

PENGARUH KOMBINASI BAKTERI ENDOFIT TERHADAP PERTUMBUHAN KOPI ARABIKA (*Coffea arabica* L.) YANG TERSERANG *Pratylenchus coffeae*

Dian Ineke Damayanti^{1*}, Iis Nur Asyiah², Mochammad Iqbal³
Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37, Jember 68121

Abstract: Endophytic bacteria are the most preferred biological agents in the last period to control Pratylenchus coffeae parasitic nematodes in coffee plants. Endophytic bacteria are able to control P. coffeae and increase plant growth. The results of the application of endophytic bacteria can be increased through a combination application. This study aims to determine the effect of a combination of endophytic bacterial isolates isolated from a coffee plantation from Kalibendo garden on the growth of Arabica coffee seedlings attacked by P. coffeae nematode. The study used isolates of endocytic bacteria Micrococcus luteus, Micrococcus sp. and Bacillus sp. the density of 10⁹ cfu in two-month Arabica coffee plant seeds with 9 treatments, 4 replications and 3 sub-replication for 4 months of research. The results showed that a combination of endophytic bacterial isolates was able to significantly increase the growth of Arabica coffee plant seeds.

Kata Kunci: *Pratylenchus coffeae*, *Coffea arabica* L., endophytic bacteria

PENDAHULUAN

Pratylenchus coffeae merupakan hama dari golongan nematoda parasit yang sangat merugikan kopi Arabika. Nematoda ini menyerang jaringan korteks akar serabut sehingga mengakibatkan serabut akar menjadi rusak, berwarna coklat dan terdapat luka-luka nekrotik. Luka-luka tersebut secara bertahap meluas hingga akhirnya seluruh serabut akar membusuk (Asyiah, Wiryadiputra, Fauzi, & Harni, 2015; Wiryadiputra & Tran, 2008).

Berbagai upaya pengendalian *P. coffeae* telah banyak dilakukan. Mustika & Nuryani (2006) mengatakan bahwa selama kurun waktu 60 tahun terakhir. Akan tetapi, penggunaan nematisida kimiawi dapat menimbulkan dampak negatif berupa keracunan pada manusia dan hewan peliharaan, pencemaran air tanah serta terbunuhnya organisme bukan sasaran termasuk musuh alami nematoda seperti jamur dan bakteri. Akhir-akhir ini agen hayati lebih banyak dipilih sebagai pengendali hama karena lebih ramah lingkungan dan dalam hal tertentu lebih murah (Wiryadiputra, Junianto, Indarti, Mulyadi, Rahayu, & Widiyanto., 2003). Salah satu agen hayati adalah bakteri endofit.

¹Email: dianineked@gmail.com

P-ISSN: 1411-5433

E-ISSN: 2502-2768

© 2017 Sainifikita; Jurusan PMIPA, FKIP, Universitas Jember

<http://jurnal.unej.ac.id/index.php/STF>

Penggunaan bakteri endofit dalam upaya pengendalian nematoda parasit telah diteliti oleh Tim Penelitian Asyiah (2015). Isolat tunggal bakteri endofit asal kebun kopi Kalibendo yang digunakan dalam penelitian tersebut teruji mampu mengendalikan penetrasi nematoda parasit *P. coffeae* pada bibit kopi Arabika dengan persentase penekan terhadap nematoda sebesar 49,41% hingga 93,97%. Diantara isolat-isolat yang diujikan dalam penelitian tersebut, terdapat 3 isolat yang berpotensi terbesar dalam pengendalian penetrasi nematoda *P. coffeae*, yaitu isolat *Micrococcus* sp. (KB⁴₁), *Bacillus* sp. (KB⁶₃) dan *Micrococcus luteus* (KB¹₁) dengan masing-masing persentase penekanan penetrasi secara berurutan 93,97%, 86,74% dan 80,74%.

Selain dapat menekan populasi nematoda, penggunaan bakteri endofit juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung (Harni, 2014). Penelitian Harni & Khaerati (2013) membuktikan dari 422 isolat bakteri endofit yang digunakan, 60 isolat (14,22%) mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi, meliputi tinggi tanaman, berat tajuk dan berat akar dibandingkan dengan tanaman kontrol.

Hasil dari aplikasi bakteri endofit menurut Whipps (2001) dapat ditingkatkan dengan mengkombinasikan beberapa strain bakteri endofit yang memiliki mekanisme berbeda tetapi saling menunjang. Akan tetapi, dalam penggabungan beberapa bakteri endofit perlu memperhatikan sifat saling menghambat antar agens yang akan diujikan (Whipps, 2001). Oleh karena itu, uji sinergis dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui ada tidaknya sifat saling hambat antara ketiga isolat bakteri endofit yang diujikan dalam penelitian ini.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Tim Penelitian Asyiah (2015), 3 isolat bakteri paling berpotensi asal kebun kopi Kalibendo akan diujikan kembali untuk mengetahui pengaruh isolat bakteri endofit terhadap pertumbuhan bibit tanaman kopi *C. arabica* L. Pengujian dilakukan dengan aplikasi kombinasi dalam upaya peningkatan hasil aplikasi bakteri endofit. Tiga isolat bakteri yang akan diujikan dalam penelitian ini yaitu *Micrococcus luteus* (KB¹₁), *Micrococcus* sp. (KB⁴₁) dan *Bacillus* sp. (KB⁶₃).

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dan eksperimental lapang.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 2 tempat yaitu di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas MIPA Universitas Jember dan di *Green House*, Kaliurang, Jember pada April 2016 hingga Mei 2017.

