Pujiastuti, M.Si
NIP : 19610222 198702 2 001

PERSETUJUAN

**IDENTIFIKASI DAN UJI POTENSI (PENGENDALI HAYATI) BAKTERI
PELARUT FOSFAT DARI RHIZOSFER TANAMAN KOPI (*Coffea* sp.)
YANG TERSERANG NEMATODA (*Pratylenchus coffeae*) SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI POSTER**

SKRIPSI

Digunakan guna menyelesaikan tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan dan mencapai gelar sarjana (S1) pada Program Studi Pendidikan Biologi

Oleh :

Nama : Dita Paramytha A
NIM : 140210103068
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Biologi
Angkatan Tahun : 2014
Daerah Asal : Situbondo
Tempat, Tanggal Lahir : Situbondo, 10 Agustus 1996

Disetujui,

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

Dra. Pujiastuti, M.Si
NIP. 19610222 198702 2 001

PENGESAHAN

Skripsi ini berjudul “Identifikasi Dan Uji Potensi (Pengendali Hayati) Bakteri Pelarut Fosfat Dari Rhizosfer Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) Yang Terserang Nematoda (*Pratylenchus coffeae*) Serta Pemanfaatannya Sebagai Poster” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Senin, 4 Juni 2018

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

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

Dra. Pujiastuti, M.Si.
NIP. 19610222 198702 2 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si
NIP.19610222 198702 2 001

Siti Murdiah, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19790503 200604 2 001

Mengesahkan,
Dekan FKIP Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Identifikasi Dan Uji Potensi (Pengendali Hayati) Bakteri Pelarut Fosfat Dari Rhizosfer Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) Yang Terserang Nematoda (*Pratylenchus coffeae*) Serta Pemanfaatannya Sebagai Poster; Dita Paramytha A, 140210103068; 2018; halaman; Program Studi Pendidikan Biologi; Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Bakteri pelarut fosfat adalah mikroorganismenya yang dapat meningkatkan efisiensi fosfat yang berasal dari pupuk dengan cara melarutkan fosfat sehingga dapat diserap oleh tanaman (Ginting, 2006). Bakteri yang sering dilaporkan dapat melarutkan fosfat diantaranya adalah anggota genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, dan *Staphylococcus* (Dermiyati, 2009; Asyiah *et al.*, 2015; Marista *et al.*, 2013). Selain itu, keberadaan bakteri pelarut fosfat terbukti mampu menekan populasi nematoda pada tanaman kopi (Harni, 2013; Asyiah *et al.*, 2015).

Mikroba pelarut fosfat banyak ditemukan pada rhizosfer tanaman seperti pisang, padi, kopi dan lainnya (Marista *et al.*, 2014; Prayudyaningsih *et al.*, 2015; Asyiah *et al.*, 2015). Data dari Ditjenbun (2016) menunjukkan angka produksi tanaman kopi mengalami penurunan dari tahun 2002-2015. Penurunan produktivitas disebabkan salah satunya oleh nematoda. Hampir semua sentra produksi kopi di Indonesia terserang nematoda peluka akar jenis *Pratylenchus coffeae* termasuk di perkebunan Kalibendo, Banyuwangi. Penurunan produksi kopi Robusta dan Arabika oleh nematoda jenis ini bisa mencapai 78,4-95% (Wiryadiputra, 1995; Sulistyowati *et al.*, 2012).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menanggulangi ini, agen hayati telah banyak dipilih dikarenakan sangat mendahulukan kepentingan ekologis (Wiryadiputra, 2002). Seperti yang dijelaskan bahwa bakteri pelarut fosfat berpotensi sebagai agen hayati pengendali nematoda. Oleh karena itu perlu dilakukannya penelitian mengenai identifikasi bakteri pelarut fosfat dari rhizosfer tanaman kopi yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae* serta uji potensinya sebagai agen

pengendali hayati di PT. Perkebunan Kalibendo. Hasil penelitian akan dijadikan produk pendidikan berupa poster. Poster adalah suatu gagasan yang dicetuskan dalam bentuk ilustrasi gambar sederhana dibuat dalam ukuran besar, bertujuan untuk menarik perhatian, membujuk dan memotivasi (Sudjana dan Rivai, 2007).

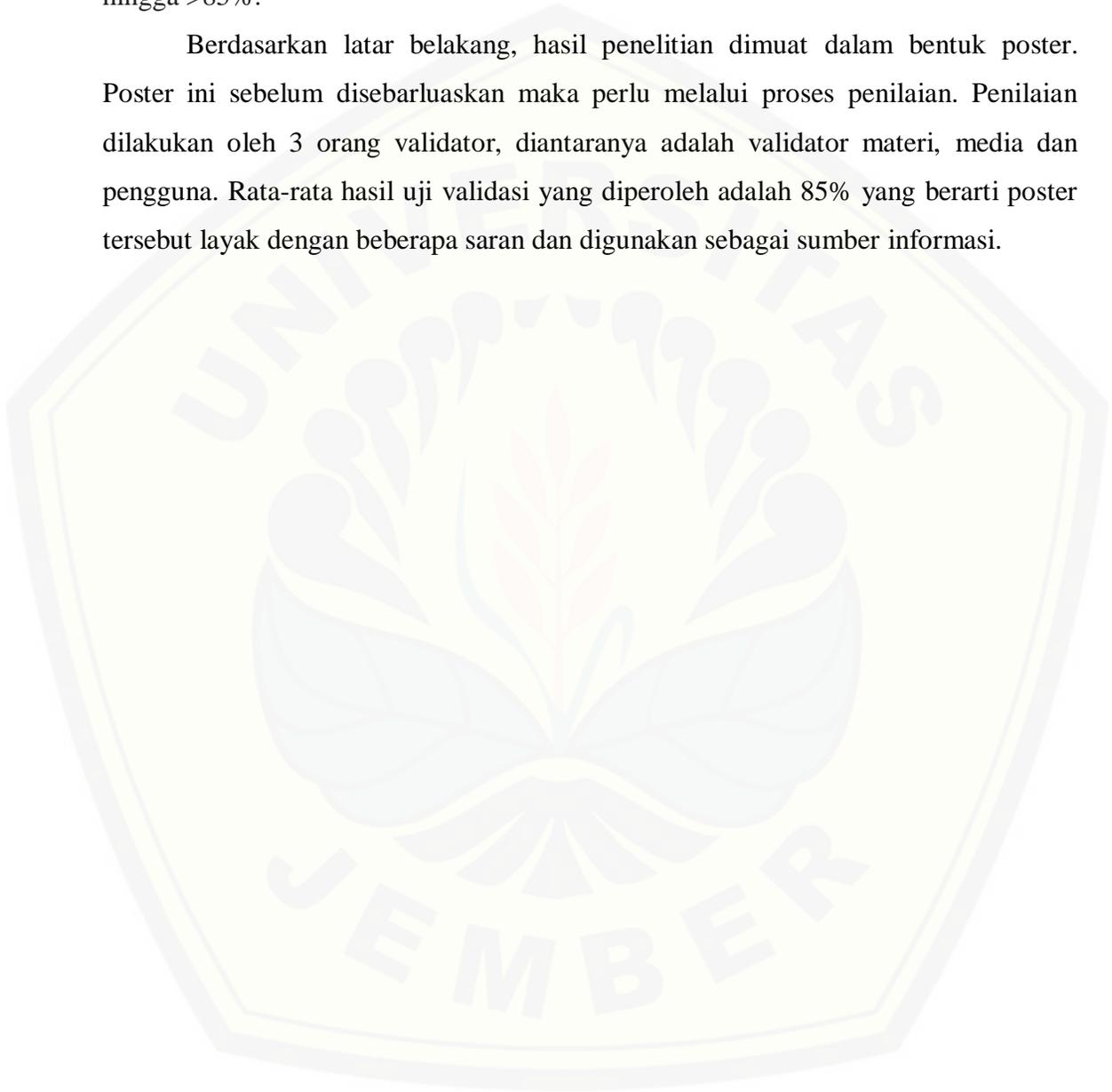
Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksploratif yang mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri pelarut fosfat pada rhizosfer tanaman kopi Robusta yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae* di PT. Perkebunan Kalibendo Banyuwangi serta menyusun media informasi berupa poster. Tahapan pertama yakni mengisolasi tanah yang berada di sekitar akar menggunakan metode *spread* dan *streak plate method*. Setelah didapatkan isolat murni, tahap selanjutnya adalah identifikasi bakteri secara morfologi, fisiologis dan biokimia. Pada bagian terakhir setelah mendapatkan genus bakterinya, dilakukan uji potensi menggunakan uji protease.

Hasil pada penelitian kali ini ditemukan ada 6 isolat murni dan tergolong ke dalam 4 genus bakteri setelah melalui proses identifikasi. Genus tersebut adalah *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* dan *Staphylococcus*. Genus *Bacillus* berasal dari isolat RA dan RM, berbentuk *bacil*, gram positif, non motil, aerob-anaerob. Genus *Micrococcus* berasal dari isolat RC dan RH, berbentuk *coccus*, gram positif, motil-nonmotil, anaerob. Genus *Pseudomonas* berasal dari isolat RB, berbentuk *bacil*, gram negatif, nonmotil. Genus *Staphylococcus* berasal dari isolat RD, berbentuk *coccus*, gram positif, motil.

Keenam isolat di lakukan uji protease untuk mengetahui potensinya dalam mengendalikan nematoda *P.coffeae* dengan mengeluarkan enzim ekstraselulernya. Uji protease menggunakan susu skim dicampur medium *Pikovskaya Agar*, dimana susu skim sebagai sumber protein. Hasilnya dari keenam isolat, 4 diketahui mampu menghasilkan enzim protease dan 2 sisanya tidak. Hal ini ditandai dengan terbentuknya zona bening pada medium. Isolat tersebut adalah RA (*Bacillus*), RB (*Pseudomonas*), RC dan RH (*Micrococcus*). Enzim protease pada bakteri akan memecah protein pada susu skim. Seperti diketahui bahwa salah satu penyusun kulit larva nematoda adalah protein. Menurut Asyiah *et al.*, (2017) adanya enzim protease,

bakteri dapat memecah protein penyusun kulit larva nematoda. Pengukuran aktivitas protease dilakukan oleh bakteri sehingga mampu mengurangi penetrasi nematoda hingga >85%.

Berdasarkan latar belakang, hasil penelitian dimuat dalam bentuk poster. Poster ini sebelum disebarluaskan maka perlu melalui proses penilaian. Penilaian dilakukan oleh 3 orang validator, diantaranya adalah validator materi, media dan pengguna. Rata-rata hasil uji validasi yang diperoleh adalah 85% yang berarti poster tersebut layak dengan beberapa saran dan digunakan sebagai sumber informasi.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Identifikasi dan Uji Potensi (Pengendali Hayati) Bakteri Pelarut Fosfat Dari Rhizosfer Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) Yang Terserang Nematoda (*Pratylenchus coffeae*) Dan Pemanfaatannya Sebagai Poster”.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Hj. Dwi Wahyuni M. Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Dr. Iis Nur Asyiah., S.P., M.P., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi, Dosen Pembimbing Akademik, Dosen Pembimbing Utama dan Ketua Proyek yang telah memberi kesempatan kepada saya melakukan penelitian yang didanai oleh Perguruan Tinggi, serta belaiu juga yang telah membimbing, memberi semangat, meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Dra. Pujiastuti, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang juga dengan sabar membimbing, memberi semangat, meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Dr. Ir. Imam Mudakir, M.Si., dan Siti Murdiyah, S.Pd., M.Pd., selaku Dosen Penguji yang telah memberi sumbangsi saran dalam penulisan skripsi ini;
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember atas ilmu dan semangat yang telah diberikan;
7. Keluarga besar PT. Perkebunan Kalibendo Banyuwangi Jawa Timur;
8. Teknisi laboratorium Mikrobiologi FMIPA yakni Ibu Endang, teknisi Laboratorium Biologi FKIP dan teknisi Laboratorium Mikrobiologi FKG Universitas Jember:

9. Orang tua tersayang Bapak Mursidi dan Ibu Suparmi, S.Sos., serta saudaraku Dici Redo M, Dhea Intan S dan keponakan kecilku Dzakira Khansa Adiva terimakasih atas dukungan dan doanya;
10. Keluarga besar Tim penelitian KP4S, Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P., Mbak Ellena Lilipally, Siti Rosida, Aditya Tanjung, Mas Tomy, Mas Fariz, dan Mas Andy;
11. Saudara kesayangan GESREK, Bana, Icuk, Ubait, Fiqih, Mbak Tyas, Bude, Riris, Mama Sabrina, Uti Alfi dan Luluk, Faizah Firdaus, Iis dan Mas Ervan yang selalu membantu dan memberi semangat;
12. Saudaraku di kota perantauan seluruh angkatan 2014 Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember yang sudah berjuang dan menghabiskan waktu bersama;
13. Keluarga besar Apartemen Nias III nomor 21 dan Kalimantan X nomor 25;
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga semua doa, bantuan, bimbingan, wawasan dan semangat yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan yang lebih baik dari Allah SWT. Akhir kata, besar harapan penulis semoga dengan adanya skripsi ini dapat memberi sumbangsi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi yang membutuhkannya. Penulis juga menerima segala bentuk kritik dan saran dari semua pihak dalam rangka penyempurnaan skripsi ini.

Jember, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN	vii
HALAMAN PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Isolasi dan Identifikasi	6
2.1.1. Isolasi	6
2.1.2. Identifikasi.....	6
2.1.2.1. Pengamatan Karakter Morfologi.....	7
2.1.2.1. Pengamatan Karakter Fisiologi	7
2.1.2.1. Pengamatan Karakter Biokimia	8
2.2. Fosfat	10

2.3. Bakteri Pelarut Fosfat.....	12
2.4. Mekanisme Pelarutan Senyawa Fosfat.....	13
2.5. Peranan Bakteri Pelarut Fosfat sebagai Pengendali Hayati.....	14
2.6. Enzim Protease.....	15
2.7. Kopi, Kopi Robusta dan Nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i>	16
2.7.1. Kopi secara Global	16
2.7.2. Kopi Robusta (<i>Coffea canephora</i>)	16
2.7.3. Nematoda Peluka Akar <i>Pratylenchus coffeae</i>	17
2.8. Gejala Serangan Nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i>.....	19
2.9. Poster Edukasi.....	20
2.9.1. Karakteristik Poster	20
2.9.2. Kegunaan Poster	20
2.9.3. Bahasa Poster	21
2.9.4. Hal-hal yang Perlu Diperhatikan dalam Menulis Poster	22
2.10. Kerangka Berfikir	23
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	24
3.1. Jenis Penelitian.....	24
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.2.1. Tempat Penelitian	24
3.2.2. Waktu Penelitian	24
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	24
3.3.1. Alat Penelitian	24
3.3.2. Bahan Penelitian.....	25
3.4. Populasi dan Sampel Penelitian.....	25
3.4.1. Populasi Penelitian	25
3.4.2. Sampel Penelitian	25
3.5. Definisi Operasional.....	25
3.6. Desain Penelitian.....	26

3.7. Prosedur Penelitian	26
3.7.1. Persiapan Alat dan Bahan	26
3.7.2. Sterilisasi Alat dan Bahan	26
3.7.3. Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat	27
3.7.4. Peremajaan Isolat Bakteri Pelarut Fosfat	27
3.7.5. Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat	28
3.8. Uji Protease	33
3.9. Penyusunan Poster	34
3.9.1. Tahap Penyusunan Poster	34
3.9.2. Tahap Uji Kelayakan/Validasi Poster	35
3.9.3. Analisa Data	35
3.10. Diagram Alur Penelitian	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Hasil Penelitian	38
4.1.1. Hasil Isolasi	38
4.1.2. Hasil Identifikasi	39
4.1.2.1. Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri	39
4.1.2.2. Hasil Pengamatan Morfologi, Fisiologi dan Biokimia	42
4.1.2.3. Hasil Uji Protease	43
4.1.3. Hasil Validasi Poster	44
4.2. Pembahasan	46
4.2.1. Isolasi Bakteri	46
4.2.2. Karakteristik Genus Bakteri	47
4.2.3. Uji Protease	55
4.2.4. Poster Edukasi	58
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	59

DAFTAR PUSTAKA60
LAMPIRAN73

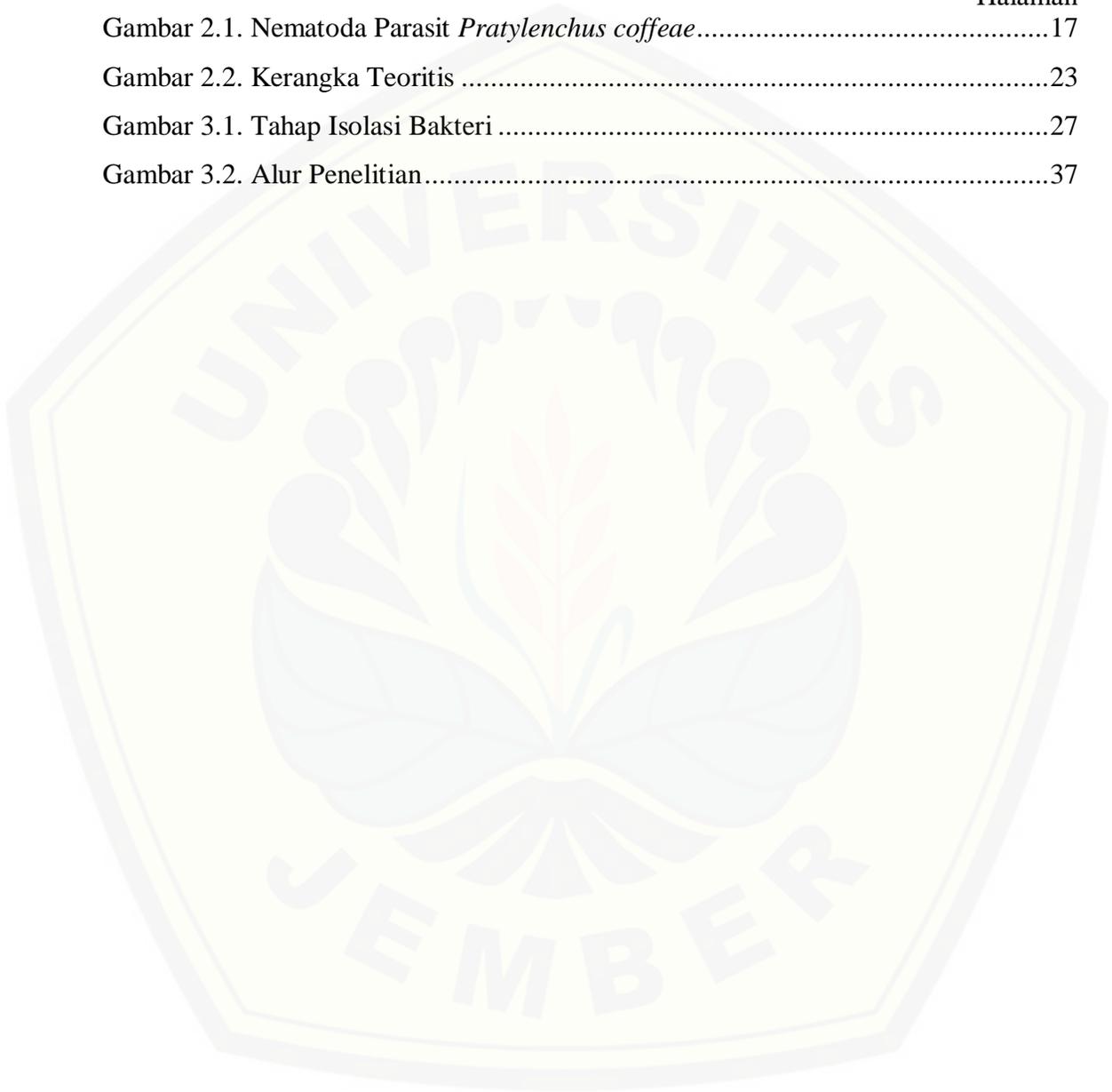


DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Penilaian Masing-masing Skor Dalam Penilaian Poster	35
Tabel 3.2. Kriteria Validasi Poster Edukasi	35
Tabel 4.1. Pengamatan Morfologi Makroskopis Bakteri.....	40
Tabel 4.2. Pengamatan Makroskopis, Mikroskopis, Pewarnaan Gram Bakteri.....	41
Tabel 4.3. Pengamatan Morfologi, Fisiologi dan Biokimia	42
Tabel 4.4. Hasil Uji Protease.....	44
Tabel 4.5. Hasil Uji Validasi Poster	45
Tabel 4.6. Nilai Aktivitas Protease	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Nematoda Parasit <i>Pratylenchus coffeae</i>	17
Gambar 2.2. Kerangka Teoritis	23
Gambar 3.1. Tahap Isolasi Bakteri	27
Gambar 3.2. Alur Penelitian.....	37



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A. Matriks Penelitian	73
LAMPIRAN B. Angket Analisis Kebutuhan	77
LAMPIRAN C. Hasil Survey Analisis Kebutuhan Poster	80
LAMPIRAN D. Proses Isolasi Bakteri	86
LAMPIRAN E. Identifikasi Bakteri	87
E1. Pengamatan Makroskopis pada Medium Tegak	87
E2. Pengamatan Makroskopis pada Medium Miring	88
E3. Pengamatan Makroskopis pada Medium Cair	89
LAMPIRAN F. Pengamatan Uji Fisiologis	90
F1. Pengamatan Pewarnaan Gram	90
LAMPIRAN G. Pengamatan Uji Biokimia	91
G1. Pengamatan Uji Oksidase	91
G2. Pengamatan Uji Katalase	91
G3. Pengamatan Uji OF	92
G4. Pengamatan Uji Gelatin	92
G5. Pengamatan Uji Hidrolisis Pati	93
G6. Pengamatan Uji Indol	95
G7. Pengamatan Uji Hidrolisis Urea	95
G8. Pengamatan Uji TSIA/H ₂ S	96
G9. Pengamatan Uji Sitrat	96
LAMPIRAN H. Desain Poster Edukasi	97
LAMPIRAN I. Lembar Hasil Validasi Poster	98
I1. Lembar Hasil Validasi Ahli Materi	98
I2. Lembar Hasil Validasi Ahli Media	102

I3. Lembar Hasil Validasi Pengguna	106
LAMPIRAN J. Surat Ijin Penelitian	108



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mikroba pelarut fosfat adalah mikroorganisme yang dapat meningkatkan efisiensi fosfat yang berasal dari pemupukan, sehingga dapat melarutkan fosfat menjadi tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman (Ginting, 2006). Bakteri yang sering dilaporkan dapat melarutkan fosfat diantaranya adalah anggota-anggota genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, dan *Staphylococcus* (Illmer *et al.*, 1995; Purwaningsih, 2003; Dermiyati, 2009; Asyiah *et al.*, 2015; Marista *et al.*, 2013). Selain itu, keberadaan bakteri pelarut fosfat terbukti mampu menekan populasi nematoda pada tanaman kopi (Harni, 2013; Asyiah *et al.*, 2015).

