

PENGARUH FORMULA BIONEMATISIDA BAKTERI ENDOFIT *Bacillus* sp. TERHADAP INFEKSI NEMATODA *Meloidogyne* sp. PADA TANAMAN KOPI

EFFECT OF ENDOPHYTIC BIONEMATICIDE *Bacillus* sp. ON THE INFECTION OF *Meloidogyne* sp. OF COFFEE PLANT

* Rita Harni dan Samsudin

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
* rita_harni@yahoo.co.id

(Tanggal diterima: 3 Agustus 2015, direvisi: 25 Agustus 2015, disetujui terbit: 3 November 2015)

ABSTRAK

Nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) merupakan salah satu pembatas produksi pada tanaman kopi. Pengendalian nematoda yang banyak dilakukan saat ini adalah menggunakan agens hayati seperti bakteri *Bacillus* sp. karena ramah lingkungan dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh bakteri endofit *Bacillus* sp. PG76 dalam bentuk formula molase, kompos, dan *talc* terhadap infeksi nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) dan pertumbuhan tanaman kopi. Percobaan dilakukan di laboratorium dan rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi mulai Desember 2013 sampai Mei 2014. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap 6 perlakuan dengan 10 ulangan. Perlakuannya adalah tiga formula bionematisida berupa molase, kompos, dan *talc*; nematisida kimia sebagai pembanding (karbofuran), kontrol positif (tanaman diinokulasi nematoda, tanpa formula), dan kontrol negatif (tanaman tanpa formula dan nematoda). Formula berisi bakteri endofit *Bacillus* sp. PG76 dengan kerapatan 10^9 cfu/ml. Pengujian formula dilakukan pada tanaman kopi berumur 6 bulan dengan konsentrasi 100 ml/pohon untuk molase, dan 100 g/pohon untuk kompos dan *talc*. Satu minggu setelah perlakuan formula, tanaman kopi diinokulasi dengan 500 ekor larva 2 *Meloidogyne* sp. Tiga bulan setelah perlakuan dilakukan pengamatan terhadap jumlah puru, populasi nematoda di dalam akar dan tanah serta pertumbuhan tanaman kopi. Hasil penelitian menunjukkan ketiga formula bionematisida *Bacillus* sp. PG76 (molase, kompos, dan *talc*) dapat menekan populasi nematoda *Meloidogyne* sp. pada tanaman kopi. Formula bionematisida terbaik adalah molase dan kompos dengan penekanan 74,0% dan 73,2%, sama efektifnya dengan nematisida kimia karbofuran (73,3%). Formula molase dan kompos juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi. Bionematisida mengandung *Bacillus* PG76 prospektif mengendalikan nematoda.

Kata kunci: *Bacillus* sp., *Meloidogyne* sp., molase, kompos, *talc*

ABSTRACT

Meloidogyne sp. is an important pathogen of coffee plant. *Bacillus* sp. is commonly used to control the nematode as it is environmentally friendly. The study aimed to determine the effect of endophytic bacteria *Bacillus* sp. PG76 formulated in the molasses, *talc* or compost on the infection of *Meloidogyne* sp. The experiments were conducted in the laboratory and greenhouse of the Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi from December 2013 to May 2014. The experimental design was a completely randomized, 6 treatments and 10 replications of six months-old coffee plants. Six treatments were tested (*Bacillus* sp. PG76 formulated in molasses, compost, or *talc*; carbofuran; plant inoculated with the nematode only, and plant neither treated with the formula nor the nematode). Population of *Bacillus* sp. PG76 in each formula was 10^9 cfu/ml. Number of formulas applied per plant was 100 ml of molasses, 100 g of *talc*, or 100 g of compost. One week after the treatments, the plants were inoculated with 500 larvae-2 *Meloidogyne* sp. Parameters observed were the number of gall, nematode population in the roots and soil, and the coffee plant growth. The results showed that all the treatments (molasses, compost, and *talc*) suppressed the population of *Meloidogyne* sp. The best formulas were molasses and compost that reduced the nematode infection up to 74.0% and 73.2%, respectively, similar to that of carbofuran (i.e. 73.3%). Furthermore, application of the formulas increased coffee plant growth. The study suggests that *Bacillus* sp. PG76 formulation is prospective to control the nematode.