Penentuan Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh lahan kopi Arabika (*C. arabica* L.) kawasan kebun kopi Kalibendo, Banyuwangi, Jawa Timur. Sedangkan sampel dalam penelitian ini adalah akar sehat tanaman kopi Arabika (*C. arabica* L.) berusia 3 bulan yang telah diberi nematoda *P. coffeae* dan isolat bakteri endofit yang telah diisolasi dari akar tanaman kopi Arabika (*C. arabica* L.).

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan total perlakuan sebanyak 9 perlakuan. Setiap perlakuan terdapat 4 pengulangan dan setiap ulangan terdiri dari 3 sub ulangan, sehingga total tanaman untuk setiap perlakuan adalah 12 tanaman. Total keseluruhan tanaman uji yang digunakan adalah sebanyak $(12 \times 9) = 108$ tanaman uji. Desain rancangan acak lengkap terlampir pada Lampiran 1. Adapun rancangan penelitiannya adalah sebagai berikut:

- 1) Perlakuan 1: Bakteri KB^1_1 + 50 ekor nematoda *P. coffeae*
- 2) Perlakuan 2: Bakteri KB^4_1 + 50 ekor nematoda *P. coffeae*
- 3) Perlakuan 3: Bakteri KB^6_3 + 50 ekor nematoda *P. coffeae*
- 4) Perlakuan 4: Bakteri KB^1_1 + KB^4_1 + 50 ekor nematoda *P. coffeae*
- 5) Perlakuan 5: Bakteri KB^1_1 + KB^6_3 + 50 ekor nematoda *P. coffeae*
- 6) Perlakuan 6: Bakteri KB^4_1 + KB^6_3 + 50 ekor nematoda *P. coffeae*
- 7) Perlakuan 7: Bakteri KB^1_1 + KB^4_1 + KB^6_3 + 50 ekor nematoda *P. coffeae*
- 8) Perlakuan 8: Tanpa bakteri + 50 ekor nematoda *P. coffeae*.
- 9) Perlakuan 9: Tanpa bakteri dan tanpa nematoda *P. coffeae*.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi autoklaf, mikroskop, cawan petri, sentrifuse, *laminar air flow*, ose, tabung reaksi, gelas ukur, kompor listrik, L

glass, kaca benda dan kaca penutup, pipet tetes, bunsen, mikropipet, alat bercocok tanam, gunting, kertas HVS, kamera, penggaris, oven, timbangan analitik, blender, *beaker glass*, timba, kain perca, saringan tepung, saringan 325 mesh, wadah plastik, kantong plastik, selang plastik berdiameter ± 3 mm, gelas plastik, *shaker*, *counting disk*, *hand counter*, dan stopwatch. Adapun bahan yang digunakan yaitu Tryptic Soy Agar (TSA), media Tryptic Soy Broth (TSB), media Natrium Agar (NA), alkohol 70%, air destilasi, kaolin, larutan gula BJ=1.18, isolat bakteri endofit hasil isolasi akar tanaman kopi arabika yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya, nematoda *P. coffeae* dan biji tanaman kopi Arabika asal kebun kopi Kalibendo.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dalam penelitian ini meliputi dua tahap, yaitu tahap persiapan dan tahap aplikasi. Tahap persiapan merupakan tahap persiapan alat dan bahan, media tanam dan bibit tanaman kopi Arabika, isolat bakteri endofit dan nematoda *P. coffeae*. Persiapan alat dan bahan dilakukan dengan sterilisasi menggunakan autoklave pada temperatur 121°C pada tekanan uap 15 lb/in selama 15 menit (Marlina, 2008). Persiapan bibit kopi Arabika dilakukan dengan mengupas bagian kulit yang keras dan merendam dalam air selama 24 jam. Persiapan media tanam dilakukan dengan mencampurkan tanah, pasir dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1:1 yang terlebih dahulu diayak dan disterilkan pada suhu 121°C dengan tekanan $>2,0$ kg/cm² selama minimal 2 jam. Selanjutnya menanam biji kopi pada media tanam tersebut dalam pot plastik berukuran 1.250 mL (Asyiah, Wiryadiputra, Fauzi, & Harni 2015).

Persiapan isolat bakteri endofit dilakukan dengan peremajaan dan penyimpanan, uji kerapatan, uji sinergis dan pembuatan suspensi. Uji kerapatan dilakukan guna mempersiapkan isolat bakteri endofit berkerapatan 10^7 dan 10^9 berdasarkan hasil perhitungan koloni bakteri (CFU). Uji sinergis dilakukan untuk menguji sifat antagonis dari ketiga isolat bakteri endofit yang diujikan dengan menggunakan isolat bakteri berkerapatan 10^7 dan metode *double layer*. Pembuatan suspensi bakteri yang akan diaplikasikan pada lapang dilakukan dengan menggunakan isolat bakteri berkerapatan 10^9 .

Persiapan nematoda *P. coffeae* dilakukan dengan mengekstrak akar kopi yang berasal dari kebun kopi Kalibendo yang terserang *P. coffeae* menggunakan metode *Baerman* yang dimodifikasi. Selanjutnya melakukan perhitungan sebanyak 50 ekor *P.*

