

Bakteri Endofit asal Tanaman Tembakau sebagai Agens Pengendali *Meloidogyne* spp.

Endophytic Bacteria from Tobacco Plant as Biocontrol Agent of *Meloidogyne* spp.

Isnainy Dinul Mursyalatiyus, Abdul Munif*, Abdjad Asih Nawangsih
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Salah satu kendala dalam budi daya tembakau ialah infeksi penyakit tular tanah yang disebabkan oleh bakteri dan cendawan yang berasosiasi dengan nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.). Pengendalian *Meloidogyne* spp. secara biologi ialah dengan memanfaatkan bakteri endofit yang ramah dan aman bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi bakteri endofit tanaman tembakau sebagai agens pengendali *Meloidogyne* spp. pada tanaman tembakau. Sebanyak 215 isolat bakteri endofit berhasil diisolasi dari akar tanaman tembakau varietas Kemloko dan Prancak 95. Hasil uji keamanan hayati menunjukkan sebanyak 80 galur bakteri (37%) tidak menunjukkan gejala nekrosis pada uji hipersensitif dan 7 galur bakteri (8%) tidak menunjukkan reaksi hemolisis pada medium agar darah. Tujuh bakteri endofit (TPT3.10, TPT2.1, TK3n8, TK2t21, TK2n8, TK3n1 dan TK2t11) mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mortalitas juvenil 2 *Meloidogyne* spp. Hasil karakterisasi fisiologis menunjukkan bahwa bakteri endofit menghasilkan enzim protease, pelarut fosfat, nitrogen dan HCN. Bakteri endofit asal tembakau ini juga mampu menekan pembentukan puru sebesar 80.09–93.82%. Dua isolat, TPT3.10 dan TK2n8 merupakan isolat terbaik yang mampu menekan perkembangan puru akar.

Kata kunci: mortalitas, nematoda puru akar, penyakit tular tanah, reaksi hemolisis, uji hipersensitif

ABSTRACT

Soilborne disease on tobacco plants caused by fungal and bacterial infection in association with root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) may cause significant yield loss. Endophytic bacteria have been recognized as biological control agent for *Meloidogyne* spp. as well as plant promoting growth agent. Research was conducted to evaluate endophytic bacteria isolated from tobacco plants as biological control agent for *Meloidogyne* spp. infecting tobacco. A total of 215 isolates of endophytic bacteria were isolated from root of two tobacco varieties, Kemloko and Prancak 95. Biosafety screening showed that 80 isolates (37%) and 7 isolates (8%) gave negative reaction on hypersensitivity test and hemolysis test, respectively. Seven isolates i.e. TPT3.10, TPT2.1, TK3n8, TK2t21, TK2n8, TK3n1 and TK2t11 were able to promote plant growth and increase the mortality of juvenile *Meloidogyne* spp. Physiological characterization of endophytic bacteria showed that most of the isolates were able to produce protease enzyme, phosphate, nitrogen and HCN. The same isolates were also able to suppress the number of galls from 80.09% up to 93.82%. Two isolates, TPT3.10 and TK2n8, are considered having the best suppression on root gall formation.

Key words: hemolysis test, hypersensitivity test, mortality, root-knot nematode, soilborne disease

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jalan Kamper, Kampus Dramaga, Bogor 16680
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8629362, surel: munif73@gmail.com

PENDAHULUAN

Tembakau merupakan komoditas penting di Indonesia dan menjadi salah satu sumber penerimaan negara. Hadi dan Friyatno (2008) melaporkan bahwa penerimaan cukai dari tembakau sebesar 95% dibandingkan dengan penerimaan dari minuman beralkohol. Kendala penting produksi tembakau di Indonesia ialah infeksi patogen tular tanah. Patogen tular tanah yang sering menyerang tembakau ialah *Ralstonia solanacearum* dan *Phytophthora nicotianae* yang berasosiasi dengan nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.).