Keywords: *Bacillus* sp., *Meloidogyne* sp., molasses, compost, *talc*

PENDAHULUAN

Nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) merupakan nematoda utama pada tanaman kopi di Indonesia dan negara-negara penghasil kopi lainnya di dunia (Sauza, 2008). Nematoda menyerang jaringan korteks akar, terutama akar-akar serabut yang aktif menyerap unsur hara dan air, akibatnya pertumbuhan akar terganggu dan penyerapan air maupun unsur hara tidak optimal. Gejala serangan *Meloidogyne* sp. pada bagian atas tanaman umumnya tidak spesifik, tanaman tampak kerdil, pertumbuhan terhambat, ukuran daun dan cabang primer mengecil, daun tua berwarna kuning yang secara perlahan akhirnya rontok dan tanaman mati (Harni, 2014). Kerugian akibat serangan nematoda *Meloidogyne* sp. pada tanaman kopi dapat mencapai 25% dari potensi produksi (Sauza, 2008), dan bila menyerang pada saat tanaman masih muda dapat menyebabkan kematian tanaman.

Pengendalian nematoda parasit tanaman yang banyak dilakukan saat ini adalah melalui pemanfaatan mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanaman, salah satunya agens hayati bakteri endofit (Hallmann & Berg, 2006). Harni & Khaerati (2013) telah memperoleh isolat bakteri endofit dari akar tanaman kopi yang potensial untuk mengendalikan nematoda *Pratylenchus coffeae*. Bakteri tersebut juga telah diuji pada nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) pada bibit kopi di rumah kaca (Harni, 2014). Hasil penelitian menunjukkan bakteri endofit dapat menekan populasi *P. coffeae* dan *Meloidogyne* sp. serta dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kopi, dan setelah diidentifikasi bakteri endofit tersebut adalah *Bacillus* sp.

Penggunaan bakteri *Bacillus* sp. untuk mengendalikan nematoda *Meloidogyne* sp. juga telah dilaporkan oleh beberapa peneliti (Mekete, Hallmann, Sebastian, & Sikora, 2009; Vetrivelkai, Sivakumar, & Jonathan, 2010; Harni & Munif, 2012; Lamovsek, Urek, & Trdan, 2013; Munif, Hallmann, & Sikora, 2013). Mekete, Hallman, Sebastian, & Sikora (2009), melaporkan bakteri endofit *Bacillus pumilus* dan *B. mycooides* dapat menekan populasi dan jumlah puru *Meloidogyne incognita* pada tanaman kopi sebesar 33% dan 39%. Harni & Munif (2012) menggunakan bakteri endofit *Bacillus* sp. untuk mengendalikan *Meloidogyne incognita* pada tanaman lada, sedangkan Aisyah, Wiryadiputra, Fauzi, & Harni (2015) melaporkan bakteri *Bacillus subtilis* dengan kepadatan 10^8 cfu/ml dapat menekan populasi nematoda *P. coffeae* sebesar 71,3% dan meningkatkan pertumbuhan bibit kopi Arabika sebesar 35,4%.

Agar dapat diaplikasikan dengan mudah di lapangan, suatu agens hayati perlu diformulasi menjadi suatu produk. Pembuatan suatu formula umumnya

membutuhkan bahan pembawa yang memiliki beberapa persyaratan, antara lain ringan, tidak mempunyai efek negatif terhadap agens hayati, tidak memberikan pengaruh buruk terhadap lingkungan, mudah diaplikasikan dan diperoleh, serta tidak fitotoksik terhadap tanaman (Jeyarajan & Nakkeeran, 2000; Nakkeeran, Fernando, & Siddiqui, 2005). *Bacillus* sp. sebagai biopestisida telah banyak diformulasi dengan berbagai bahan pembawa seperti dilaporkan oleh Nakkeeran *et al.* (2005) yang menggunakan bahan organik *talc*, kaolin, vermikulit, ditambah dengan bahan-bahan non organik pada formulasi *B. subtilis*. Hanudin, Nuryani, Silvia Yusuf, & Marwoto (2011) memformulasi *B. subtilis* sebagai biopestisida organik cair menggunakan molase dan ekstrak kascing, sedangkan Nawangsih, Wijayanti, & Kartika (2014) menggunakan *talc powder*. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh bakteri endofit formula *Bacillus* sp. PG76 dalam bentuk formula molase, kompos, dan *talc* terhadap infeksi nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) dan pertumbuhan tanaman kopi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium dan rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, mulai Desember 2013 sampai Mei 2014.

