

**ABSTRAK DAN EXECUTIVE SUMMARY
PENELITIAN KKP3N**



**OPTIMALISASI PERANAN MIKORIZA DALAM
MENGENDALIKAN NEMATODA *Pratylenchus coffeae*
(>80%) DAN MENINGKATKAN KETERSEDIAAN P
TANAH PADA TANAMAN KOPI DENGAN
PENAMBAHAN *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB)
DAN *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB)**

Tahun ke *satu* dari rencana *tiga* tahun

TIM PENGUSUL

Dr. Iis Nur Asyiah, SP.,MP.

Dr. Rita Harni, M.Si.

Ir. Soekadar Wiryadiputra, SU.

**UNIVERSITAS JEMBER
Desember 2014**

**OPTIMALISASI PERANAN MIKORIZA DALAM MENGENDALIKAN
NEMATODA *Pratylenchus coffeae* (>80%) DAN MENINGKATKAN
KETERSEDIAAN P TANAH PADA TANAMAN KOPI DENGAN PENAMBAHAN
Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB) DAN *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB)**

Peneliti : Iis Nur Asyiah¹, Soekadar Wiryadiputr², Rita Harni³
Mahasiswa yang terlibat : Nuryanita Dwi W¹, Novitasari¹, Vika Firma Noviana¹,
Irfan Fauzi¹, Sri Wahyu PT¹, Rifatul Adabiyah¹, Nur
Rohmah Heny¹
Sumber Dana : KKP3N Litbang Departemen Pertanian

¹ Prodi Pendidikan Biologi, FKIP UNEJ

² Puslit Kopi dan Kakao Indonesia

³ Balai Penelitian Tanaman Industri, Sukabumi

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk 1) menguji kemampuan kombinasi beberapa jenis mikoriza, *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB) dan *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB) dalam mengendalikan *Pratylenchus coffeae* sekaligus meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kopi robusta dan arabika pada berbagai tingkat pemupukan P, dan 2) memformulasi dan menguji dua kombinasi mikoriza, MHB dan PSB yang dapat mengendalikan *P. coffeae* sekaligus meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kopi robusta dan arabika pada berbagai tingkat pemupukan P.

Tahapan penelitian meliputi uji kombinasi beberapa jenis mikoriza, MHB dan PSB (modifikasi metode Gamalero *et al.*, 2004) pada tahun I, formulasi mikoriza, MHB dan PSB (modifikasi metode Giomaro *et al.*, 2004) pada tahun II dan optimalisasi formula (modifikasi metode Adholeya *et al.*, 2004) pada berbagai tingkat pemupukan P pada tahun III. Parameter pengamatan utama adalah populasi *P. coffeae*, pertumbuhan tanaman kopi dan kandungan P pada tanah dan jaringan. Untuk mengetahui *mode of action* dari agensia hayati dilakukan pengukuran kandungan asam salisilat (metode Blilou *et al.*, 1999 dan Rasmussen *et al.*, 1991) dan asam jasmonat (metode Forcat *et al.*, 2008)

Hasil penelitian **tahun pertama** menunjukkan bahwa pemberian Mikoriza *Glomus* spp. mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kopi arabika lebih baik dibandingkan perlakuan *Gigaspora* spp. Pemberian *Glomus* spp. meningkatkan kandungan P tersedia tanah sampai 36% dan menurunkan populasi *P. coffeae* total sampai 82%. Pemberian MHB baik itu *P. diminuta* maupun *B. subtilis* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika dan menurunkan populasi *P. coffeae* sampai 70% (*B. subtilis* 1×10^8 cfu/ml). Pemberian PSB berupa *P. mallei* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika tetapi tidak mampu menurunkan populasi nematoda *P. coffeae*. Inokulasi ganda mikoriza *Glomus* spp. dan MHB, baik *P. diminuta* maupun *B. subtilis* mampu menurunkan populasi nematoda sampai 90% dibanding kontrol. Dibanding dengan perlakuan tunggal, inokulasi ganda lebih baik 17%. Berdasarkan hasil penelitian tahun pertama, inokulasi ganda MHB dan *Glomus* spp. adalah cara yang efektif dalam menurunkan populasi *P. coffeae*.

Kata kunci : *Pratylenchus coffeae*, *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB), *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB), mikoriza

**OPTIMALISASI PERANAN MIKORIZA DALAM MENGENDALIKAN
NEMATODA *Pratylenchus coffeae* (>80%) DAN MENINGKATKAN
KETERSEDIAAN P TANAH PADA TANAMAN KOPI DENGAN PENAMBAHAN
Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB) DAN *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB)**

Peneliti : Iis Nur Asyiah¹, Soekadar Wiryadiputr², Rita Harni³
Mahasiswa yang terlibat : Nuryanitra Dwi W¹, Novitasari¹, Vika Firma Noviana¹,
Irfan Fauzi¹, Sri Wahyu PT¹, Rifatul Adabiyah¹, Nur
Rohmah Heny¹
Kontak Email : iisnaza@gmail.com
Diseminasi : Belum ada

¹ Prodi Pendidikan Biologi, FKIP UNEJ

² Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian UNEJ

EXECUTIVE SUMMARY

A. Latar Belakang

Nematoda *Pratylenchus coffeae* merupakan nematoda parasit utama pada tanaman kopi robusta maupun arabika yang berpotensi menurunkan hasil sampai 78% dan mempercepat kematian bibit kopi.

Telah diketahui bahwa mikoriza mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi dan mengendalikan nematoda *P. Coffeae*, tetapi kerapatan mikoriza dalam tanah menurun secara nyata dengan adanya nematoda. Kerapatan mikoriza bisa ditingkatkan dengan memanfaatkan *Mycorrhiza helper bacteria* (MHB), yaitu golongan bakteri yang dapat membantu mikoriza menjalankan perannya.

Diketahui pula bahwa kombinasi *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB) dan mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan dan kandungan P tanaman. Kompleksitas interaksi di dalam mikorizosfer dapat dieksploitasi dengan menggunakan kombinasi mikoriza, MHB dan PSB dalam mengatasi serangan *P. coffeae* sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman dan meningkatkan ketersediaan hara P mengingat rendahnya ketersediaan hara P pada kebanyakan tanah tropis.