Meloidogyne spp. merupakan nematoda parasit yang merusak berbagai jenis tanaman. Kehilangan hasil tanaman tembakau di dunia akibat nematoda mencapai \$USD 6 juta (USDA 2008). Infeksi yang berat menyebabkan tanaman kerdil, daun menguning, rendahnya biomassa tanaman, dan berkurangnya kandungan senyawa-senyawa kimia dalam akar dan daun (Pandey *et al.* 2003). Keberadaan *Meloidogyne* spp. dalam jaringan tanaman juga menyebabkan beberapa perubahan biokimia tanaman, pada kandungan klorofil, asam amino, dan asam organik (Saikia *et al.* 2013).

Upaya pengendalian nematoda dapat dilakukan dengan menggunakan kultivar resisten, rotasi tanaman, kimiawi, dan pengendalian secara biologi. Pengendalian biologi yang banyak dikembangkan salah satunya ialah penggunaan bakteri endofit (Hallman *et al.* 2001). Penggunaan bakteri endofit *Ochrobactrum intermedium* C939A31, *Klebsiella oxytoca* C939A32, dan *Bacillus subtilis* I308A32 mampu menekan populasi *Pratylenchus coffeae* (Halimah *et al.* 2016). Tuminem (2016) juga melaporkan bahwa bakteri endofit dan rizosfer ubi jalar asal Papua berpotensi menghambat penetasan telur dan reproduksi *Meloidogyne* spp., mengurangi jumlah puru, serta menginduksi ketahanan sistemik tanaman. Tujuan penelitian ini ialah mengevaluasi potensi bakteri endofit asal tembakau sebagai agens pengendali biologi *Meloidogyne* spp.

BAHAN DAN METODE

Penyiapan *Meloidogyne* spp.

Meloidogyne spp. diekstraksi dari akar tanaman tembakau sakit dari lapangan untuk mendapatkan paket telur nematoda. Paket telur diinkubasi selama seminggu hingga menjadi juvenil 2 (J2), kemudian diinfestasikan pada bibit tanaman tembakau dan tomat untuk perbanyakan.

Isolasi Bakteri Endofit

Bakteri endofit diisolasi dari akar tanaman tembakau varietas Kemloko dan Prancak 95 yang berumur 35 hari setelah tanam. Tembakau var. Kemloko diambil dari Desa Gandikan Kecamatan Tretep, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah, dan tembakau var. Prancak 95 diambil dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang, Jawa Timur.

Isolasi bakteri dilakukan menggunakan metode sterilisasi permukaan. Sebanyak 1 g potongan akar disterilkan menggunakan alkohol 70% selama 3 menit, dilanjutkan dengan NaOCl 2% yang ditambahi Tween 20 0.05% selama 3 menit, kemudian dibilas air steril sebanyak 3 kali. Permukaan akar dikeringanginkan di atas kertas steril lalu digerus menggunakan mortar, dan disuspensikan menggunakan air steril. Suspensi akar diencerkan hingga 10^{-4} . Suspensi pada tingkat pengenceran 10^{-2} sampai 10^{-4} dibiakkan pada medium *tryptic soy agar* 20% (TSA) dan *nutrient agar* 20% (NA). Inkubasi dilakukan selama 48 jam pada suhu ruang.

Uji Keamanan Hayati

Bakteri terpilih diuji keamanan hayatinya dengan uji hipersensitif dan uji hemolisis. Uji hipersensitif dilakukan untuk menentukan bakteri nonpatogen pada tembakau (Klement dan Goodman 1967). Bakteri yang menunjukkan gejala nekrosis pada daun tembakau tidak digunakan dan hanya bakteri yang tidak menunjukkan gejala nekrosis digunakan pada uji lanjut.

Uji hemolisis dilakukan mengikuti metode Beutin (1991). Zona hemolisis ditandai dengan zona terang dengan batas yang jelas

di sekitar koloni bakteri. Bakteri endofit yang tidak menunjukkan zona bening atau perubahan warna pada medium agar-agar darah digunakan untuk uji lanjut: pertumbuhan tembakau, mortalitas *Meloidogyne* spp, dan karakter fisiologis bakteri.