Mikroba pelarut fosfat banyak ditemukan pada rhizosfer tanaman seperti pisang, umbi, padi, kopi dan lainnya (Marista *et al.*, 2014; Prayudyaningsih *et al.*, 2015; Asyiah *et al.*, 2015; Purwanti, 2015). Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara (Rahardjo, 2012). Pada tahun 2013, *International Coffe Organization* (ICO) memperkirakan bahwa kebutuhan bubuk kopi dunia sekitar 8,77 juta ton (ICO, 2015).

Data dari Ditjenbun (2016) menunjukkan bahwa angka produksi tanaman kopi itu sendiri mengalami penurunan dari tahun 2002-2015. Pada tahun 2002, luas total lahan sebesar 1.372.184 ha dan pada tahun 2015 luas total lahan kopi sebesar 1.230.001 ha dengan angka produksi sebesar 639.412 ton. Produktivitas kopi sering mengalami penurunan yang disebabkan oleh berbagai faktor. Faktor tersebut salah satunya adanya Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Berdasarkan jenisnya, organisme pengganggu tanaman dikelompokkan menjadi 3, antara lain: (1) Nematoda Parasit, (2) Penyakit Karat pada Daun Kopi, dan (3)

Hama Penggerek Buah Kopi atau PBKo (Prastowo *et al.*, 2010 : 40). Diantara ketiganya nematoda merupakan salah satu jenis OPT penting yang menyerang berbagai jenis tanaman pertanian dan perkebunan utama di Indonesia beserta negara-negara tropis lainnya.

Hampir semua sentra produksi kopi di Indonesia terserang nematoda peluka akar *Pratylenchus coffeae*. Penurunan produksi kopi Robusta dan Arabika oleh nematoda jenis ini bisa mencapai 78,4-95% (Wiryadiputra, 1995; Harni *et al.*, 2012). Akar kopi Arabika lebih mudah ditembus oleh *P. coffeae* dibandingkan dengan kopi Robusta (Asyiah *et al.*, 2015). Akar tanaman kopi yang terserang oleh *P. coffeae* akan menunjukkan gejala kerusakannya, akar serabut menjadi rusak, berwarna coklat dan terdapat luka-luka nekrotik. Luka-luka tersebut secara bertahap meluas, sehingga akhirnya seluruh akar serabut membusuk (Asyiah *et al.*, 2015; Asyiah *et al.*, 2017).

Beberapa teknik untuk mengendalikan nematoda parasit *P. coffeae* sudah banyak dilakukan sebelumnya. Teknik tersebut diantaranya menggunakan klon kopi tahan nematoda sebagai batang bawah, penggunaan pestisida, menggunakan jamur, pupuk kandang, limbah kulit kopi dan juga bakteri (Wiryadiputra *et al.*, 2010; Harni *et al.*, 2007).

Akhir-akhir ini penggunaan agen hayati lebih banyak dipilih sebagai alternatif pengendalian nematoda parasit. Begitu pula dengan pengendalian nematoda parasit *P. coffeae* juga menggunakan agen hayati dalam hal ini yang digunakan adalah bakteri seperti yang telah dilakukan (Wiryadiputra, 2002., Serfoji *et al.*, 2010., Harni *et al.*, 2013., Asyiah *et al.*, 2015, Harni, 2016). Disamping karena lebih ramah lingkungan, agen hayati ini lebih murah dalam hal tertentu. Beberapa penelitian, pengendalian *P. coffeae* secara hayati menggunakan bakteri khitinolitik di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia dan memberikan hasil prospektif (Wiryadiputra, 2002).

PT. Pekebunan Kalibendo mempunyai ketinggian tempat 500-825 dpl (Haidar, 2010). Luas lahan kopi di PT. Perkebunan Kalibendo sebesar 278,29 Ha (Haidar, 2010). Menurut Hulupi (2007) 70% lahan kopi PT. Perkebunan Kalibendo terserang nematoda *Pratylenchus coffeae*. Nematoda *Pratylenchus*

coffea merupakan organisme endemik, sehingga mudah hidup dan cocok dengan kondisi di PT. Perkebunan Kalibendo.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan banyak ditemukannya bakteri pelarut fosfat dari rhizosfer tanaman kopi yang terserang nematoda *Pratylenchus coffea*. Belum ada penelitian identifikasi dan karakterisasi bakteri pelarut fosfat di PT. Perkebunan Kalibendo. Seperti yang dijelaskan diatas bahwa bakteri pelarut fosfat berpotensi sebagai agen hayati pengendali nematoda. Oleh karena itu perlu dilakukannya penelitian mengenai karakterisasi bakteri pelarut fosfat dari rhizosfer tanaman yang terserang nematoda *Pratylenchus coffea* serta uji potensinya sebagai agen pengendali hayati di PT. Perkebunan Kalibendo.

Pengetahuan tentang identifikasi bakteri pelarut fosfat serta manfaatnya sebagai agen hayati belum banyak diketahui oleh masyarakat. Hal ini diperkuat dengan hasil survey pendahuluan dari beberapa responden diantaranya adalah petani kopi dan mahasiswa, bahwa banyak dari mereka belum mengetahui tentang bakteri pelarut fosfat sebagai agen pengendali hayati (Lampiran C). Rendahnya pengetahuan tentang berbagai macam bakteri pelarut fosfat dan manfaatnya sebagai pengendali hayati nematoda bisa jadi hambatan dalam produktivitas kopi. Oleh karena itu perlu dibuat sebuah sarana penyampaian informasi yang akan disajikan dalam bentuk poster edukasi. Poster edukasi yang ditujukan untuk masyarakat utamanya pelajar dan mahasiswa sebagai informasi tambahan dalam kegiatan belajar yang berkaitan dengan mikroorganisme pelarut fosfat. Hasil penelusuran pustaka menunjukkan bahwa poster mampu membantu dalam hal sebagai bahan ajar non teks. Dari hasil survey juga responden menyetujui bahwa akan dibuat poster edukasi tentang bakteri pelarut fosfat serta manfaatnya sebagai agen pengendali hayati.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul **Identifikasi dan Uji Potensi (Pengendali Hayati) Bakteri Pelarut Fosfat Dari Rhizosfer Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) yang Terserang Nematoda (*Pratylenchus coffea*) Serta Pemanfaatannya Sebagai Poster**

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Apa sajakah genus/spesies bakteri pelarut fosfat yang berhasil diisolasi dari rhizosfer lahan kopi robusta yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae* ?
- b. Apakah genus/spesies bakteri pelarut fosfat tersebut berpotensi mengendalikan nematoda *Pratylenchus coffeae* pada lahan kopi robusta ?
- c. Apakah poster mengenai “Identifikasi Dan Uji Potensi Pengendali Hayati Bakteri Pelarut Fosfat Dari Rhizosfer Tanaman Kopi (*Coffea* sp) Yang Terserang Nematoda (*Pratylenchus coffeae*)” layak untuk dijadikan rujukan sumber informasi ?

1.3. Batasan Masalah

Untuk mempermudah dan menghindari kerancuan dalam menafsirkan masalah yang terkandung di dalam penelitian ini, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut:

- a. Sumber isolat berasal dari rhizosfer tanaman kopi Robusta (*Coffea canephora*) PT. Perkebunan Kalibendo Banyuwangi.
- b. Identifikasi dan karakterisasi meliputi karakter morfologi (koloni), karakter fisiologi (uji motilitas, pewarnaan gram), dan karakter biokimia (uji hidrolisis pati, uji oksidase, uji katalase, uji Oksidase-Fermentatif, uji sitrat, uji gelatin, uji urea, uji indol, uji TSIA/H₂S), dan selanjutnya akan dicocokkan dengan menggunakan buku identifikasi Bergesy’s dan Cowan & Steel.
- c. Uji potensi bakteri pelarut fosfat menggunakan uji protease.
- d. Poster yang dibuat merupakan jenis poster edukasi.

1.4. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengidentifikasi genus/spesies bakteri pelarut fosfat yang berhasil diisolasi dari lahan kopi robusta yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae*.
- b. Untuk menguji genus/spesies bakteri pelarut fosfat tersebut berpotensi mengendalikan nematoda pada lahan kopi robusta yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae*.
- c. Untuk menghasilkan poster edukasi yang tervalidasi mengenai “Identifikasi Dan Uji Potensi Pengendali Hayati Bakteri Pelarut Fosfat Dari Rhizosfer Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) Yang Terserang Nematoda (*Pratylenchus coffeae*)” agar layak dijadikan sumber rujukan informasi.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Bagi ilmu pengetahuan, dapat menambah wawasan keilmuan dan pengetahuan tentang keanekaragaman bakteri pelarut fosfat yang berhasil di isolasi dari rhizosfer tanaman kopi robusta dari PT. Perkebunan Kalibendo, Banyuwangi.
- b. Bagi penulis, dapat mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang telah didapat selama kuliah dan menjadi pengalaman berharga, serta dapat memperluas ilmu pengetahuan.
- c. Bagi peneliti lain, dapat digunakan sebagai bahan penelitian selanjutnya mengenai sumber agen pengendali hayati atau sebagai bahan perbandingan dan acuan untuk penelitian sejenis
- d. Bagi masyarakat, dapat memberikan motivasi untuk memanfaatkan bakteri pelarut fosfat sebagai agen pengendali hayati pada tanaman.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Isolasi dan Identifikasi

2.1.1. Isolasi

Isolasi adalah cara memperoleh mikroorganisme yang terdapat di alam dan menumbuhkannya dalam suatu medium buatan. Prinsip dari isolasi bakteri adalah memisahkan satu jenis bakteri dengan jenis bakteri lainnya. Memindahkan bakteri dari medium lama ke medium yang baru diperlukan ketelitian dan sterilisasi alat-alat yang digunakan agar terhindar dari terjadinya kontaminasi. Pada proses pemindahan bakteri pada cawan petri, maka cawan petri tersebut harus dibalik dengan tujuan untuk menghindari tetesan air yang mungkin melekat pada tutup cawan petri (Alam *et al.*, 2013). Ada beberapa teknik isolasi bakteri yaitu:

- a. Metode gores atau *streak plate* menggunakan ose dan menggoreskannya pada permukaan medium agar lempeng dengan pola tertentu, dengan harapan pada ujung goresan hanya tumbuh sel-sel bakteri tunggal yang terlepas dari ose dan menempel di medium.
- b. Metode tuang atau *pour plate* dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan mencampur suspensi bakteri dengan medium agar pada suhu 50°C kemudian menuangkan pada cawan petri atau dengan menuangkan suspensi bakteri pada dasar cawan petri kemudian menuangkan medium di atasnya lalu mengaduknya agar homogen. Setelah mengeras, bakteri akan berada pada tempat masing-masing dan tidak akan mengelompok.
- c. Metode sebar atau *spread plate* dilakukan dengan menyemprot suspensi bakteri ke atas medium agar, kemudian menyebarkan secara merata menggunakan *L glass* (Wati *et al.*, 2013).

2.1.2. Identifikasi

Identifikasi bakteri dapat dilakukan dengan melakukan pengamatan karakter secara morfologi, fisiologi dan biokimia. Proses identifikasi bakteri

menggunakan buku panduan Cowan dan Steel dan buku Bergey's sebagai standar manual Internasional untuk mengidentifikasi bakteri.

2.1.2.1. Pengamatan Karakter Morfologi

Pengamatan morfologi koloni meliputi pengamatan terhadap bentuk dan warna koloni. Isolat bakteri ditumbuhkan pada medium dan dilakukan pengamatan meliputi: pertumbuhan koloni bakteri pada medium agar miring yaitu bentuk pertumbuhan pada bekas goresan, pertumbuhan koloni bakteri pada medium agar tegak yaitu bentuk pertumbuhan pada bekas tusukan dan pertumbuhan koloni bakteri pada medium agar lempeng yaitu bentuk, tepian, dan elevasi (Dewi, 2013: 143).

2.1.2.2. Pengamatan Karakter Fisiologi

Pengamatan karakter fisiologi dilihat dari pewarnaan gram, uji motilitas, uji kebutuhan oksigen.

a. Pewarnaan gram

Pewarnaan gram merupakan salah satu pewarnaan diferensial karena untuk membedakan antara gram positif dan gram negatif (Jutono, 1980: 37). Pada bakteri gram positif iodium bersenyawa dengan zat kimia dalam sel dan mempermudah dalam mempertahankan warna *kristal violet* secara kuat pada protoplasma bakteri (Gupte, 1990: 35), sehingga bakteri gram positif tampak berwarna violet. Sedangkan bakteri gram negatif tidak dapat mengikat kristal violet secara kuat, dapat dilunturkan dengan peluntur dan dapat diwarnai oleh safranin, sehingga bakteri gram negatif tampak berwarna merah (Jutono, 1980: 38).

b. Uji Motilitas

Uji motilitas digunakan untuk melihat pergerakan dari bakteri dengan pengamatan menggunakan *hanging drop* (Jutono, 1980: 42).

c. Uji Kebutuhan Oksigen

Uji kebutuhan oksigen dilakukan untuk mengetahui sifat pertumbuhan bakteri dengan menggunakan medium NB. Sifat pertumbuhan bakteri adalah aerob,

anaerob fakultatif atau mikroaerofil. Bakteri anaerob akan tumbuh mengelompok pada dasar medium, bakteri anaerob fakultatif akan tumbuh tersebar di seluruh medium, bakteri mikroaerofil akan tumbuh mengelompok sedikit di bawah permukaan medium, sedangkan bakteri aerob tumbuh pada permukaan medium.

2.1.2.3. Pengamatan Karakter Biokimia

a. Uji Oksidase

Pengujian oksidase dilakukan untuk mengetahui adanya enzim oksidase pada bakteri. Satu ose koloni bakteri digoreskan pada kertas oksidase. Pengamatan dilakukan dengan melihat reaksi yang ditimbulkan, apabila hasil goresan berwarna biru pada kertas oksidase menunjukkan bahwa bakteri yang diuji mempunyai enzim oksidase dan jika tidak terjadi perubahan warna menunjukkan hasil uji negatif.

b. Uji Katalase

Uji katalase positif ditandai dengan terbentuknya gelembung-gelembung oksigen yang menunjukkan bahwa bakteri tersebut menghasilkan enzim katalase yang dapat mengubah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen (Dewi, 2013: 142).

c. Uji Oksidatif-Fermentatif (O-F)

Uji oksidatif-fermentatif digunakan untuk menentukan kemampuan bakteri untuk metabolisme karbohidrat secara oksidatif atau fermentatif (Lay, 1994). Oksidase akan terjadi pada bakteri aerob yaitu pada tabung yang tidak ditutup dengan parafin. Hasil positif jika terbentuk warna kuning pada tabung yang tidak ditutup karena hanya akan memproduksi reaksi asam pada tabung yang tidak ditutup. Sedangkan fermentasi terjadi pada bakteri anaerob yaitu tabung yang ditutup dengan parafin maupun tidak ditutup. Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna kuning, karena bakteri tersebut menghasilkan reaksi asam pada tabung yang ditutup maupun tidak. Proses fermentasi glukosa akan diubah menjadi glukosa *G-Phospat* yang kemudian dirombak menjadi asam piruvat dan oksidase akan merubah glukosa menjadi asam piruvat (Cowan dan Steel, 1970: 23).

d. Uji Hidrolisis Gelatin

Hidrolisis gelatin oleh bakteri dikatalisis oleh ekoenzim yang disebut gelatinase. Gelatin adalah protein yang diperoleh dari tulang, tulang rawan atau tulang ikat hewani lainnya. Gelatin yang dicerna tidak mampu membentuk gel dan bersifat cair (Lay, 1994 dalam Pastra, 2012: 81).

e. Uji Hidrolisis Pati

Uji hidrolisis pati untuk melihat kemampuan bakteri dalam menghidrolisis pati dengan cara menghasilkan enzim amilase. Pati merupakan polisakarida yang memiliki berat molekul yang tinggi, karena ukurannya yang besar, sehingga pati tidak mampu diserap oleh membran sel (Capuccino dan Sherman, 1992).

f. Uji Indol

Indol dapat dihasilkan oleh beberapa bakteri yang tumbuh pada medium yang mengandung asam amino triptofan dengan menunjukkan bau busuk dan cara menentukan adanya indol adalah dengan menggunakan pengujian *kovacs* (Jutono, 1980: 91).

g. Uji Sitrat

Uji sitrat dilakukan untuk mendeterminasi kemampuan bakteri menggunakan asam sitrat sebagai sumber karbon untuk metabolisme. Uji sitrat dilakukan dengan menggunakan media *Simmone Citrate Agar*. Bakteri dari biakan murni diinokulasikan pada media *Simmone Citrate Agar* dan diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu kamar. Hasil uji positif jika bakteri tumbuh dengan merubah warna media dari hijau menjadi biru dan hasil negatif jika bakteri yang diinokulasikan tidak tumbuh serta tidak terjadi perubahan warna.

h. Uji TSIA/H₂S

Agar TSIA berguna untuk menilai kemampuan bakteri memfermentasi glukosa, laktosa, dan sukrosa. Hal ini ditandai dengan perubahan warna akibat timbulnya suasana asam, serta terbentuknya H₂S yang ditandai dengan perubahan warna media dari orange menjadi hitam. Bakteri mampu mendesulfurasi asam amino dan metion yang akan menghasilkan H₂S (Jutono, 1980: 81).

i. Uji Hidrolisis Urea

Uji hidrolisis urea bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menghidrolisis urea dengan menggunakan enzim urease dan mengubah pH media dari pH netral menjadi basa (Lay, 1994 dalam Pastra, 2012: 81).

2.2. Fosfat

Fosfat (P) merupakan salah satu unsur utama yang diperlukan tanaman dan memegang peranan penting dalam proses metabolisme (Winarso, 2005: 94). Fosfat di dalam tanah dapat dibedakan dalam dua bentuk, yaitu fosfat organik dan anorganik, keduanya merupakan sumber penting bagi tanaman. Kandungannya sangat bervariasi tergantung pada jenis tanah, tetapi pada umumnya rendah.

a. P-organik

Fosfat organik di dalam tanah terdapat sekitar 50% dari unsur P total tanah dan bervariasi sekitar 15-80% pada kebanyakan tanah. Bentuk-bentuk fosfat ini berasal dari sisa tanaman, hewan dan mikroba. Di sini terdapat sebagai senyawa ester dari asam ortofosfat, yaitu inositol, fosfolipid, asam nukleat, nukleotida, dan gula fosfat. Tiga senyawa yang disebutkan pertama amat dominan di dalam tanah. Diperkirakan proporsi senyawa ini dalam total unsur P organik adalah inositol fosfat 10-30%, fosfolipid 1-5% dan asam nukleat 0.2-2.5% (Havlin *et al.*, 1999).

Ketersediaan P-organik bagi tanaman sangat tergantung pada aktivitas mikroba untuk memineralisasikannya. Namun seringkali hasil mineralisasi ini segera bersenyawa dengan bagian-bagian anorganik untuk membentuk senyawa yang relatif sukar larut. Enzim fosfatase berperan utama dalam melepaskan P dari ikatan P-organik. Enzim ini banyak dihasilkan oleh mikroba tanah, terutama yang bersifat heterotrof. Aktivitas fosfatase dalam tanah meningkat dengan meningkatnya C-organik, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh pH, kelembaban, temperatur dan faktor lainnya. Pada kebanyakan tanah, P-organik sangat berkorelasi dengan C-organik tanah, sehingga mineralisasi P meningkat dengan meningkatnya C-organik. Semakin tinggi C-organik dan semakin rendah P-organik semakin meningkat immobilisasi P. Fosfat anorganik dapat

diimmobilisasi menjadi P-organik oleh mikroba dengan jumlah yang bervariasi antara 25-100% (Havlin *et al.*, 1999).

b. P-anorganik

Bentuk P-anorganik dapat dibedakan menjadi : (1) P aktif yang meliputi Ca-P, Al-P, Fe-P dan (2) P tidak aktif, yang meliputi P-tidak larut, P-reduktan, dan mineral P primer (Sanchez, 1992). Fosfat anorganik didalam tanah pada umumnya berasal dari mineral fluor apatit. Dalam proses penghancuran oleh iklim dihasilkan berbagai mineral P sekunder seperti hidroksi apatit, karbonat apatit, klor apatit dan lain-lain sesuai dengan lingkungannya. Selain itu, ion-ion fosfat dengan mudah dapat bereaksi dengan ion Fe^{3+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , dan Ca^{2+} , ataupun terserap pada permukaan oksida-oksida hidrat besi, aluminium dan liat (Havlin *et al.*, 1999).

Pada tanah masam, kelarutan Al dan Fe menjadi tinggi. Dengan demikian, ion fosfat ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) akan segera terikat membentuk senyawa P yang kurang tersedia bagi tanaman. Kemasaman tanah sangat erat kaitannya dengan ketersediaan hara, terutama unsur P (Habi, 2012). Bila pH tanah dinaikkan, maka unsur P akan berubah menjadi tersedia kembali. Pada pH di atas netral, unsur P juga kurang tersedia bagi tanaman karena diikat oleh Ca menjadi senyawa yang kurang tersedia. Unsur tersebut akan tersedia kembali bila pH diturunkan. Jadi ketersediaan unsur P sangat dipengaruhi oleh pH tanah. Peneliti yang berbeda-beda mengemukakan pendapat yang berlainan pula tentang kisaran pH tanah yang mendukung ketersediaan unsur P paling tinggi, yaitu 6,5-7,0, 6,0-6,5 dan 5,5-7,0 (Havlin *et al.*, 1999).

Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara yang mutlak dibutuhkan oleh tanaman karena berperan dalam menyimpan dan mentransfer energi serta sebagai komponen protein dan asam nukleat. Fosfat berperan penting dalam pertumbuhan tanaman seperti: (1) pembelahan sel; (2) pembentukan albumin; (3) pembentukan bunga, buah dan biji; (4) mempercepat pematangan; (5) memperkuat batang agar tidak mudah roboh; (6) perkembangan akar; (7) memperbaiki kualitas hijauan makanan ternak; dan (8) membuat tanaman tahan terhadap penyakit

(Hardjowigeno, 1995). Kekurangan unsur P pada tanaman akan mengakibatkan berbagai hambatan metabolisme, diantaranya dalam proses sintesis protein, yang menyebabkan terjadinya akumulasi karbohidrat dan ikatan-ikatan nitrogen. Kekurangan unsur P pada tanaman dapat diamati secara visual, yaitu daun-daun yang tua akan berwarna keunguan atau kemerahan karena terbentuknya pigmen antosianin. Pigmen ini terbentuk karena akumulasi gula di dalam daun sebagai akibat terhambatnya sintesis protein.

2.3. Bakteri Pelarut Fosfat (P)

Aktivitas mikroba tanah berpengaruh langsung terhadap ketersediaan fosfat di dalam tanah. Aktivitas mikroba tanah tersebut dapat melarutkan fosfat dari ikatan fosfat tidak larut melalui sekresi asam organik atau mineralisasi fosfat dari bentuk ikatan fosfat organik menjadi fosfat anorganik. Asam organik sangat berperan dalam pelarutan fosfat karena kaya akan gugus fungsional karboksil (-COO) dan hidroksil (-OH). Gugus fungsional tersebut membentuk senyawa kompleks dengan ion logam dan mineral yang biasanya terikat dengan fosfat, sehingga fosfat terlepas dan tersedia di dalam tanah. Fosfat anorganik terlarut dapat dimanfaatkan oleh tanaman dan mikroorganisme untuk metabolisme dan pembentukan sel-sel baru (Saraswati, 2007). Umumnya di dalam tanah ditemukan mikroba pelarut fosfat anorganik sekitar 10^4 - 10^6 per gram tanah dan sebagian besar berada pada daerah perakaran. Penelitian dan pemanfaatan mikroba pelarut P sudah mulai dilakukan sejak tahun 1930-an (Gerretsen, 1948).