Pemanfaatan formula dari hasil penelitian ini akan meningkatkan kesejahteraan petani kopi dan devisa negara melalui pengurangan biaya produksi dan peningkatan hasil tanaman.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini (dicapai dalam waktu 3 tahun) adalah mendapat **agen hayati plus** berbahan aktif mikoriza, *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB) dan *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB) yang mampu mengendalikan *Pratylenchus coffeae* sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi dan ketersediaan hara P.

Tujuan pada tahun ke-1 (2014) adalah:

- 1) menguji kemampuan dua jenis mikoriza terhadap *P. Coffeae*, pertumbuhan tanaman kopi arabika dan ketersediaan P tanah,
- 2) menguji kemampuan dua jenis *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB) dalam mengendalikan *P. Coffeae* dan pertumbuhan tanaman kopi arabika,
- 3) menguji kemampuan dua jenis *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB) dalam mengendalikan *P. Coffeae* sekaligus meningkatkan ketersediaan P tanah dan pertumbuhan tanaman kopi arabika,
- 4) menguji sinergisme mikoriza, MHB dan PSB dalam mengendalikan *P. Coffeae* sekaligus meningkatkan ketersediaan P tanah dan pertumbuhan tanaman kopi arabika,
- 5) menganalisis *mode of action* mikoriza, MHB dan PSB dalam menurunkan populasi *P. Coffeae*.

C. Metode Penelitian

Penelitian Tahun Berjalan (2014)

1. Persiapan

Pada tahap ini dilakukan perbanyakan bibit kopi dan nematoda *P. coffeae*. Hasil perbanyakan ini akan digunakan pada semua tahap penelitian.

a. Tujuan

Tujuan dari tahapan persiapan ini adalah mendapatkan bibit kopi dan juvenil nematoda *P. coffeae* yang siap digunakan untuk penelitian selanjutnya.

b. Bahan dan peralatan

Bahan yang digunakan adalah benih kopi arabika, nematoda *P. coffeae* (juvenil dan dewasa), tanah latosol steril, pasir steril, alkohol dan sublimat. Peralatan yang digunakan adalah saringan (250 μm , 100 μm dan 50 μm), pot plastik, plastik, gelas ukur, gelas Beaker, mikroskop, autoklaf, cawan petri, pipet, dan refrigerator.

c. Tempat penelitian

Tahap persiapan ini akan dilakukan di rumah kaca Universitas Jember dan Puslit Kopi dan Kakao.

d. Metode Penelitian

d.1 Perbanyak bibit kopi

Benih kopi yang digunakan adalah kopi arabika dari perkebunan kopi Banyuwangi. Benih kopi sebelum dikecambahkan disterilkan terlebih dahulu dengan alkohol dan sublimat, kemudian ditempatkan pada media pembenihan berupa pasir steril.

d.2 Perbanyak nematoda

Perbanyak nematoda *P. coffeae* dilakukan di rumah kaca menggunakan media bibit kopi Arabika. Nematoda *P. coffeae* yang digunakan sebagai bahan penelitian diperoleh dari ekstraksi akar tanaman kopi yang terserang *P. coffeae*. Ekstraksi dilakukan menggunakan metode Baermann yang dimodifikasi (Sulistyowati, *et al.*, 2012).

2. Uji dua jenis mikoriza terhadap *P. Coffeae*, pertumbuhan tanaman kopi arabika dan ketersediaan P tanah

a. Tujuan

Menguji kemampuan dua jenis mikoriza dalam menurunkan populasi *Pratylenchus coffeae* sekaligus meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kopi arabika pada berbagai tingkat pemupukan P.

b. Bahan dan peralatan

Bahan yang digunakan pada tahap penelitian ini adalah : dua jenis mikoriza (*Gigaspora* sp. dan *Glomus* sp.) koleksi Puskonser Bogor, bibit kopi arabika, juvenil *P. coffeae*, asam laktat, asam fuchsin, liquid nitrogen, glyserol, NaCl, H₂O₂, HCl, KOH 80%, metanol, lactofenol blue solution, benih jagung, hyponex, pupuk kandang, pupuk N P K.

Alat yang digunakan antara lain adalah saringan (250 µm, 100 µm dan 50 µm), pot plastik, gelas ukur, gelas beaker, sentrifuga, mikroskop, autoklaf, cawan petri, mikropipet, tabung reaksi, refrigerator, inkubator, HPLC, timbangan, penggaris.

c. Tempat penelitian

Tahap persiapan ini akan dilakukan di rumah kaca Universitas Jember dan Puslit Kopi dan Kakao.

d. Metode Penelitian

d.1 Tahap perbanyak spora mikoriza

Mikoriza merupakan fungi obligat dengan tanaman inang, oleh karena itu perbanyak mikoriza umumnya dengan menggunakan tanaman (Murakoshi *et al.* 1998). Pada tahap penelitian ini perbanyak mikoriza dilakukan dengan memakai spora koleksi Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi (Puskonser), Puslit Kehutanan

Bogor, ditumbuhkan dalam media tumbuh berupa bantuan zeolit ukuran 2 - 3 cm steril yang sudah dijenuhi larutan NaCl (5000 ppm) dan sudah ditanami benih jagung yang berumur 7 - 10 hari. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman dan pemberian larutan hara Hyponex merah 1 x 1 minggu dengan dosis 1 g per liter. Spora mulai dipanen dari saat tanaman berumur 70 hari.

d.2 Tahap Pengujian mikoriza

d.2.1 Uji kemampuan mikoriza (*Gigaspora* sp. dan *Glomus* sp.) dalam menginfeksi akar kopi arabika

Bibit kopi yang berusia 1 minggu setelah transplanting diinokulasi dengan 50 dan 100 spora mikoriza. Mikoriza yang digunakan terdiri dari 2 jenis yaitu *Gigaspora* sp. dan *Glomus* sp. Masing-masing perlakuan diulang empat kali dalam Rancangan Acak Kelompok pola faktorial. Dua bulan setelah perlakuan, keberadaan mikoriza pada akar diamati dengan cara pewarnaan (Metode Phillips dan Hayman, 1970).

d.2.2 Pengujian 2 jenis mikoriza terhadap *P. coffeae* pada aras pemupukan P yang berbeda

Pengujian dilaksanakan di rumah kaca Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Jember (Kebun Kaliwining). Penelitian ini berupa percobaan pot dengan rancangan acak kelompok pola faktorial 2 x 3 x 3. Masing-masing perlakuan diulang 4 kali, setiap ulangan terdiri dari 5 sampel tanaman.

Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan tanaman kopi meliputi lilit batang, tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, dan kandungan klorofil daun setiap 2 minggu sekali. Selain itu juga diamati gejala-gejala yang timbul selama percobaan. Pada akhir percobaan diamati berat kering tajuk dan akar, derajat infeksi mikoriza, kandungan P jaringan dan tanah, populasi spora mikoriza serta populasi nematoda dalam tanah dan akar. Pengamatan dilakukan selama 3 bulan.

3. Menguji kemampuan beberapa jenis MHB dalam mengendalikan *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika

a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis MHB yang efektif dalam mengendalikan *P. coffeae*. Terdiri dari 2 tahap yaitu peremajaan dan preparasi isolat MHB serta pengujian MHB terhadap *P. coffeae*.

b. Bahan dan peralatan

Bahan yang digunakan pada tahap penelitian ini adalah : dua jenis MHB yaitu *Pseudomonas diminuta* (koleksi pribadi) dan *Bacillus subtilis* (koleksi lab mikrobiologi

Faperta Unpad), bibit kopi arabika, juvenil *P. coffeae*, NA, *Nutrient Broth*, buffer phosphat (KH_2PO_4), glyserol, pupuk kandang, pupuk N P K.

Alat yang digunakan antara lain adalah cawan Petri, mikropipet, *shaker*, tabung reaksi, refrigerator, inkubator, gelas ukur, gelas beaker, spektrofotometer, mikroskop, autoklaf, pot plastik, timbangan, penggaris.

c. Tempat Penelitian

Tahap penelitian ini akan dilakukan di rumah kaca Universitas Jember dan Balittri Sukabumi.

d. Metode Penelitian

d.1 Preparasi isolat MHB

Isolat *P. diminuta* dan *B. subtilis* dikulturkan pada medium NA. Setelah 2 x 24 jam dipanen dan disentrifuse pada kecepatan 6000 rpm selama 15 menit, kemudian di re-suspensi pada buffer fosfat (0,01 M, pH 7). Konsentrasi yang digunakan adalah 10^8 cfu/ml, ditentukan berdasarkan spektrofotometer dan digunakan sebagai inokulum (Thompson, 1996). Sebelum digunakan inokulum disimpan pada suhu -80°C dalam glyserol 44%.

d.2 Pengujian MHB terhadap *P. coffeae*

Satu lup inokulum dipindahkan ke dalam 100 ml medium *Nutrient Broth* dalam Erlenmeyer 250 ml dan diinkubasi dalam shaker pada suhu ruang ($28\pm 2^\circ\text{C}$) dengan kecepatan 150 rpm selama 48 jam. Setelah diinkubasi selama 48 jam, medium cair siap untuk diujikan.

Penelitian ini berupa percobaan pot dengan rancangan acak kelompok dengan 4 ulangan. Masing-masing ulangan terdiri dari 5 sampel tanaman. Jumlah keseluruhan sampel tanaman sebesar 80 tanaman. Nematoda *P. coffea* diberikan pada aras yang sama yaitu 50 ekor per pot. Inokulasi *P. coffeae* dan MHB diberikan pada saat bibit kopi berusia 1 minggu setelah transplanting

Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan tanaman kopi meliputi lilit batang, tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, dan kandungan klorofil daun setiap 2 minggu sekali. Selain itu juga diamati gejala-gejala yang timbul selama percobaan. Pada akhir percobaan diamati berat kering tajuk dan akar tanaman, serta populasi nematoda dalam tanah dan akar. Pengamatan dilakukan selama 3 bulan

4. Menguji kemampuan dua jenis PSB dalam mengendalikan *P. coffeae*, meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika dan meningkatkan ketersediaan P

a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis PSB yang efektif dalam mengendalikan *P. coffeae* sekaligus meningkatkan ketersediaan P tanah. Terdiri dari 2 tahap

yaitu peremajaan dan preparasi isolat PSB serta pengujian PSB terhadap *P. coffeae* pada berbagai aras pemupukan P.

b. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan pada tahap penelitian ini adalah : dua jenis PSB yaitu *Pseudomonas mallei* dan *Bacillus mycooides* (koleksi Dr. Anne Nurbaiti Faperta Unpad), bibit kopi arabika, juvenil *P. coffeae*, NA, *Nutrient Broth*, buffer fosfat (KH_2PO_4), glyserol, pupuk kandang, pupuk N P K.

Alat yang digunakan antara lain adalah cawan Petri, mikropipet, *shaker*, tabung reaksi, refrigerator, inkubator, gelas ukur, gelas beaker, spektrofotometer, mikroskop, autoklaf, pot plastik, timbangan, penggaris.

c. Tempat Penelitian

Tahap penelitian ini akan dilakukan di rumah kaca dan lab mikrobiologi Universitas Jember.

d. Metode Penelitian

d.1 Preparasi isolat MHB

Isolat PSB (*P.mallei* dan *B. mycooides*) dikulturkan pada medium NA. Setelah 2 x 24 jam dipanen dan disentrifuse pada kecepatan 6000 rpm selama 15 menit, kemudian di re-suspensi pada buffer fosfat (0,01 M, pH 7). Konsentrasi yang digunakan adalah 10^8 cfu/ml, ditentukan berdasarkan spektrofotometer dan digunakan sebagai inokulum (Thompson, 1996). Sebelum digunakan inokulum disimpan pada suhu -80°C dalam glyserol 44%.

d.2 Pengujian PSB terhadap *P. coffeae*

Satu lup inokulum dipindahkan ke dalam 100 ml medium *Nutrient Broth* dalam Erlenmeyer 250 ml dan diinkubasi dalam shaker pada suhu ruang ($28\pm 2^\circ\text{C}$) dengan kecepatan 150 rpm selama 48 jam. Setelah diinkubasi selama 48 jam, medium cair siap untuk diujikan

Penelitian ini berupa percobaan pot dengan rancangan acak kelompok pola faktorial 2 x 3 + 1 kontrol. Masing-masing perlakuan diulang 4 kali, setiap ulangan terdiri dari 5 sampel tanaman. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan tanaman kopi meliputi lilit batang, tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, dan kandungan klorofil daun setiap 2 minggu sekali. Selain itu juga diamati gejala-gejala yang timbul selama percobaan. Pada akhir percobaan diamati berat kering tajuk dan akar, kandungan P jaringan dan tanah, serta populasi nematoda dalam tanah dan akar. Pengamatan dilakukan selama 3 bulan