Uji Bakteri Endofit untuk Pertumbuhan Tanaman

Pengujian dilakukan dengan merendam benih tembakau di dalam 5 mL suspensi bakteri endofit dengan kerapatan 10^9 cfu mL⁻¹ selama 2 jam. Kemudian benih ditiriskan dan ditanam pada media tanam (tanah dan pupuk kotoran kambing dengan perbandingan 1:1). Penyiraman dilakukan setiap hari pada pagi dan sore hari. Gulma yang tumbuh di dalam baki dicabut dan dibuang.

Bibit tembakau yang sudah berumur 45–60 hari setelah semai selanjutnya dipindah tanamkan di pot plastik. Satu polibag berisi satu tanaman tembakau. Pertumbuhan tanaman diamati dengan mengukur tinggi tanaman, bobot basah serta bobot kering tanaman pada akhir pengamatan. Percobaan ini disusun menggunakan rancangan acak lengkap dengan 3 ulangan.

Uji Bakteri Endofit terhadap Mortalitas *Meloidogyne* spp. secara *in Vitro*

Uji *in vitro* bakteri terhadap *Meloidogyne* spp. dilakukan dengan mengikuti Yus *et al.* (2014). Bakteri endofit diperbanyak menggunakan medium *tryptic soy broth* (TSB). Sebanyak 5 mL suspensi bakteri endofit dengan kerapatan 10^9 cfu mL⁻¹ ditambahkan ke dalam medium uji *Meloidogyne* spp., sedangkan perlakuan kontrol ditambahkan 5 mL air steril.

Pengamatan dilakukan dengan menghitung mortalitas J2 *Meloidogyne* spp. pada 6 dan 12 jam setelah perlakuan menggunakan mikroskop stereoskop. Uji ini disusun menggunakan rancangan acak lengkap dan diulang sebanyak 3 kali.

Uji Bakteri Endofit di Rumah Kaca

Bakteri terbaik hasil pengujian mortalitas *Meloidogyne* spp. digunakan untuk uji

keefektifan bakteri endofit. Uji ini dilakukan untuk menentukan kemampuan bakteri endofit dalam menekan *Meloidogyne* spp. dan memacu pertumbuhan tanaman tembakau di rumah kaca. Akar tembakau var. Kemloko yang berumur 35 hari setelah semai direndam dalam 100 mL suspensi bakteri endofit dengan kerapatan 10^9 cfu mL⁻¹ selama 30 menit. Perlakuan kontrol direndam dalam medium TSB yang tidak diinokulasi dengan bakteri endofit. Bibit yang sudah direndam kemudian ditanam dalam medium tanah steril.

Seminggu setelah pindah tanam, sebanyak ± 100 ekor *Meloidogyne* spp. J2 diinfestasikan ke setiap tanaman. Pengujian disusun menggunakan rancangan acak lengkap dan diulang sebanyak 7 kali. Peubah yang diamati ialah jumlah puru akar.

Karakterisasi Fisiologi

Uji karakter fisiologi dan biokimia bakteri endofit dilakukan untuk menentukan potensi bakteri endofit sebagai agens pengendali *Meloidogyne* spp. melalui uji aktivitas kitinolitik dan HCN (Marin *et al.* 2013), proteolitik (Baehaki dan Budiman 2011), kemampuan pelarutan fosfat (Gupta *et al.* 2012), serta uji aktivitas nitrogen (Kim *et al.* 2005).

Analisis Data

Data yang diperoleh dari masing-masing uji dianalisis ragamnya pada taraf kepercayaan 95%. Hasil berbeda nyata diuji lanjut dengan uji Duncan pada taraf 5% menggunakan piranti SAS 9.1.

