

Potensi Beberapa Isolat Bakteri Endofit untuk Pengendalian Biologi *Meloidogyne graminicola* pada Tanaman Padi

Potency of Endophytic Bacterial Isolates for the Biological Control of *Meloidogyne graminicola* on rice

Abdul Munif^{1*}, Mohammad Yadi Nurjayadi²

¹Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

²Balai Proteksi Tanaman Perkebunan (BPTP) Pontianak, Kementerian Pertanian

ABSTRAK

Meloidogyne graminicola merupakan salah satu nematoda parasit penting pada tanaman padi. *M. graminicola* menyebabkan gejala puru pada akar sehingga pertumbuhan tanaman terhambat dan terganggu. Pengendalian *M. graminicola* sangat penting dilakukan agar kerusakan pada tanaman padi dan penyebarannya dapat ditekan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji potensi bakteri endofit dalam mengendalikan nematoda puru akar (NPA) *M. graminicola* pada tanaman padi. Empat isolat bakteri endofit asal tanaman padi, yaitu isolat Si33, Si2, Sp24, GH1, dan satu isolat asal tanaman kentang G053 diuji untuk melihat pengaruhnya terhadap mortalitas *M. graminicola* secara *in vitro* dan kemampuannya dalam menekan serangan *M. graminicola* pada tanaman padi di rumah kaca. Hasil uji kultur filtrat bakteri endofit secara *in vitro* terbukti efektif meningkatkan kematian juvenil 2 *M. graminicola* sebesar 99.5% hingga 100%. Isolat bakteri endofit juga mampu menekan jumlah puru akar pada tanaman padi dengan kisaran 42.2%–49.3% pada percobaan di rumah kaca. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa isolat bakteri endofit yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai potensi yang baik sebagai agens biokontrol untuk mengendalikan *M. graminicola* pada tanaman padi.

Kata kunci: kultur filtrat, *in vitro*, *Meloidogyne graminicola*, mortalitas, puru akar

ABSTRACT

Meloidogyne graminicola is one of the important plant parasitic nematodes on rice plant. Control of *M. graminicola* on rice is very important to be done so that damage on rice and their distribution can be reduced. Endophytic bacteria for the biological control of plant parasitic nematodes have been known effectively on several crops. The objective of this research was to study the potency of endophytic bacteria in controlling root knot nematodes *M. graminicola* on rice. Four isolates of endophytic bacteria isolated from rice plant, namely Si 33, Si2, Sp24, GH1, and G053 isolated from potato plant were tested to evaluate their effectiveness to *M. graminicola* on rice plants. Culture filtrate of endophytic bacteria are able to increase the mortality of second stage juveniles of *M. graminicola* from 99.5% up to 100% under *in vitro* test. Endophytic bacteria isolates are also able to reduce the numbers of root gall from 42.3%–49.3% on rice plants under greenhouse experiments. Results of this study indicated that all isolates of endophytic bacteria that are used in this experiment have potential as biocontrol agents for controlling *M. graminicola* on rice.

Key words: culture filtrate, greenhouse, *in vitro*, *Meloidogyne graminicola*, mortality, root gall

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.
Tel. 0251-8629364, Faks: 0251-8629362, Surel: abdulmunif@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Meloidogyne graminicola merupakan nematoda puru akar yang dapat menginfeksi tanaman padi. Gejala primer tanaman padi yang terinfeksi oleh *M. graminicola* ialah adanya puru akar yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. *M. graminicola* menjadi salah satu patogen penting yang dihadapi oleh petani padi berbagai negara di kawasan Asia dan nyata menghambat produktivitas tanaman padi. Beberapa laporan menyatakan *M. graminicola* dapat mengakibatkan kehilangan hasil yang tinggi di kawasan Asia Selatan, seperti Nepal, India, dan Bangladesh yang mencapai 80% (Padgham *et al.* 2004; Pokharel *et al.* 2007; Jaiswal *et al.* 2012; Ravindra *et al.* 2017). Selain itu, keberadaan *M. graminicola* dilaporkan juga telah menginfeksi pertanaman padi di Indonesia (Erlan 1993; Nurjayadi *et al.* 2015). Mulyadi (1997) melaporkan serangan *M. graminicola* pada padi varietas IR64 menyebabkan penurunan hasil sebesar 38.5%.