coffea untuk setiap tanaman uji. Aplikasi isolat bakteri endofit dilakukan setelah bibit tanaman kopi berusia 2 bulan. Sedangkan aplikasi *P. coffea* dilakukan 1 minggu setelah aplikasi isolat bakteri endofit. Pengamatan hasil aplikasi dilakukan setiap 2 minggu terhadap parameter tinggi dan jumlah daun bibit tanaman kopi. Sedangkan berat basah akar, berat basah dan berat kering tajuk serta skor kerusakan akar dilakukan setelah 4 bulan penelitian. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan uji Anova bertaraf signifikansi 95% dan dilanjutkan dengan uji Duncan (Asyiah, Wiryadiputra, Fauzi, & Harni, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Pengaruh bakteri endofit terhadap peningkatan pertumbuhan bibit tanaman kopi Arabika diukur melalui pengukuran tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah akar, berat basah dan berat kering tajuk dan serta skor kerusakan akar. Parameter pertumbuhan yang pertama ialah tinggi bibit kopi *C. arabica* L. Pengamatan terhadap parameter pertumbuhan ini dilakukan setiap 2 minggu sekali hingga 4 bulan setelah pemberian perlakuan. Pengukuran tinggi tanaman ini dilakukan dari batang pada bagian tepat diatas permukaan tanah hingga ujung daun tertinggi dengan menggunakan penggaris (satuan sentimeter). Hasil pengukuran tinggi bibit kopi sebelum dan sesudah perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, pemberian bakteri endofit tidak berpengaruh terhadap tinggi bibit tanaman *C. arabica* L.

Tabel 1. Rata-rata tinggi bibit tanaman *Coffea arabica* L.

Perlakuan	Rata-rata Tinggi Bibit <i>C. arabica</i> L. (cm) \pm Std. Deviasi		
	Sebelum Perlakuan (Minggu ke-0)	Sesudah Perlakuan (Minggu ke-18)	Selisih Pertumbuhan (cm)
(1) Isolat bakteri KB ¹ ₁	13,95 \pm 0,89 ^c	17,13 \pm 3,24 ^{ab}	3,18
(2) Isolat bakteri KB ¹ ₄	12,36 \pm 1,21 ^{bc}	16,63 \pm 3,51 ^{ab}	4,27
(3) Isolat bakteri KB ⁶ ₃	13,22 \pm 1,04 ^{bc}	20,08 \pm 0,60 ^b	6,86
(4) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ dan KB ¹ ₄	12,38 \pm 0,55 ^{bc}	14,01 \pm 7,35 ^a	1,63
(5) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ dan KB ⁶ ₃	13,01 \pm 1,09 ^{bc}	18,23 \pm 4,49 ^{ab}	5,22
(6) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₄ dan KB ⁶ ₃	11,62 \pm 1,91 ^b	17,37 \pm 3,00 ^{ab}	5,75
(7) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ , KB ¹ ₄ dan KB ⁶ ₃	13,34 \pm 0,48 ^{bc}	20,69 \pm 2,23 ^b	7,35
(8) Tanpa isolat bakteri dan tanpa <i>Pc</i> .	12,97 \pm 0,65 ^{bc}	20,98 \pm 1,95 ^b	8,01
(9) <i>Pc</i> dan tanpa isolat bakteri	9,4 \pm 1,29 ^a	16,86 \pm 1,50	7,46

Keterangan:

- Selisih pertumbuhan (cm) = Rata-rata tinggi bibit sebelum – sesudah perlakuan
- *Pc* = *Pratylenchus coffea*

Rata-rata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol tanpa pemberian nematoda *P. coffeae* dan isolat bakteri endofit (perlakuan 8) dengan selisih pertumbuhan bibit tanaman sebesar 8,01 cm. Rata-rata tinggi tanaman tertinggi berikutnya ditunjukkan pada perlakuan kontrol tanpa inokulasi isolat bakteri endofit (perlakuan 9) dengan selisih pertumbuhan sebesar 7,46 cm kemudian perlakuan dengan inokulasi kombinasi bakteri endofit KB¹₁, KB⁴₁ dan KB⁶₃ (perlakuan 7) dengan selisih pertumbuhan sebesar 7,35 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa selisih pertumbuhan pada perlakuan dengan pemberian bakteri endofit tidak lebih besar dari perlakuan kontrol. Hasil uji Anova juga menunjukkan bahwa kombinasi bakter endofit tidak berpengaruh signifikan ($p=0,18$) terhadap tinggi tanaman *C. arabica* L.

Parameter pertumbuhan yang kedua ialah jumlah daun bibit kopi *C. arabica* L. Pengamatan terhadap parameter pertumbuhan ini dilakukan setiap 2 minggu sekali hingga 4 bulan setelah pemberian perlakuan. Jumlah daun diperoleh dengan cara menjumlah seluruh daun yang tumbuh pada bibit kopi *C. arabica* L. yang diamati kecuali sepasang daun lembaga (daun yang pertama kali tumbuh). Hasil pengamatan terhadap jumlah daun bibit *C. arabica* L. dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh kombinasi bakteri endofit terhadap rata-rata jumlah daun bibit tanaman (*Coffea arabica* L.)

Perlakuan	Rata-rata Jumlah Daun Bibit <i>C. arabica</i> L. (cm) ± Std. Deviasi		
	Sebelum Perlakuan (Minggu ke-0)	Sesudah Perlakuan (Minggu ke-18)	Selisih Jumlah Daun
(1) Isolat bakteri KB ¹ ₁	2,00±0,00	10,00±1,96 ^b	8,00
(2) Isolat bakteri KB ¹ ₄	2,00±0,00	10,50±4,05 ^{bc}	8,50
(3) Isolat bakteri KB ⁶ ₃	2,00±0,00	13,42±0,69 ^{cd}	11,42
(4) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ dan KB ¹ ₄	2,00±0,00	12,00±0,94 ^{bcd}	10,00
(5) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ dan KB ⁶ ₃	2,00±0,00	11,83±2,69 ^{bcd}	9,83
(6) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₄ dan KB ⁶ ₃	2,00±0,00	12,50±2,20 ^{bcd}	10,50
(7) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ , KB ¹ ₄ dan KB ⁶ ₃	2,00±0,00	12,67±0,54 ^{bcd}	10,67
(8) Tanpa isolat bakteri dan tanpa <i>Pc</i> .	2,00±0,00	13,83±0,64 ^d	11,83
(9) <i>Pc</i> dan tanpa isolat bakteri	2,00±0,00	0,00±0,00 ^a	-2,00