HASIL

Bakteri Endofit Asal Tembakau

Bakteri endofit yang berhasil diisolasi ialah 215 isolat dari tembakau varietas Kemloko dan Prancak 95. Uji hipersensitif menunjukkan ada 80 isolat di antaranya tidak menunjukkan gejala nekrosis. Sebanyak 7 isolat dari 80 isolat tidak menghasilkan zona bening pada medium agar darah (Tabel 1). Isolat bakteri endofit yang bersifat nonpatogen bagi tanaman tembakau kemudian digunakan pada uji lanjut.

Mortalitas *Meloidogyne* spp. dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman

Bakteri endofit mampu meningkatkan pertumbuhan bibit, bobot basah, dan bobot kering tanaman tembakau. Tinggi tanaman tembakau yang diberi perlakuan bakteri endofit meningkat sebesar 13–93%. Bakteri endofit TPT2.1 mampu meningkatkan tinggi tanaman, bobot basah, dan bobot kering tanaman tembakau dibandingkan dengan kontrol (Tabel 2).

Hampir seluruh bakteri endofit asal tembakau nyata menyebabkan mortalitas *Meloidogyne* spp. dibandingkan dengan kontrol pada 6 dan 12 jam setelah perlakuan. Bakteri endofit TK2n8, TPT3.10, dan TK2t21 memiliki tingkat mortalitas yang tinggi dibandingkan dengan bakteri endofit lainnya pada 12 jam setelah perlakuan (Tabel 3).

Keefektifan Bakteri Endofit di Rumah Kaca

Semua bakteri endofit mampu menekan jumlah puru akar tanaman tembakau (Tabel 4). Bakteri endofit asal tembakau mampu menekan jumlah puru sebesar 88–96%. Sebanyak 5 galur bakteri endofit mampu

menghasilkan enzim proteolitik dan melarutkan fosfat, 1 galur bakteri endofit mampu menghasilkan enzim proteolitik tetapi tidak mampu melarutkan fosfat, dan 1 galur bakteri endofit tidak mampu menghasilkan enzim proteolitik, namun mampu melarutkan fosfat. Hasil pengujian HCN hanya dihasilkan oleh 2 galur bakteri endofit saja. Demikian juga kemampuan memfiksasi nitrogen hanya dimiliki oleh 2 galur bakteri endofit. Bakteri endofit TK2t11 hanya mampu melarutkan fosfat dan memfiksasi nitrogen (Tabel 5).

PEMBAHASAN

Perbedaan kelimpahan populasi bakteri endofit yang diisolasi pada masing-masing tanaman dipengaruhi oleh perbedaan varietas, habitat tumbuh, dan teknik budi daya. Sampel tanaman tembakau var. Kemloko diambil dari lahan pertanaman tembakau petani di Kabupaten Temanggung dengan teknik budi daya tumpangsari, sedangkan tanaman tembakau var. Pracak 95 diperoleh dari Balittas Malang dibudidayakan di dalam rumah kaca. Selain itu, diketahui bahwa tembakau var. Kemloko 2 ini memiliki

Tabel 1 Hasil uji hipersensitif dan hemolisis bakteri endofit asal tanaman tembakau

Tembakau	Jumlah galur bakteri endofit	Uji hipersensitif		Uji hemolisis	
		Positif	Negatif	Positif	Negatif
var. Kemloko	145	85	59	54	5
var. Pracak 95	70	50	21	19	2
Total	215	135	80	73	7

Tabel 2 Bakteri endofit asal tembakau pada pertumbuhan bibit, bobot basah dan bobot kering tanaman tembakau var. Kemloko

Bakteri endofit	Tinggi (cm)	Bobot basah (g)	Bobot kering (g)
Kontrol	27.33 d	0.64 b	0.23 d
TK2n8	34.50 bcd	0.97 ab	0.35 c
TK2T11	41.67 abc	1.12 ab	0.42 b
TK2t21	31.00 cd	0.67 b	0.23 d
TK3n1	52.67 a	1.05 ab	0.29 cd
TK3n8	40.00 bc	1.06 ab	0.42 b
TPT2.1	43.83 ab	1.21 a	0.59 a
TPT3.10	43.33ab	0.72 ab	0.31 c

Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada α 5%.