5. Menguji sinergisme mikoriza, PSB dan MHB dalam mengendalikan *P. coffeae*, meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika, dan meningkatkan ketersediaan P

a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menguji sinergisme mikoriza, MHB dan PSB pada aras pemupukan P yang berbeda sehingga didapatkan dua kombinasi perlakuan yang mampu mengendalikan *P. coffeae*, meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika, dan meningkatkan ketersediaan P terbaik.

b. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan pada tahap penelitian ini adalah : mikoriza (*Gigaspora* sp. atau *Glomus* sp.), isolat PSB (*P.mallei* atau *B. mycooides*), isolat MHB (*P. diminuta* atau *B. subtilis*), bibit kopi arabika, juvenil *P. coffeae*, asam laktat, asam fuchsin, liquid nitrogen, glyserol, NaCl, H₂O₂, HCl, KOH 80%, KH₂PO₄, metanol, lactofenol blue solution, pupuk kandang, pupuk N P K.

Alat yang digunakan antara lain adalah saringan (250 µm, 100 µm dan 50 µm), pot plastik, gelas ukur, gelas beaker, sentrifuga, mikroskop, autoklaf, cawan petri, mikropipet, tabung reaksi, refrigerator, inkubator, HPLC, timbangan, penggaris.

c. Tempat Penelitian

Pengujian dilaksanakan di rumah kaca Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Jember (Kebun Kaliwining).

d. Metode Penelitian

Pengujian dilakukan terhadap 1 jenis mikoriza, MHB dan PSB yang terbukti efektif dalam menurunkan populasi *P. Coffea*. Penelitian ini berupa percobaan pot dengan rancangan acak kelompok pola Faktorial 4 x 3.

Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan tanaman kopi meliputi lilit batang, tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, dan kandungan klorofil daun setiap 2 minggu sekali. Selain itu juga diamati gejala-gejala yang timbul selama percobaan. Pada akhir percobaan diamati berat kering tajuk dan akar, derajat infeksi mikoriza, kandungan P jaringan dan tanah, populasi spora mikoriza serta populasi nematoda dalam tanah dan akar. Pengamatan dilakukan selama 2 bulan.

6. Analisis Data

Semua data yang diperoleh dianalisis dengan Anova menggunakan SPSS versi 16. Apabila ada beda nyata dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%.

D. Hasil Dan Pembahasan

1. Persiapan

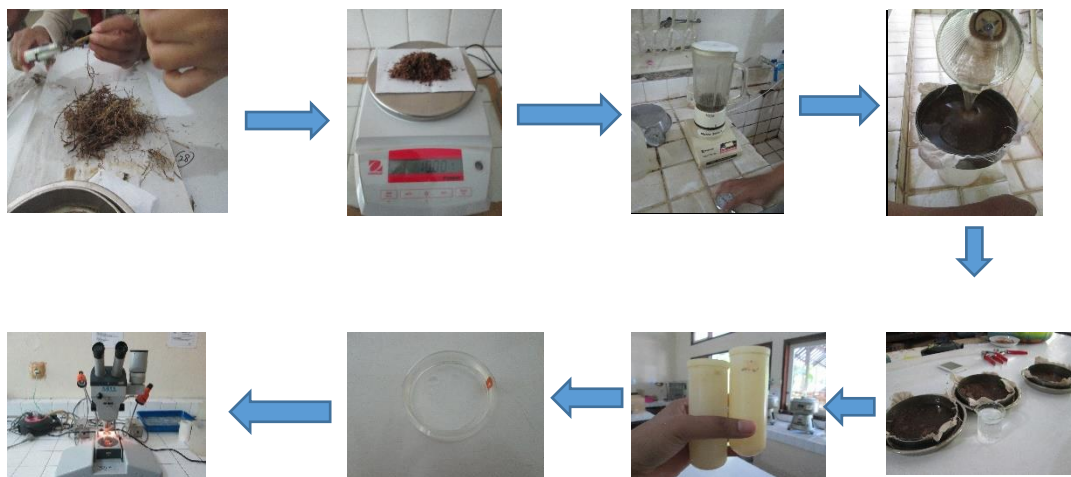
Pada tahap ini dilakukan perbanyakan bibit kopi dan nematoda *P. coffeae*. Hasil perbanyakan ini akan digunakan pada semua tahap penelitian. Tujuan dari tahapan persiapan ini adalah mendapatkan bibit kopi dan juvenil nematoda *P. coffeae* yang siap digunakan untuk penelitian selanjutnya.

A.1 Perbanyakan bibit kopi

Benih kopi yang digunakan adalah kopi arabika dari perkebunan kopi Banyuwangi. Benih kopi sebelum dikecambahkan disterilkan terlebih dahulu dengan alkohol dan sublimat, kemudian ditempatkan pada media pembenihan berupa pasir steril. Pembibitan dilakukan sejak awal bulan Maret 2014. Bibit siap digunakan untuk pengujian pada saat berumur 3 bulan setelah tanam, yaitu awal bulan Juli 2014.

A.2 Penyiapan nematoda

Nematoda *P. coffeae* yang digunakan sebagai bahan penelitian diperoleh dari ekstraksi akar tanaman kopi yang terserang *P. coffeae*. Ekstraksi dilakukan menggunakan metode Baermann yang dimodifikasi. Berikut adalah gambar proses ekstraksi nematoda *P. coffeae* dengan metode Baermann yang dimodifikasi.



Gambar 4.3. Proses ekstraksi nematoda *P. coffeae* dengan metode Baermann yang dimodifikasi

Sebelum penelitian dilakukan analisis tanah, hasil analisis tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Tanah Sebelum Perlakuan

NO.	JENIS ANALISA	METODE	NILAI	KRITERIA
1.	Tekstur (%)	Hidrometer		Sandy Loam
2.	pH H ₂ O KCl 1 N	Potensiometer	7,05 6,45	Netral
3.	C organik (%)	Walky & Black	1,98	Rendah
4.	N Total (%)	Kjedddhal	0,23	Sedang
5.	C/N Ratio		8,61	Rendah
6.	P ₂ O ₅ potensial (mg/100 g)	HCl 25%	42,65	Tinggi
7.	Al ³⁺ dapat ditukar (C mol/kg)	KCl 1 N	0,01	Rendah
8.	H ⁺ dapat ditukar (C mol/kg)	KCl 1 N	0,63	Rendah
9.	KTK (C mol/kg)	Perlokasi / NH ₄ aasetat pH=7	25,39	Tinggi

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa tekstur tanah sandy loam (berpasir) dengan pH netral. C/N ratio rendah sehingga media tanah yang digunakan dalam penelitian dicampur dengan bahan organik (1:1).