Upaya pengendalian *M. graminicola* sangat penting dilakukan agar kerusakan pada tanaman padi dapat berkurang. Berbagai macam pengendalian telah banyak dilakukan terhadap *M. graminicola* pada tanaman padi (Sunarto *et al.* 2019). Salah satu pengendalian efektif dan ramah lingkungan yang dapat digunakan ialah pengendalian biologi. Bakteri endofit diketahui sebagai agens hayati yang mampu mengendalikan nematoda secara efektif pada berbagai macam tanaman pertanian. Munif *et al.* (2013) melaporkan bakteri endofit *Pantoea agglomerans* MK-29, *P. putida* MT-19, *Cedecea davisae* MK-30, *Enterobacter* spp. MK-42 dapat menekan dan mengurangi populasi *M. incognita* pada akar tanaman tomat. Bakteri endofit *Bacillus megaterium* secara efektif mampu menghambat terjadinya penetrasi dan pembentukan puru akar *M. graminicola* pada tanaman padi (Padgham dan Sikora 2006). Anita dan Samiyappan (2012) melaporkan bakteri endofit *Pseudomonas fluorescens* dapat menekan pertumbuhan *M. graminicola* dengan menghasilkan enzim pendegradasi di dalam jaringan akar tanaman padi. Selain itu, *P. fluorescens* mampu menginduksi ketahanan

tanaman padi terhadap serangan nematoda.

Aplikasi bakteri endofit yang sering dilakukan pada tanaman ialah aplikasi tunggal berupa perendaman benih. Aplikasi ganda dengan kombinasi perendaman benih dan penyiraman suspensi bakteri endofit belum banyak dilakukan terutama pada tanaman padi. Beberapa hasil penelitian melaporkan aplikasi ganda bakteri endofit dapat memberi hasil yang lebih baik dalam mengendalikan *Meloidogyne*. Selain itu, penggunaan bakteri endofit yang berasal dari berbagai varietas tanaman padi belum banyak dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *M. graminicola*. Tujuan penelitian ini ialah mengevaluasi potensi bakteri endofit yang berasal dari tanaman padi dan tanaman kentang dalam mengendalikan *M. graminicola* pada tanaman padi.

BAHAN DAN METODE

Uji Kultur Filtrat Bakteri Endofit Terhadap Larva *Meloidogyne graminicola* secara *in vitro*

Isolat bakteri endofit yang digunakan ialah Si2, Si33, Sp24, GH1 yang berasal dari padi gogo varietas lokal asal Pringsewu, Lampung dan G053 berasal dari tanaman kentang varietas Granola asal Garut, Jawa Barat. Uji kultur filtrat bakteri endofit mengikuti prosedur Padgham dan Sikora (2006). Isolat bakteri endofit ditumbuhkan di medium *nutrient broth* (NB) yang dikocok menggunakan alat *shaker* dengan kecepatan 100 rpm pada suhu ruang selama 24–48 jam. Suspensi bakteri kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 20 menit. Proses sentrifugasi akan membentuk supernatan dan pelet. Supernatan bakteri endofit diambil sebanyak 4 mL dan dicampur dengan 0.5 mL suspensi larva juvenil 2 (kerapatan 100-200 ekor) di dalam cawan petri steril dan diinkubasi di dalam kondisi suhu ruang selama 24 jam. Selanjutnya, campuran tersebut disaring dengan penyaring ukuran 500 *mesh*. Suspensi nematoda diberi aerasi dengan aerator selama beberapa menit untuk mengetahui kondisi nematoda hidup atau mati. Perhitungan mortalitas dilakukan dengan menghitung jumlah juvenil 2 yang

mati menggunakan mikroskop *stereo*. Data uji *in vitro* dianalisis sidik ragam dan uji lanjut *Duncan multiple range test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% dengan program *software statistical analysis system* (SAS versi 9.3).