Keterangan:

- Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata dengan uji Duncan menggunakan α 5%
- Selisih jumlah daun = Rata-rata jumlah daun sebelum – rata-rata jumlah daun sesudah perlakuan
- *Pc* = *Pratylenchus coffeae*

Berdasarkan Tabel 2, perlakuan 3 dengan inokulasi isolat bakteri endofit KB⁶₃ memiliki selisih jumlah daun sebesar 11,42. Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan 3 tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa inokulasi isolat bakteri endofit (perlakuan 9), yang hanya memperoleh selisih pertumbuhan jumlah daun

sebesar -2,00. Hal ini menunjukkan bahwa inokulasi bakteri endofit KB⁶₃ lebih berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah daun bibit tanaman kopi *C. arabica* L. jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hasil uji Anova juga menunjukkan bahwa kombinasi isolat bakteri endofit berpengaruh signifikan ($p=0,00$) terhadap rata-rata jumlah daun bibit tanaman *C. arabica* L.

Parameter pertumbuhan berikutnya yaitu berat basah dan kering dari akar dan tajuk bibit tanaman *C. arabica* L. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa kombinasi isolat bakteri endofit berpengaruh terhadap berat basah akar, berat basah tajuk dan berat kering tajuk. Hasil uji Anova juga menunjukkan bahwa kombinasi isolat bakteri endofit berpengaruh signifikan ($p=0,20$), ($p=0,05$) dan ($p=0,09$) terhadap berat basah akar, berat basah tajuk dan berat kering tajuk.

Berat berat basah akar, rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan dengan inokulasi kombinasi isolat bakteri endofit KB⁴₁ dan KB⁶₃ (perlakuan 6) dengan rata-rata berat basah akar sebesar 0,18 g. Sedangkan perlakuan 9 hanya menunjukkan rata-rata berat basah akar sebesar 0,1 g. Pada berat basah tajuk, rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan dengan inokulasi isolat bakteri endofit KB⁶₃ dengan rata-rata berat basah tajuk sebesar 2,3 g. Pada berat kering tajuk, rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan dengan inokulasi isolat bakteri endofit KB⁶₃ dengan rata-rata berat kering tajuk sebesar 0,81 g.

Tabel 3. Pengaruh kombinasi bakteri endofit terhadap rata-rata berat basah akar, berat basah tajuk dan berat kering tajuk bibit tanaman *C. arabica* L.

Perlakuan	Berat Basah (g) \pm Std. Deviasi		Berat Kering (g) \pm Std. Deviasi
	Akar	Tajuk	Tajuk
(1) Isolat bakteri KB ¹ ₁	0,12 \pm 0,03 ^{ab}	1,32 \pm 0,31 ^a	0,57 \pm 0,04 ^{ab}
(2) Isolat bakteri KB ¹ ₄	0,1 \pm 0,04 ^a	1,44 \pm 0,69 ^{ab}	0,54 \pm 0,17 ^a
(3) Isolat bakteri KB ⁶ ₃	0,16 \pm 0,06 ^{ab}	2,3 \pm 0,41 ^{bc}	0,81 \pm 0,12 ^b
(4) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ dan KB ¹ ₄	0,14 \pm 0,07 ^{ab}	1,89 \pm 0,7 ^{abc}	0,66 \pm 0,11 ^{ab}
(5) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ dan KB ⁶ ₃	0,14 \pm 0,63 ^{ab}	1,99 \pm 0,5 ^{abc}	0,79 \pm 0,16 ^{ab}
(6) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₄ dan KB ⁶ ₃	0,18 \pm 0,13 ^{ab}	1,91 \pm 0,84 ^{abc}	0,69 \pm 0,32 ^{ab}
(7) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ , KB ¹ ₄ dan KB ⁶ ₃	0,13 \pm 0,02 ^{ab}	2,1 \pm 0,43 ^{abc}	0,77 \pm 0,11 ^{ab}
(8) Tanpa isolat bakteri dan tanpa <i>Pc</i> .	0,21 \pm 0,03 ^b	2,68 \pm 0,37 ^c	0,83 \pm 0,13 ^b
(9) <i>Pc</i> dan tanpa isolat bakteri	0,1 \pm 0,02 ^a	1,71 \pm 0,51 ^{ab}	0,58 \pm 0,13 ^{ab}

Keterangan:

- Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata dengan uji Duncan menggunakan α 5%
- *Pc* = *Pratylenchus coffeae*

Parameter pertumbuhan terakhir yang diukur yaitu skor kerusakan akar. Pengukuran skor kerusakan akar dilakukan saat setelah bibit tanaman kopi *C. arabica* L. Penskoran dilakukan sesuai dengan gejala nekrosis yang tampak pada masing-masing akar dengan tanda-tanda pada warna dan jumlah serabut akar. Tabel 4 menunjukkan

bahwa kombinasi bakteri endofit memberikan pengaruh terhadap skor kerusakan akar bibit tanaman kopi Arabika (*C. arabica* L.) dengan hasil uji Anova ($p=0,00$). Kerusakan akar tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol tanpa inokulasi bakteri endofit (perlakuan 9) dengan rata-rata kerusakan akar sebesar 83,75%. Hal tersebut disebabkan karena perlakuan 9 tidak memiliki bakteri endofit yang menginduksi ketahanan tanaman bibit tanaman dari serangan *P. coffeae*. Sedangkan kerusakan akar terendah terdapat pada perlakuan kontrol tanpa inokulasi *P. coffeae* dan isolat bakteri endofit (perlakuan 8) dengan rata-rata kerusakan akar sebesar 12,33%.