2. Uji dua jenis mikoriza terhadap *P. Coffeae*, pertumbuhan tanaman kopi arabika dan ketersediaan P tanah

A.1 Tahap perbanyakan spora mikoriza

Pada tahap penelitian ini perbanyakan mikoriza telah dilakukan dengan memakai spora *Gigaspora* sp. koleksi Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi (Puskonser), Puslit Kehutanan Bogor, dan *Glomus* sp. koleksi Lab. Mikologi Faperta UGM. Perbanyakan spora mikoriza dimulai bulan April 2014 s.d. Agustus 2014. Hasil perbanyakan spora ini digunakan dalam penelitian selanjutnya.

A.2 Uji kemampuan mikoriza (*Gigaspora* sp. dan *Glomus* sp.) dalam menginfeksi akar kopi arabika dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi

Bibit kopi yang berusia 1 minggu setelah transplanting diinokulasi dengan 50 dan 100 spora mikoriza. Mikoriza yang digunakan terdiri dari 2 jenis yaitu *Gigaspora* sp. dan *Glomus* sp. Masing-masing perlakuan diulang lima kali dalam Rancangan Acak Kelompok. Satu bulan dan 4 bulan setelah perlakuan, keberadaan mikoriza pada akar diamati dengan cara pewarnaan (Metode Phillips dan Hayman, 1970). Pertumbuhan bibit kopi diamati setiap 2 minggu sekali sampai bibit berusia 4 bulan. Pengamatan pertumbuhan bibit kopi meliputi : tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang serta berat kering tajuk dan akar. Juga

dilakukan pengamatan kandungan P tersedia pada jaringan. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Pengaruh jenis mikoriza terhadap rerata derajat infeksi pada akar kopi arabika pada pengamatan 1 dan 4 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Rerata Derajat infeksi (%)	
	1 bulan	4 bulan
Glomus 50	74 ab	76,20 b
Glomus 100	84 b	78,80 b
Gigaspora 50	60 a	76,40 b
Gigaspora 100	62 a	74,80 b
Glomus+Gigaspora 50	-	78,20 b
Glomus+Gigaspora 100	-	73,40 b
Tanpa mikoriza	-	0,00 a

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Pada pengamatan 1 bulan setelah inokulasi, rerata derajat infeksi mikroiza tertinggi pada perlakuan Glomus 100, yaitu pemberian *Glomus* spp. sebanyak 100 spora per pot. Pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi rerata derajat infeksi masing-masing perlakuan tidak berbeda nyata kecuali pada kontrol. Berdasarkan data ini, penelitian selanjutnya menggunakan mikoriza *Glomus* sp. sebanyak 100 spora per pot.

Tabel 3. Pengaruh jenis mikoriza terhadap rerata tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat kering tajuk dan berat kering akar dan P jaringan pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun	Diameter Batang (mm)	Berat Kering Tajuk (gr)	Berat Kering Akar (gr)	P jaringan (ppm)
Glomus 50	18,66 a	14,40 a	0,3060 c	2,5280 a	2,7460 a	0,37
Glomus 100	18,62 a	14,80 a	0,2820 b	2,6800 a	2,9700 a	0,43
Gigaspora 50	17,60 a	14,00 a	0,2760 b	2,0600 a	2,1680 a	0,52
Gigaspora 100	16,82 a	15,20 a	0,2660 ab	2,0520 a	1,8660 a	0,69
Glomus+Gigaspora 50	16,92 a	14,00 a	0,2700 ab	1,9560 a	2,5940 a	0,78
Glomus+Gigaspora 100	17,00 a	14,40 a	0,2720 ab	2,3600 a	2,4880 a	0,72
Tanpa mikoriza	16,90 a	14,40 a	0,2480 a	2,0360 a	2,2980 a	0,27

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Mikoriza dapat berfungsi sebagai alat untuk pertanian berkelanjutan karena mempunyai kemampuan dalam meningkatkan pertumbuhan sistem perakaran tanaman, meningkatkan vigor tanaman dan kualitas tanah. Hifa dari mikoriza memperluas bidang perakaran serta mengeluarkan enzim, membantu penyerapan nutrisi khususnya unsur P secara

efisien dan dapat berperan sebagai kontrol patogen. Dengan demikian, mikoriza sangat berperan dalam produktivitas tanaman (Siddiqui dan Pichtel, 2008).

A.3 Pengujian mikoriza terhadap *P. coffeae* pada aras pemupukan P yang berbeda

Pada tahap ini dilakukan pengujian *Glomus* spp. dengan kerapatan 100 spora per 1,5 kg tanah terhadap *P. coffeae* pada aras pemupukan P yang berbeda. Pengamatan dilakukan pada pertumbuhan bibit kopi (tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, serta berat kering akar dan tajuk), derajat infeksi mikoriza, skor kerusakan akar dan tajuk, populasi nematoda pada akar dan tanah, dan kandungan P tersedia dalam tanah. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4, 5 dan 6.

Tabel 4. Pengaruh mikoriza *Glomus* sp.. terhadap *P. coffeae* pada aras pemupukan P yang berbeda terhadap rerata tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan berat kering tajuk pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (buah)	Diameter batang (cm)	Berat kering tajuk (gr)
tanpa Perlakuan	12,90 cd	14 bc	1,474 bc	0,484 b
Hanya nema	9,90 a	12,8 abc	1,181 a	0,376 a
Glomus tanpa nema	13,48 d	14 bc	1,541 c	0,542 b
Glomus+nema+P0	12,74 cd	13,4 bc	1,476 bc	0,538 b
Glomus+nema+P50	11,82 bc	13,2 bc	1,454 bc	0,480 b
Glomus+nema+P75	12,8 cd	14,2 bc	1,414 bc	0,513 b
Glomus +nema+100	10,66 ab	13,8 bc	1,337 bc	0,386 a