Perbanyak Materi Tanaman dan Nematoda

Materi tanaman yang digunakan adalah bibit kopi Arabika varietas Kartika 2 umur 6 bulan yang ditanam dalam polybag berisi tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1 (2 tanah : 1 pupuk kandang). Perbanyak nematoda *Meloidogyne* sp. dilakukan pada tanaman tomat (Mekete *et al.*, 2009). Nematoda *Meloidogyne* sp. yang digunakan berasal dari tanaman kopi yang terserang nematoda dari lapangan kemudian diperbanyak pada tanaman tomat selama 3 bulan. Setelah 3 bulan tanaman tomat dibongkar dan nematoda yang ada pada akar diisolasi untuk digunakan sebagai sumber inokulum.

Perbanyak Masal Bakteri Endofit *Bacillus* sp.

Bakteri endofit yang digunakan adalah *Bacillus* sp. PG76 yang diisolasi dari perakaran tanaman kopi dan telah diketahui potensinya sebagai agens hayati (Harni & Khaerati, 2012; Harni, 2014). Bakteri endofit diperbanyak pada media *tryptic soy agar* (TSA) selama 48 jam pada suhu kamar. Hasil biakan tersebut diambil 3 loop penuh (ose) dan disuspensi dalam 10 ml air steril, serta diaduk agar suspensi homogen sehingga diperoleh kerapatan 10^9 cfu/ml. Suspensi sebanyak 1 ml dituang ke dalam erlenmeyer 1000 ml yang telah berisi 500 ml

media *tryptic soy broth* (TSB). Selanjutnya, suspensi bakteri digoyang di atas *shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 48 jam. Setelah 48 jam sel bakteri dipanen dengan cara mengambil biakan, lalu disuspensi dengan air steril pada konsentrasi 10% (Hanudin *et al.*, 2012).

Formulasi Bakteri Endofit

Formula dibuat dalam bentuk cair, bubuk, dan kompos. Formula dalam bentuk cair menggunakan tetes tebu (molase) ditambah pepton sebagai sumber protein. Molase dengan konsentrasi 5% disterilkan dalam *autoclave* pada suhu 121 °C selama 15 menit, kemudian didinginkan dan siap digunakan sebagai media pembuatan formula cair. Formula cair dibuat menggunakan metode fermentasi, yaitu 1000 ml media molase diinokulasi dengan 10 ml suspensi bakteri, kemudian digoyang dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 30 °C (Harni, 2010). Setelah satu minggu, sebelum formula molase digunakan, pertumbuhan bakteri di dalam formula diamati dengan cara menumbuhkannya dalam media TSA.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan formula kompos adalah kascing (diperoleh dari Laboratorium Biologi Institut Pertanian Bogor) yang ditambah rumput dan pupuk kandang dengan perbandingan 3:1:3 (3 kascing : 1 rumput : 3 pupuk kandang sapi). Bakteri endofit *Bacillus* sp. PG76 yang sudah diperbanyak, diinokulasikan pada campuran bahan dengan kerapatan 10^9 cfu/ml. Kemudian bahan campuran kompos tersebut ditutup dengan kantong plastik hitam selama 2–4 minggu. Setelah satu bulan, populasi bakteri dapat diamati dengan cara menumbuhkannya pada media TSA.

Formula bubuk (*powder*) dibuat dengan bahan pembawa *talc*, yaitu dengan menambahkan 500 ml suspensi bakteri *Bacillus* sp. PG76 dengan kerapatan 10^9 cfu/ml ke dalam 1 kg *talc*, kemudian diaduk sampai membentuk adonan. Selanjutnya, bahan tersebut dikeringanginkan hingga tercapai kadar air 5%, kemudian diayak dan siap digunakan.