Uji Bakteri Endofit Terhadap *Meloidogyne graminicola* di Rumah Kaca

Benih padi yang digunakan pada pengujian ini ialah varietas Ciherang. Benih padi diberi perlakuan air panas selama 15 menit pada suhu 50 °C (Ventura dan Garrity 1987) dan direndam di dalam suspensi bakteri endofit (kepadatan 10^8 – 10^9 cfu mL⁻¹) selama 6 jam. Perlakuan bakteri endofit ini mengikuti prosedur Munif *et al.* (2013) yang dimodifikasi, yaitu perendaman benih (*seed treatment*) dan penyiraman suspensi bakteri di perakaran (*soil drench*). Perendaman benih dilakukan selama 6 jam dan ditanam ke dalam media tanam di *polybag* ukuran 25 × 10 cm. Media tanam yang digunakan ialah campuran tanah, pasir dan kotoran sapi yang matang dengan perbandingan 1:1:1 (v/v). Setelah benih padi berumur 10 hari, sebanyak 20 mL suspensi bakteri (kepadatan bakteri mencapai 10^8 – 10^9 cfu mL⁻¹) dituang ke dalam masing masing *polybag*. Pada saat tanaman padi berumur 15–16 hari, masing-masing tanaman diinokulasi dengan 1000 ekor juvenil 2 *M. graminicola*. Pengamatan dilakukan enam minggu setelah inokulasi nematoda. Parameter yang diamati ialah jumlah anakan, tinggi tanaman, jumlah puru akar, bobot akar, dan bobot tajuk. Data pengujian rumah kaca dianalisis sidik ragam dan uji lanjut DMRT (*Duncan multiple range test*) pada taraf kepercayaan 95% menggunakan program *software statistical analysis system* (SAS versi 9.3).

HASIL

Pengaruh Kultur Filtrat Bakteri Endofit Terhadap Larva *Meloidogyne graminicola* secara *in vitro*

Kultur filtrat bakteri endofit sangat efektif membunuh juvenil 2 *M. graminicola* secara *in vitro*. Rata-rata persentase tingkat mortalitas juvenil 2 mencapai 99.3% hingga 100% (Tabel 1). Berdasarkan pengamatan secara

mikroskopik menunjukkan dinding tubuh juvenil 2 *M. graminicola* tidak mengalami kerusakan (lisis) yang disebabkan oleh kultur filtrat bakteri endofit. Toksin yang dihasilkan oleh isolat G053 dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan organ dalam tubuh juvenil 2 *M. graminicola* (Gambar 1a). Bagian dalam juvenil 2 *M. graminicola* lisis dan rusak oleh kultur filtrat bakteri endofit, sedangkan tubuh juvenil 2 yang tidak diberi perlakuan tidak mengalami kerusakan (Gambar 1b).

Pengaruh Bakteri Endofit Terhadap *Meloidogyne graminicola* pada percobaan di Rumah Kaca

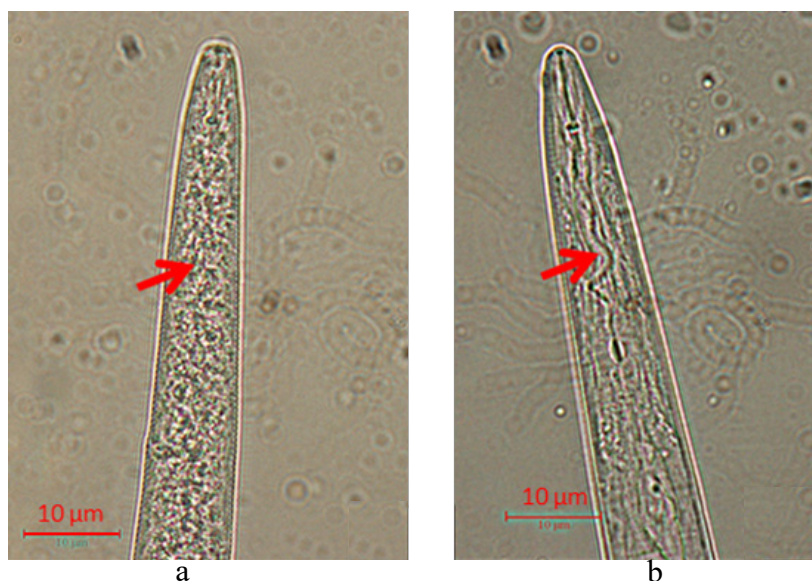
Aplikasi isolat bakteri endofit mampu menurunkan jumlah puru akar secara signifikan terhadap infeksi *M. graminicola* pada tanaman padi di percobaan di rumah kaca dibandingkan dengan kontrol. Persentase penurunan jumlah puru akar oleh isolat bakteri endofit berkisar 42.7%–49.2% dan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antarperlakuan isolat bakteri (Tabel 2). Jumlah puru akar *M. graminicola* pada akar padi oleh perlakuan bakteri endofit berkisar 64 puru per sistem akar (rumpun) atau 16 puru per g akar jauh lebih kecil dibandingkan dengan jumlah puru akar pada kontrol, yaitu 120 puru per sistem akar atau rumpun.