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Tabel 5. Pengaruh mikoriza *Glomus* spp. terhadap *P. coffeae* pada aras pemupukan P yang berbeda terhadap rerata luka akar, derajat infeksi akar dan kandungan P tersedia tanah pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Luka akar (%)	derajat infeksi akar (%)	Kandungan P tersedia tanah (ppm)
tanpa Perlakuan	0 a	0 a	6,02
Hanya nema	76 c	0 a	8,15
Glomus tanpa nema	0 a	71,4 b	10,87
Glomus+nema+P0	40 b	86,8 b	12,49
Glomus+nema+P50	49 bc	80,4 b	14,27
Glomus+nema+P75	57 bc	86,8 b	14,47
Glomus +nema+100	43 b	92,8 b	16,72

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Mikoriza yang menginfeksi akar tanaman mampu mengeluarkan enzim fosfatase dan asam organik sehingga pada tanah yang kahat P yang dihasilkan oleh hifa mikoriza yang sedang aktif tumbuh. Peningkatan aktivitas fosfatase pada permukaan akar akibat infeksi

mikoriza menyebabkan P dibebaskan dari fosfat organik pada daerah dekat permukaan sel sehingga dapat diserap melalui mekanisme serapan hara (Gunawan, 1993).

Tabel 6. Pengaruh mikoriza *Glomus* sp. terhadap *P. coffeae* pada aras pemupukan P yang berbeda terhadap rerata skor kerusakan tajuk, serta populasi nematoda pada akar dan tanah pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Skor kerusakan tajuk	Pop.nematoda akar	Pop.nematoda tanah	Pop.nematoda total
tanpa Perlakuan	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Hanya nema	2,40 c	376,00 d	68,00 d	444,00 d
Glomus tanpa nema	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Glomus+nema +P0	0,60ab	95,00 bc	27,00 bc	122,00 b
Glomus+nema+P50	1,20 b	132,00 bc	43,00 c	175,00 bc
Glomus+nema+P75	0,60ab	167,00 c	28,00 b	195,00 bc
Glomus +nema+100	0,90ab	48,00 b	31,00 bc	79,00 bc

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Mikoriza berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karena adanya hifa eksternal ini yang dapat memperluas daerah penyerapan air oleh akar sehingga pertumbuhan tanaman tersebut akan lebih optimal (Nurhayati, 2010). Selain itu mikoriza juga mampu merangsang hormon-hormon pertumbuhan tanaman seperti sitokinin, auksin, dan giberelin. (Talanca, 2010).

Mikoriza mampu menekan populasi nematoda *Pratylenchus coffeae* dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti peningkatan status nutrisi tanaman, perubahan mikroba pada rizosfer, kompetisi nutrisi dan tempat penetrasi, serta perubahan anatomi dan biokimia dalam akar akibat infeksi mikoriza Linderman (1994). Perubahan biokimia sel akar akibat infeksi mikoriza menurut Elsen, *et al.*, (2001) dikarenakan meningkatnya enzim kitinase, peroksidase, asam amino, dan senyawa fitoaleksin/fenol, serta terjadinya lignifikasi pada sel endodermis akar. Fenol diketahui sebagai senyawa aktif yang memegang peranan penting terhadap penekanan nematoda yang menyerang jaringan tanaman (Fogain dan Gowen, 1996).

3. Menguji kemampuan beberapa jenis MHB dalam mengendalikan *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika

Penelitian ini berupa percobaan pot dengan rancangan acak kelompok dengan 8 perlakuan dalam 5 ulangan. Pengamatan dilakukan pada pertumbuhan bibit kopi (tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, serta berat kering akar dan tajuk), skor kerusakan akar dan tajuk, serta populasi nematoda pada akar dan tanah. Hasil penelitian sementara dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.

Tabel 8. Pengaruh MHB terhadap *P. coffeae* terhadap rerata tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan berat kering tajuk pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (buah)	Diameter batang (cm)	Berat kering tajuk (gr)
<i>P. diminuta</i> 1 x 10 ⁸ cfu/ml (A)	22,20 d	14,0 ab	0,318 bc	1,948 b
<i>P. diminuta</i> 2 x 10 ⁸ cfu/ml (B)	21,92 d	14,4 b	0,322 c	1,678ab
<i>B. subtilis</i> 1 x 10 ⁸ cfu/ml (C)	22,02 3d	14,4 b	0,306 bc	1,966 b
<i>B. subtilis</i> 2 x 10 ⁸ cfu/ml (D)	20,70 bcd	12,8 a	0,306 bc	1,474 a
Karbofuran (E)	20,94 cd	13,6 9ab	0,300 b	1,904 b
<i>P. diminuta</i> + <i>B. subtilis</i> 1x10 ⁸ (F)	18,06 a	13,6 9ab	0,304 bc	1,424 a
Nematoda Tanpa Bakteri (K-)	18,86 abc	13,6 ab	0,260 a	1,450 a
Tanpa Nematoda (K+)	20,46 ab	13,2 ab	0,306 bc	1,452 a

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Bakteri MHB ternyata bukan hanya memiliki peranan sebagai membantu dalam efektifitas infeksi mikoriza terhadap akar tanaman tetapi Bakteri MHB juga sebagai agen pengendali hayati, dan sebagai agen biokontrol. Beberapa diantaranya yakni bakteri dari Genus *Basillus* dan Genus *Pseudomonas* juga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman yang dikenal dengan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), karena mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi, menghasilkan hormon pertumbuhan (Bacon dan Hinton, 2007; Hallmann dan Berg, 2006) serta dapat menginduksi ketahanan tanaman yang dikenal dengan *induced systemic resistance* (ISR).