Pengujian Formula Bakteri Endofit *Bacillus* sp. terhadap Nematoda *Meloidogyne* sp. Pada Tanaman Kopi

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 6 perlakuan dengan 10 ulangan. Perlakuan yang diuji adalah (1) formula molase, (2) formula kompos, (3) formula *talc*, (4) karbofuran (nematisida kimia sebagai pembanding), (5) kontrol positif (tanaman diinokulasi dengan nematoda, tanpa formula), (6) kontrol negatif (tanaman tanpa formula dan nematoda). Bibit kopi berumur 6 bulan yang ditanam dalam polybag berdiameter 15 cm diperlakukan dengan formula yang diuji. Formula

molase (dosis 100 ml/tanaman) diaplikasikan dengan cara menyiramkannya di sekitar akar tanaman. Formula kompos dan *talc* (dosis masing-masing 100 g/tanaman) diaplikasikan pada tanah yang telah digali sedalam 10 cm di sekeliling batang tanaman kopi, kemudian ditutup kembali dengan tanah. Perlakuan nematisida kimia karbofuran (dosis 3 g/tanaman) diberikan dengan cara yang sama dengan formula *talc* dan kompos. Satu minggu setelah perlakuan formula bakteri endofit, tanaman diinokulasi dengan 500 ekor larva 2 *Meloidogyne* sp dengan cara menuangkan suspensi nematoda di sekeliling tanaman pada kedalaman 1 cm. Tiga bulan setelah inokulasi, tanaman dibongkar dan akar dicuci, kemudian dikeringanginkan.

Pengamatan dilakukan terhadap jumlah puru (*gall*), populasi nematoda, dan pertumbuhan tanaman. Nematoda pada akar diekstraksi dengan metode *funnel spray method*, sedangkan tanah diekstraksi dengan metode corong Baerman. Pertumbuhan tanaman yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, bobot tajuk, diameter batang, bobot basah, dan kering (tajuk dan akar).

Analisis Data

Untuk menguji pengaruh perlakuan terhadap peubah yang diamati, dilakukan analisis ragam dan bila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan uji lanjut *Tukey* pada taraf 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi Nematoda dan Kerusakan Bibit

Hasil penelitian menunjukkan semua formula berbahan aktif *Bacillus* sp. PG76 (molase, kompos, dan *talc*) dapat menekan populasi nematoda *Meloidogyne* sp. pada akar tanaman kopi dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1). Formula molase memberikan pengaruh terbaik dalam menekan populasi nematoda baik di dalam akar maupun dalam tanah. Populasi *Meloidogyne* sp. di dalam akar sebesar 233,0 ekor dan tanah 58,2 ekor tidak berbeda nyata dengan perlakuan formula kompos, yaitu masing-masing 260,1 dan 39,7 ekor dan hanya berbeda sangat nyata dengan perlakuan kontrol positif. Hal ini menunjukkan bakteri *Bacillus* sp. PG76 yang diformulasi dengan molase atau kompos dapat menekan populasi *Meloidogyne* sp. sebesar 74,0% dan 73,3%. Tingkat penekanan ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan nematisida kimia karbofuran dengan konsentrasi 3 g per tanaman, yaitu 73,4%. Populasi nematoda *Meloidogyne* sp. pada perlakuan nematisida kimia karbofuran pada akar dan tanah adalah 240,1 dan 58,6 ekor.

Tanaman bagian atas (tajuk) belum memperlihatkan gejala kerusakan akibat terinfeksi

nematoda, seperti tanaman kerdil, daun menguning, dan akhirnya rontok, baik pada tanaman kontrol positif maupun pada perlakuan formula *talca*, molase, atau kompos tiga bulan setelah aplikasi. Gejala serangan hanya terlihat pada bagian akar, yaitu berupa puru, baik pada cabang akar sekunder maupun pada bulu-bulu akar. Jumlah puru terbanyak terdapat pada perlakuan kontrol positif, yaitu 41,2 buah berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Jumlah puru pada akar tanaman yang diperlakukan dengan formula bionematisida (15,8–20,3) tidak berbeda nyata dengan yang diperlakukan nematisida karbofuran (20,6) (Tabel 1).