Tabel 4. Pengaruh kombinasi bakteri endofit terhadap rata-rata skor kerusakan akar bibit tanaman *C. Arabica* L.

Perlakuan	Rata-rata Skor Kerusakan Akar \pm Std. Deviasi
(1) Isolat bakteri KB ¹ ₁ dengan 50 ekor <i>Pc</i> .	65,92 \pm 10,00 ^{cde}
(2) Isolat bakteri KB ¹ ₄ dengan 50 ekor <i>Pc</i> .	75,00 \pm 7,58 ^{de}
(3) Isolat bakteri KB ⁶ ₃ dengan 50 ekor <i>Pc</i> .	51,04 \pm 7,68 ^{bc}
(4) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ dan KB ¹ ₄ dengan 50 ekor <i>Pc</i> .	56,42 \pm 18,35 ^{bcd}
(5) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ dan KB ⁶ ₃ dengan 50 ekor <i>Pc</i> .	45,92 \pm 27,30 ^{bc}
(6) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₄ dan KB ⁶ ₃ dengan 50 ekor <i>Pc</i> .	38,42 \pm 23,24 ^b
(7) Kombinasi isolat bakteri KB ¹ ₁ , KB ¹ ₄ dan KB ⁶ ₃ dengan 50 ekor <i>Pc</i> .	75,50 \pm 5,57 ^{de}
(8) Tanpa isolat bakteri dan tanpa <i>Pc</i> .	12,33 \pm 9,85 ^a
(9) <i>Pc</i> dan tanpa isolat bakteri	83,75 \pm 4,79 ^e

Keterangan:

- Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata dengan uji Duncan menggunakan α 5%
- *Pc* = *Pratylenchus coffeae*

PEMBAHASAN

Bakteri endofit merupakan bakteri yang hidup bersimbiosis mutualisme dengan tanaman inangnya (Harni, 2013; Harni, 2014). Selain dapat menekan populasi nematoda, bakteri endofit juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman inangnya. Harni dan Khaerati (2013) [10] melaporkan 60 isolat bakteri endofit dari 422 isolat yang digunakan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi (tinggi tanaman, berat tajuk dan berat akar) dibandingkan dengan kontrol.

Peningkatan pertumbuhan tanaman oleh bakteri endofit dilakukan melalui mekanisme baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung, bakteri endofit menyediakan nutrisi bagi tanaman seperti nitrogen, fosfat dan mineral lainnya serta meningkatkan produksi hormon pertumbuhan seperti auksin (IAA), etilen dan sitokinin (Khalid, Arsyad, & Zahir, 2004; Hallman, Mahaffee, & Kloepper, 1997). Mekanisme lainnya terjadi dengan beberapa cara merangsang pembentukan akar lateral dan merangsang pembentukan akar lateral sehingga dapat memperluas penyerapan unsur

hara (Vasudevan, Reddy, Kavitha, Velusamy, & Paulraj, 2002). Secara tidak langsung, bakteri endofit meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan cara terlebih dahulu menekan pertumbuhan mikroorganisme pengganggu melalui mekanisme kompetisi, predasi dan produksi antibiotik (Harni, 2014). Selain itu, bakteri endofit juga mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah dengan cara melarutkan senyawa fosfat dan fiksasi (Struz, Christie, & Nowak, 2000; Harni, 2013). Bakteri endofit menyediakan nitrogen bagi tanaman per tahunnya sekitar 200 kg (Ladha & Redy, 2005).

Peningkatan hormon auksin oleh bakteri endofit menyebabkan peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, serta berat akar dan tajuk. Peningkatan hormon auksin oleh bakteri endofit pada tanaman gandum dilaporkan Khalid *et al.* (2004) dapat meningkatkan panjang akar sebesar 17,3%, berat kering akar 13,5% panjang tajuk 37,7% dan berat kering tajuk 36,3%. Kurangnya hormon auksin serta hormon pertumbuhan lainnya seperti giberelin dan sitokinin yang banyak ditemukan di akar dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Kurangnya produksi zat pengatur tumbuh tersebut disebabkan karena nematoda mengeluarkan enzim selulase dan pektinase yang menyebabkan degradasi sel sehingga ujung akar menjadi terluka dan pecah. Hal tersebut menyebabkan auksin tidak aktif.

Parameter pertumbuhan tanaman yang diukur untuk mengetahui pertumbuhan *C. arabica* L. dalam penelitian ini meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, berat akar dan tajuk serta skor kerusakan akar. Pengukuran parameter pertumbuhan tinggi dan jumlah daun dilakukan setiap 2 minggu sejak minggu ke-0 penelitian (sebelum pengaplikasian bakteri endofit) hingga 4 bulan setelah aplikasi. Sedangkan parameter pertumbuhan berat akar dan tajuk serta skor kerusakan akar diukur setelah tanaman dipanen (4 bulan setelah aplikasi bakteri endofit).

Tabel 1 menunjukkan perlakuan (8) memiliki selisih pertumbuhan tinggi tanaman yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal tersebut dikarenakan perlakuan (8) merupakan perlakuan kontrol tanpa inokulasi bakteri endofit maupun nematoda. Selisih pertumbuhan tinggi tanaman tertinggi berikutnya terdapat pada perlakuan (9) dengan selisih pertumbuhan tinggi sebesar 7,46 cm. Perlakuan (9) merupakan perlakuan kontrol yang hanya diinokulasi nematoda.