Bakteri endofit yang digunakan dalam percobaan rumah kaca ialah suspensi bakteri endofit yang merupakan campuran dari hasil metabolisme bakteri endofit atau kultur filtrat dan sel bakteri hidup. Hal ini berbeda dengan percobaan *in vitro* yang menggunakan kultur filtrat bakteri endofit yang diduga mengandung

Tabel 1 Mortalitas juvenil 2 *Meloidogyne graminicola* pada perlakuan kultur filtrat bakteri endofit pada 24 jam setelah perlakuan

Perlakuan isolat bakteri endofit	Mortalitas (%)
Si2	99.3 a
Si33	99.6 a
Sp24	100.0 a
G053	100.0 a
GH1	100.0 a
Kontrol	3.2 b

Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada α 5%.



Gambar 1 Morfologi larva juvenil 2 *Meloidogyne graminicola* setelah diberi kultur filtrat dengan perbesaran 1000×. a, Isolat bakteri endofit G053; dan b, Tanpa diberi perlakuan.

Tabel 2 Jumlah puru akar *Meloidogyne graminicola* pada perlakuan bakteri endofit pada tanaman padi di rumah kaca

Perlakuan isolat bakteri endofit	Jumlah puru akar per sistem akar	Penurunan Jumlah Puru Akar (%)
Si2	66.09 b	44.9
Si33	60.98 b	49.2
Sp24	68.78 b	42.7
G053	63.23 b	47.3
GH1	64.17 b	46.5
Kontrol	120.16 a	0.0

Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada α 5%.

efek nematisidal dari hasil antibiosis bakteri endofit selama proses inkubasi.

Pengaruh Bakteri Endofit Terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi di Rumah Kaca

Hasil pengamatan menunjukkan secara umum isolat bakteri endofit tidak memberi pengaruh yang nyata dalam memicu pertumbuhan tanaman padi. Isolat bakteri yang digunakan tidak mampu meningkatkan tinggi dan panjang akar tanaman padi. Isolat bakteri endofit yang memicu pertumbuhan hanya terlihat pada jumlah anakan saja. Isolat Si2 yang mampu menghasilkan jumlah anakan yang paling banyak dibandingkan dengan isolat lain maupun kontrol (Tabel 3).

Semua isolat bakteri endofit tidak memberikan pengaruh yang signifikan juga

terhadap peningkatan bobot basah dan kering tanaman padi. Bobot basah tajuk terhadap semua perlakuan memiliki nilai yang tidak berbeda nyata dengan kontrol bahkan isolat Si2 dan GH1 memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Hasil ini berbeda pada bobot kering tajuk yang memiliki perbedaan hasil dengan kontrol. Isolat G053 dan Si33 memiliki bobot kering tajuk yang paling tinggi. Pengamatan terhadap akar tanaman padi pada semua perlakuan bakteri menunjukkan bobot basah dan bobot kering akar lebih rendah dibandingkan dengan kontrol (Tabel 4).

PEMBAHASAN

Kultur filtrat seluruh isolat bakteri endofit yang digunakan dalam penelitian (Si2,

Tabel 3 Pengaruh Bakteri Endofit terhadap jumlah anakan, tinggi tanaman, dan panjang akar tanaman padi di rumah kaca

Perlakuan	Jumlah anakan padi	Tinggi Tanaman	Panjang Akar
Si2	4.7 a	65.2 a	25.5 a
Si33	3.9 b	66.6 a	24.4 a
Sp24	3.6 b	69.1 a	24.7 a
G053	4.1 b	67.3 a	26.1 a
GH1	3.9 b	67.1 a	25 a
Kontrol	3.7 b	69.2 a	24.2 a

Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada α 5%.