Penekanan populasi nematoda dan jumlah puru *Meloidogyne* sp. oleh bakteri endofit *Bacillus* sp. PG76 yang diformulasi dengan molase dan kompos disebabkan oleh kemampuannya menghasilkan antibiotik dan menginduksi ketahanan tanaman dengan peningkatan kadar asam salisilat (Harni, 2012). Rahanandeh, Khodakaramian, Seraji, Asghari, & Tarang (2012) melaporkan antibiotik yang dihasilkan oleh bakteri *Pseudomonas* dapat menekan populasi *Pratylenchus loosi* dengan tingkat penekanan 63,10% sampai 95,24%. Selain itu, Harni, Supramana, Sinaga, Giyanto, & Supriadi (2012) melaporkan filtrat bakteri endofit *B. subtilis*, *Pseudomonas putida* dan *Achromobacter xylosoxidans* menghasilkan senyawa bersifat nematisida yang efektif membunuh nematoda *Pratylenchus brachyurus*. Daya bunuh filtrat diduga berhubungan dengan senyawa 2,3-diacetylphorologlucinol dan protease yang bersifat menghambat penetasan telur dan mematikan nematoda.

Pengendalian nematoda dengan peningkatan aktivitas asam salisilat telah dilaporkan oleh Siddiqui & Shaukat (2004) dan Kloepper, Ryu, & Zhang (2004). Aktivitas asam salisilat merupakan salah satu indikator bahwa terjadi induksi ketahanan sistemik pada tanaman. Hasky-Gunther, Hoffmann-Hergarten, & Sikora (1998) juga melaporkan peran biosintesis asam salisilat dalam meningkatkan mekanisme pertahanan terhadap nematoda parasit tanaman dengan menggunakan *Bacillus sphaericus* B43 yang diaplikasikan pada tanaman kentang.

Hasil penelitian menunjukkan *B. sphaericus* B43 dapat mendorong induksi ketahanan sistemik, demikian juga dengan *Bacillus* spp. yang dilaporkan oleh Kloepper *et al.* (2004). Harni *et al.* (2012) melaporkan bakteri endofit dapat menekan populasi nematoda *P. brachyurus* dengan mekanisme peningkatan asam salisilat terutama oleh isolat *Achromobacter xylosoxidans*.

Penggunaan molase dan kompos sebagai bahan pembawa pada formula bakteri *Bacillus* sp. PG76 meningkatkan keefektifannya dalam menekan populasi nematoda *Meloidogyne* sp. dibandingkan dengan formula *talca*. Hal ini mungkin disebabkan oleh bahan-bahan organik yang terdapat dalam formula molase dan kompos. Bahan organik tersebut menghasilkan asam-asam organik seperti asam butirat, propionat, asetat dan senyawa fenol yang bersifat toksik terhadap nematoda (Mankau, 1981). Menurut Baker (1990) *cited in* Harni (2010) kandungan molase yang utama adalah sukrosa selain itu juga ada biotin, asam folat, inositol, piridoksin, riboflavin, tiamin, asam nikotinat dan colin. Di samping sebagai pembawa senyawa-senyawa yang dibutuhkan oleh bakteri *Bacillus* sp. PG76, molase juga dapat berperan sebagai pelindung dari sinar matahari, pengental, *faeosstimulant*, dan penutup faktor perlawanan daun serta sebagai pengawet selama penyimpanan (Burgess & Jones, 1998 *cit.* Hanudin *et al.*, 2011). Kompos kascing adalah pupuk organik yang dihasilkan dari hasil sekresi cacing tanah dengan kandungan utamanya adalah unsur hara seperti N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, dan unsur lainnya seperti hormon pengatur tumbuh giberallin, sitokinin, dan auksin (Nusantara, Mansyur, Kuswana, Darusman, & Soedarmadi, 2007). Menurut Cook & Baker (1983), asam amino, asam organik, vitamin, alkaloid, substansi fenolat, serta unsur anorganik, seperti kalium, kalsium, magnesium dan mangan yang terdapat dalam tanaman dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Akibatnya, kesempatan patogen (nematoda) untuk memanfaatkannya menjadi berkurang dan pada akhirnya serangan nematoda juga menurun.