Populasi mikroorganisme pelarut fosfat dari kelompok bakteri jauh lebih banyak dibandingkan dengan kelompok fungi. Bakteri yang sering dilaporkan dapat melarutkan unsur P antara lain adalah anggota-anggota genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, dan *Staphylococcus* (Purwaningsih, 2003, Dermiyati, 2009; Asyiah *et al.*, 2015). Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dalam melarutkan fosfat yang terikat dapat diketahui dengan memperbanyak biakan murninya pada agar Pikovskaya yang berwarna putih keruh, karena mengandung P yang tidak larut seperti kalsium fosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (Mieke, 2005). Pada akhir masa inkubasi (48-72 jam) pertumbuhan BPF dicirikan

dengan adanya zona bening disekitar koloni mikroba yang tumbuh, sedangkan mikroba selain pelarut fosfat tidak membentuk hal yang sama yakni tidak ada zona bening disekitar koloni mikroba (Hadiwiyono, 2014). Adanya zona bening disekitar mikoba maka menunjukkan bahwa mikroba tersebut dapat melarutkan $(Ca_3PO_4)_2$ yang terkandung dalam media *Pikovskaya's* (Leni, 2008).

2.4. Mekanisme Pelarutan Senyawa Fosfat (P)

Fosfor relatif tidak mudah tercuci, tetapi karena pengaruh lingkungan maka kondisinya dapat berubah dari unsur P yang tersedia bagi tanaman menjadi tidak tersedia, yaitu dalam bentuk Ca-P, Mg-P, Al-P, Fe-P atau Occluded-P. Dalam aktivitasnya, mikroba pelarut fosfat akan menghasilkan asam-asam organik diantaranya ialah asam sitrat, glutamat, suksinat, laktat, oksalat, glioksalat, malat, fumarat, tartarat dan α -ketobutirat (Hasanudin, 2006). Meningkatnya asam-asam organik tersebut biasanya diikuti dengan penurunan pH, sehingga mengakibatkan terjadinya pelarutan P yang terikat oleh Ca. Penurunan pH juga dapat disebabkan terbebasnya asam sulfat dan nitrat pada oksidasi kemoautotrofik sulfur dan amonium, berturut-turut oleh bakteri *Thiobacillus* dan *Nitrosomonas*.

Asam organik mampu meningkatkan ketersediaan unsur P di dalam tanah melalui beberapa mekanisme, diantaranya adalah : (1) anion organik bersaing dengan ortofosfat pada permukaan serapan koloid yang bermuatan positif (Premono, 1994); (2) pelepasan ortofosfat dari ikatan logam-P melalui pembentukan kompleks logam organik dan (3) modifikasi muatan permukaan serapan oleh ligan organik (Havlin *et al.*, 1999). Pada tanah vulkanik yang kaya aloan, asam-asam organik (benzoat, p-OH benzoat, salisilat dan ptalat) tidak mampu menurunkan retensi unsur P. Pengaruh asam organik (sitrat, tartarat dan asetat) pada unsu Al dan Fe terhadap serapan unsur P. Hasil menunjukkan bahwa tanpa anion organik, maka unsur Fe menyerap unsur P dalam jumlah yang sangat banyak. Asam sitrat menyerap unsur Fe jauh lebih banyak dibanding tartarat, demikian pula dalam hal mengurangi P terserap. Hasil penelitian Premono *et al.*, (1992) menunjukkan bahwa mikroba pelarut fosfat secara nyata mampu

mengurangi Fe, Mn dan Cu yang terserap pada tanah masam, sehingga berada pada tingkat kandungan yang normal.

Terdapatnya asam-asam organik sitrat, oksalat, malat, tartarat, dan malonat di dalam tanah sangat penting artinya dalam mengurangi pengikatan P oleh unsur penyerapnya dan mengurangi daya racun aluminium pada tanah masam. Mikroba dapat menghasilkan asam-asam organik tersebut melalui proses katabolisme glukosa dan siklus asam trikarboksilat (TCA), yang merupakan kelanjutan dari reaksi glikolisis. Asam-asam ini merupakan substrat untuk proses anabolisme dalam sintesis asam amino dan makromolekul lain (Dawes dan Sutherland, 1976).

Mekanisme kerja bakteri pelarut fosfat ini menghasilkan beberapa diantara asam-asam ini (asam hidroksi) mungkin akan membentuk *khelat* (ikatan) dengan kation-kation seperti Ca dan Fe dan khelasi semacam ini berakibat pelarutan fosfat yang efektif (Suliasih, 2012). Semua genus *Bacillus* telah diuji mampu menghasilkan asam dari metabolisme glukosa (Zulaika, 2012). Sumber karbon pada medium Pikovskaya adalah glukosa. Asam organik diketahui mampu menurunkan pH dan menyebabkan pelarutan fosfat (Islam *et al*, 2007). Mekanisme optimal bakteri pelarut fosfat ketika berada pada kondisi pH netral (Suliasih, 2012).

Diperkirakan jenis asam organik yang diproduksi tiap isolat berbeda, sehingga mempengaruhi kemampuannya dalam pelarutan fosfat kompleks pada medium (Elfiati *et al.*, 2013). Jadi mekanisme pelarutan fosfat dari bahan yang sukar larut oleh bakteri pelarut fosfat berkaitan dengan kemampuan bakteri yang bersangkutan dalam menghasilkan enzim fosfatase. Adanya asam-asam organik berdampak pada penurunan pH (Suliasih, 2012).

2.5. Peranan Bakteri Pelarut Fosfat sebagai Pengendali Hayati

Penelitian tentang penggunaan agen hayati dalam mengendalikan nematoda telah banyak dilakukan. Salah satunya yaitu dengan menggunakan bakteri dan jamur. Bakteri antagonis merupakan mikroorganisme yang berpotensi sebagai agen pengendalian nematoda parasit secara biologis. Ditinjau dari segi keamanan lingkungan, pengendalian nematoda dengan menggunakan agen hayati

(jamur atau bakteri) merupakan alternatif pilihan yang lebih baik dibandingkan cara konvensional dengan menggunakan pestisida kimia (Mustika dan Riza, 2004).

Mikroba yang menjadi agen hayati salah satunya adalah mikroba pelarut fosfat. Diantaranya adalah bakteri pelarut fosfat. Pengendalian biologi menggunakan bakteri merupakan salah satu alternatif pengendalian nematoda parasit tanaman. Keunggulan bakteri sebagai agen pengendali hayati yaitu mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi, menghasilkan hormon pertumbuhan, dan mengendalikan penyakit tumbuhan (Kloepper *et al.*, 1992; Murthi *et al.*, 2015; Yulianti, 2013), serta dapat menginduksi ketahanan tanaman (Hallmann, 2001). Bakteri ternyata juga menghasilkan beberapa eksudat salah satunya adalah enzim ekstraseluler. Enzim ekstraseluler yang dihasilkan bakteri diantaranya adalah kitinase, protease, dan selulase (Nugroho, 2003).

2.6. Enzim Protease

Protease merupakan enzim proteolitik yang mengkatalisis pemutusan ikatan peptida pada protein. Protease dibutuhkan secara fisiologi untuk kehidupan organisme pada tumbuhan, hewan maupun mikroorganisme (Yunianti *et al.*, 2015). Enzim protease berperan dalam mendegradasi dinding sel patogen, serta dapat digunakan juga untuk melakukan penetrasi secara aktif ke dalam jaringan tanaman (Indarti, 2008).

Protease dapat dihasilkan oleh tumbuhan, hewan dan mikroorganisme. Mikroorganisme merupakan sumber enzim protease yang paling potensial dibandingkan dengan tanaman dan hewan. Penggunaan mikroorganisme ini lebih menguntungkan karena pertumbuhannya cepat dan mudah, serta dapat tumbuh pada substrat yang murah. Beberapa genus bakteri yang diketahui dapat menghasilkan protease diantaranya *Bacillus*, *Lactococcus*, *Pseudomonas* (Yunianti *et al.*, 2015). Kemampuan mikroba dalam menghasilkan enzim protease dapat digunakan sebagai agensia pengendali nematoda puru akar (Mohamed *et al.*, 2007).

2.7. Kopi, Kopi Robusta dan Nematoda *Pratylenchus coffeae*

2.7.1. Kopi secara Global

Tanaman kopi merupakan salah satu tanaman hasil dari perkebunan dan juga sebagai komoditas utama untuk banyak negara di dunia. Hal ini dikarenakan banyaknya permintaan tenaga kerja untuk satu perkebunan tinggi yang mana berdampak baik terhadap pengurangan angka pengangguran serta dapat menghasilkan devisa negara yang diperlukan demi pembangunan nasional. Berdasarkan data statistik dari ICO (*International Coffee Organization*) (2016) dua jenis kopi utama yang diproduksi di dunia adalah kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) dan kopi Robusta (*Coffea canephora* L.). Kebutuhan akan kopi baik itu Arabika maupun Robusta di dunia sekarang ini sekitar 150,2 juta kantong/tahun. Sedangkan produktivitas kopi Arabika dan Robusta yang dihasilkan dunia sekitar 143,4 juta kantong/tahun (netto 1 kantong $\pm 60\text{kg}$) (ICO, 2016). Berdasarkan data statistik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa jumlah produksi kopi Arabika dan kopi Robusta di dunia tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan kopi secara mendunia.

Menurut Marthini (2016), Indonesia menjadi produsen terbaik keempat di dunia. Konsumsi kopi mengalami peningkatan tiap tahunnya. Kopi Robusta (*Coffea canephora*) merupakan salah satu jenis kopi komersil yang dibudidayakan di Indonesia selama hampir dua abad. Pada tahun 2015 lalu, nilai ekspor kopi Indonesia sebesar 502.021ton (Ditjenbun, 2015). Tanaman kopi termasuk ke dalam famili Rubiaceae yang mana kopi memiliki batang kayu, daun yang kuat dan bunga hermaprodit (Luc, 2005 :529).

2.7.2. Kopi Robusta (*Coffea canephora* L.)

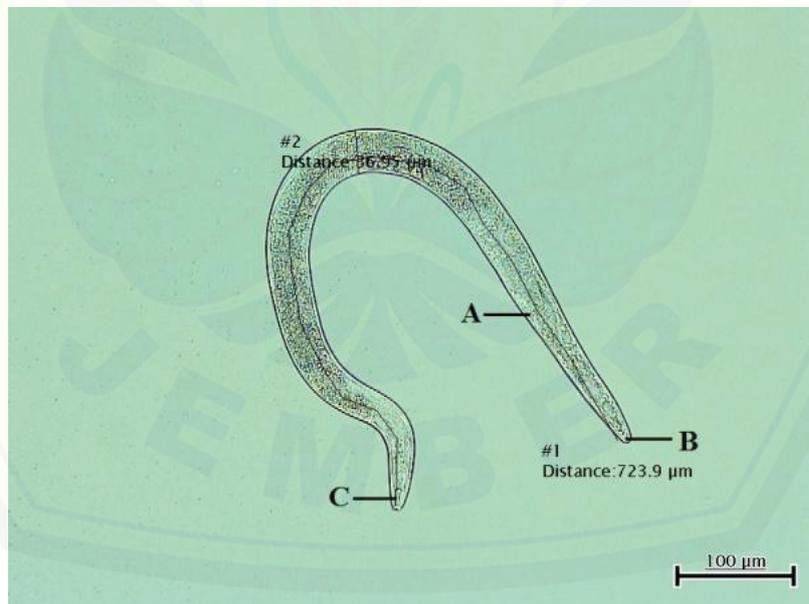
Kopi robusta dengan nama ilmiah *Coffea canephora* ditemukan pertama kali di Kongo pada tahun 1898 (Tsilange *et al.*, 2009: 381). Menurut Sundanar (2016), nama Robusta diambil dari kata “robust, istilah dalam bahasa Inggris yang artinya kuat. Sesuai dengan namanya, minuman yang diekstrak dari biji kopi jenis Robusta memiliki cita rasa yang kuat dan cenderung lebih pahit dibanding kopi jenis Arabika. Biji kopi Robusta banyak digunakan sebagai bahan baku siap saji

(*instant*) dan pencampur kopi racikan (*blend*) untuk menambah kekuatan cita rasa Kopi Robusta (*Coffea canephora*) memiliki bentuk daun bulat telur dengan ujung agak meruncing. Daun tumbuh berhadapan dengan batang, cabang, dan ranting-rantingnya. Permukaan atas daunnya mengkilat, tepinya rata, pangkal tumpul, panjangnya 5-15 cm sedangkan lebarnya 4,0-6,5 cm, pertulangan menyirip (Najiyati, 2012).

Tanaman kopi Robusta dapat tumbuh di daerah dataran rendah, namun lokasi paling baik untuk budidaya pada ketinggian 400-800 meter dpl. Suhu optimalnya berkisar 24-30°C dengan intensitas curah hujan 2000-3000 mm per tahun. Tingkat keasaman tanah (pH) yang ideal untuk tanaman kopi Robusta ini 5,5-6,5. Kopi robusta dianjurkan dibudidayakan dibawah naungan pohon lain (Alam Tani, 2012).

2.7.3. Nematoda Peluka Akar *Pratylenchus coffeae*

a. Deskripsi Nematoda *Pratylenchus coffeae*



Gambar 2.1 Nematoda parasit *Pratylenchus coffeae* (Asyiah *et al.*, 2017)

Menurut Pracaya (1997: 308), nematoda berbentuk seperti cacing kecil. Panjangnya \pm 200-1000 mikromikron. Nematoda bisa bertahan hidup di dalam atau di atas tanah, di dalam tanaman (endoparasit) atau di luar tanaman (ektoparasit). Nematoda yang berukuran kecil tidak mudah menembus tanah, sehingga

gerakannya terbatas di dalam rongga-rongga diantara partikel-partikel tanah. Nematoda parasit dibagi sesuai dengan ekologi, yaitu (a) endoparasit yang bermigrasi (*migratory endoparasitic*) yang hidup di dalam tanah dengan memakan sel jaringan akar: (b) semi endoparasit yang bermigrasi (*semi endoparasitic*) dan hidup di dalam tanah, hanya dengan bagian depan (anterior) badannya berada di dalam akar inang; (c) endoparasit yang menetap (*sedentary endoparasitic*), yang daur hidupnya dapat mengalami modifikasi. Nematoda hanya bergerak aktif pada jarak pendek (sekitar 20-30 cm). Tetapi angin, aliran air termasuk irigasi, dan hewan dapat membantu penyebarannya, misalnya dengan mengangkat tanah, pupuk organik, biji, dan tanaman persemaian (khususnya yang diangkut beserta dengan tanahnya). Nematoda hanya akan menimbulkan kerugian jika populasinya sangat tinggi (Semangun, 2001: 142-144). Populasi rata-rata nematoda *Pratylenchus* sp. ditemukan lebih tinggi (69,33) di dalam tanah (Subarjah *et al.*, 2016).

Nematoda *Pratylenchus coffeae* termasuk dalam kelas Adenophorea, ordo Tylenchida, famili Pratylenchidae dan genus *Pratylenchus*. Terdapat 160 spesies *Pratylenchus* dari famili Pratylenchidae dan diantaranya adalah *P. Coffeae*. Nematoda ini memiliki jangkauan inang yang luas dan merupakan hama pada banyak tanaman (seperti pisang, kopi, ubi, jahe).

b. Morfologi Nematoda *Pratylenchus coffeae*

Nematoda tersebut bertubuh kecil (panjangnya kurang dari 1mm). Apabila mati karena diperlakukan dengan panas secara berhati-hati, maka tubuhnya sedikit bengkok pada bagian ventral. Bentuk larva bulat panjang, larva terdiri dari empat stadium dengan empat kali pergantian kulit hingga nematoda dewasa. Telur berbentuk lonjong dengan panjang 52-56 μm dan lebar 23-26 μm . Masa inkubasi telur 14-16 hari (Wiryadiputra, 1995). Bagian kepalanya rendah dan datar, apabila diamati di bawah mikroskop stereo tampak ujung anterior tersebut seperti topi hitam yang datar. Bagian bibirnya terbagi atas 2,3, atau 4 anulus dan lurus dengan garis tubuh, serta mengalami sklerotinisasi yang kuat. Panjang stiletnya mencapai 20 μm atau kurang (kurang lebih 2x lebar kepala). Ekornya lebar dan ujungnya

membulat dan runcing, panjangnya antara 3,5-9% panjang tubuh (Dropkin, 1992 : 130). Nematoda jantan ekornya pendek, bagian dorsalnya seperti kerucut yang melengkung, bursanya tumbuh sampai ke ujung ekor, spikulanya silindris memanjang dan melengkung (Luc *et al.*, 1995: 31).

2.8. Gejala Serangan Nematoda *Pratylenchus coffeae*

Secara umum diketahui bahwa *Pratylenchus coffeae* disebut sebagai “*Root Lesion Nematodes*” atau nematoda peluka akar. Nematoda *P. coffeae* disebut sebagai nematoda peluka akar diakarenakan nematoda ini menyerang jaringan korteks akar serabut terutama pada akar-akar serabut yang aktif menyerap unsur hara dan air pada tanaman kopi. Akibatnya akar serabut menjadi rusak, berwarna coklat dan terdapat bekas luka-luka nekrotik pada permukaan akar. Luka-luka tersebut secara bertahap meluas, sehingga akhirnya seluruh akar serabut dapat membusuk. Bekas luka-luka tersebutlah yang dapat menjadi jalan masuknya organisme lain seperti jamur dan bakteri yang ikut menginfeksi akar kopi sehingga tanaman menjadi lebih lemah dan gejala penyakit menjadi semakin parah (Burke *et al.*, 2015: 2).

Ketika menginfeksi akar tanaman kopi, nematoda *P. coffeae* mensekresikan enzim β glukosidase sedangkan akar tanaman kopi mempunyai hormon *amigdaline*. β glukosidase dan *amigdaline* akan bereaksi sehingga terbentuk senyawa benzaldehida + HCN (β glukosidase + *amigdaline* \rightarrow benzaldehida + HCN), senyawa ini bersifat racun bagi sel-sel yang terkena, sehingga sel-sel akar tanaman kopi akan mati (nekrosis). Karena serangan terjadi di luar akar maka akan tampak bercak-bercak, oleh karena itu *P. coffeae* disebut juga sebagai *Root lesion nematodes* (Nematoda peluka akar) (Luc *et al.*, 1995). Akar tanaman kopi yang terserang nematoda luka akar, warnanya tidak putih tetapi kuning, kemudian berubah menjadi coklat, sedangkan akar lateralnya busuk. Luka pada akar tersebut berakibat merusak seluruh sistem perakaran kopi sehingga menghambat penyerapan hara dari dalam tanah (Hulupi, 2008: 21; Asyiah *et al.*, 2017).

P. coffeae berada pada zona perakaran dengan kedalaman kurang dari 30 cm, sesuai dengan pola kepadatan akar kopi Robusta yang lebih banyak terdapat

pada kedalaman kurang dari 20 cm. Sehingga kecenderungan nematoda *P. coffeae* menyerang tanaman kopi Robusta. Daun menunjukkan gejala klorosis (menguning) dimulai dari daun yang terletak dekat batang lalu melebar keseluruhan daun tanaman, kemudian cabang-cabang utama tumbuh sedikit, dan batang pohon menjadi mudah digoyang karena akarnya habis, akhirnya tanaman mati (Luc, *et al.*, 1995). Pada bibit tanaman kopi muda, pertumbuhan tanaman menjadi lambat, tanaman lebih kurus dan kerdil serta terjadi klorosis. Gejala pertama yang muncul akibat infeksi pada tanaman yang baru dipindah adalah daunnya menguning, cabang-cabang utamanya sedikit dan tanaman kerdil. tanaman berangsur layu yang diikuti oleh kematian.

2.9. Poster Edukasi

Poster merupakan suatu gagasan yang dicetuskan dalam bentuk ilustrasi gambar yang disederhanakan serta dibuat dalam ukuran besar, bertujuan untuk menarik perhatian, membujuk, memotivasi atau memperlihatkan pada gagasan pokok, fakta atau peristiwa tertentu. Poster bertumpu pada luasnya kata-kata untuk menyampaikan gagasan khusus atau pesan khusus (Sudjana dan Rivai, 2007).

2.9.1. Karakteristik Poster

Poster memiliki karakteristik antara lain dinamis, menonjolkan kualitas., sederhana tidak memerlukan pemikiran bagi pengamat secara terinci, harus cukup kuat untuk menarik perhatian. Desain sebuah poster merupakan perpaduan antara kesederhanaan serta dinamika. Berbagai warna yang mencolok dan kontras sering kali dipakai dalam poster (Sudjana dan Rivai, 2007).

Pendapat lain dikemukakan oleh Sardiman, dkk (2007: 47) bahwa poster yang baik memiliki karakteristik antara lain: (1) sederhana, (2) menyajikan informasi, (3) berwarna, (4) slogannya ringkas dan jitu, (5) tulisannya jelas, (6) motif dan desain bervariasi. Poster dapat dibuat di atas kertas, di kain, batang kayu, seng dan sebagainya. Pemasangannya bisa di kelas, di luar kelas, di pohon, di tepi jalan dan di majalah. Ukurannya bermacam-macam, bergantung kebutuhan.

2.9.2. Kegunaan Poster

Beberapa kegunaan poster menurut Sudjana dan Rivai (2007: 56) antara lain: (1) sebagai motivasi, (2) sebagai peringatan, (3) sebagai pengalaman yang kreatif. Di pihak lain poster dapat merangsang pembaca untuk mempelajari lebih jauh dan atau ingin tahu hakikat dan pesan yang disampaikan melalui poster tersebut. Menurut Sardiman, dkk (2007: 46) poster memiliki kegunaan untuk menyampaikan informasi kepada masyarakat baik itu berupa himbauan, larangan atau berupa ajakan serta mempengaruhi dan memotivasi tingkah laku orang yang melihatnya.

2.9.3. Bahasa Poster

Bahasa poster memiliki perbedaan dari bahasa lainnya seperti bahasa karangan atau bahasa surat. Kebanyakan poster bertumpu pada luasnya kata-kata yang menyampaikan gagasan khusus atau pesan khusus. Ada yang perlu diingat, pakailah kata-kata dalam poster dengan hati-hati. Pada umumnya dipergunakan sedikit kata dan hanya kata-kata kunci yang ditonjolkan dengan cara menempatkan kedudukan huruf atau besarnya ukuran huruf. Tiga buah kata dalam poster lebih efektif daripada sebuah kalimat panjang (Sudjana dan Rivai, 2007)

Pendapat tersebut diperkuat oleh Rokhanawati (2008: 22) yang menyatakan bahwa bahasa poster itu singkat, jelas, dan memiliki daya pikat. Singkat maksudnya tidak panjang dan berbelit-belit. Kata-katanya padat dan penuh isi, serta setiap kata memiliki fungsi, artinya tidak ada kata yang penempatannya tidak bermakna. Jelas, maksudnya tidak membingungkan pembaca. Memiliki daya pikat, maksudnya dengan membaca poster yang dipasang, pembaca merasa tertarik. Oleh sebab itu, pemilihan dan penempatan kata yang sesuai sangat penting diperhatikan oleh penyusun poster. Apabila pada poster tersebut menggunakan gambar-gambar harus jelas tidak mencolok dan harus sesuai dengan gagasan yang disampaikan. Senada dengan pendapat tersebut, menurut Rokhanawati (2008) kata-kata dan kalimat yang dipakai untuk menulis poster harus dipilah dengan tepat dan biasanya merupakan kalimat pendek.