Tabel 9. Pengaruh MHB terhadap *P. coffeae* terhadap rerata skor kerusakan tajuk, skor kerusakan akar, serta populasi nematoda pada akar dan tanah pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Luka akar (%)	Pop. nematoda akar	Pop.nematoda tanah	Pop.nematoda total
<i>P. diminuta</i> 1 x 10 ⁸ cfu/ml (A)	15,00abc	1248,00cd	112,80 b	1360,80 c
<i>P. diminuta</i> 2 x 10 ⁸ cfu/ml (B)	27,00bc	1095,00bc	87,80 b	1182,80 bc
<i>B. subtilis</i> 1 x 10 ⁸ cfu/ml (C)	10,00a	876,00bbc	62,80 b	938,80bc
<i>B. subtilis</i> 2 x 10 ⁸ cfu/ml (D)	34,00c	1103,00bc	150,20 b	1253,20 bc

Karbofuran (E)	34,00c	315,00b	87,60 b	402,60 b
<i>P. diminuta</i> + <i>B. subtilis</i> 1x10 ⁸ (F)	78,00d	953,00bc	187,80 b	1140,00 c
Nematoda Tanpa Bakteri (K-)	76,00d	3057,00d	137,80 b	3194,80 d
Tanpa Nematoda (K+)	0,00a	0,00a	0,00 a	0,00 a

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Pemberian MHB menurunkan populasi nematoda baik pada akar, tanah maupun total secara nyata dibanding dengan kontrol. Penurunan populasi total tertinggi pada pemberian *B. subtilis* 1x 10⁸ cfu/ml, yaitu mampu menurunkan populasi nematoda total sampai 70%. Prosentase luka akar tidak berbeda nyata dengan tanaman yang tidak diberi perlakuan nematoda. Pemberian campuran *P. diminuta* dan *B. subtilis* mampu menurunkan populasi nematoda dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi tapi tidak sebaik pada perlakuan *B. subtilis* 1x 10⁸ cfu/ml.

MHB dapat mensekresikan enzim ekstraseluler tertentu yang dapat membantu melakukan pekerjaannya untuk berinteraksi dengan mikoriza, tanah, tumbuhan dan juga patogen yang ada didalam tanah. Kandungan enzim yang berperan dalam mengendalikan populasi nematoda adalah kitinase baik yang dihasilkan oleh *P. diminuta* maupun *B. subtilis*. Kitinase dapat bekerja mengendalikan nematoda parasit *Pratylenchus coffeae* dengan menghancurkan dinding tubuh nematoda yang terbuat dari kitin, sehingga terjadi kerusakan pada tubuh yang bisa berakibat rusaknya keseimbangan tubuh akibat hilangnya fungsi pembatas tubuh nematoda dengan dunia luar. Selain itu, berdasarkan hasil analisis peroksidase, *P. diminuta* dan *B. subtilis* memiliki aktivitas peroksidase yang cukup tinggi. Peroksidase dapat memperlambat proses infeksi dan berhubungan dengan lignifikasi dan juga menginduksi hipersensitif reaksi terhadap jaringan untuk mempertahankan jaringan dari nematoda. (Harni, *et al*, 2012)

4. Menguji kemampuan dua jenis PSB dalam mengendalikan *P. coffeae*, meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika dan meningkatkan ketersediaan P

Penelitian ini berupa percobaan pot dengan rancangan acak kelompok dengan 8 perlakuan dalam 5 ulangan. Pengamatan dilakukan pada pertumbuhan bibit kopi (tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, serta berat kering akar dan tajuk), skor kerusakan akar dan tajuk, serta populasi nematoda pada akar dan tanah. Hasil penelitian sementara dapat dilihat pada Tabel 11 dan 12.

Mikroba pelarut P merupakan mikroba yang hidup di daerah rhizosfer meningkatkan ketersediaan P dengan mengeluarkan asam-asam organik yang mampu melarutkan P yang tidak tersedia menjadi tersedia. Asam-asam organik hasil sintesis mikrobial yang berperan dalam pelarutan senyawa P-anorganik meliputi asam laktat, format, glikolat, sitrat, asetat, malat, ketoglukonat dan suksinat (Alexander, 1978). Meningkatnya asam-asam organik tersebut diikuti dengan penurunan pH. Penurunan pH dapat pula disebabkan oleh pembebasan asam sulfat dan nitrat pada oksidasi kemoautotrofik sulfur dan amonium. Perubahan pH berperan penting dalam peningkatan kelarutan fosfat.

Tabel 11. Pengaruh PSB terhadap *P. coffeae* terhadap rerata tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat kering akar dan berat kering tajuk pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (buah)	Diameter batang (cm)	Berat kering tajuk (gr)
<i>B. mycooides</i> 10 ⁸ cfu/ml	10,3700bc	11,4000ab	1,5280ab	0,3890ab
<i>B. mycooides</i> 10 ⁹ cfu/ml	10,2800bc	12,7000 b	1,6340 b	0,4140ab
<i>P.mallei</i> 10 ⁸ cfu/ml	10,3200bc	12,1000 b	1,6340 b	0,4370 b
<i>P.mallei</i> 10 ⁹ cfu/ml	11,2700 c	12,8000 b	1,7750 c	0,4260 b
Karbofuran	9,8600bc	12,2000 b	1,5230ab	0,4060ab
<i>P.mallei</i> + <i>B. mycooides</i> 10 ⁸ cfu/ml	9,0200ab	11,6000ab	1,5540ab	0,3250ab
Nematoda Saja	7,9600 a	9,7500 a	1,4390 a	0,3240ab
Tanpa Nematoda	9,8000bc	13,0000 b	1,5750ab	0,3090 a

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Tabel 12. Pengaruh PSB terhadap *P. coffeae* pada aras pemupukan P yang berbeda terhadap rerata skor kerusakan tajuk, skor kerusakan akar, serta populasi nematoda pada akar dan tanah pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Luka akar (%)	Populasi nematoda akar
<i>B. mycooides</i> 10 ⁸ cfu/ml	17,5000ab	213,5000abc
<i>B. mycooides</i> 10 ⁹ cfu/ml	17,5000ab	170,5000abc
<i>P.mallei</i> 10 ⁸ cfu/ml	25,5000 b	474,0000 d
<i>P.mallei</i> 10 ⁹ cfu/ml	16,0000 a	382,5000 cd
Karbofuran	18,5000ab	114,0000 ab
<i>P.mallei</i> + <i>B. mycooides</i> 10 ⁸ cfu/ml	20,5000ab	138,5000 ab
Nematoda Saja	41,2000 c	248,0000 bc
Tanpa Nematoda	13,0000 a	0,0000 a

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Populasi nematoda parasit *Pratylenchus coffeae* mengalami penambahan untuk semua perlakuan, tetapi penambahan yang paling banyak adalah tanaman kontrol. Meskipun tidak

mampu menurunkan populasi nematoda, tetapi perlakuan *Pseudomonas mallei* 10⁹ cfu/ml mampu meminimalisir kerusakan akar. Selain sebagai PGPR, PGPR juga dapat mensekresikan enzim ekstraseluler seperti kitinase, protease dan selulose serta menginduksi resistensi tanaman terhadap invasi patogen.