Tabel 1. Pengaruh formula bakteri endofit *Bacillus* sp. PG76 terhadap populasi nematoda *Meloidogyne* sp. dalam akar dan tanah tanaman kopi

Table 1. The effect of endophytic bacteria *Bacillus* sp. PG76 formulas on the population of *Meloidogyne* sp. in the roots and soils of coffee plant

Perlakuan	Jumlah puru	Populasi nematoda (ekor)			Penekanan populasi nematoda (%)
		Akar	Tanah	Total	
Molase	15,8 b	233,0 c	58,2 b	291,2 c	74,0
Kompos	16,2 b	260,1 c	39,7 b	299,1 c	73,3
<i>Talca</i>	20,3 b	468,2 b	53,7 b	521,9 b	53,4
Karbofuran	20,6 b	240,1 c	58,6 b	298,7 c	73,4
Kontrol (+)	41,2 a	102,0 a	101,0 a	112,1 a	-

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama pada kolom sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different according to Tukey test at 5% levels

Tabel 2. Pengaruh formula bakteri endofit *Bacillus* sp. PG76 terhadap pertumbuhan dan bobot tanaman kopi
Table 2. The effect of endophytic bacteria *Bacillus* sp. PG76 formulas on the growth and weight of coffee plant

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun	Bobot segar (g)		Bobot kering (g)	
			Tajuk	Akar	Tajuk	Akar
Molase	35,5 a	18,3 a	21,80 a	9,18 a	7,49 ab	3,09 a
Kompos	37,6 a	17,3 a	18,13 ab	7,03 ab	7,39 ab	2,60 ab
<i>Talc</i>	34,4 a	15,7 b	16,67 b	5,24 bc	6,58 b	2,06 b
Karbofuran	35,0 a	16,8 a	16,07 b	4,56 c	5,93 c	1,85 c
Kontrol (+)	33,8 b	15,1 b	15,42 c	5,01 bc	6,07 c	1,65 c
Kontrol (-)	38,5 a	17,9 a	20,72 a	6,35 b	8,12 a	2,71 ab

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama pada kolom sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different according to Tukey test at 5% levels

Pertumbuhan Tanaman Kopi

Hasil pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman kopi, yaitu bobot segar tajuk dan akar serta bobot kering tanaman menunjukkan pemberian formula molase dan kompos dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi dibandingkan dengan kontrol positif. Peningkatan bobot segar dan bobot kering (tajuk dan akar) tertinggi pada formula molase tidak berbeda nyata dengan formula kompos dan kontrol negatif, tetapi berbeda nyata dengan formula *talc*, karbofuran (nematisida kimia) dan kontrol positif.

Hal ini terjadi karena bakteri *Bacillus* sp PG76. selain sebagai agens biokontrol juga bersifat sebagai pemicu pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan hormon tumbuh, yaitu *indol acetic acid* (IAA) (Harni, 2012). Banyak laporan menyatakan penggunaan bakteri rizosfir atau bakteri endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena menghasilkan hormon pertumbuhan seperti etilen, auxin, dan sitokinin (Bacon & Hinton, 2007). Penelitian Aisyah *et al.* (2015) mendapatkan hal yang sama, yaitu perlakuan *B. subtilis* dengan dosis 10^8 cfu/ml dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kopi Arabika sebesar 35,4%. Harni *et al.* (2014) juga melaporkan penggunaan bakteri endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman nilam sebesar 23,6%–57,5%. Selanjutnya, Hrynkiewiezc & Baum (2012) menjelaskan bakteri *Bacillus* sp. merupakan bakteri pemacu pertumbuhan (PGPR) yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan berbagai cara di antaranya adalah meningkatkan nutrisi, menghasilkan fitohormon, dan menekan perkembangan patogen.