2.9.4. Hal-hal yang Perlu Diperhatikan dalam Menulis Poster

Menyusun poster pada dasarnya sama dengan menyusun bentuk komunikasi tulis lainnya atau jenis karangan secara umum. Teks poster sebagai sarana komunikasi tertulis sebaiknya disusun dengan baik, menarik, dan komunikatif. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menulis poster antara lain: (1) objek poster yang akan kita buat; (2) ide yang ingin di sampaikan; (3) pilihan kata harus tepat dan kalimat bersifat persuasif; (4) menggunakan kata-kata yang efektif, sugestif dan mudah diingat; (5) huruf-hurufnya cukup besar dan mudah dibaca; (6) kalimatnya hendaklah mengandung suasana keakraban; dan (7) menggunakan variasi bentuk dan huruf dan juga variasi warna yang menarik (Rokhanawati, 2008: 23).



2.10. Kerangka Teoritis

Menurunnya angka produktivitas kopi Arabika dan kopi Robusta di lahan Indonesia (Ditjenbun, 2016). Penurunan produktivitas tanaman kopi disebabkan adanya Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Berdasarkan jenisnya, organisme pengganggu tanaman dikelompokkan menjadi 3, antara lain: (1) Nematoda Parasit, (2) Penyakit Karat pada Daun Kopi, dan (3) Hama Penggerek Buah Kopi atau PBKo (Prastowo *et al.*, 2010 : 40).



Hampir semua sentra produksi kopi di Indonesia terserang nematoda peluca akar *Pratylenchus coffeae*. Penurunan produksi kopi Robusta dan Arabika oleh nematoda jenis ini bisa mencapai 78,4-95% (Wiryadiputra, 1995; Harni *et al.*, 2012).



Untuk kepentingan ekologi, maka pengendalian nematoda parasit *P.coffeae* ini salah satunya dengan menggunakan agen hayati. (Wiryadiputra, 1997). Beberapa agen hayati yang sudah diujikan sebagai pengendali nematoda beberapa diantaranya merupakan bakteri pelarut fosfat yang ternyata juga mampu menekan populasi nematoda *P.coffeae* (Asyiah *et al.*, 2015), bakteri genus *Pseudomonas* dan *Bacillus* contohnya.



Penelitian tentang identifikasi bakteri pelarut fosfat serta uji potensinya sebagai agen pengendali hayati di kebun PT. Kalibendo belum pernah dilakukan



Hasil penelitian tentang identifikasi bakteri pelarut fosfat sebagai agen pengendali hayati akan direpresentasikan dalam bentuk poster edukasi untuk dapat dijadikan sumber informasi tambahan. Poster merupakan gambar yang mengombinasikan unsur-unsur visual seperti garis, gambar dan kata-kata yang bermaksud menarik perhatian serta mengkomunikasikan pesan secara singkat (Anitah, 2008:12).

Gambar 2.2 Kerangka Teoritis

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksploratif. Penelitian ini mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri pelarut fosfat yang terdapat pada rhizosfer tanaman kopi Robusta yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae* di PT. Perkebunan Kalibendo Banyuwangi serta menyusun media informasi berupa poster.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1. Tempat Penelitian

Pengambilan sampel rhizosfer tanaman kopi Robusta dilakukan di PT Perkebunan Kalibendo, Banyuwangi, Jawa Timur, sedangkan identifikasi dan uji potensinya dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Jember.

3.2.2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2017– Maret 2018. Waktu penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap, yakni pengambilan sampel, isolasi dan identifikasi serta uji potensi pengendali hayati.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat Penelitian

Alat yang akan digunakan antara lain adalah : autoklaf, mikroskop, cawan Petri, sentrifuse, LAF (*laminar air flow*), vortex, effendrop, jarum ose, tabung reaksi, jangka sorong, rak tabung, gelas ukur, gelas beker, kompor listrik, kaca perata, kaca benda, kaca penutup, pipet, bunsen, kapas, karet, kertas kayu, keranjang, korek, timbangan, batang pengaduk, kertas label, mikropipet dan tip.

3.3.2. Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah rhizosfer tanaman kopi yang terserang nematoda, media *Pikovskaya's Agar*, alkohol 70%, larutan garfis, bahan pewarnaan gram, media uji oksidatif dan fermentatif (O-F), media untuk uji katalase, media uji oksidase, media uji urea, media uji indol, media uji gelatin, media uji hidrolisa pati, media uji motilitas, media uji TSIA dan air destilasi.

3.4. Populasi dan Sampel Penelitian

3.4.1. Populasi Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh lahan Kopi Robusta di PT Perkebunan Kalibendo yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae*.

3.4.2. Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah rhizosfer tanaman kopi Robusta yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae* dari PT. Perkebunan Kalibendo Banyuwangi yang dipilih secara acak.

3.5. Definisi Operasional

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

- a. Identifikasi bakteri pelarut fosfat adalah usaha atau metode yang dilakukan untuk mengetahui secara rinci aktivitas-aktivitas yang terjadi pada bakteri pelarut fosfat, sehingga bakteri dapat diperiksa dalam keadaan hidup atau mati. Identifikasi bermaksud untuk mengetahui genus atau spesies bakteri pelarut fosfat. Proses identifikasi ini dengan melihat karakter morfologi, fisiologi dan biokimia.
- b. Uji Potensi adalah uji yang dilakukan untuk membuktikan kemampuan suatu hal. Dalam hal ini uji potensi yang akan dilakukan terhadap bakteri pelarut fosfat adalah uji protease. Uji protease adalah uji yang melibatkan

- kemampuan enzim yang dimiliki bakteri. Enzim protease ini mampu menjadi nematisidal yang menghambat penetasan telur nematoda (Yulianti, 2013).
- c. Rhizosfer merupakan zona tanah yang mengelilingi dan menempel pada akar. Zona ini berukuran sekitar 1mm (Kelly, 2005). Rhizosfer merupakan habitat yang baik untuk pertumbuhan mikroba (Octaviani, 2015)
 - d. Tanaman kopi yang terserang nematoda adalah tanaman kopi yang menunjukkan gejala kerusakan dengan ciri-ciri: pohon tanaman kerdil, pertumbuhan terhambat, ukuran daun dan cabang primer mengecil dan daun tua berwarna kuning dan dibuktikan dengan adanya nematoda pada akar (Asyiah *et al.*, 2017).
 - e. Poster adalah media publikasi yang terdiri atas tulisan, gambar ataupun kombinasi antar keduanya dengan tujuan memberikan informasi kepada khalayak ramai. Poster identifikasi dan uji potensi bakteri pelarut fosfat ini merupakan poster pendidikan yang ditujukan kepada pelajar dan mahasiswa dan instansi terkait.

3.6. Desain Penelitian

Penelitian ini berupa penelitian eksploratif dengan subjek penelitian berupa bakteri pelarut fosfat pada rhizosfer kopi Robusta yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae* dari PT. Perkebunan Kalibendo, Banyuwangi.

3.7. Prosedur Penelitian

3.7.1. Persiapan Alat dan Bahan

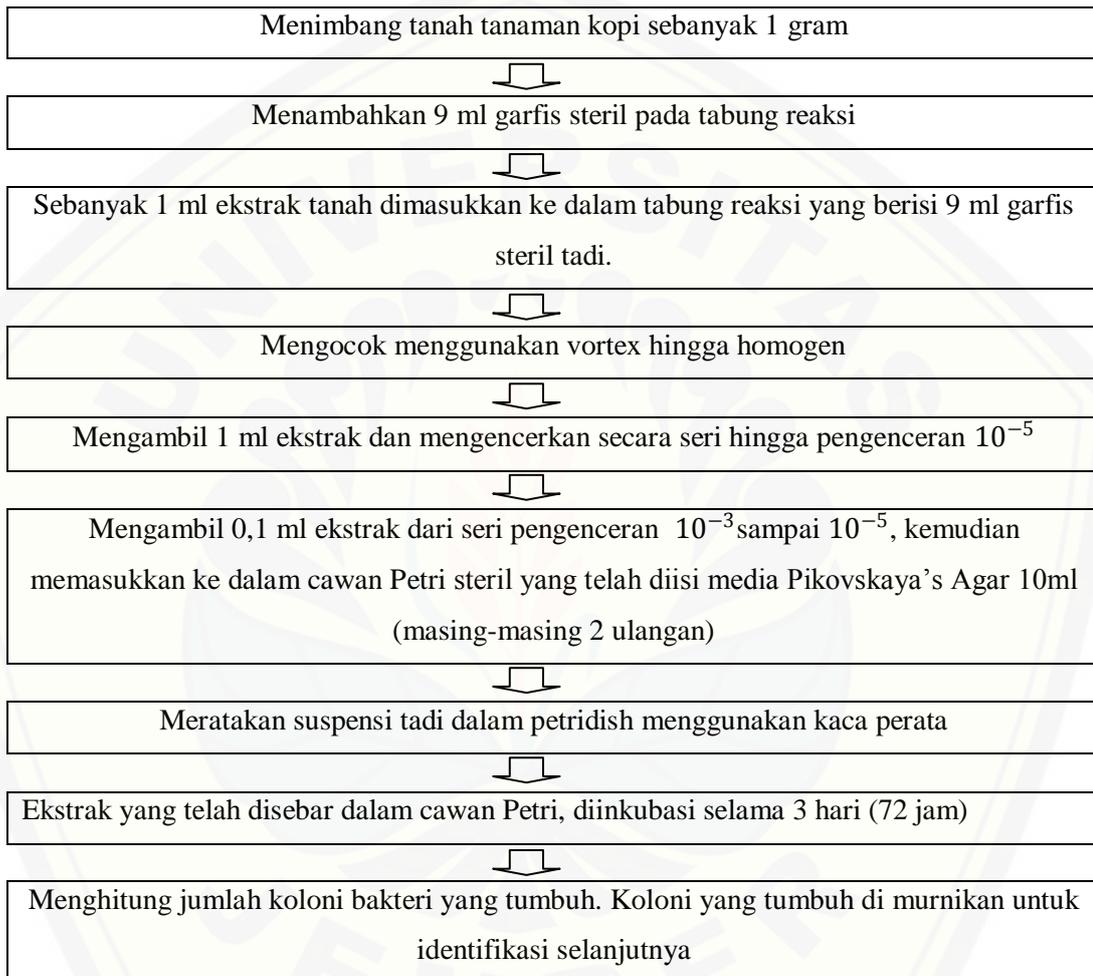
Persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini dilakukan di tempat penelitian, meliputi alat dan bahan untuk pengambilan sampel serta alat dan bahan untuk identifikasi dan uji potensi

3.7.2. Sterilisasi Alat dan Bahan

Semua alat dan medium yang akan digunakan disterilkan dengan autoklave pada temperatur 121°C pada tekanan uap 15 lb/in selama 15 menit (Marlina, 2008).

3.7.3. Isolasi Bakteri Pelarut Fosfor

Isolasi bakteri menggunakan metode *spread plate method* dan *streak plate method*. Rhizosfer yang sudah ditimbang sebanyak 1 gram akan dilakukan pengenceran (*serial delution method*) terlebih dahulu (Pelczar dan Chan, 2006). Berikut adalah proses isolasi pada rhizosfer :



Gambar 3.1 Tahap Isolasi Bakteri

3.7.4. Peremajaan Isolat Bakteri Pelarut Fosfat

Terhadap isolat yang sudah murni maka dilakukan peremajaan isolat bakteri diremajakan dengan metode *streak* miring pada medium Pikosvkaya's Agar dan diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam.

3.7.5. Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat

Pengujian terhadap sifat-sifat morfologi, fisiologi dan biokimia dilakukan pada bakteri untuk mengetahui jenis bakteri hingga tingkat genus ataupun spesies.

a. Karakterisasi Morfologi

Karakterisasi morfologi makroskopis diamati pada beberapa medium, adapun rinciannya sebagai berikut:

- 1) Pada medium lempeng yang diamati adalah
 - a) Pertumbuhan yaitu pertumbuhan koloni dipermukaan atau dibawah medium.
 - b) Bentuk koloni : *punctiform, circular, filaments, irregular, curled, amoeboid, myceloid, rhizoid.*
 - c) Permukaan : licin, kasar, membentuk lingkaran *konsentrik*, seperti sisir *radier (radiate)*
 - d) Elevasi : *flat, raised, convex, umbonate.*
 - e) Bentuk tepi : *entire, undulate, lobate, erose, filamentous, curled.*
- 2) Pada medium miring

Langkah kerja yang dilakukan untuk pengamatan pada medium miring *Pikovskaya's Agar* adalah dengan menanam isolat bakteri secara *strike*. Yang diamati adalah sebagai berikut :

 - a) Bentuk pertumbuhan : *filiform, echinulate, beaded, spreading, arborscent, rhizoid, plumose*
 - b) Bau : tidak berbau, bau
- 3) Pada medium tegak

Langkah kerja pengamatan yang dilakukan pada medium *Pikovskaya's Agar* tegak adalah dengan mengambil sedikit isolat bakteri murni menggunakan jarum ose steril kemudian ditusukkan sampai setengah dari ketinggian medium, yang diamati pada medium *Pikovskaya's Agar* tegak adalah bentuk pertumbuhan pada bekas tusukan : *filiform, echinulate, beaded, villous, rhizoid, arborscent.*

4) Pada medium cair

Langkah kerja pengamatan yang dilakukan pada medium PB (*Pikovkaya's Broth*) adalah dengan mengambil sedikit isolat murni menggunakan ose steril kemudian dicelupkan sedikit ke dalam medium. Yang perlu diamati adalah :

- a) Kekeruhan : sedikit, sedang, hebat
- b) Bau : tak berbau, berbau seperti
- c) Endapan : kompak, bentuk dan ukurannya tidak tertentu, granuler, butirbutir, berlapis-lapis, kental, banyak sekali, sedikit, tidak ada endapan.

b. Karakteristik fisiologi

1) Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram dilakukan dengan cara:

- a) Membersihkan kaca objek dengan alkohol dan dilewatkan beberapa kali pada nyala api bunsen
- b) Mengambil isolat bakteri dengan jarum ose secara aseptik dan dioleskan pada kaca objek
- c) Menetesi isolat bakteri dengan kristal violet dan dibiarkan selama 1 menit.
- d) Mencuci dengan air mengalir
- e) Mengering anginkan
- f) Menetesi isolat bakteri dengan larutan iodine dan dibiarkan selama 1 menit
- g) Mencuci dengan air mengalir
- h) Mengering anginkan
- i) Menetesi isolat bakteri dengan alkohol 95% selama 30 detik
- j) Mencuci dengan air mengalir
- k) Menganginkan hingga kering
- l) Menetesi isolat bakteri dengan safranin selama 2 menit
- m) Mencuci dengan air mengalir

- n) Mengering anginkan
- o) Melakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop. Bakteri gram positif ditandai dengan warna ungu yang menunjukkan bahwa bakteri tersebut mampu mengikat warna kristal violet, sedangkan bakteri gram negatif ditandai dengan warna merah (Hadioetomo, 1993). Selain itu, dapat dilakukan pengamatan bentuk sel bakteri dengan cara bakteri yang tumbuh kemudian diamati bentuk selnya secara mikroskopik pada kaca preparat sehingga dapat diketahui bentuknya (kokus, batang atau spiral).

2) Uji Motilitas

- a) Siapkan kaca benda cekung, bersih, kering dan bebas lemak
- b) Siapkan kaca penutup, keempat sisi diberi vaselin
- c) Teteskan 1 tetes sampel pada bagian tengah kaca benda
- d) Tutup kaca benda dengan kaca penutup, usahakan jangan sampai tetesan menyentuh kaca penutup
- e) Tetesan bakteri posisinya menggantung
- f) Amati dibawah mikroskop.

c. Karakterisasi Biokimia

1) Uji Oksidase

Uji oksidase dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya enzim oksidase, dengan cara:

- a) Pada bakteri diambil menggunakan ose maka diusapkan pada kertas cakram yang sudah dibagi menjadi beberapa bagian
- b) Lalu ditetesi dengan larutan TB pada kertas yang berisi usapan isolat bakteri. Dengan menggunakan cakram oksidase yang dapat dilihat dari perubahan warna yang terjadi pada kertas tersebut. Oksidase bersifat (+) akan terjadi perubahan warna ungu/biru dan oksidase bersifat negatif (-) jika tidak ada perubahan warna pada kertas cakram oksidase

2) Uji Katalase

Uji katalase dilakukan dengan cara:

- a) Meletakkan 2 tetes H_2O_2 3% pada kaca benda yang bersih
- b) Mengambil isolat bakteri menggunakan jarum ose
- c) Memindahkan ke atas kaca benda dan dicampurkan. Uji positif ditandai dengan terbentuknya gelembung-gelembung oksigen.

3) Uji Oksidasitif-Fermentatif (O-F)

Uji Oksidasitif-Fermentatif (O-F) dengan cara:

- a) Membuat medium NB dengan campuran BTB dan Agar, sebanyak 2 tabung
- b) Menginokulasi bakteri pada 2 tabung tersebut, satu tabung ditutup dengan paraffin dan tabung yang lain tidak.
- c) Menginkubasi selama 14 hari.
- d) Melakukan pengamatan, oksidase akan terjadi pada bakteri aerob yaitu pada tabung yang tidak ditutup dengan paraffin. Hasil positif jika terbentuk warna kuning pada tabung yang tidak ditutup karena hanya akan memproduksi reaksi asam pada tabung yang tidak ditutup. Sedangkan fermentasi terjadi pada bakteri anaerob yaitu tabung yang ditutup dengan paraffin maupun tidak ditutup. Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna kuning, karena bakteri tersebut menghasilkan reaksi asam pada tabung yang ditutup maupun tidak.

4) Uji Hidrolisis Pati

Uji hidrolisis pati dilakukan dengan cara:

- a) Memasukkan *starch agar* dalam cawan petri
- b) Menginokulasi isolat bakteri dengan cara menempatkan satu mata ose biakan ditengah cawan petri kemudian disebarakan seluas 0,5 cm
- c) Menginkubasi selama 24-48 jam pada suhu 37°C
- d) Menambahkan beberapa tetes larutan iodium di atas permukaan koloni isolat bakteri, uji akan bernilai positif apabila di sekeliling koloni terbentuk zona bening dan uji akan bernilai negatif di sekeliling koloni terbentuk warna biru kehitaman.

5) Uji Indol

- a) Menggunakan media pepton 1%.
- b) Menginokulasi isolat bakteri ke dalam media tersebut.
- c) Menginkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam.
- d) Menambahkan tetes reagen *Kovac's* setelah diinkubasi.
- e) Interpretasi hasil : negatif (-) : Tidak terbentuk lapisan cincin berwarna merah pada permukaan biakan, artinya bakteri ini tidak membentuk indol dari triptophan sebagai sumber karbon. Positif (+) : Terbentuk lapisan cincin berwarna merah pada permukaan biakan, artinya bakteri ini membentuk indol dari triptophan sebagai sumber karbon.

6) Uji Hidrolisis Urea

- a) Menginokulasi isolat pada medium Na dengan campuran urea dalam tabung reaksi secara aseptik
- b) Menginkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Uji akan bernilai positif ditunjukkan oleh terbentuknya warna merah keunguan setelah inkubasi. Hal ini merupakan indikasi bahwa isolat bakteri mampu menggunakan urea dan merubah pH menjadi media basa.

7) Uji Hidrolisis Gelatin

Uji hidrolisis gelatin dilakukan dengan cara :

- a) Menginokulasi isolat bakteri ke dalam medium nutrient gelatin tabung reaksi secara aseptik
- b) Menginkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam
- c) Meletakkan isolat pada pendingin dengan suhu 4°C selama 30 menit. Indikator pengamatan ini adalah reaksi positif jika medium tetap menjadi cair dan negatif apabila medium menjadi padat. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri mampu menghidrolisis gelatin sehingga medium tetap cair saat didiamkan pada suhu 4°C selama 30 menit.

8) Uji TSIA

- a) Menimbang media TSIA sebanyak 1,5 gram lalu dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi air 50 ml akuades.

- b) Menuangkan sebanyak 4 ml pada setiap tabung, lalu di sterilkan pada suhu 121°C menggunakan autoklave
 - c) Menginokulasikan isolat bakteri ke dalam media TSIA
 - d) Menginkubasi pada suhu inkubator 37°C selama 24 jam
 - e) Mengamati perubahan yang terjadi, hasil positif ditunjukkan dengan perubahan warna medium dari merah menjadi kuning dan terbentuknya gas.
- 9) Uji Sitrat
- a) Menginokulasikan isolat bakteri ke dalam media *simmons citrate*
 - b) Menginkubasi pada suhu 37°C selama 28-96 jam.
 - c) Mengamati perubahan yang terjadi, warna biru menunjukkan reaksi positif, sedangkan warna hijau menunjukkan reaksi negatif.

Semua bakteri akan dilakukan uji pewarnaan gram untuk menentukan gram bakteri, kemudian bakteri tersebut ditentukan genusnya dengan melakukan uji lanjutan yakni motilitas, katalase, oksidase, dan oksidatif fermentatif (O-F), gelatin, pati, indol, sitrat dan urea sesuai dengan buku panduan Bergey's dan Cowan & Steel, sehingga diperoleh genus atau spesies (Garrity *et al.*, 2006).

3.8. Uji Protease

Protease adalah enzim proteolitik yang dapat mengkatlisis pemutusan ikatan peptida pada protein. Uji kuantitatif aktivitas proteolitik positif ditunjukkan dengan adanya zona bening yang terbentuk disekitar koloni bakteri pada medium *Skim Milk Agar* (SMA), langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a. Membuat medium *Skim Milk Agar* (SMA) yang terdiri dari pepton 0,1%, NaCl 0,5%, agar 2% dan susu skim 10%.
- b. Menginokulasikan isolat bakteri pada media *Skim Milk Agar* (SMA) pada 2 titik.
- c. Menginkubasi pada temperatur 37°C selama 2 hari
- d. Mengamati perubahan yang terjadi pada media SMA. Uji positif ditunjukkan dengan adanya zona bening disekitar koloni bakteri pada permukaan media SMA (Yuniati, 2015).

3.9. Penyusunan Poster

3.9.1. Tahap Penyusunan Poster Edukasi

Pemanfaatan hasil penelitian ini di gunakan sebagai bahan penyusunan pembuatan produk dalam bentuk poster Poster ini berguna untuk menambah pengetahuan bagi masyarakat khususnya mahasiswa, pelajar dan petani kopi tentang jenis-jenis mikroba pelarut fosfat yang terdapat pada rhizosfer tanaman kopi yang terserang nematoda parasit *Pratylenchus coffeae*, mengetahui peranan mikroba terhadap serangan nematoda parasit, mengetahui interaksi mikroba dengan nematoda serta mengetahui peranan mikroba dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi.