Tabel 3 Pengaruh bakteri endofit asal tembakau terhadap mortalitas juvenil 2 *Meloidogyne* spp. secara *in vitro*

Bakteri endofit	Mortalitas (%)	
	6 Jam	12 Jam
Kontrol	2.86 d	2.86 d
TK2n8	90.48 a	95.24 a
TK2T11	50.48 b	65.71 abc
TK2t21	73.33 a	87.62 ab
TK3n1	20.95 cd	61.91 bc
TK3n8	35.24 bc	45.71 c
TPT2.1	44.76 b	60.00 bc
TPT3.10	75.24 a	88.57 ab

Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada α 5%.

Tabel 4 Pengaruh bakteri endofit asal tembakau terhadap jumlah puru dan skala kerusakan akar tanaman tembakau varietas Kemloko

Bakteri endofit	Jumlah puru	Kerusakan
	per g akar	akar
Kontrol	62.43 a	3.85 a
TK2n8	4.29 b	1.28 b
TK2T11	4.29 b	1.14 b
TK2t21	7.00 b	1.28 b
TK3n1	12.43 b	1.71 b
TK3n8	3.86 b	1.00 b
TPT2.1	10.86 b	1.71 b
TPT3.10	3.86 b	1.00 b

Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada α 5%.

Tabel 5 Karakter fisiologi bakteri endofit asal tembakau

Uji fisiologis	Bakteri endofit						
	TK2n8	TK2t11	TK2t21	TK3n1	TK3n8	TPT2.1	TPT3.10
Pewarnaan gram	-	-	-	-	-	-	-
KOH 3%	-	-	-	-	-	-	-
Proteolitik	+	-	+	+	+	+	+
HCN	-	-	+	-	-	-	+
Kitinolitik	-	-	-	-	-	-	-
Pelarut fosfat	+	+	+	+	+	-	+
Fiksasi N	-	-	-	-	+	+	-

+, hasil uji positif pada medium uji fisiologis; -, hasil uji negatif pada medium uji fisiologis.

karakteristik ketahanan terhadap *Meloidogyne* spp. dan *Ralstonia solanacearum*, namun rentan terhadap *P. nicotianae*. Tembakau var. Prancak 95 memiliki karakteristik ketahanan terhadap *P. nicotianae* var. *nicotianae*. Selain itu, tembakau var. Prancak 95 ini merupakan perbaikan galur tembakau var. Kemloko 2 dan Kemloko 3 (Rochman 2012). Harni (2010) melaporkan lokasi dengan teknik budi daya yang jarang menggunakan senyawa kimia sintesis memiliki populasi bakteri lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya yang menggunakan pupuk atau pestisida kimia secara intensif. Kelimpahan populasi bakteri endofit ini sangat dipengaruhi faktor biotik maupun abiotik.

Mekanisme penekanan pembentukan puru oleh *Meloidogyne* spp. terjadi akibat adanya pengaruh dari senyawa metabolit atau enzim ekstrasel yang dihasilkan oleh bakteri endofit. Uji di rumah kaca menunjukkan bakteri endofit mampu menekan perkembangan puru

akar akibat *Meloidogyne* spp. dibandingkan dengan kontrol. Hasil penelitian Harni *et al.* (2012) menunjukkan 5 bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman nilam mampu memproduksi kitinase, protease, dan hidrogen sianida. Karakterisasi fisiologi ini berkorelasi dengan peran dari bakteri sebagai agens pengendalian biologi.