5. Menguji sinergisme mikoriza, PSB dan MHB dalam mengendalikan *P. coffeae*, meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika, dan meningkatkan ketersediaan P

Penelitian ini berupa percobaan pot dengan rancangan acak kelompok dengan 8 perlakuan dalam 5 ulangan. Pengamatan dilakukan pada pertumbuhan bibit kopi (tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, serta berat kering akar dan tajuk), skor kerusakan akar, serta populasi nematoda pada akar dan tanah. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 13 dan 14.

Tabel 13. Pengaruh Glomus, MHB dan PSB terhadap *P. coffeae* terhadap rerata tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat kering akar dan berat kering tajuk pada pengamatan 2 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (buah)	Diameter batang (cm)	Berat kering tajuk (gr)	Berat kering akar (gr)
Glomus+PM+BS	8,8400 ab	11,6000 b	1,5460 a	0,3300 ab	0,1900 a
Glomus+PM+PD	9,4900 bc	11,8000 b	1,5330 a	0,3400 ab	0,3700 b
Glomus+BM+PD	9,6300 bc	12,0000 b	1,5570 a	0,5200 c	0,5000 c
Glomus+BM+BS	10,3600 c	12,2000 b	1,5690 a	0,3800 b	0,3700 b
Nematoda Saja	7,9600 a	9,7500 a	1,4390 a	0,3240 ab	0,2020 a
Tanpa Nematoda	9,8000 bc	13,0000 b	1,5750 a	0,3090 a	0,2360 a

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Tabel 14. Pengaruh Glomus, MHB dan PSB terhadap *P. coffeae* pada aras pemupukan P yang berbeda terhadap rerata skor kerusakan tajuk, skor kerusakan akar, serta populasi nematoda pada akar dan tanah pada pengamatan 4 bulan setelah inokulasi

Perlakuan	Skor kerusakan akar	Populasi nematoda akar
Glomus+PM+BS	20,0000 c	85,0000 bc
Glomus+PM+PD	30,0000 d	105,0000 c
Glomus+BM+PD	13,0000 ab	65,0000 b
Glomus+BM+BS	15,0000 b	195,0000 d
Nematoda Saja	41,2000 e	225,0000 e
Tanpa Nematoda	10,0000 a	0,0000 a

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

Xavier dan Germida (2003) mengamati bahwa sebagian besar bakteri dari dinding sel spora MVA mampu meningkatkan perkecambahan spora *G. clarum* ketika terjadi kontak langsung antara spora dan bakteri, sementara sebagian isolat bakteri menghambat perkecambahan spora dengan menghasilkan *volatile antagonistic*. Duponnois dan Garbaye (1990) menganalisis bagaimana MHB mempengaruhi konsentrasi senyawa antagonistik yang diproduksi oleh fungi mikoriza. Mereka mendapati bahwa bakteri tersebut mampu mendetoksifikasi media cair dari metabolit fungi yang bersifat menghambat. Bakteri MHB kemungkinan juga dapat menekan produksi senyawa toksik oleh mikroba tanah. Vivas *et al.* (2005) melaporkan bahwa bakteri MHB memiliki dampak positif yang kuat terhadap perkecambahan spora dan pertumbuhan fungi prasimbiosis dalam larutan yang terkontaminasi logam berat.

Peningkatan pertumbuhan pada tanaman yang diberi perlakuan PSB maupun MHB disebabkan kemampuannya dalam menghasilkan zat pengatur tumbuh. Untuk mengetahui *mode of action* PSB maupun MHB dalam menekan populasi nematoda dilakukan analisis peroksidase. Peroksidase menginduksi tanaman untuk menghasilkan gen ketahanan tumbuhan terhadap serangan hama atau penyakit termasuk nematoda. Hasil analisis peroksidase dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil analisis peroksidase

Perlakuan	Aktivitas enzim peroksidase (U/g sampel)
<i>Glomus</i> spp. 100 spora	2,1089
<i>P. mallei</i> 10 ⁸ cfu/ml	1,7113
<i>P. diminuta</i> 10 ⁸ cfu/ml	8,4547
<i>B. subtilis</i> 10 ⁸ cfu/ml	3,6924
<i>B. mycooides</i> 10 ⁸ cfu/ml	3,1887
Kontrol (tanpa perlakuan)	3,1425

Enzim peroksidase dibutuhkan oleh tanaman untuk menghasilkan senyawa-senyawa pertahanan tanaman seperti lignin, kitin, dan beberapa senyawa penyusun dinding sel (Hallman, 2001). Mekanisme peroksidase dalam mengendalikan nematoda adalah dengan menginduksi *Hipersensitif Reaksi* (HR) yaitu reaksi cepat melokalisasi sel, kemudian terbentuk nekrosis pada jaringan di daerah infeksi dan akhirnya jaringan tersebut mati. Matinya jaringan akan menyebabkan nematoda tidak mendapat makanan dari jaringan tersebut. (Liharska dan Williamson, 1997).

E. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Pemberian Mikoriza *Glomus* spp. mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kopi arabika lebih baik dibandingkan perlakuan *Gigaspora* spp. Pemberian *Glomus* spp. meningkatkan kandungan P tersedia tanah sampai 36% dan menurunkan populasi *P. coffeae* total sampai 82%.
- 2) Pemberian MHB baik itu *P. diminuta* maupun *B. subtilis* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika dan menurunkan populasi *P. coffeae* sampai 70% (*B. subtilis* 1×10^8 cfu/ml).
- 3) Pemberian PSB berupa *P.mallei* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika tetapi tidak mampu menurunkan populasi nematoda *P. coffeae*. Pemberian PSB berupa *B. mycooides* mampu menurunkan populasi *P. coffeae* sebesar 31%.
- 4) Pemberian campuran *Glomus* spp.+*B. mycooides* +*P. diminuta* meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi arabika dan menurunkan populasi nematoda *P. coffeae* sebesar 71%.
- 5) Mekanisme kerja PSB (*B. mycooides*) dan MHB (*P. diminuta* dan *B. subtilis*) dalam menekan populasi nematoda salah satunya melalui kemampuannya dalam meningkatkan aktivitas enzim peroksidase.

Kata kunci : *Pratylenchus coffeae*, *Mycorrhiza Helper Bacteria* (MHB), *Phosphate Solubilizing Bacteria* (PSB), mikoriza, kopi arabika