Penggunaan molase dan kompos pada formula *Bacillus* sp. PG76 juga menambah unsur-unsur hara yang diperlukan tanaman. Seperti telah dijelaskan sebelumnya molase dan kascing mengandung mineral dan fitohormon, yaitu senyawa yang telah banyak dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penelitian di Amerika Serikat pada tanah bekas tambang menunjukkan penggunaan kascing dapat

meningkatkan kadar P dan K sebesar 16,5 dan 19%. Di samping itu, kascing juga mengandung hormon auksin, sitokinin dan giberelin serta memiliki kapasitas tukar kation yang tinggi (Aira, Monroy, & Dominguez, 2006). Dengan adanya unsur-unsur tersebut, kebutuhan tanaman terhadap nutrisi terpenuhi sehingga tanaman menjadi sehat dan dapat mencegah infeksi dari nematoda.

Formula *Bacillus* sp. PG76 juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun dibandingkan dengan perlakuan kontrol positif. Formula molase dan kompos memperlihatkan pengaruh nyata terhadap jumlah daun dibandingkan dengan formula *talc*. Pengaruh dari kedua formula tersebut sama dengan perlakuan nematisida dan kontrol negatif. Dari data ini dapat dijelaskan, peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar, dan bobot kering pada perlakuan formula molase dan kompos disebabkan oleh pengaruh pengendalian nematoda oleh *Bacillus* sp. PG76 dan juga oleh bahan pembawa formula seperti molase dan kascing yang berfungsi sebagai pupuk.