Bakteri endofit asal tembakau ini diketahui tidak hanya dapat digunakan sebagai agens pengendalian biologi, tetapi dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui aktivitasnya melarutkan fosfat dan memfiksasi nitrogen. Lisnawati *et al.* (2015) melaporkan *Pseudomonas* spp. dan *Bacillus* spp. mampu meningkatkan laju pertumbuhan dan penambahan jumlah daun, serta bobot basah dan bobot kering tanaman tembakau. Bakteri endofit mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan menyediakan nutrisi, seperti nitrogen, fosfat, dan mineral lainnya (Bacon dan Hinton 2007). Bakteri endofit juga mampu

menghasilkan fitohormon, seperti etilena, auksin dan sitokinin yang berperan dalam pertumbuhan tanaman. Selain itu, bakteri endofit mampu menghasilkan senyawa-senyawa yang bersifat toksik sehingga mampu mengakibatkan mortalitas pada juvenil 2 nematoda puru akar (Munif *et al.* 2013).

Ahman *et al.* (2002) menyatakan bahwa bakteri yang mampu menghasilkan enzim protease dapat mencerna kutikula nematoda atau mendegradasi juvenil. Selain itu, adanya enzim protease juga mampu mengurangi penetasan telur (Ahman *et al.* 2002; Mendoza *et al.* 2008). Mena dan Pimentel (2002) melaporkan HCN yang dihasilkan bakteri *Corynebacterium paurometabolu* mampu menyebabkan mortalitas larva dan menghambat penetasan telur nematoda. Bakteri *Pseudomonas* sp. galur CD 38 dan CD 62 yang menghasilkan metabolit sekunder HCN dan enzim protease mampu menghambat penetasan telur dan pembentukan puru dari *Xiphinema americanum*, *Hoplolaimus indicus* dan *M. incognita* pada tanaman kacang hijau (Khan *et al.* 2012).

Bakteri endofit yang berasal dari tanaman tembakau dapat digunakan sebagai pengendali biologi nematoda *Meloidogyne* spp. Selain itu, bakteri asal tanaman tembakau juga dapat digunakan sebagai *plant growth promoting resistance* (PGPR) bagi tanaman karena mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Berdasarkan hasil pengujian fisiologis bakteri, bakteri endofit asal tembakau mampu menghasilkan protease, dan HCN, mampu melarutkan fosfat, dan memfiksasi nitrogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahman J, Johansson T, Olsson M, Punt PJ, van de Hondel CAMJJ, Tunlid A. 2002. Improving the pathogenicity of a nematode-trapping fungus by genetic engineering of a subtilisin with nematotoxic activity. *Appl Environ Microbiol.* 164:123–129. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.68.7.3408-3415.2002>.
- Bacon CW, Hinton DM. 2007. Bacterial endophytes: the endophytic niche, its occupants, and its utility. Di dalam: Gnanamanickam SS, editor. *Plant Associated Bacteria*. Berlin(DE):Springer. hlm 155–194.
- Baehaki A, Budiman A. 2011. Isolasi dan karakterisasi protease dari bakteri tanah rawa Indralaya, Sumatera Selatan. *J Teknol Indust Pangan.* 22(1):37–42.
- Beutin L. 1991. The different hemolysins of *Escherichia coli*. *Med Microbiol Immunol.* 180:167–182. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00215246>.
- Gupta M, Kiran S, Gulati A, Singh B, Tewari R. 2012. Isolation and identification of phosphate solubilizing bacteria able to enhance the growth and aloin-A biosynthesis of *Aloe barbadensis*. *Microbiol Res.* 167:358–363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2012.02.004>.
- Hadi PU, Friyatno. 2008. Peranan sektor tembakau dan industri rokok dalam perekonomian Indonesia: analisis tabel I-O tahun 2008. *J Agr Ekol.* 26(1):90–121. DOI: <https://doi.org/10.21082/jae.v26n1.2008.90-121>.
- Halimah D, Munif A, Giyanto. 2016. Potensi bakteri endofit *Ochrobactrum intermedium*-C939A31, *Klebsiella oxytoca*-C939A32, *Bacillus subtilis*-I308A32 asal tanaman kopi untuk mengendalikan nematoda luka akar *Pratylenchus coffeae*. *J Fitopatol Indones.* 12(2):62–68. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.12.2.62>.
- Hallmann J. 2001. Plant interaction with endophytic bacteria. Di dalam: Jeger MJ, Spence NJ, editor. *Biotic Interaction in Plant Pathogen Associations*. Wallingford (UK): CABI. hlm 171. DOI: <https://doi.org/10.1079/9780851995120.0087>.
- Harni R, Supramana, Sinaga MS, Giyanto, Supriadi. 2010. Pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap mortalitas, penetasan telur dan populasi nematoda peluka akar *Pratylenchus brachyurus* pada nilam. *J Littri.* 16:43–47.
- Harni R, Supramana, Sinaga MS, Giyanto, Supriadi. 2012. Mekanisme bakteri endofit mengendalikan nematoda *Pratylenchus brachyurus* pada tanaman nilam. *Bul Littro.* 23(1):102–114.