Pengembangan dan penyusunan poster ini menggunakan model 4-D (four-D Model) (Thiagarajan *et al.*, 1974). Model ini terdiri dari empat tahap yaitu, tahap mendefinisikan (*define*), tahap merancang (*design*), tahap mengembangkan (*develop*) dan tahap menyebarkan (*disseminate*) (Hobri, 2010: 12). Untuk penelitian ini cukup sampai pada tahap mengembangkan dengan analisa validasi dari beberapa validator.

Tahap mendefinisikan (*define*) dilakukan dengan melakukan kegiatan menyebarkan analisis kebutuhan (*need assesement*) terhadap poster tersebut untuk menentukan pengembangan yang cocok digunakan untuk mengembangkan produk poster tersebut. Tahap selanjutnya adalah tahap merancang (*design*) tahap ini meliputi : 1) menentukan tujuan pembuatan poster, 2) menentukan isi poster, 3) menentukan bentuk poster, 4) menentukan ukuran poster dan bentuk huruf yang sesuai, dan 5) memilih warna yang sesuai. Tahap ketiga adalah tahap mengembangkan (*develop*). Pada tahap ini dilakukan dengan mengembangkan hasil penelitian sebagai materi penyusun poster dan evaluasi yang dilakukan oleh ahli di dalam bidang materi, media dan kebahasaan. Saran-saran yang diberikan para ahli nantinya akan digunakan untuk revisi produk sehingga menghasilkan produk akhir poster yang telah memenuhi kriteria sesuai target.

3.9.2. Tahap Uji Kelayakan / Validasi Poster

Uji media poster dilakukan setelah poster selesai dibuat. Kelayakan atau validasi poster bisa menggunakan penilaian pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rubrik penilaian masing-masing skor dalam penilaian poster identifikasi dan uji potensi mikoba pelarut fosfat pada rhizosfer tanaman kopi (*Coffea sp.*) yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae*

Skor	Kriteria	Rubrik Penilaian
4	Sangat baik	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai sangat sesuai dan tidak ada kekurangan dengan produk poster yang ada.
3	Baik	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai sesuai, meski ada sedikit kekurangan dengan produk poster tersebut.
2	Kurang baik	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai kurang sesuai dan ada sedikit kekurangan dan atau banyak dengan produk poster tersebut.
1	Tidak baik	Jika masing-masing item pada unsur yang dinilai tidak sesuai dan ada kekurangan pada produk poster.

(Sukiman, 2012)

3.9.3. Analisa Data

Analisa data berupa analisa validasi poster edukasi diperoleh data dari validator yang berupa data kuantitatif dari hasil penjumlahan skor. Adapun rumus pengolahan data adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{\text{SKOR YANG DIDAPAT}}{\text{SKOR MAKSIMAL}} \times 100\%$$

Keterangan : P = Presentase penilaian

Presentase penilaian yang diperoleh selanjutnya diubah dalam data kuantitatif deskriptif yang menggunakan kriteria validasi seperti Tabel 3.2

Tabel 3.2. Kriteria Validasi Poster Edukasi

No.	Nilai (%)	Kriteria	Deskripsi
1.	81,25 – 100	Sangat Layak	Produk baru siap dimanfaatkan di lapangan sebenarnya untuk masyarakat
2.	62,50 – 81,24	Layak	Produk dapat dilanjutkan dengan menambahkan sesuatu yang kurang, melakukan pertimbangan tertentu. Penambahan yang dilakukan tidak terlalu besar dan tidak terlalu mendasar

3.	43,75 – 62,49	Cukup Layak	Merevisi dengan meneliti kembali secara seksama dan mencari kelemahan-kelemahan produk untuk disempurnakan
4.	<43,75	Kurang Layak	Merevisi secara besar-besaran dan mendasar tentang isi produk

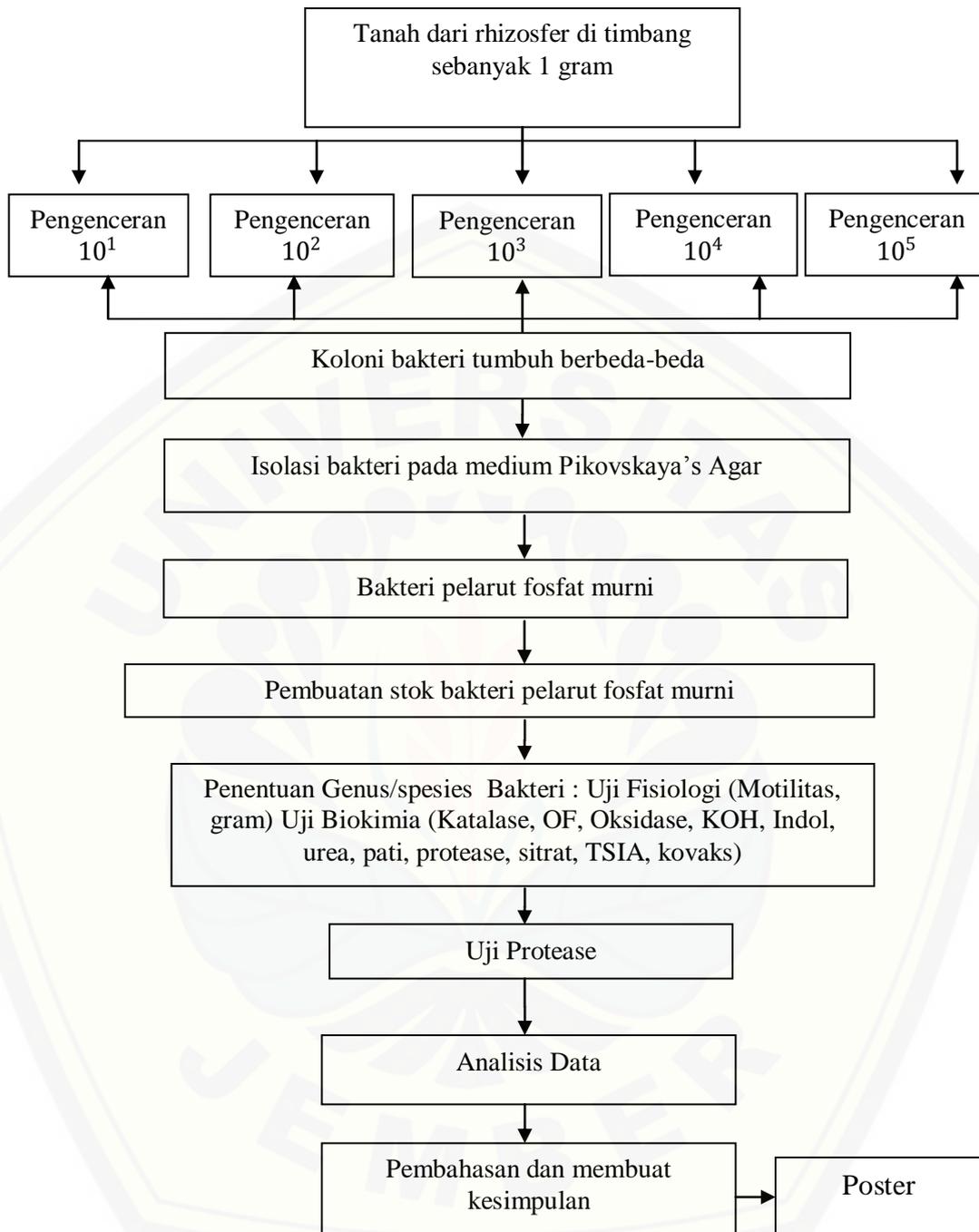
(Sukiman, 2012)



3.10. Diagram Alur Penelitian

Persiapan alat dan bahan





Gambar 3.2 Alur Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pada lahan kopi Robusta (*Coffea canephora* L.) yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae* ditemukan 6 isolat bakteri pelarut fosfat, 2 dari genus *Bacillus* (RA dan RM), 1 genus *Pseudomonas* (RB), 2 genus *Micrococcus* (RC dan RH) serta 1 genus *Staphylococcus* (RD)
- b. Hasil uji protease yang dilakukan terhadap keenam isolat bakteri pelarut fosfat, ditemukan 4 isolat bakteri yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati nematoda yakni bakteri *Bacillus* sp. (RA), *Pseudomonas* sp. (RB), dan *Micrococcus* sp. (RC dan RH). Sedangkan bakteri *Staphylococcus* sp. (RD) dan *Bacillus* sp. (RM) tidak menghasilkan zona bening disekitar koloni sehingga tidak berpotensi untuk menjadi agen pengendali hayati nematoda.
- c. Poster hasil penelitian dengan judul “Identifikasi dan Uji Potensi Pengendali Hayati Bakteri Pelarut Fosfat pada Rhizosfer Tanaman Kopi yang Terserang Nematoda *Pratylenchus coffeae* dikatakan layak dengan nilai validasi sebesar 84% sehingga bisa digunakan sebagai sumber ilmu pengetahuan.

5.2. Saran

Disarankan untuk peneliti selanjutnya :

- a. Melakukan identifikasi lebih lanjut kepada pihak yang berwenang.
- b. Melakukan penelitian dengan mengaplikasikan bakteri pelarut fosfat pada telur larva nematoda dan juga ke tanaman untuk dapat melihat potensinya sebagai agen pengendali hayati nematoda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A.K., Ghulam, J, Mohammad SA, Syed, MSN., dan Mohammad, R. 2009. Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms Dan Their Role In Crop Prodcution. *Jurnal Agri Bio Sci*, Vol. 11: 48-48.
- Alam, M.S., Sarjono., P.R., dan Aminin, A.L.N. 2013. Isolasi Bakteri Selulolitik Termofilik Kompos Pertanian Desa Bayat, Klaten, Jawa Tengah. *Chem Info*, Vol. 1(1): 190-195
- Alam Tani. 2012. Karateristik Kopi Robusta. <http://alamtani.com/kopi-robusta.html>. [Diakses pada 16 Juli 2017)].
- Anitah, Sri. 2008. *Media Pembelajaran*. Surakarta :Panitia Sertifikasi Guru Rayon 13 Surakarta.
- Arios, Lisa Novita. Suryanto, Dwi. Nurtjahja, Kiki dan Munir, Erman. 2014. “Asai Kemampuan Bakteri Endofit dari Kacang Tanah dalam Menghambat Pertumbuhan *Sclerotium* sp. pada Kecambah Kacang Tanah”. *J. HPT Tropika*. ISSN 1411-7525. Vol. 14(2): 178-186.
- Astuti, Y.W., Widodo, L.U., dan Budisantosa, I. 2013. *Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat Dan Bakteri Penambat Nitrogen Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat pada Tanah Masam*. Purwokerto: Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman.
- Asyiah, N.I., Wiryadiputra, S., Fauzi, I., dan Harni, R. 2015. Populasi *Pratylenchus coffeae* (Z.) dan Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika Akibat Inokulasi *Pseudomonas diminuta* L. Dan *Bacillus subtilis* (C.). *Jurnal Pelita Perkebunan* 31 (1) , 30-40.
- Asyiah, N.I., Soekarto, Mudakir, I., dan Saputra, Y. 2016. *Gejala Serangan Nematoda Parasit Pada Tanaman Kopi*. Prosiding Seminar Nasional. Jember: Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember.

- Asyiah, N.I., Soekarto, Hoesain, M., Iqbal, M., Hindersah, R., Narulita, E., dan Mudakir, I. 2017. The Endophytic Bacteria Isolation As Biological Control Agent Of *Pratylenchus Coffea*. *Asian Jr. of Microbiol. Biotech. Env. Sc.* Vol. 20 (1).
- Bridge, J., dan Starr, J.L. 2007. *Plant Nematodes of Agriculture Importance*. London : Manson Publishing
- Cappucino, J.G. dan Sherman, N. 1987. *Microbiology: A Laboratory Manual*. California USA: The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc. P.127-148.
- Chandrasekeran, A., dan P.U., Mahalingam. 2014. Isolation Of Phosphate Solubilizing Bacteria From Sorghum Bicolor Rhizosphere Soil Inoculated With Arbuscular Mycorrhizae Fungi (*Glomus* sp). *Research in Biotechnology*. Vol. 5(2).
- Chen, Y. P., Rekha, P. D., Arun, A. B., Shen, F. T., Lai, W. A., dan Young, C.C. 2006. Phosphate Solubilizing Bacteria from Subtropical Soil dan Their Tricalcium Phosphate Solubilizing Abilities. *Applied Soil Ecology*. Vol.34 (1). 33- 41.
- Cowan, S.T., dan Steel, K.J. 1970. *Manual For The Identification Of Medical Bacteria*. London: The Syndics of The Cambridge University Press.
- Das, A.C. 1963. Utilization of Insoluble Phosphate by Soil Fungi. *J. Indian. Soc. Soil Sci.* 11:203-207.
- Dawes, I.W dan I.W. Sutherland. 1976. *Microbial Physiology*. Toronto: John Wiley And Sons. New York.
- Dermiyati., Antasari, J., Yusnaini, S., dan Nugroho, S.G. 2009. Perubahan Populasi Mikroroganisme Pelarut Fosfat pada Lahan Sawah dengan Sistem Pertanian Intensif menjadi Sistem Pertanian Organik Berkelanjutan. *J. Tanah Trop.*, Vol. 14, No. 2 : 143-148

- Dewi, Amalia Khrisna. 2013. Isolasi, Identifikasi dan Uji Sensitivitas *Staphylococcus aureus* terhadap Amoxicillin dari Sampel Susu Kambing Peranakan Ettawa (PE) Penderita Mastitis Di Wilayah Girimulyo, Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal Sain Veteriner*. Vol. 31 (2)
- Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan. 2002. Musuh Alami, Hama dan Penyakit Tanaman Kakao, Edisi kedua. Proyek Pengendalian Hama terpadu Perkebunan Rakyat
- Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian. 2016. *Outlook Kopi Komoditas Pertanian Subsektor Perkebunan*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Dropkin, V.H. 1992. *Pengantar Nematologi Tumbuhan*. Terjemahan oleh Supratoyo. Yogyakarta : Gadjah Mada University.
- Elfiati, Deni. 2005. *Peranan Mikroba Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman*. Sumatera Utara: USU Repository.
- Elfiati, D., Delvian, dan Hanum, H. 2016. Indeks Pelarutan Fungi Pelarut Fosfat dengan Menggunakan Empat Sumber Fosfat (*Dissolving Index of Phosphate Solubilizing Fungi Using Four Phosphate Sources*). Dalam *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*:20-21
- Garrity, G., D. J. Brenner, J. T. Staley, N. R. Krieg, D. R. Boone, P. D. Vos, M. Goodfellow, F. A. Rainey, dan K-H Schleifer. 2006. *Bergeys Manual of Systematic Bacteriology: Volume Two The Proteobacteria (Part C)*. Springer Science dan Business Media Inc. New York.
- Gerretsen, F.C. 1948. *The influence of microorganisms on the phosphorus up take by the plant*. Plant Soil : 51-81.
- Ginting, R.C., Badia, R. Saraswati dan E.F. Husen. 2006. *Mikroorganisme Pelarut Fosfat. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor. 144-146.

Gupta, R., Beg, Q.K., dan Lorenz, P. 2002. Bacterial alkaline proteases: molecular approaches and industrial application. *Appl Microbiol Biotechnol.* 59:15-32.

Gupte, Satish.1990. Mikrobiologi Dasar. Jakarta: Binarupa Aksara

Habi, M. La. 2012. Ketersediaan Fosfat, Serapan Fosfat Dan Hasil Tanaman Jagung Akibat Pembiakan Bokashi Ela Sagu Dengan Pupuk Fosfat Pada Inceptisols. *Buana Sains.* Vol 12 (1): 63-70.

Hadiwiyono., Sudadi., dan Sofani, C.S. 2014. Jamur Pelarut Fosfat Untuk Menekan Penyakit Moler (*Fusarium oxysporum* sp.) Dan Meningkatkan Pertumbuhan Bawang Merah. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Agroteknologi.* Vol. 11(2)

Haidar, Awang. 2010. PBS Banyuwangi Kalibendo. https://www.academia.edu/7842104/PBS_Banyuwangi_Kalibendo. [Diakses pada 18 Agustus 2017].

Hallmann, J. 2001. Plant Interactions with Endophytic Bacteria. In: Jeger, M.J. & N.J. Spence (Eds) Biotic Interactions in Plant-Pathogen Associations, CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom, pp 87-119

Hardjowigeno. 1995. *Ilmu Tanah.* Jakarta. Akademika Presindo

Harni, R., Munif, A., Supramana dan Mustika, I. 2007. Pemanfaatan Bakteri Endofit Untuk Mengendalikan Nematode Peluka Akar (*Pratylenchus brachyurus*) Pada Tanaman Nilam. *Jurnal Hayati* Vol. 14 (1): 7-12.

Harni, R., Supramana., Sinaga, M.S., Giyanto dan Supriadi. 2012. Mekanisme Bakteri Endofit Mengendalikan Nematoda *Pratylenchus brachyurus* Pada Tanaman Nilam. *Bul. Littro.* Vol. 23 (1), 2012, 102 - 114 102

Harni, R. 2013. Potensi Bakteri Endofit Mengendalikan Nematoda Parasit Pada Tanaman Kopi. *SIRINOV*, Vol. 1 (3).

- Harni, R. 2016. Prospek Pengembangan Bakteri Endofit Sebagai Agens Hayati Pengendalian Nematoda Parasit Tanaman Perkebunan. *Perspektif*, Vol. 15 (12)
- Hasanuddin. 2006. Pengaruh Inokulasi Mikrobial Pelarut Fosfat dan Batuan Fosfat Terhadap Perbaikan Fosfor Di Tanah, Serapan Fosfor dan Hasil Jagung Pada Ultisol Bengkulu. *JUPI*. Vol.8 (2): 85-90
- Havlin, J.L., J.D. Beaton., S.L. Tisdale., dan W.L. Nelson. 1999. *Soil Fertility dan Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Sixth ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Hobri. 2010. *Metodologi Penelitian Pengembangan [Aplikasi Pada penelitian Pendidikan Matematika]*. Jember: Pena Salsabila.
- Holt, J.G., Krieg, Noel R., dan Bergey, D.H. 1984. *Bergey's Manual Of Systematic Bacteriology*. USA: Baltimore Williams dan Wilkins.
- Hulupi, R., dan Mulyadi. 2007. Sebaran Populasi Nematoda *Radopholus similis* dan *Pratylenchus coffeae* Pada Lahan Perkebunan Kopi. *Pelita Perkebunan* Vol. 23(3), 176-182.
- ICO (*International Coffee Organization*). 2015. *The State of The Global Coffee Trade*. http://www.ico.org/monthly_coffee_trade_stats.asp. [Diakses tanggal 25 September 2017].
- Iftita, Wahyu Dewi., Shovitri, Maya dan Zulaika, Enny. 2014. "Pengaruh HgCl₂ terhadap Viabilitas *Bacillus* S1 dan Potensi Enzim Pendegradasi SenyawaOrganik". *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Vol. 3(1). 2337-3520.
- Illmer, P., A. Barbato dan F. Schinner. 1995. Solubilizing Of Hardly Soluble AlPO₄ With P-Solubilizing Microorganism. *Soil Biol. Biochem*. Vol. 27:265-270.
- Indarti, S. 2008. Biopeptisida Berbahan Aktif Mikroba Kitinolitik untuk Pengendalian Nematoda Parasit (*Pratylenchus coffeae*) Pada Tanaman Kopi. <http://lib.ugm.ac.id>. [Diakses pada tanggal 3 Maret 2018].

- Islam, M.T., A. Deoraa, Y. Hashidokoa, A. Rahmana, T. Itoa, dan S. Tahara. 2007. Isolation dan Identification of Potential Phosphate Solubilizing Bacteria from the Rhizoplane of *Oryza sativa* L. cv. BR29 of Bangladesh. *Phosphate Solubilizing Soil Bacteria*, Vol. 62: 103-113
- ITIS. 2018. *Coffea canephora*. <https://www.itis.gov> [Diakses pada 28 Maret 2018]
- ITIS. 2018. *Bacillus*. <https://www.itis.gov>. [Diakses pada 28 Maret 2018]
- ITIS. 2018. *Micrococcus*. <https://www.itis.gov> [Diakses pada 28 Maret 2018].
- ITIS. 2018. *Staphylococcus*. <https://www.itis.gov> [Diakses pada 28 Maret 2018].
- Jayadi, M., Baharuddin, B. Ibrahim. 2013. In Vitro Selection Of Rock Phosphate Solubility by Microorganism from Ultisols in South Sulawesi, Indonesia. *American Journal of Agriculture dan Forestry* 1(4): 68-73
- Jutono, dkk. 1980. *Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum (Untuk Perguruan Tinggi)*. Yogyakarta : UGM Press.
- Kelly. R. L. 2005. *Soil Biology Basic : the rhizosfer*. www.dpi.new.gov.au. (diakses pada tanggal 12 Februari 2018)
- Kloepper, J.W., Schipper, B & Bakker PAHM. 1992. Proposed Elimination of Term Endorhizosphere. *Phytopatology*. Vol 82. 726-727.
- Kufa, Taye., Burkhardt, M.J. 2011. Plant Composition dan Growth of Wild *Coffea arabica* : Implication for Management dan Conservation Of Natural Forest Resources. *International Journal of Biodiversity dan Conservation* Vol. 3 (4): 131-141.
- Lehninger. 2005. *Dasar-Dasar Biokimia I*. Jakarta: Erlangga.
- Leni, 2008. Pemanfaatan Bakteri Pelarut Fosfat dan Mikoriza Sebagai Alternatif Pengganti Pupuk Fosfat Pada Tanah Ulyisol Kabupaten Langkat Sumatera

Utara. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Tinggi Universitas Muslim Nusantara Al Washliyah*, Vol. 4 (1) : 9-17

Lestari, W., Linda, TM., dan Martina, A. 2011. Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Isolat Asal Sei Garo dalam Penyediaan Fosfat Terlarut dan Serapannya pada Tanaman Kedelai. *Biospecies*. Vol. 4 (2)

Luc, M., R.A. Sikora., dan J. Bridge. 1995. *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical dan Tropical Agriculture*. Wallingford : C.A.B International

Lynch, J.M. 2003. *Soil Biotechnology*. London: Blackwell Sci. Pub. Co.

Marista, Etha., Khotimah, S., dan Linda, R. 2013. Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi dari Tiga Jenis Tanah Rizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiacavar. nipah*) di Kota Singkawang. *Jurnal Protobiont*, Vol 2 (2): 93 – 101.

Marthini, N.M.A. 2016. MENDAG Luncurkan Gerakan “Dengan Bangga Menyeduh Kopi Papua”. Kementerian Perdagangan Indonesia. <http://www.kemendag.go.id/files/pdf/2016/06/14/mendag-luncurkan-gerakan-dengan-bangga-menyeduh-kopi-papua-id0-1465881150.pdf> [Diakses pada 24 Oktober 2017].