KESIMPULAN

Bionematisida dengan bahan aktif bakteri endofit *Bacillus* sp. PG76 yang diformulasi dalam molase, kompos atau *talc* dapat menekan populasi nematoda *Meloidogyne* sp. pada tanaman kopi. Formula *Bacillus* sp. PG76 dalam bentuk molase dan kompos paling efektif menekan populasi nematoda dengan penekanan 74,0% dan 73,3% sebanding dengan nematisida kimia karbofuran (73,4%). Formula bionematisida molase dan kompos juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi (tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar dan kering).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Sumantri yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini di laboratorium dan rumah kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- Aira, M., Monroy, F., & Dominguez, J. (2006). Changes in microbial biomass and microbial activity of pig slurry after the transit through the gut of the earthworm *Eudrilus eugeniae*. *Biol. Fertil Soil*, 42, 371–376.
- Aisyah, I.N., Wiryadiputra, S., Fauzi, I., & Harni, R. (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.
- Bacon, C.W., & Hinton, S. S. (2007). Bacterial endophytes: The endophytic niche, its occupants, and its utility. In Gnanamanickam, S.S. (Ed.), *Plant-associated bacteria* (pp. 155–194). Berlin: Springer.
- Cook, R.J., & Baker, K.F. (1983). *The nature and practice of biological control of plant pathogens*. USA: The American Phytopathol. Soc.
- Hallmann, J., & Berg, G. (2006). Spectrum and population dynamics of bacterial root endophytes. In Schulz, B., Boyle, C., & Sieber, T. (Eds), *Soil biology microbial root endophytes* Vol. 9 (pp. 15–31). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hanudin, W., Nuryani, E., Silvia Yusuf, & Marwoto, B. (2011). Biopestisida organik berbahan aktif *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada anyelir. *J. Hort.*, 21(2), 152–163.
- Harni R. (2010). *Pengaruh bakteri endofit untuk menginduksi ketahanan tanaman nilam terhadap infeksi nematoda peluka akar (Pratylenchus brachyurus)*. Laporan Hasil Penelitian Riset Unggulan Terpadu. Jakarta: Kementerian Riset dan Teknologi.
- Harni, R. (2012). *Pemanfaatan bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda Pratylenchus coffeae dan Radhopolus similis pada tanaman kopi*. Laporan Hasil Penelitian. Sukabumi: Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Harni R., & Munif, A. (2012). Pemanfaatan agens hayati endofit untuk mengendalikan penyakit kuning pada tanaman lada. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(3), 201–206.
- Harni R, Supramana, M.S., Sinaga, Giyanto, & Supriadi. (2012). Mekanisme bakteri endofit mengendalikan nematoda *Pratylenchus brachyurus* pada tanaman nilam. *Bulletin Spices and Medicinal Crops*, 23(1), 102–114.
- Harni, R., & Khaerati. (2013). Evaluasi bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda *Pratylenchus coffeae* pada tanaman kopi. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(2), 109–116.
- Harni, R. (2014). Pengaruh beberapa isolat bakteri endofit terhadap nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) pada tanaman kopi. In *Prosiding Perlindungan Tanaman II*, Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Harni, R., Supraman, & Supriadi. (2014). Efficacy of endophytic bacteria in reducing plant parasitic nematode *Pratylenchus brachyurus*. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 15(1), 29–34.
- Hasky-Gunther, K., Hoffmann-Hergarten, S., & Sikora, R.A. (1998). Resistance against the potato cyst nematode *Globodera pallida* systemically induced by the rhizobacteria *Agrobacterium radiobacter* (G12) and *Bacillus sphaericus* (B43). *Fundam. Appl. Nematol.*, 21(5), 511–517.
- Hrynkiewicz, K., & Baum, C. (2012). The potential of rhizosphere microorganisms to promote the plant growth in disturbed soils. In Malik A., & Grohmann (Eds). *Environmental protection strategies for sustainable development*. USA.
- Jayarajan, R., & Nakkeeran, S. (2000). Exploitation of microorganisms and viruses as biocontrol agents for crop disease management. In *Biocontrol Potential and Their Exploitation in Sustainable Agriculture* (pp. 95-116). USA: Kluwer Academic Publishers.
- Kloepper, J.W., Ryu, C.M., & Zhang, S. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathological*, 94(11), 1259–1266.
- Lamovsek, J., Urek, G., & Trdan, S., (2013). Biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): Microbes against the pests. *Acta agriculturae Slovenica*, 101, 263–275.
- Mankau, R. (1981). Microbial control nematodes. In *Plant parasitic nematodes*. Vol. 3 (pp. 475–494).
- Mekete, T., Hallmann, J., Sebastian, K., & Sikora, R. (2009). Endophytic bacteria from Ethiopian coffee plants and their potential to antagonism *Meloidogyne incognita*. *Nematology*, 11(1), 117–127.
- Munif, A., Hallmann, J., & Sikora, R.A. (2013). The influence of endophytic bacterie on *Meloidogyne incognita* infection and tomato plant growth. *J. ISSAAS*, 19(2), 68–74.
- Nakkeeran, S., Fernando, W.G.D., & Siddiqui, Z.A. (2005). Plant growth promoting rhizobacteria formulations and its scope in commercialization for the management of pests and diseases. In Siddiqui, Z.A. (Ed.), *PGPR: Biocontrol and biofertilization* (pp. 257–296). Dordrecht, The Netherland: Springer.
- Nawangsih, A.A., Wijayanti, E., & Kartika, J.G. (2014). Pengembangan formulasi biopestisida berbahan aktif bakteri endofit dan PGPR untuk mengendalikan penyakit layu bakteri. In *Strategi Perlindungan Tanaman dalam Memperkuat Sistem Pertanian Menghadapi ASEAN Free Trade Area (AFTA) dan ASEAN Economic Community (AEC) 2015. Prosiding Seminar Nasional Perlindungan Tanaman II* (pp. 97-103). Bogor, 13 November 2014.
- Nusantara, A.D., Mansyur, I., Kuswana, C., Darusman, L.K., & Soedarmadi. (2007). Peran substrat alami, kadar air, dan sterilisasi dalam produksi spora melalui simbiosis *Pueraria javanica* dan *Glomus etunicatum*. *J. Akta Agrosia.*, 2, 204–212.

- Rahanandeh, H., Khodakaramian, G., Seraji, A., Asghari, S.M., & Tarang, A.R. (2012). Inhibition of tea root lesion nematode *Pratylenchus loosi*.
- Siddiqui, I.A., & Shaukat, S. S. (2004). Systemic resistance in tomato induced by biocontrol bacteria against the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* is independent of salicylic acid production. *J. Phytopathology*, 152, 48–54.
- Souza, R.M. (2008). *Plant-parasitic nematodes of coffee* (pp. 225–248). Springer.
- Vetrivelkai, P., Sivakumar, M., & Jonathan, E. I. (2010). Biocontrol potential of endophytic bacteria on *Meloidogyne incognita* and its effect on plant growth in bhendi. *Journal of Biopesticides*, 3(2), 452–457.