- Khan A, Shaukat SS, Islam S, Adnan Khan. 2012. Evaluation of fluorescent pseudomonad isolats for their activity against some plant-parasitic nematodes Am-Euras. *J Agric Environ Sci.* 12(11):1496–1506.
- Kim C, Kecskes ML, Deaker RJ, Gilchrist K, New PB, Kennedy IR, Kim S, Sa T. 2005. Wheat root colonization and nitrogenase activity by *Azospirillum* isolates from crop plants in Korea. *Can J Microbiol.* 51(11):948–956. DOI: <https://doi.org/10.1139/w05-052>.
- Klement Z, Goodman RN. 1967. The hypersensitive reaction to infection by bacterial plant pathogens. *Ann Rev Phytopathol.* 5:17–44. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.py.05.090167.000313>.
- Lisnawati, Murthi RS, Oemry S. 2015. Potensi bakteri endofit dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman tembakau yang terinfeksi nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.). *J Agroekoteknologi.* 4(1):1881–1889.
- Marin M, Wong I, Mena J, Moran R, Pimentel E, Sanchez I, Basulto R, Moreira A. 2013. *Zea mays* L. plant-growth promotion by *Tsukamurella paurometabola* strain C-924. *Biotecnol Aplicada.* 30(2):105–110.
- Mena J, Pimentel E. 2002. Mechanism of action *Corynebacterium pauronetabolum* strain C-924 on nematodes (Abstract). *Nematology.* 4:287.
- Mendoza AR, Kiewnick S, Sikora RA. 2008. *In vitro* activity of *Bacillus firmus* against the burrowing nematode *Radopholus similis*, the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the stem nematode *Ditylenchus dipsaci*. *Biocont Sci Technol.* 18(4):377–389. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583150801952143>.
- Munif A, Hallmann J, Sikora RA. 2013. The influence of endophytic bacteria on *Meloidogyne incognita* infection and tomato plant growth. *J ISSAAS.* 19(2):68–74.
- Pandey R, Kalra A, Gupta ML, Sharma P. 2003. Phytonematodes: major pest of MAPs. Di dalam: Mathur, editor. *Proceedings of first National Interactive meet on medicinal and Aromatic Plants.* Lucknow (IN): CIMAP. Hlm. 188–197.
- Rochman F. 2013. Pengembangan varietas unggul tembakau Temanggung tahan penyakit. *J Penel Pengemb Pert.* 32(1):30–38.
- Saikia SK, Tiwari S, Pandey R. 2013. Rhizospheric biological weapons for growth enhancement and *Meloidogyne incognita* management in *Withania somnifera* cv. *poshita*. *Biol Control.* 65(2):225–234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.01.014>.
- Tuminem. 2016. Nematoda puru akar pada ubi jalar (*Ipomoea batatas* l.) dan potensi bakteri probiotik tanaman sebagai agens biokontrol: studi kasus di Papua Barat [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Yus IDM, Rahardjo BT, Himawan T. 2014. Pengaruh aplikasi bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis* terhadap mortalitas nematoda puru akar (*Meloidogyne javanica*) di Laboratorium. *J HPT Tropik.* 2(3):9–17.