Mieke, R. Setiawati. 2005. Pupuk Biologis Dari Mikroba Pelarut Fosfat. <http://www.pikiran-rakyat.com>. [Diakses tanggal 14 Oktober 2017].

Mohamed, M.A., dan M.A. Hussein. 2007. Purification dan characterization of an Alkaline Protease Produced by the Bacterium *Xenorhabdus nematophila* BA2, a Symbion of Entomopathogenic Nematode *Steinernema carpocapsae*. *Res. J. Agric & Biol. Sci.*, 3 (5): 510–521.

Mugiastuti, E., Rahayuniati, R.F., dan Sulistyanto, P. 2012. Pemanfaatan *Bacillus* sp. Dan *Pseudomonas Fluorescens* Untuk Mengendalikan Penyakit Layu Tomat Akibat Sinergi *R. Solanacaerum* Dan *Meloidogyne* sp. PROSIDING SEMINAR NASIONAL ”Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II” Purwokerto, 27-28 Nopember 2012.

- Murthi, R.S., Lisnawati dan Oemry, S. 2015. Potensi Bakteri Endofit dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tembakau yang Terinfeksi Nematoda Puru Akar. *Jurnal Agroteknologi*, Vol 4 (1): 1881-1889.
- Mustika, I dan Z. A. Riza. 2004. Peluang pemanfaatan jamur Nematofagus untuk mengendalikan Nematoda parasit pada tanaman dan ternak. *Jurnal Litbang Pertanian*, 23(4): 115—122
- Mustika, Ika. 2005. Konsepsi Dan Strategi Pengendalian Nematoda Parasit Tanaman Perkebunan Di Indonesia. *Jurnal Perspektif*. Vol. 4 (1)
- Nadiah, Annisrien. 2013. *Dua Nematoda Destroyer Akar Kopi*. [Online]. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/bpptp-surabaya/tinymcpuk/gambar/file/dua%20nematoda%20parasit%20akar%20kopi.pdf>. (Diakses tanggal 12 Februari 2018)
- Naiola, Elidar dan Widhyastuti, Nunuk. 2002. Isolasi, Seleksi Dan Opttmasi Produksi Protease Dari Beberapa Isolat Bakteri. *Berita Biologi*, Vol. 6 (3)
- Najiyati, S dan Danarti. 2012. Kopi, Budidaya dan Penanganan Lepas Panen. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.
- Nugroho, T.T., Ali, M., Ginting, C., dan Wahyuningsih. 2003. “Isolasi dan Karakterisasi Sebagian Kitinase *Trichoderma viride* TNJ63”. *Jurnal NaturIndonesia*. Vol. 5(2): 101-106.
- Octaviani EA, Achmad, Heliyana EN. 2015. Potensi *Trichoderma harzianum* dan *Gliocladium* sp sebagai agens hayati terhadap *Botryodiplodia* sp penyebab penyakit mati pucuk pada jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb). Miq). *J Silvik Trop* 1(6): 27-32
- Patil, P.M., Kuligod, V.B., Hebsur, N.S., Patil, C.R., dan Kulkarni, G.N. 2012. Effect of Phosphate Solubilizing Fungi Dan Phosphorus Level On Growth, Yield dan Nutrient Content In Maize (*Zea mays*). *Karnataka Journal Agriculuture*. Sci.25(1): 58-62.
- Pastra, Defin Ari., Melki dan Surbakti, Heron. 2012. “Penapisan Bakteri yang Bersimbiosis dengan Spons Jenis *Aplysina* sp sebagai Penghasil

Antibakteri dari Perairan Pulau Tegal Lampung". *Maspari Journal*. Vol. 4(1): 77-82.

Pelczar, Michael dan E.C.S, Chan. 2006. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Penerbit UI-Press. Hal. 140 -199.

Perkebunan Kalibendo. 2017. *Data Curah Hujan Bulan Januari 2017*. Banyuwangi: Perkebunan Kalibendo

Pracaya, Ir. 1997. *Hama dan Penyakit Tanaman* cetakan V. Jakarta: Penebar Swadaya.

Prastowo, Karmawati, Rubijo, Siswanto, Indrawanto, dan Munarso. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kopi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan Press.

Prayudyaningsih, R., Nursyamsi, dan Sari, R. 2015. Mikroorganisme Tanah Bermanfaat Pada Rhizosfer Tanaman Umbi Di Bawah Tegakan Hutan Rakyat Sulawesi Selatan. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*, Vol.1 (4), Juli 2015 ISSN: 2407-8050 Halaman: 954-959.

Premono, M.E. dan R. Widyastuti. 1994. Stabilitas *Pseudomonas putida* Dalam Medium Pembawa Dan Potensinya Sebagai Pupuk Hayati. *Hayati*, Vol. 1 (2): 55-58.

Purwaningsih, S. 2003. Isolasi, Populasi dan Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah dari Taman Nasional Bogani Nani Wartabone, Sulawesi Utara. *Biologi*, Vol. 3 (1):22-31.

Purwanti, Dwi. 2015. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dari Rizosfer Tanaman Padi (*Oryza sativa*) Pada Tanah Sawah Organik Dan Non Organik Di Kabupaten Sukoharjo. *Other thesis*. Universitas Sebelas Maret.

Puspita, A.A., Yunus, A., dan Susilowati, A. 2015. Isolasi Bakteri Yang Berpotensi Sebagai Pelarut Fosfat Pada Tanaman Kedelai (*Glycine max*) Di Wonogiri. *EL-VIVO* Vol.3 (1)

- Rahardjo, Pudji. 2012. *Kopi Pdanuan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rahayu T.P, B., Widiyanto, D., Margino, S., dan Mulyadi. Kemampuan Isolat Aktinomisetes Menghasilkan Enzim Yang Dapat Merusak Kulit Telur Nematoda Puru-Akar *Meloidogyne* Spp. 2009. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. Vol. 15 (1)
- Rao, A.V., B. Venkateswarin, dan P. Kami. 1982. Isolation Of A Phosphate Dissolving Soil Actinomycete. *Curr. Sci.* Vol. 51 (1): 117-1.118
- Reddy, M.S., S.Kumar, K.Babita dan M.S.Reddy. 2002. Biosolubilization of poorly soluble rock phosphates by *Aspergillus tubingensis* dan *Aspergillus niger*. *Bioresour. Technol.*, 84:187-189
- Richardson, A.E. 2001. Prospect for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Aust. J. Plant Physiol.* 58: 797- 906.
- Rokhanawati, Ani Yulia. 2008. Penigkatan Keterampilan Menulis Poster dengan Metode Copy the Master pada Siswa Kelas VIIIA MTs Al Hidayah Banjarharjo., Kabupaten Brebes. *Skripsi UNNES*
- Salamone, IEG, Hynes RK, Nelson LM. 2001. Cytokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants. *Can J Microbiol* 47:404-41
- Sanchez, P.A. 1992. *Properties dan Management of Soils in The Tropics*. New York: John Wiley dan Sons, Inc.
- Saraswati, R. 2007. *Pengembangan Teknologi Mikroflora Tanah Multiguna Untuk Efisiensi Pemupukan Dan Keberlanjutan Produktivitas Lahan Pertanian*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat..
- Sardiman, dkk. 2007. *Media Pendidikan*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

- Semangun, Haryono. 2001. *Penyakit-penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Serfoji, P., Rajeskhumar, S., dan Selvaraj, T. 2010. Management Of Root-Knot Nematoda *Meloidogyne incognita* On Tomato Cv Pusa Ruby By Using Vermicompost, AM Fungus, *Glomus aggregatum* Dan Mycorrhiza Helper Bacterium, *Baccilus coagulans*. *Journal of Agriculturnal Technology* Vol. 6(1).
- Setiawati, M.R., Suryatmana, P., Hinderasih, R., Fitriatin, B.N., dan Herdiyantoro, D. 2014. Karakterisasi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Ketersediaan P pada Media Kultur Cair Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. Vol. 16 (1), Maret 2014: 30 – 34.
- Sharma, S.B., R.Z. Sayyed, M.H. Trivedi, dan T.A. Gobi. 2013. Phosphate Solubilizing Microbes : Sustainable Approach for Managing Phosphorus Deficiency in Agricultural Soils. *Spirungeplus*, Vol. 2:587.
- Siddiqui I.A., D. Haas, & S. Heeb. 2005. Extracellular Protease of *Pseudomonas fluorescens* CHA0, a Biocontrol Factor with Activity against the Root-knot Nematode *Meloidogyne incognita*. *Applied and Environmental Microbiology* 71: 5646–5649.
- Subarjah, C., Himawan, T., dan Puspitarini, R.D. 2016. Effects of Compost on Nematode *Pratylenchus* sp. (Tylenchida: Pratylenchidae) Population in Patchouli. *JOURNAL OF TROPICAL LIFE SCIENCE*. VOL. 6(2).
- Sudjana, N dan Rivai, A. 2007. *Media Pengajaran*. Bdanung: Sinar Baru Algesindo.
- Suhartono., Artika, Wiwit. 2017. Isolasi Dan Uji Aktivitas Protease Dari Aktinobakteri Isolat Lokal (AKJ-09) Aceh. *BIOLEUSER*, 1(3):116-120.
- Sukiman. 2012. *Pengembangan Media Pembelajaran*. Yogyakarta: Pedagogia.

- Suliasih. 2012. Pelarutan Batuan Fosfat Oleh Bakteri Pelarut Fosfat Dan Kemampuannya Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Sengon Buto (*Enterolobrium cyclocarpum*). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 21-29.
- Sundunar, Cecep. 2016. Kopi Robusta. <https://ensiklopedia.id/kopi-robusta/> [Diakses pada tanggal 21 Oktober 2017].
- Susanti EVH. 2003. Isolasi dan Karakterisasi Protease dari *Bacillus subtilis* 1012M15. *Jurnal Biodiversitas* 4(1), 12-17.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., dan Semmel, M. I. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Minneapolis. Minnesota: Leadership Training Institute/Special Education, University of Minnesota
- Tsilange, P et al. 2009. Genetic Variation in *Coffea canephora* L. (Var. Robusta) accessions from the founder gene pool evaluated with ISSR dan RAPD. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 8 (3) 380-390.
- Wati, Dwi S., dan Rukhmanasari, D.P. 2013. *Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Industri Bioetanol Melalui Proses Anaerob (Fermentasi)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Wemedo, S. A., dan Onolleka, B. 2012. Evaluation Of Rhizosphere Bacteria Of *Mangifera iindica* (Mango) Dan *Terminalia catappa* (Almond). *Journal of Emerging Trends in Engineering dan Applied Sciences (JETEAS)*. Vol. 3(5).
- Widawati, S., Nurkanto, A., dan Sudiana, I.M. 2008. Aktivitas Pelarutan Fosfat oleh Aktinomisetes yang Diisolasi dari Waigeo, Kepulauan Raja Ampat, Papua Barat. *Jurnal Biodiversitas* Vol. 9 (2) Hal. 87-90.
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah Dasar Kesehatan Dan Kualitas Tanah*. Yogyakarta: Gava Media.
- Wiryadiputra, S., dan Hulupi, R. 1995. *Uji ketahanan Varietas Kopi Arabika Introduksi Terhadap Nematoda P. coffeae*. Makalah Kongres Nasional

XIII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Mataram, 25–27.

Wiryadi Putra, Soekadar. 2012. Identifikasi Spesies Nematoda Parasit pada Kopi Arabika pada Beberapa Areal Calon Lahan di Jawa Barat. *Jurnal Pelita Perkebunan*, Vol. 24 (1) Hal 9-15

Yulianti, Titiek. 2013. Pemanfaatan Endofit Sebagai Agensia Pengendali Hayati Hama dan Penyakit Tanaman. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak*, Vol. 5 (1) hal 40-49.

Yuniati, R., Nugroho, T.T., dan Puspita, F. 2015. Uji Aktivitas Enzim Protease Dari Isolat *Bacillus* sp. Galur Lokal Riau. *JOM FMIPA*, Vol. 1(2).

Zulaika, E., L. Sembiring, dan A. Soegianto. 2012. Characterization dan Identification Of Mercury-resistant Bacteria From Kalimas River Surabaya-Indonesia By Numerical Phenetic Taxonomy,” *Journal of Basic dan Applied Scientific Research*. 2 (7) : 7263-7269.

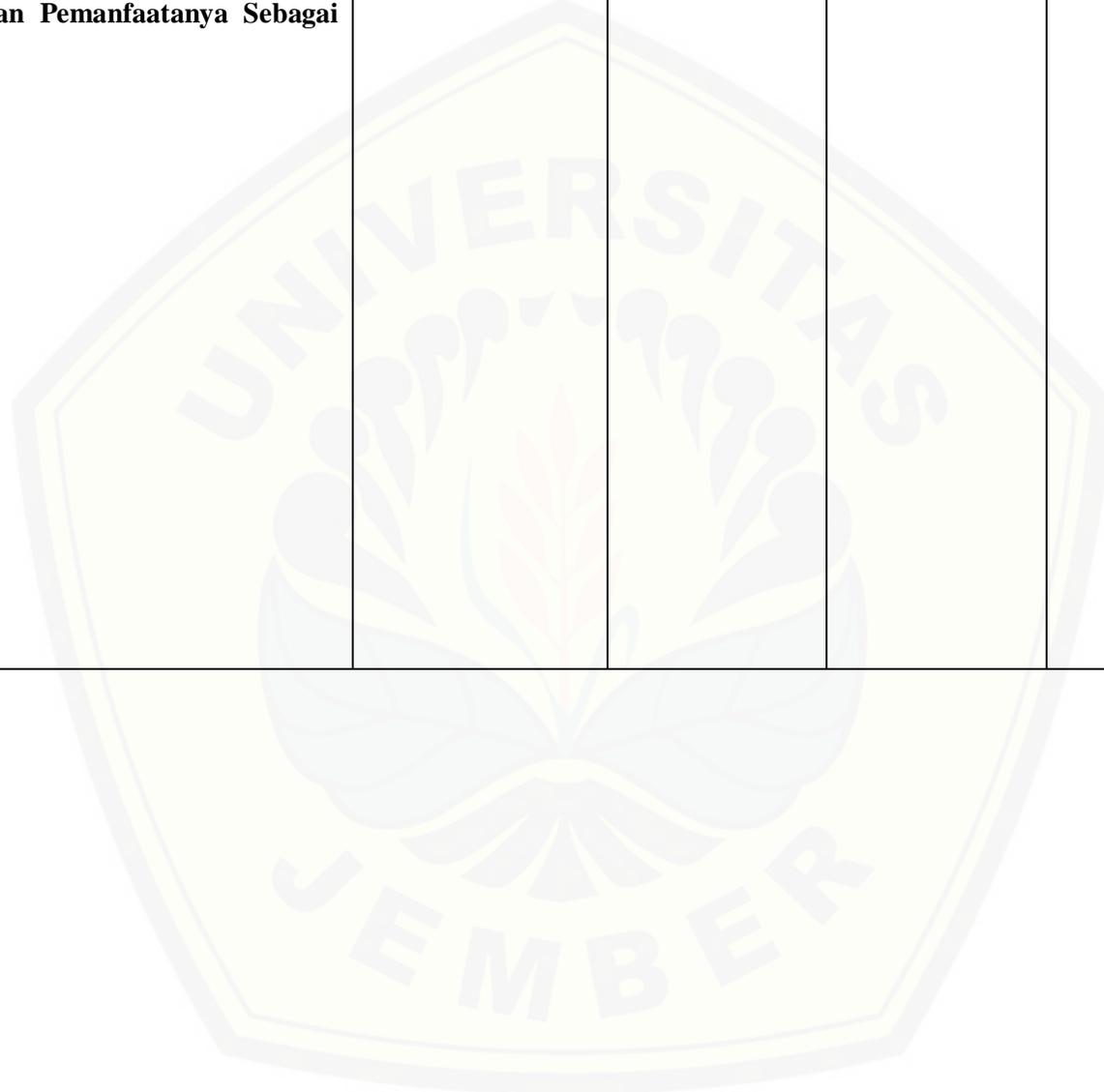
LAMPIRAN A. Matriks Penelitian

Judul	Latar Belakang	Rumusan Masalah	Tujuan	Variabel	Indikator	Metode Penelitian
<p>Identifikasi Dan Uji Potensi Mikroorganisme Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Tanaman Kopi (<i>Coffea</i> sp.) Yang Terserang Nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i> Dan Pemanfaatannya Sebagai Poster</p>	<p>Mikroba pelarut fosfat adalah mikroorganisme yang dapat meningkatkan efisiensi fosfat pemupukan, melarutkan fosfat tidak tersedia menjadi tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman (Ginting, 2014). Mikroba yang mampu melarutkan fosfat terdiri atas kelompok bakteri dan jamur.</p> <p>Bakteri yang sering dilaporkan dapat melarutkan fosfat diantaranya adalah anggota-anggota genus <i>Pseudomonas</i>, <i>Bacillus</i>, <i>Mycobacterium</i>, <i>Micrococcus</i>, <i>Flavobacterium</i>, <i>Bacterium</i>, <i>Citrobacter</i>, dan <i>Enterobacter</i> (Alexdaner, 1978; Buntan, 1992; Premono, 1994; Illmer <i>et al.</i>, 1995; Asyiah <i>et al.</i>, 2015). Mikroba pelarut fosfat tidak hanya terdiri dari golongan bakteri saja melainkan juga ada dari golongan jamur yaitu <i>Aspergillus</i> dan <i>Penicilium</i> (Raharjo, 2007).</p> <p>Mikroba pelarut fosfat banyak ditemukan pada rhizosfer tanaman seperti pisang, umbi, padi, kopi dan lainnya (Marista <i>et al.</i>, Prayudyarningsih <i>et al.</i>, 2015., Asyiah., <i>et al.</i>, 2015., Purwanti, 2015). Pada tahun 2013, <i>International Coffee Organization</i> (ICO)</p>	<p>a. Apa sajakah genus/spesies bakteri dan jamur pelarut fosfat yang berhasil diisolasi dari rhizosfer lahan kopi Arabika dan Robusta yang terserang nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i> ?</p> <p>b. Apakah genus/spesies bakteri dan jamur pelarut fosfat tersebut berpotensi untuk mengendalikan nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i> pada lahan kopi</p>	<p>a. Untuk mengidentifikasi genus/spesies bakteri dan jamur pelarut fosfat yang berhasil diisolasi dari lahan kopi arabika dan kopi robusta yang terserang nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i>.</p> <p>b. Untuk menguji genus/spesies bakteri dan jamur pelarut fosfat tersebut berpotensi mengendalikan nematoda pada lahan kopi arabika dan kopi robusta yang terserang nematoda <i>Pratylenchus</i></p>	<p>Genus/spesies mikroba pelarut fosfat baik itu bakteri dan jamur pada rhizosfer tanaman kopi (<i>Coffea</i> sp.) yang terserang nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i> serta uji potensi sebagai agen pengendali hayati.</p>	<p>a. Isolasi pada medium Pikovskaya's Agar dengan bahan rhizosfer tanaman kopi Arabika dan Robusta.</p> <p>b. Terbentuknya zona bening pada medium Pikovskaya's Agar.</p>	<p>Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksploratif. mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri dan jamur pelarut fosfat yang terdapat di dalam rhizosfer kopi Arabika dan kopi Robusta yang terserang nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i> serta menyusun media informasi berupa poster.</p>

	<p>memperkirakan bahwa kebutuhan bubuk kopi dunia sekitar 8,77 juta ton (ICO, 2015).</p> <p>Data dari Ditjenbun (2016) menunjukkan bahwa angka produksi tanaman kopi itu sendiri mengalami penurunan dari tahun 2002-2015. Produktivitas kopi sering mengalami penurunan yang mana disebabkan oleh berbagai faktor. Faktor tersebut salah satunya adanya Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Salah satu OPT yang menjadi musuh alami tanaman kopi adalah nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i>. Penurunan produksi kopi Robusta dan Arabika oleh nematoda jenis ini bisa mencapai 78,4-95% (Wiryadiputra, 1995; Sulisyowati <i>et al</i>, 2012).</p> <p>PT. Pekebunan Kalibendo mempunyai ketinggian tempat 500-825 dpl (Haidar, 2010). Luas lahan kopi di PT.Perkebunan Kalibendo sebesar 278,29 Ha (Haidar, 2010). Menurut Hulupi (2007) 70% lahan kopi PT. Perkebunan Kalibendo terserang nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i>. Nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i> merupakan organisme endemik, sehingga mudah hidup dan cocok dengan kondisi di PT. Perkebunan Kalibendo.</p> <p>Berdasarkan uji pendahuluan yang telah dilakukan bahwa banyak</p>	<p>Arabika dan kopi Robusta ?</p> <p>c. Apakah poster mengenai identifikasi dan uji potensi mikroba pelarut fosfat dari tanaman rhizosfer kopi (<i>Coffea</i> sp.) yang terserang nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i> layak dijadikan sumber rujukan informasi ?</p>	<p><i>coffae</i></p>			
--	---	---	----------------------	--	--	--

	<p>ditemukannya mikroorganismepelarut fosfat dari rhizosfer tanaman kopi yang terserang nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i> dan berpotensi sebagai agen hayati. Belum adanya penelitian identifikasi dan karakterisasi mikroba pelarut fosfat serta potensinya sebagai pengendali nematoda dari akar tanaman kopi di PT. Perkebunan Kalibendo.</p> <p>Pengetahuan tentang identifikasi mikroba pelarut fosfat serta manfaatnya sebagai agen hayati belum banyak diketahui oleh masyarakat. Hal ini diperkuat dengan hasil survey pendahuluan dari beberapa responden, bahwa banyak dari mereka belum mengetahui tentang mikroba pelarut fosfat sebagai agen pengendali hayati. Oleh karena itu perlu dibuat sebuah sarana penyampaian informasi yang akan disajikan dalam bentuk poster edukasi. Poster edukasi yang ditujukan untuk masyarakat utamanya pelajar dan mahasiswa sebagai informasi tambahan dalam kegiatan belajar yang berkaitan dengan mikroorganismepelarut fosfat.</p> <p>Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul Identifikasi dan Uji Potensi Mikroba Pelarut Fosfat Dari Rhizosfer Tanaman Kopi (<i>Coffeae</i> sp.) yang Terserang Nematoda <i>Pratylenchus</i></p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p><i>coffea</i> Dan Pemanfaatanya Sebagai Poster</p>					
--	---	--	--	--	--	--



LAMPIRAN B. Angket Analisis Kebutuhan**NEED ASSESMENT (ANALISIS KEBUTUHAN)****I. PETUNJUK UMUM**

1. Mohon Bapak/Ibu/Saudara/i memberikan penilaian dengan memberikan tanda *checklist* (✓) pada kotak yang tersedia dalam angket ini.
2. Sebelum memberikan penilaian dalam angket ini, dimohon Bapak/Ibu/Saudara/i terlebih dahulu mengisi identitas diri pada tempat yang sudah disediakan di bawah ini:
3. Angket yang telah diisi dapat diserahkan kembali.