Besarnya nilai selisih pertumbuhan tinggi yang diperoleh oleh perlakuan (9) dibandingkan dengan perlakuan (1) sampai dengan (7) (perlakuan dengan inokulasi

kombinasi bakteri endofit) menunjukkan bahwa aplikasi kombinasi bakteri endofit asal kebun kopi Kalibendo tidak mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi bibit tanaman kopi *C. arabica* L. Hasil demikian juga ditunjang dengan tidak adanya pengaruh secara signifikan dalam uji Anova dengan signifikansi secara statistika sebesar $p = 0,18$.

Perlakuan (9) dengan inokulasi nematoda dan tanpa inokulasi bakteri endofit seharusnya memiliki selisih pertumbuhan tinggi yang rendah jika dibandingkan dengan perlakuan yang diberi bakteri endofit. Hal ini dikarenakan perlakuan (9) tidak memiliki bakteri endofit yang dapat memberikan perlindungan terhadap serangan nematoda *P. coffeae*. Nematoda akan mudah berpentiasi ke dalam akar dan merusak jaringan dalam akar. Pertumbuhan tinggi bibit tanaman pada perlakuan (9) seharusnya terhambat dikarenakan akar yang rusak tidak mampu menyediakan nutri yang cukup bagi pertumbuhan tinggi tanaman tersebut. Rusaknya akar juga menyebabkan produksi hormon pertumbuhan yang terakumulasi di ujung akar tersebut menjadi berkurang sehingga pertumbuhan tinggi bibit tanaman terganggu.

Tingginya pertumbuhan tinggi bibit tanaman *C. arabica* L. pada perlakuan (9) ini mungkin disebabkan karena pengukuran terhadap pertumbuhan tinggi tanaman ini dilakukan dalam jangka waktu yang kurang panjang. Tanaman kopi merupakan tanaman tahunan sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama juga untuk memperoleh hasil yang valid mengenai pertumbuhan tinggi tanaman tersebut. Selain itu, kerusakan akar yang disebabkan oleh serangan *P. coffeae* pada perlakuan (9) kemungkinan tidak terlalu parah sehingga akar masih bisa memenuhi kebutuhan nutrisi dan hormon pertumbuhan masih mampu mendukung pertumbuhan tinggi tanaman tersebut. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Semangun (1996) bahwa gejala diatas permukaan tanah akibat serangan nematoda baru akan tampak jika kebanyakan akar sudah membusuk dan hanya tersisa akar tunggal dan beberapa akar samping dengan kulit yang telah membusuk.

Hasil parameter tinggi tanaman berbanding terbalik dengan hasil pada pengukuran jumlah daun. Tabel 2 menunjukkan jumlah daun tertinggi terdapat pada perlakuan (8) dengan selisih jumlah daun sebesar 11,83 daun. Jumlah daun tertinggi berikutnya terdapat pada perlakuan (3), (7), (6), (4), (5), (2), (1) dan (9) dengan selisih pertumbuhan masing-masing sebesar 11,42, 10,67, 10,50, 10, 9,83, 8,50, 8 dan -2 daun. Berdasarkan hasil tersebut, perlakuan (3) menunjukkan pertumbuhan jumlah daun yang jauh lebih besar dibandingkan dengan perlakuan kontrol (perlakuan 9). Uji Anova

terhadap parameter pertumbuhan ini pada minggu ke-18 (minggu akhir penelitian) juga menunjukkan signifikansi sebesar $p = 0,00$ yang artinya terdapat perbedaan antara perlakuan dengan kontrol.

Perlakuan dengan inokulasi bakteri endofit menunjukkan pertumbuhan jumlah daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan (9) yang tidak diinokulasi bakteri endofit. Tingginya selisih pertumbuhan pada perlakuan (1) sampai dengan (7) disebabkan karena bakteri endofit yang diinokulasikan memberikan pertahanan terhadap serangan *P. coffeae*. Dinding sel akar bibit tanaman *C. arabica* L. pada perlakuan (1) sampai dengan (7) menebal karena aktivitas kolonisasi bakteri endofit sehingga *P. coffeae* tidak mudah berpentiasi ke dalam akar bibit tanaman tersebut. Penebalan dinding sel akar tersebut disebabkan karena adanya peningkatan sekresi lignin oleh bakteri endofit (Nuryani, Mustika, & Syukur, 2001). Selain itu, bakteri endofit juga menekan populasi dan reproduksi *P. coffeae* sehingga tingkat kerusakan jaringan akibat serangan *P. coffeae* tidak lebih besar jika dibandingkan dengan perlakuan (9).

Parameter pertumbuhan berikutnya yaitu berat akar dan tajuk. Pengukuran berat akar dan tajuk dilakukan terhadap berat basah dan keringnya. Hasil uji Anova terhadap berat akar dan tajuk menunjukkan tidak adanya perbedaan antara perlakuan dengan kontrol. Pengujian secara statistika terhadap berat basah akar, berat basah tajuk dan berat kering tajuk secara statistika menunjukkan hasil signifikansi masing-masing sebesar $p = 0,20$, $p = 0,05$ dan $p = 0,09$. Meski demikian, Tabel 3 menunjukkan perlakuan kombinasi bakteri endofit berpengaruh dalam peningkatan berat basah akar, berat basah tajuk dan berat kering tajuk dibandingkan dengan kontrol meskipun tidak berpengaruh nyata dalam uji Anova.

Serangan nematoda *P. coffeae* terhadap bibit tanaman *C. arabica* L. menyebabkan jaringan pada akar rusak. Stilet pada nematoda akan melukai akar dan menghisap sel-sel pada tanaman. Luka akar (*root lesion*) akibat serangan tersebut akan mengganggu pengangkutan hara pada bibit tanaman sehingga stomata menutup dan laju fotosintesis menurun (Harni, 2013: 117; Melakeberhan, Webster, Brook, Auria, & Cacckette., 1987). Aktivitas fotosintesis yang terganggu akan menyebabkan daun menguning seperti kekurangan hara dan layu yang dimulai dari daun yang terletak di dekat batang (Campos & Gnanapragasam., 1990) serta mengurangi produktivitas

tanaman sehingga sedikit banyak akan mempengaruhi berat akar dan tajuk serta pertumbuhan tanaman lainnya karena kekurangan nutrisi.