II. IDENTITAS PRIBADI

Nama Lengkap :

Jenis Kelamin :

Tempat dan Tanggal Lahir :

Alamat :

Pekerjaan :

Pendidikan Terakhir :

ANGKET PENILAIAN ANALISIS KEBUTUHAN POSTER

1. Tahukah Bapak/Ibu/Saudara/i mengenai bakteri pelarut fosfat?

Ya

Tidak

2. Pernahkah Bapak/Ibu/Saudara/i melihat jenis-jenis bakteri pelarut fosfat?

Ya

Tidak

3. Dalam hal apa saja pemanfaatan bakteri pelarut fosfat yang Bapak/Ibu/Saudara/i ketahui?

Untuk penyubur tanaman

Untuk pengendalian hayati hama pertanian

(Jika Bapak/Ibu/Saudara/i mengetahui pemanfaatan mikroba pelarut fosfat yang lainnya, tuliskan dibawah ini)

.....
.....
.....

4. Tahukah Bapak/Ibu/Saudara/i mengenai salah satu kegunaan bakteri pelarut fosfat sebagai pengendali hayati nematoda parasit *Pratylenchus coffeae*?

Ya

Tidak

5. Tahukah Bapak/Ibu/Saudara/i bahwa bakteri pelarut fosfat juga mampu menyuburkan tanah pada tanaman kopi yang terserang nematoda parasit?

Ya

Tidak

11. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i setuju apabila akan disusun poster yang berisi informasi bakteri pelarut fosfat dan kegunaannya sebagai agen pengendali hayati?

Ya

Tidak

12. Tuliskan saran Bapak/Ibu/Saudara/i tentang poster yang Bapak/Ibu/Saudara/i inginkan dan yang seharusnya disusun untuk memberikan informasi kepada masyarakat umum utamanya pelajar dan mahasiswa mengenai bakteri pelarut fosfat dan kegunaannya sebagai agen pengendali hayati !

.....

.....

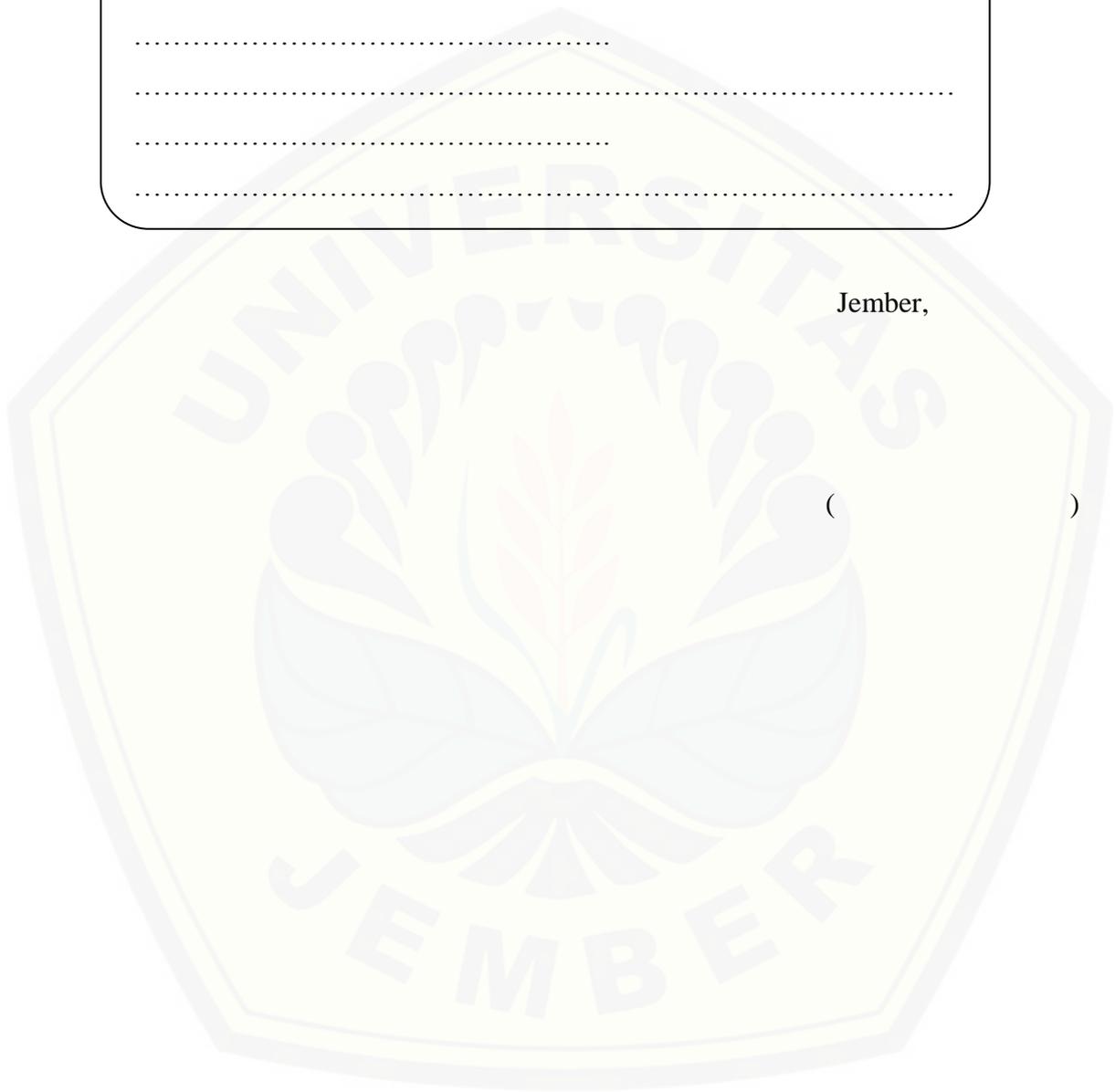
.....

.....

.....

Jember,

()



LAMPIRAN C. Hasil Survey Analisis Kebutuhan Poster

NEED ASSESMENT (ANALISIS KEBUTUHAN)**I. PETUNJUK UMUM**

1. Mohon Bapak/Ibu/Saudara/i memberikan penilaian dengan memberikan tanda *checklist* (✓) pada kotak yang tersedia dalam angket ini.
2. Sebelum memberikan penilaian dalam angket ini, dimohon Bapak/Ibu/Saudara/i terlebih dahulu mengisi identitas diri pada tempat yang sudah disediakan di bawah ini:
3. Angket yang telah diisi dapat diserahkan kembali.

II. IDENTITAS PRIBADI

Nama Lengkap : Bambang Hariyanto
 Jenis Kelamin : Laki - Laki
 Tempat dan Tanggal Lahir : Bawu, 07 - 08 - 1979
 Alamat : Dusun Kalibendo,
 Kampung Anyar
 Pekerjaan : Karyawan Swasta
 Pendidikan Terakhir : SPPMA

ANGKET PENILAIAN ANALISIS KEBUTUHAN POSTER

1. Tahukah Bapak/Ibu/Saudara/i mengenai mikroba pelarut fosfat?
 Ya Tidak
2. Pernahkah Bapak/Ibu/Saudara/i mengenai jenis-jenis mikroba pelarut fosfat?
 Ya Tidak
3. Dalam hal apa saja pemanfaatan mikroba pelarut fosfat yang Bapak/Ibu/Saudara/i ketahui?
 Untuk penyubur tanaman
 Untuk pengendalian hayati hama pertanian

(Jika Bapak/Ibu/Saudara/i mengetahui pemanfaatan mikroba pelarut fosfat yang lainnya, tuliskan dibawah ini)

- Untuk Mengendalikan Nematoda yang terdapat di dalam tanah pada suatu tanaman

4. Tahukah Bapak/Ibu/Saudara/i mengenai salah satu kegunaan mikroba pelarut fosfat yakni sebagai agen pengendali hayati nematoda parasit *Pratylenchus coffeae*?

Ya

Tidak

5. Tahukan bagaimana mikroba pelarut fosfat berpotensi dalam mengendalikan nematoda *Pratylenchus coffeae* ?

Ya

Tidak

6. Tahukah Bapak/Ibu/Saudara/i bahwa selain sebagai agen pengendali hayati, mikroba pelarut fosfat juga mampu menyuburkan tanah pada tanaman kopi yang terserang nematoda parasit?

Ya

Tidak

11. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i setuju apabila akan disusun poster yang berisi informasi mikroba pelarut fosfat dan kegunaannya sebagai agen pengendali hayati?

Ya

Tidak

12. Tuliskan saran Bapak/Ibu/Saudara/i tentang poster yang Bapak/Ibu/Saudara/i inginkan dan yang seharusnya disusun untuk memberikan informasi kepada masyarakat umum utamanya pelajar dan mahasiswa mengenai mikroba pelarut fosfat dan kegunaannya sebagai agen pengendali hayati !

poster ti desain semenarik mungkin dengan
isi poster memberikan informasi sejelasa
mungkin

Banyuwangi, 23-01-2018


(Bambang W)

NEED ASSESMENT (ANALISIS KEBUTUHAN)**I. PETUNJUK UMUM**

1. Mohon Bapak/Ibu/Saudara/i memberikan penilaian dengan memberikan tanda *checklist* (✓) pada kotak yang tersedia dalam angket ini.
2. Sebelum memberikan penilaian dalam angket ini, dimohon Bapak/Ibu/Saudara/i terlebih dahulu mengisi identitas diri pada tempat yang sudah disediakan di bawah ini:
3. Angket yang telah diisi dapat diserahkan kembali.

II. IDENTITAS PRIBADI

Nama Lengkap : ANDIKA FAJAR DARMAWAN
 Jenis Kelamin : LAKI - LAKI
 Tempat dan Tanggal Lahir : BANYUWANGI, 06 - 05 - 1991
 Alamat : KALIBENDO, BANYUWANGI
 Pekerjaan : KARYAWAN SWASTA
 Pendidikan Terakhir : PERGURUAN TINGGI / STRATA I

ANGKET PENILAIAN ANALISIS KEBUTUHAN POSTER

1. Tahukah Bapak/Ibu/Saudara/i mengenai mikroba pelarut fosfat?
 Ya Tidak
2. Pernahkah Bapak/Ibu/Saudara/i mengenai jenis-jenis mikroba pelarut fosfat?
 Ya Tidak
3. Dalam hal apa saja pemanfaatan mikroba pelarut fosfat yang Bapak/Ibu/Saudara/i ketahui?
 Untuk penyubur tanaman
 Untuk pengendalian hayati hama pertanian

(Jika Bapak/Ibu/Saudara/i mengetahui pemanfaatan mikroba pelarut fosfat yang lainnya, tuliskan dibawah ini)

.....
.....
.....

4. Tahukah Bapak/Ibu/Saudara/i mengenai salah satu kegunaan mikroba pelarut fosfat yakni sebagai agen pengendali hayati nematoda parasit *Pratylenchus coffeae*?

Ya

Tidak

5. Tahukan bagaimana mikroba pelarut fosfat berpotensi dalam mengendalikan nematoda *Pratylenchus coffeae* ?

Ya

Tidak

6. Tahukah Bapak/Ibu/Saudara/i bahwa selain sebagai agen pengendali hayati, mikroba pelarut fosfat juga mampu menyuburkan tanah pada tanaman kopi yang terserang nematoda parasit?

Ya

Tidak

11. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i setuju apabila akan disusun poster yang berisi informasi mikroba pelarut fosfat dan kegunaannya sebagai agen pengendali hayati?

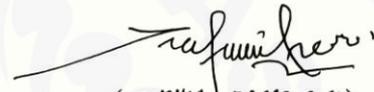
Ya

Tidak

12. Tuliskan saran Bapak/Ibu/Saudara/i tentang poster yang Bapak/Ibu/Saudara/i inginkan dan yang seharusnya disusun untuk memberikan informasi kepada masyarakat umum utamanya pelajar dan mahasiswa mengenai mikroba pelarut fosfat dan kegunaannya sebagai agen pengendali hayati !

- kebanyakan Masyarakat umum lebih mengenal *Trichoderma spp* sebagai pengendali hayati untuk mengendalikan Nematoda jadi untuk pembuatan poster tentang mikroba pelarut fosfat perlu adanya sosialisasi ~~to~~ dahulu kepada ~~publik~~ stakeholder sebelum poster dibuat ~~dan~~ atau disusun untuk memberikan informasi kepada Masyarakat / Petani umum

Banyuwangi, 24 Januari 2017


(ANIKA FAJAR D.SP)

LAMPIRAN D. Proses Isolasi Bakteri

	
<p>D1. Sterilisasi alat penelitian</p>	<p>D2. Pembuatan media Pikovskaya's agar</p>
	
<p>D3. Proses pengenceran dari rhizosfer tanaman kopi</p>	

LAMPIRAN E. Identifikasi Bakteri**E1. Pengamatan Makroskopis pada Medium Tegak**

			
a. Isolat Bakteri Pelarut Fosfat R. A. -5	b. Isolat Bakteri Pelarut Fosfat R. B. -5	c. Isolat Bakteri Pelarut Fosfat R. C. -4	d. Isolat Bakteri Pelarut Fosfat R. D. -4
			
e. Isolat Bakteri Pelarut Fosfat R. H. -4	f. Isolat Bakteri Pelarut Fosfat R. M. -5		

E2. Pengamatan Makroskopis pada Medium Miring

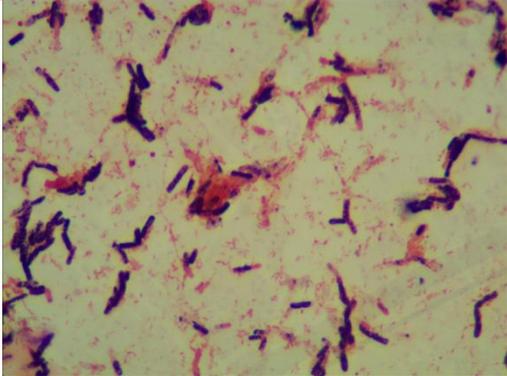
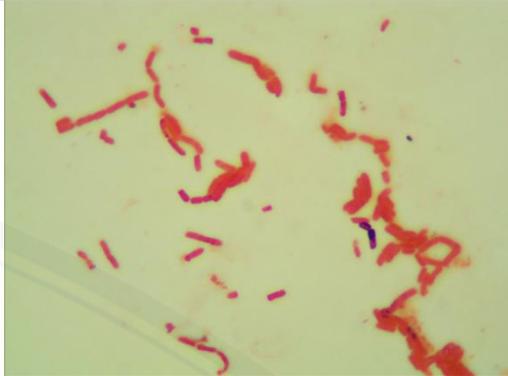
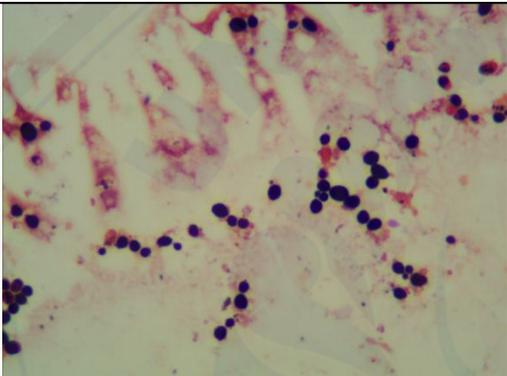
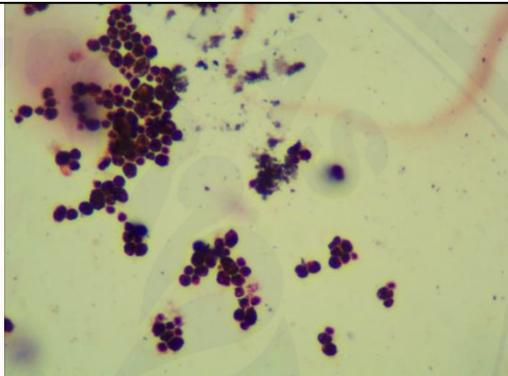
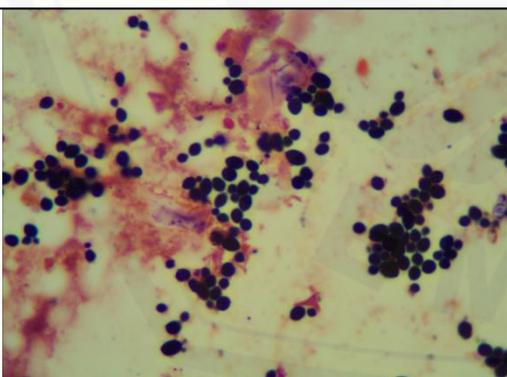
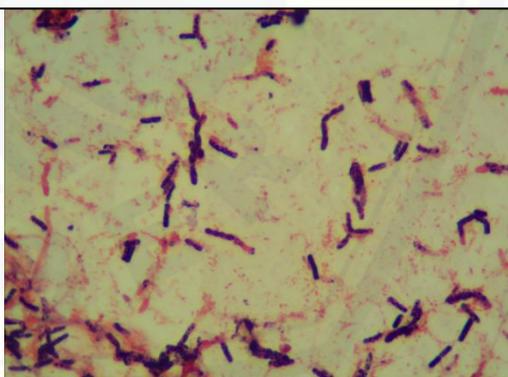
		
a. Isolat Bakteri RA	b. Isolat Bakteri RB	c. Isolat Bakteri RC
		
d. Isolat Bakteri RD	e. Isolat Bakteri RH	f. Isolat Bakteri RM

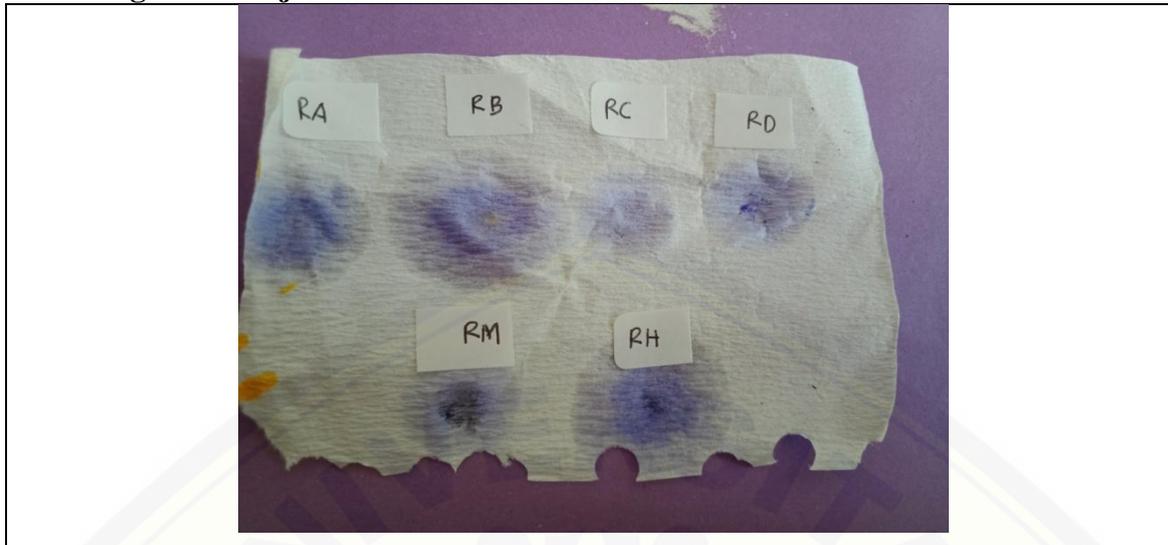
E3. Pengamatan Makroskopis pada Medium Cair

		
a. Isolat bakteri RA	b. Isolat bakteri RB	c. Isolat bakteri RC
		
d. Isolat bakteri RD	e. Isolat bakteri RH	f. Isolat bakteri RM

LAMPIRAN F. Pengamatan Uji Fisiologis

F1. Pengamatan Pewarnaan Gram

 <p>(Perbesaran 1000x)</p>	 <p>(Perbesaran 1000x)</p>
<p>a. Isolat Bakteri R. A. -5</p>	<p>b. Isolat Bakteri R. B. -5</p>
 <p>(Perbesaran 1000x)</p>	 <p>(Perbesaran 1000x)</p>
<p>c. Isolat Bakteri R. C. -4</p>	<p>d. Isolat Bakteri R. D. -4</p>
 <p>(Perbesaran 1000x)</p>	 <p>(Perbesaran 1000x)</p>
<p>e. Isolat Bakteri R. H. -4</p>	<p>f. Isolat Bakteri R. M. -5</p>

LAMPIRAN G. Pengamatan Uji Biokimia**G1. Pengamatan Uji Oksidase**

a. Hasil uji oksidase isolat bakteri RA, RB, RC, RD, RH dan RM

G2. Pengamatan Uji Katalase

a. Isolat bakteri RA dan RB



b. Isolat bakteri RC dan RD



c. Isolat bakteri RH dan RM

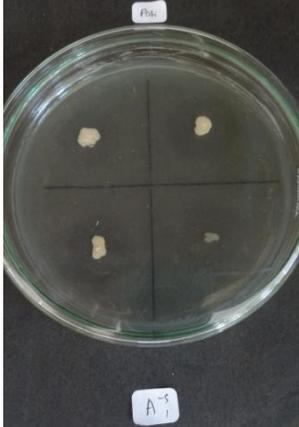
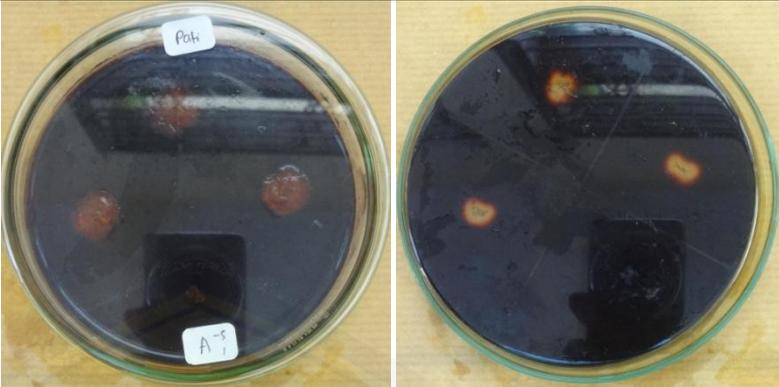
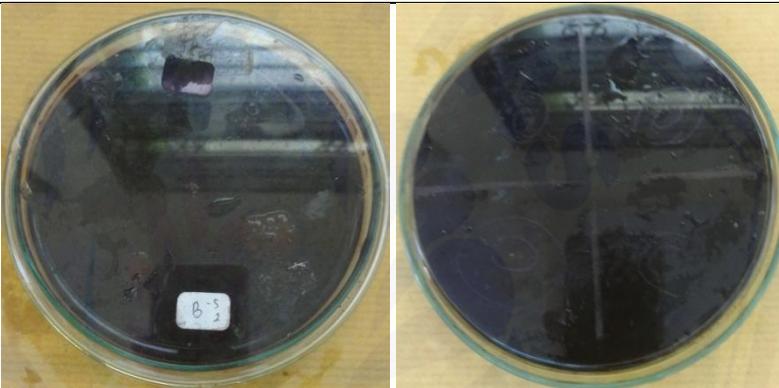
G3. Pengamatan Uji OF

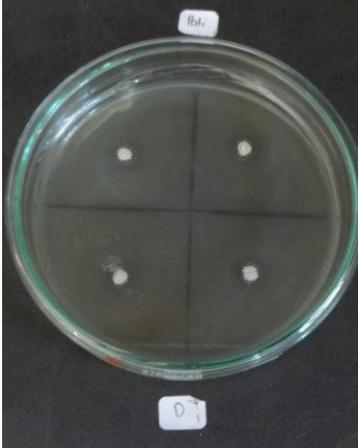
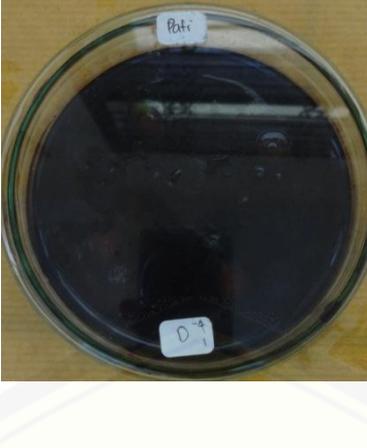
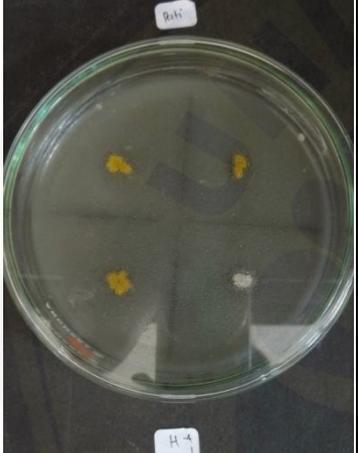
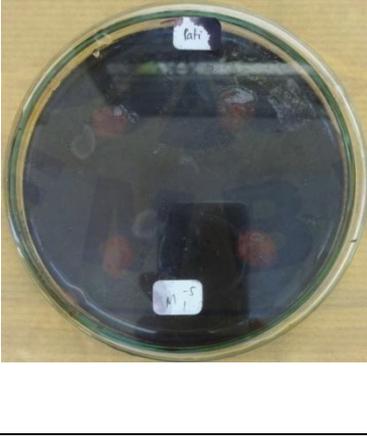
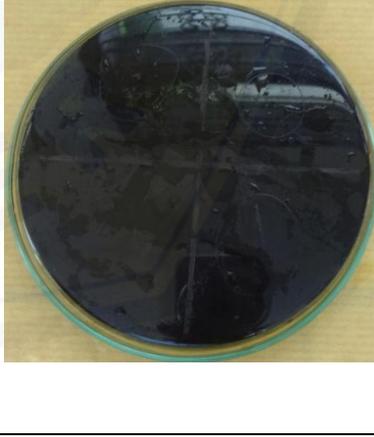
a. Isolat Bakteri R. A. -5	b. Isolat Bakteri R. B. -5
c. Isolat Bakteri R. C. -4	d. Isolat Bakteri R. D. -4
e. Isolat Bakteri R. H. -4	f. Isolat Bakteri R. M. -5

G4. Pengamatan Uji Gelatin

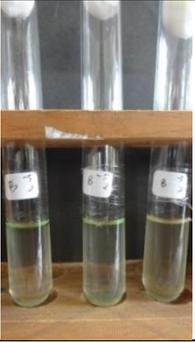
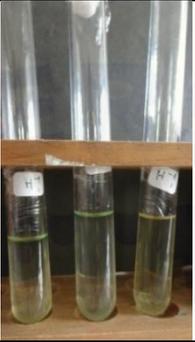
a. Isolat Bakteri R. A. -5	b. Isolat Bakteri R. B. -5	c. Isolat Bakteri R. C. -4
d. Isolat Bakteri R. D. -4	e. Isolat Bakteri R. H. -4	f. Isolat Bakteri R. M. -5

G5. Pengamatan Uji Hidrolisis Pati

		
<p>a. Isolat Bakteri R. A. -5 sebelum diberi iodium</p>	<p>b. Isolat Bakteri R. A. -5 setelah diberi iodium</p>	
		
<p>c. Isolat Bakteri R. B. -5 sebelum diberi iodium</p>	<p>d. Isolat Bakteri R. B. -5 setelah diberi iodium</p>	
		
<p>e. Isolat Bakteri R. C. -4 sebelum diberi iodium</p>	<p>f. Isolat Bakteri R. C. -4 setelah diberi iodium</p>	

		
<p>g. Isolat Bakteri R. D. -4 sebelum diberi iodium</p>	<p>h. Isolat Bakteri R. D. -4 setelah diberi iodium</p>	
		
<p>i. Isolat Bakteri R. H. -4 sebelum diberi iodium</p>	<p>j. Isolat Bakteri R. H. -4 setelah diberi iodium</p>	
		
<p>k. Isolat Bakteri R. M. -5 sebelum diberi iodium</p>	<p>l. Isolat Bakteri R. M. -5 setelah diberi iodium</p>	

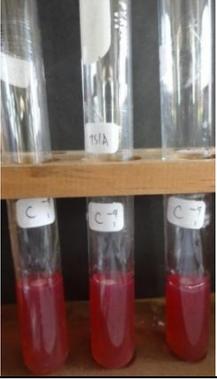
G6. Pengamatan Uji Indol

		
<p>a. Isolat Bakteri R. A. -5</p>	<p>b. Isolat Bakteri R. B. -5</p>	<p>c. Isolat Bakteri R. C. -4</p>
		
<p>d. Isolat Bakteri R. D. -4</p>	<p>e. Isolat Bakteri R. H. -4</p>	<p>f. Isolat Bakteri R.M. -5</p>

G7. Pengamatan Uji Hidrolisis Urea

		
<p>a. Isolat Bakteri R. A. -5</p>	<p>b. Isolat Bakteri R. B. -5</p>	<p>c. Isolat Bakteri R. C. -4</p>
		
<p>d. Isolat Bakteri R. D. -4</p>	<p>e. Isolat Bakteri R. H. -4</p>	<p>f. Isolat Bakteri R.M. -5</p>

G8. Pengamatan Uji TSIA/H₂S

		
<p>a. Isolat Bakteri R. A. -5</p>	<p>b. Isolat Bakteri R. B. -5</p>	<p>c. Isolat Bakteri R. C. -4</p>
		
<p>d. Isolat Bakteri R. D. -4</p>	<p>e. Isolat Bakteri R. H. -4</p>	<p>f. Isolat Bakteri R. M. -5</p>

G9. Pengamatan Uji Sitrat

		
<p>a. Isolat Bakteri R. A. -5</p>	<p>b. Isolat Bakteri R. B. -5</p>	<p>c. Isolat Bakteri R. C. -4</p>
		
<p>d. Isolat Bakteri R. D. -4</p>	<p>e. Isolat Bakteri R. H. -4</p>	<p>f. Isolat Bakteri R. M. -5</p>

LAMPIRAN H. Desain Poster Edukasi

Identifikasi dan Uji Potensi Pengendali Hayati Bakteri Pelarut Fosfat pada Rhizosfer Tanaman Kopi yang Terserang Nematoda *Pratylenchus coffeae*

Latar Belakang

Bakteri pelarut fosfat adalah kelompok bakteri yang dapat melarutkan fosfat tidak tersedia menjadi tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman (Ginting, 2006). Bakteri tersebut antara lain *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus* (Dermiyati, 2009; Asyiah *et al.*, 2015; Marista *et al.*, 2013). Mikroba pelarut fosfat banyak ditemukan pada rhizosfer tanaman seperti kopi (Marista *et al.*, 2013). Tanaman kopi saat ini 78,4-95% banyak yang terserang nematoda *Pratylenchus coffeae*. Pengendalian nematoda ini sudah dialihkan menggunakan agen hayati seperti mikroorganisme demi kepentingan ekologis. Bakteri Pelarut Fosfat ternyata mempunyai potensi untuk mengurangi keberadaan nematoda *P. coffeae* (Asyiah, *et al.*, 2015).

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengidentifikasi genus bakteri pelarut fosfat dari rhizosfer tanaman kopi terserang nematoda *P. coffeae*
2. Untuk menguji Potensi genus bakteri pelarut fosfat dalam mengendalikan nematoda *P. coffeae*

Metode Penelitian

1. Isolasi Rhizosfer (tanah di sekitar akar)

2. Pemurnian Bakteri

3. Identifikasi Bakteri

4. Uji Protease

Hasil Penelitian 1

Identifikasi Bakteri

<p style="font-size: 8px;">Isolat RA <i>Bacillus</i> sp. Bentuk koloni circular, warna koloni cream, gram +, berbentuk basil.</p>	<p style="font-size: 8px;">Isolat RB <i>Pseudomonas</i> sp. Bentuk koloni effuse, warna koloni kuning kehijauan, gram -, berbentuk basil.</p>	<p style="font-size: 8px;">Isolat RD <i>Staphylococcus</i> sp. Bentuk koloni circular, warna koloni kuning kehijauan, gram -, berbentuk basil.</p>	<p style="font-size: 8px;">Isolat RC <i>Micrococcus</i> sp. Bentuk koloni effuse, warna koloni kuning, gram +, berbentuk coccus.</p>
<p style="font-size: 8px;">Isolat RE <i>Micrococcus</i> sp. Bentuk koloni circular, warna koloni putih, gram +, berbentuk coccus.</p>	<p style="font-size: 8px;">Isolat RF <i>Micrococcus</i> sp. Bentuk koloni circular, warna koloni putih susu, gram +, berbentuk basil.</p>	<p style="font-size: 8px;">Isolat RG <i>Bacillus</i> sp. Bentuk koloni circular, warna koloni putih susu, gram +, berbentuk basil.</p>	<p style="font-size: 8px;">Isolat RH <i>Bacillus</i> sp. Bentuk koloni circular, warna koloni putih susu, gram +, berbentuk basil.</p>

Hasil Penelitian 2

Uji Potensi

D. zona bening = 2,2 mm
D. koloni = 2 mm

Bakteri RD dan RM tidak menghasilkan zona bening

Grafik Uji Protease

Isolat	Diameter zona bening (mm)
Bacillus sp. (RA)	2,2
Pseudomonas sp. (RB)	5,5
Micrococcus sp. (RC)	2,5
Micrococcus sp. (RH)	2,5

Kesimpulan

Bakteri pelarut fosfat (BPF) dari rhizosfer tanaman kopi terserang nematoda *Pratylenchus coffeae* yang berhasil diisolasi dan diidentifikasi ada 4 genus bakteri, antara lain genus *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Bacillus* dan *Pseudomonas*. Berdasarkan uji protease, genus *Micrococcus*, *Bacillus* dan *Pseudomonas* terbukti mampu menghasilkan enzim protease. Enzim ini berpotensi untuk merusak kulit larva nematoda yang tersusun atas salah satunya adalah protein. Sehingga ketiga genus tersebut dapat dimanfaatkan sebagai agen pengendali hayati nematoda *Pratylenchus coffeae*, yang mana keberadaan nematoda *P. coffeae* akan berkurang serta produksi tanaman kopi Robusta di PT. Perkebunan Kalibendo akan mengalami peningkatan.

Daftar Pustaka

Asyiah, N.I., Wiryadiputra, S., Fauzi, I., dan Harni, R. 2015. Populasi *Pratylenchus coffeae* (Z.) dan Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika Akibat Inokulasi *Pseudomonas diminuta* L. Dan *Bacillus subtilis* (C.). *Jurnal Pelita Perkebunan* 31 (1), 30-40

Dermiyati, Antasari, J., Yumnaini, S., dan Nugroho, S.G. Perubahan Populasi Mikroorganisme Pelarut Fosfat pada Lahan Sawah dengan Sistem Pertanian Intensif menjadi Sistem Pertanian Organik Berkelanjutan. *J. Tanah Trop.*, Vol. 14, No. 2, 2009: 143-148

Ginting, R.C., Badia, R. Saraswati dan E.F. Husen. 2006. Mikroorganisme Pelarut Fosfat. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor. 144-146.

Marista, Etha., Khotimah, S., Linda, R. 2013. Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi dari Tiga Jenis Tanah Rhizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca* var. *nipah*) di Kota Singkawang. *Jurnal Protobiont* 2013 Vol 2 (2): 93 – 101.

agen hayati

contact person:
Dita Paramytha Agustin
ditaparamytha@gmail.com

Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Dosen Pembimbing:
Dr. Iis Nur Asyiah, SP, MP,
Dra. Pujiastuti, M.Si.

LAMPIRAN I. Lembar Hasil Validasi Poster**II. Lembar Hasil Validasi Ahli Materi****LEMBAR KUISIONER
UJI PRODUK POSTER EDUKASI****I. Identitas Peneliti**

Nama : Dita Paramytha A
NIM : 140210103068
Jurusan/Prodi : Pendidikan MIPA/Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

II. Pengantar

Dalam rangka menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada program studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember, penulis melaksanakan penelitian sebagai bentuk tugas akhir dan kewajiban yang harus diselesaikan. Penelitian yang dilakukan penulis berjudul: “Identifikasi dan Uji Potensi Sebagai Pengendali Hayati Bakter Pelarut Fosfat Pada Rhizosfer Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) Yang Terserang Nematoda *Pratylenchus coffeae* Dan Pemanfaatannya Sebagai Poster”.

Demi tercapainya tujuan menjadi sarjana S1, penulis dengan hormat meminta kesediaan Bapak/Ibu untuk membantu dalam melakukan pengisian daftar kuisisioner yang penulis ajukan sesuai dengan keadaan sebenarnya. Kerahasiaan jawaban serta identitas Bapak/Ibu dijamin oleh kode etik dalam penelitian. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu mengisi kuisisioner yang saya ajukan.

Hormat saya,
Penulis

Dita Paramytha A

III. Identitas Responden

Nama : Dr. Ir. Rachmi Masnillah Msi
 Alamat Rumah : Jl. Semeru IX/0-10 Jember
 No. Telepon : 08123483153
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Usia : 55 tahun
 Pekerjaan : Staf pengajar JUR. HPI Fakultas Umej

IV. Instrumen Penilaian**Petunjuk :**

- Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan memberi tanda cek list (✓) pada kolom skor yang disediakan.
- Jika perlu diadakan revisi, mohon memberikan revisi pada bagian saran.
- Mohon Bapak/Ibu memberi tanggapan pada bagian kesimpulan dengan melingkari salah satu pilihan yang tersedia guna keberlanjutan produk poster edukasi yang telah disusun.
- Keterangan penilaian :
 - 1 = tidak valid
 - 2 = kurang valid
 - 3 = valid
 - 4 = sangat valid

Sub Komponen	Butir	Skor			
		1	2	3	4
1) Komponen Kelayakan Kegrafikan					
A. Artistik dan Estetika	1. Komposisi poster sesuai dengan tujuan poster			✓	
	2. Penggunaan teks dan grafis proposional			✓	
	3. Kemenarikan dan tata letak			✓	
	4. Pemilihan warna menarik			✓	
	5. Kecerahan teks dan grafis			✓	
B. Fungsi Keseluruhan	6. Produk membantu mengembangkan pengetahuan pembaca			✓	
	7. Produk bersifat informatif			✓	

	kepada pembaca					
	8. Secara keseluruhan produk menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca					✓
2) Kemampuan Pengembangan						
A. Teknik Penyajian	9. Konsistensi sajian				✓	
	10. Kelogisan penyajian				✓	
	11. Keruntutan konsep				✓	
	12. Kesenambungan substansi				✓	
B. Pendukung Penyajian Materi	13. Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi				✓	
	14. Kesesuaian gambar dengan keterangan				✓	
	15. Adanya rujukan/sumber acuan				✓	
Jumlah Skor Keseluruhan					46	

(Sumber; Diadaptasi dari Puskurbuk, 2014)

Komentar Umum :

berpotensi
 Hasil penelitian ↑ untuk dikembangkan
 sebagai agens pengendali hayati terhadap
 Nematoda *Pratylenchus coffea* di lapangan.
 Perlu pengujian secara in vivo pada nematoda
 sesuai judul.

Saran :

perlu dilengkapi keterangan untuk metode
 yg dilakukan ; media yg digunakan ,
 dan prosedurnya -

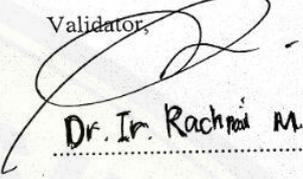
Kesimpulan :

Berdasarkan penilaian di atas maka produk poster ini :

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

Jember, 16 Mei 2016

Validator,


Dr. Ir. Rachmi M.

I2. Lembar Hasil Validasi Ahli Media

LEMBAR KUISIONER
UJI PRODUK POSTER EDUKASI

I. Identitas Peneliti

Nama : Dita Paramytha A
NIM : 140210103068
Jurusan/Prodi : Pendidikan MIPA/Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

II. Pengantar

Dalam rangka menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada program studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember, penulis melaksanakan penelitian sebagai bentuk tugas akhir dan kewajiban yang harus diselesaikan. Penelitian yang dilakukan penulis berjudul: “Identifikasi dan Uji Potensi Sebagai Pengendali Hayati Bakter Pelarut Fosfat Pada Rhizosfer Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) Yang Terserang Nematoda *Pratylenchus coffeae* Dan Pemanfaatannya Sebagai Poster”.

Demi tercapainya tujuan menjadi sarjana S1, penulis dengan hormat meminta kesediaan Bapak/Ibu untuk membantu dalam melakukan pengisian daftar kuisisioner yang penulis ajukan sesuai dengan keadaan sebenarnya. Kerahasiaan jawaban serta identitas Bapak/Ibu dijamin oleh kode etik dalam penelitian. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu mengisi kuisisioner yang saya ajukan.

Hormat saya,
Penulis

Dita Paramytha A

III. Identitas Responden

Nama : Vendi Eko Suno
 Alamat Rumah : Perum Kebonsari Lurah Blah 7.11
 No. Telepon : 081 313 588 445
 Jenis Kelamin : Laki - laki
 Usia : 30 th.
 Pekerjaan : Dosen

IV. Instrumen Penilaian**Petunjuk :**

1. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan memberi tanda cek list (✓) pada kolom skor yang disediakan.
2. Jika perlu diadakan revisi, mohon memberikan revisi pada bagian saran.
3. Mohon Bapak/Ibu memberi tanggapan pada bagian kesimpulan dengan melingkari salah satu pilihan yang tersedia guna keberlanjutan produk poster edukasi yang telah disusun.
4. Keterangan penilaian :
 - 1 = tidak valid
 - 2 = kurang valid
 - 3 = valid
 - 4 = sangat valid

Sub Komponen	Butir	Skor			
		1	2	3	4
1) Komponen Kelayakan Keagrafikan					
A. Artistik dan Estetika	1. Komposisi poster sesuai dengan tujuan poster				✓
	2. Penggunaan teks dan grafis proposional			✓	✓
	3. Kemenarikan dan tata letak				✓
	4. Pemilihan warna menarik				✓
	5. Kecerahan teks dan grafis			✓	
B. Fungsi Keseluruhan	6. Produk membantu mengembangkan pengetahuan pembaca				✓
	7. Produk bersifat informatif				✓

	kepada pembaca				
	8. Secara keseluruhan produk menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca			✓	
2) Kemampuan Pengembangan					
A. Teknik Penyajian	9. Konsistensi sajian				✓
	10. Kelogisan penyajian			✓	
	11. Keruntutan konsep				✓
	12. Kesenambungan substansi			✓	
B. Pendukung Penyajian Materi	13. Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi				✓
	14. Kesesuaian gambar dengan keterangan			✓	
	15. Adanya rujukan/sumber acuan				✓
Jumlah Skor Keseluruhan					54.

(Sumber; Diadaptasi dari Puskurbuk, 2014)

Komentar Umum :

pada deskripsi poster ini sudah baik, akan tetapi pada beberapa bagian perlu diperbaiki kembali dengan revisi pada poster.

Saran :

perbaiki saran sesuai revisi pada poster.

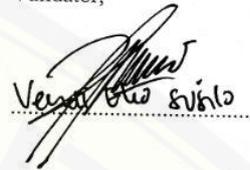
Kesimpulan :

Berdasarkan penilaian di atas maka produk poster ini :

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

Jember, 15 Mei 2018

Validator,


Validator



I3. Lembar Hasil Validasi Pengguna

LEMBAR KUISIONER
UJI PRODUK POSTER EDUKASI

I. Identitas Responden

Nama : Hesti Cahyaning Tias
 Alamat Rumah : Jl. Panpaitan no. 27 RT 4 RW 01 Dabesar Bendaweso
 No. Telepon : 0852-1969-6521
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Usia : 22 thn
 Pekerjaan : Mahasiswa

II. Instrumen Penilaian**Petunjuk :**

1. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan memberi tanda cek list (√) pada kolom skor yang disediakan.
2. Jika perlu diadakan revisi, mohon memberikan revisi pada bagian saran.
3. Mohon Bapak/Ibu memberi tanggapan pada bagian kesimpulan dengan melingkari salah satu pilihan yang tersedia guna keberlanjutan produk poster edukasi yang telah disusun.
4. Keterangan penilaian :
 - 1 = tidak valid
 - 2 = kurang valid
 - 3 = valid
 - 4 = sangat valid

Sub Komponen	Butir	Skor			
		1	2	3	4
A. Format	1. Kecerahan warna, gambar, tata letak serta latar belakang			✓	✓
	2. Ukuran poster dapat digunakan untuk media sosialisasi atau publikasi			✓	✓
	3. Pemilihan jenis dan ukuran huruf dapat			✓	✓

	dibaca dalam jarak 1 meter				
	4. Keseluruhan tampilan poster			✓	
	5. Alur baca poster			✓	
B. Isi	6. Tampilan gambar dan tulisan sesuai dengan konsep pembelajaran			✓	
	7. Judul poster, materi poster dan gambar pada poster sesuai antara sub materi dan hasil penelitian			✓	
	8. Kejelasan materi yang dimuat pada poster			✓	
	9. Penekanan pesan poster			✓	
C. Bahasa	10. Bahasa menggunakan kalimat EYD			✓	
	11. Terminologi kata yang digunakan sesuai dengan tingkat pendidikan			✓	
	12. Kata yang digunakan tidak ambigu			✓	
D. Keefektifan	13. Visibilitas (kejelasan media poster)			✓	
	14. Kepraktisan poster			✓	
Jumlah Skor Keseluruhan				51	

(Sumber: Diadaptasi dari Puskurbuk, 2014)

Komentar Umum :

Secara umum tampilan gambar dan tata letak sudah bagus, perpaduan warna juga menarik, lebih baik lagi bila poster nantinya ditetakkan / disebarluaskan di lingkungan akademik, semoga komentar yang saya berikan bermanfaat, kesimpulan dari saya poster ini layak digunakan ♥

Saran :

Ukuran font lebih diperbesar dan judul poster diperbesar dan ditebalkan


(Hesti C. Tiar)

LAMPIRAN J. Surat Ijin Penelitian



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

24 MAY 2017

Nomor : 3734/UN25.1.5/LT/2016
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Yth. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

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

Nama : Dita Paramytha A
NIM : 140210103068
Jurusan : Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Biologi

Berkenaan dengan penyelesaian penelitian tugas akhir dengan judul "Isolasi dan Karakterisasi Mikroba Tanah dari Rhizosfer Pada Tanaman Kopi (*Coffea canephora*)"

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.


Dekan
Wakil Dekan I,
Dr. Sukatman, M.Pd.
NIP 19640123 199512 1 001

Tembusan :

1. Kepala Jurusan Biologi FMIPA
2. Kepala Laboratorium Biologi FMIPA