Jumlah akar lateral dan panjang akar juga berpengaruh terhadap berat akar. Bakteri endofit menyebabkan perbanyakannya jumlah akar samping dan perpanjangan akar pada tanaman inangnya. Semakin banyak dan panjang akar lateral yang dimiliki akar, maka semakin tinggi nilai berat akar. Tidak adanya peranan bakteri endofit pada perlakuan (9) menyebabkan berat akar dan tajuk lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan dengan kombinasi bakteri endofit. Serangan *P. coffeae* pada perlakuan (9) menyebabkan kerusakan pada tanaman dan menurunkan produktivitas tanaman sehingga berat akar dan tajuk yang dihasilkan lebih rendah dari perlakuan dengan kombinasi bakteri endofit.

Parameter terakhir yang diuji yaitu skor kerusakan akar. Penskoran terhadap kerusakan yang terjadi pada akar bibit tanaman *C. arabica* L. ini diukur berdasarkan fenomena nekrosis yang tampak pada akar bibit tanaman tersebut. Tingkat kerusakan akar tersebut diukur dengan rentang nilai 0-100. Nilai 0 menunjukkan akar bibit sehat dan nilai 100 menunjukkan akar bibit mati dengan asumsi akar yang rusak berwarna coklat kehitaman dan umumnya akar lateral telah habis. Tabel 4 menunjukkan skor kerusakan akar tertinggi terdapat pada perlakuan (9) dengan kerusakan sebesar 83,75%. Sedangkan skor kerusakan terendah terdapat pada perlakuan (8) dan (6) dengan kerusakan masing-masing adalah sebesar 12,33 dan 38,42%. Tingginya skor kerusakan akar pada perlakuan (9) dikarenakan perlakuan tersebut hanya diinokulasi nematoda *P. coffeae* (tanpa inokulasi bakteri endofit). Tidak adanya pertahanan bakteri endofit terhadap serangan *P. coffeae* pada perlakuan (9) menyebabkan *P. coffeae* sangat mudah melukai dan berpenetrasi ke dalam akar tanaman. Stilet *P. coffeae* dan enzim yang dihasilkan oleh nematoda tersebut menyebabkan kerusakan akar yang ditandai dengan akar menjadi berwarna coklat dan jumlah akar lateral lebih sedikit jika dibandingkan dengan perlakuan dengan bakteri endofit.

Rendahnya skor kerusakan akar yang diperoleh perlakuan (6) jika dibandingkan dengan perlakuan (9) menunjukkan bahwa aplikasi kombinasi bakteri endofit berpengaruh terhadap skor kerusakan akar. Hasil yang demikian juga ditunjang dengan hasil uji Anova yang menunjukkan signifikansi sebesar $p = 0,00$. Hasil uji Anova tersebut menunjukkan bahwa perlakuan dengan kombinasi bakteri endofit berbeda nyata dengan

kontrol. Perbedaan tersebut disebabkan karena bakteri endofit pada perlakuan melindungi tanaman inangnya dari serangan *P. coffeae* sehingga kerusakan yang ditimbulkan tidak lebih luas dari perlakuan kontrol. Gambar 2 menunjukkan kerusakan akar pada masing-masing perlakuan.

Penelitian ini membuktikan bahwa isolat bakteri endofit berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit tanaman kopi *C. arabica* L. yang diujikan. Pengaruh terhadap pertumbuhan bibit tanaman tersebut meliputi peningkatan jumlah daun, berat basah dan berat kering akar dan tajuk serta penurunan kerusakan akar. Isolat bakteri endofit yang berperan besar dalam peningkatan pertumbuhan bibit tanaman ini ialah isolat bakteri KB⁶₃ dan kombinasi antara isolat bakteri KB⁴₁ dan KB⁶₃. Isolat bakteri KB⁶₃ berpotensi dalam peningkatan pertumbuhan jumlah daun, berat basah tajuk dan berat kering tajuk dengan signifikansi dalam uji statistika masing-masing sebesar $p = 0,00$, $p = 0,054$ dan $p = 0,58$. Sedangkan kombinasi antara bakteri KB⁴₁ dan KB⁶₃ berpotensi dalam peningkatan berat basah akar dan penurunan kerusakan akar dengan signifikansi dalam uji statistik masing-masing sebesar $p = 0,20$ dan $p = 0,00$.

Secara teori, kombinasi bakteri memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan bakteri tunggal. Namun, tidak menutup kemungkinan isolat tunggal lebih berpotensi dibandingkan dengan kombinasi. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan mekanisme diantara isolat-isolat bakteri yang dikombinasikan tersebut. Kombinasi tidak berpengaruh positif dikarenakan masing-masing agen tidak hanya secara langsung mempengaruhi metabolisme patogen tetapi juga mempengaruhi metabolisme sesama biokontrol (Felde, Pocasangre, Monteros, Sikora, Rosales, & Riveros, 2006). Meskipun masing-masing isolat bakteri endofit menunjukkan tidak adanya faktor penghambat dalam uji sinergis dalam penelitian ini, namun tidak menutup kemungkinan muncul antagonisme saat diaplikasikan pada tanaman.

Dalam uji sinergis, seluruh kebutuhan bakteri disediakan diantaranya kebutuhan makanan. Terpenuhinya kebutuhan makanan menyebabkan isolat-isolat bakteri yang diujikan tidak saling berkompetisi. Namun ketika isolat-isolat bakteri tersebut telah diaplikasikan dan diujikan pada tanaman, makanan tidak lagi tersedia dengan mudah dalam jumlah yang berlimpah. Isolat-isolat bakteri tersebut akan saling berkompetisi untuk memenuhi kebutuhan makan mereka. Selain itu, masing-masing isolat tersebut juga

akan saling berebut ruangan seiring dengan meningkatnya jumlah bakteri di dalam medium tanam tersebut.

SIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini yaitu kombinasi isolat bakteri endofit asal kebun kopi Kalibendo mampu menurunkan jumlah populasi nematoda *Pratylenchus coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman kopi Arabika (*Coffea arabica* L.). Isolat bakteri endofit asal kebun kopi Kalibendo yang terbaik dalam penurunan jumlah populasi nematoda *P. coffeae* adalah kombinasi antara isolat *Micrococcus luteus*, *Micrococcus* sp. dan *Bacillus* sp.. Sedangkan isolat bakteri endofit yang terbaik dalam peningkatan pertumbuhan bibit tanaman kopi Arabika (*C. arabica* L.) adalah isolat tunggal *Bacillus* sp. dan kombinasi antara isolat *Micrococcus* sp. dan *Bacillus* sp..

SARAN

Saran peneliti berdasarkan penelitian ini yaitu perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai uji metabolit sekunder yang dihasilkan bakteri endofit sehingga mampu mengendalikan jumlah nematoda dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi Arabika. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada tingkat molekuler yaitu pada DNA bakteri endofit.

DAFTAR PUSTAKA

- Asyiah, I. N., S. Wiryadiputra, I. Fauzi, & R. Harni. (2015). Populasi *Pratylenchus coffeae* (Z.) dan Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika Akibat Inokulasi *Pseudomonas diminuta* (L.) dan *Bacillus subtilis* (C.). *Pelita Perkebunan* 31(1) 30-40
- Campos, V.P., P. Sivapalan dan N.C. Gnanapragasam. (1990). Nematodes Parasites of Coffee, Cocoa and Tea. p. 387—460
- Felde, A. Z., L. E. Pocasangre, CAC. Monteros, R. A. Sikora, F. E. Rosales & A. S. Riveros. (2006). Effect of Combined Inoculations of Endophytic Fungi on Biocontrol of *Radhopholus similis*. *Info Musa*. 15(1-2): 12-18
- Hallmann, J. A., A. Quadt-Hallmann, W.F. Mahaffee, & J.W. Kloepper. (1997). Bacterial Endophytes in Agricultural Crops. *Canadian Journal of Microbiology*. 43:895-914
- Harni, R. (2013). Potensi Bakteri Endofit Mengendalikan Nematoda Parasit pada Tanaman Kopi. *Sirinov* Vol 1 No. 3
- Harni, R., & Khaerati. (2013). Evaluasi Bakteri Endofit untuk Pengendalian Nematoda *Pratylenchus coffeae* pada Tanaman Kopi. *Buletin Ristri* 4(2) 109-116

- Harni, R. (2014). Prospek Penggunaan Bakteri Endofit untuk Pengendalian Nematoda *Pratylenchus brachyurus* pada Tanaman Nilam. *Prospektif* 13(1)
- Khalid, A., M.Arshad, & Z. A.Zahir. (2004). Screening Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Improving Growth and Yield of Wheat (Abstract). *Applied Microbiology* 96: 473
- Ladha, J.K., & P.M. Reddy. (1995). Extension of Nitrogen Fixation to Rice-Necessity and Possibilities. *Geo Journal* 35:363-372
- Marlina. (2008). Identifikasi Bakteri *Vibrio parahaemolyticus* dengan Metode Biologi dan Deteksi Gen *ToxR* nya secara PCR. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi* 13(1): 11-17
- Melakeberhan, H., J.W. Webster, R.C. Brook, J.M. D'Auria, & M. Cacckette. (1987). Effect of *Meloidogyne incognita* on Plant Nutrient Concentration and Its Influence on Plant Physiology of Bean. *Jurnal Nematologi* 19: 324-330
- Mustika, I. Y., & Nuryani. (2006). Strategi Pengendalian Nematoda Parasit pada Tanaman Nilam. *Jurnal Penelitian Litbang* 25(1)
- Nuryani, Y., I. Mustika, & Syukur, Ch. (2001). Kandungan Fenol dan Lignin Tanaman Nilam Hibrida (*Pogostemon* sp.) Hasil Fusi Protoplas. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 7(4): 104-108
- Rahma, Y. (2016). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit dari Lahan Kop Arabika yang Terserang Nematoda *Radopholusm similis*. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember
- Sturz, A.V., B.G. Christie, & J. Nowak. (2000). Bacterial Endophytes: Potential Role in Developing Sustainable Systems of Crop Production. *Critical Review of Plant Science* 19:1-30.
- Vasudevan, P., M. S. Reddy, S. Kavitha, P. Velusamy, & R. S. D. Paulraj. (2002). Role of Biological Preparation in Enhancement of Rice Seeding Growth and Grain Yield. *Current Science* 83:1140-1143
- Whipps, J.M. (2001). Microbial Interactions and Biocontrol in the Rizosphere. *Journal of Experimental Botany* 52:467-511
- Wiradiputra, S., Y.D. Junianto, S. Indarti, Mulyadi, B. Rahayu, & D. Widiyanto. (2003). Pengaruh Bakteri Khitinolitik dan Serbuk Khitin terhadap Populasi *Pratylenchus coffeae* dan Pertumbuhan Bibit Kopi. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 7: 45-53
- Wiradiputra, S. dan L. K. Tran. (2008). *Plant-parasitic nematodes of Coffee: World Report* p. 277-292