Tabel 4 Pengaruh Bakteri Endofit terhadap bobot basah dan bobot kering tanaman padi di rumah kaca

Perlakuan	Bobot Basah		Bobot Kering	
	Tajuk (g)	Akar (g)	Tajuk (g)	Akar (g)
Si2	12.4 a	3.4 b	4.4 d	0.8 ab
Si33	14.1 a	3.4 b	6.7 ab	0.8 b
Sp24	14.9 a	4.6 a	6.1 bc	1.1 a
G053	15.8 a	4.2 ab	7.4 a	0.9 ab
GH1	12.4 a	4.0 ab	4.9 d	0.9 ab
Kontrol	14.3 a	4.7 a	5.3 cd	1.1 ab

Angka pada kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada α 5%.

Si33, Sp24, G053, GH1) sangat efektif dalam menyebabkan mortalitas juvenil 2 *M. graminicola* mencapai 99%–100%. Siddiqui (2002) melaporkan bahwa kultur filtrat bakteri endofit *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* efektif membunuh juvenil 2 dan dapat menurunkan persentase penetasan telur *M. javanica* pada tanaman tomat. Kultur filtrat bakteri endofit yang dikeluarkan memiliki potensi sebagai agens nematisida (Vetrivelkai *et al.* 2012). Kultur filtrat bakteri endofit menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang bersifat toksik (Siddiqui 2002). Toksin menjadi salah satu senyawa yang mampu meningkatkan mortalitas *Meloidogyne* (Mekete *et al.* 2009). Toksin yang dihasilkan oleh bakteri endofit diduga masuk ke dalam tubuh nematoda melalui lubang mulut dan mengakibatkan gangguan fisiologi pada nematoda. Kematian nematoda ditandai dengan kondisi tubuh nematoda sudah tidak bergerak lagi dengan tubuh kaku dan lurus.

Pengujian isolat bakteri endofit dengan aplikasi ganda memiliki potensi sebagai agens biokontrol *M. graminicola*. Munif *et al.* (2013) melaporkan penggunaan aplikasi ganda bakteri endofit terhadap benih tanaman tomat dapat

meningkatkan kepadatan bakteri antagonis di dalam tanah. Metode perendaman benih tomat dapat menempatkan bakteri endofit pada permukaan benih dan melindungi benih pada saat berkecambah. Metode penyiraman suspensi bakteri endofit mampu menambah jumlah bakteri endofit di ujung akar yang terus tumbuh dan diduga dapat meningkatkan aktivitas antagonis mikroba.

Quadt-Hallmann *et al.* (1997) melaporkan mekanisme bakteri endofit mampu masuk ke dalam benih kapas melalui dua mekanisme. Mekanisme pertama, yaitu bakteri endofit yang menempel di atas permukaan benih mampu terserap masuk secara pasif ke dalam benih kapas. Mekanisme kedua ialah bakteri endofit mampu menghidrolisis dinding sel benih kapas dengan mengeluarkan enzim selulosa dan pektin. Bakteri endofit dapat juga masuk ke dalam jaringan internal akar melalui penyiraman suspensi bakteri. Compant *et al.* (2005) melaporkan bakteri *Burkholderia* mampu mengkolonisasi akar *Vitis vinifera*. *Burkholderia* paling banyak ditemukan di bagian ujung akar dan akar lateral dan mampu masuk melalui degradasi dinding sel dengan enzim *endoglucanase* dan *endopolygalacturanase*.

Mekanisme bakteri endofit dalam menekan pertumbuhan *Meloidogyne* di dalam jaringan tanaman dapat berupa antibiosis, enzimatik dan induksi ketahanan. Anita dan Samiyappan (2012) melaporkan bahwa bakteri endofit *P. fluorescens* mampu menghasilkan fenol dan enzim *peroxidase* (PO), *polyphenol oxidase* (PPO), *phenyl ammonia lyase* (PAL), *super oxide dismutase* (SOD) dan kitinase yang dapat menghambat *M. graminicola* di dalam akar tanaman padi. Kemampuan nematisida yang dimiliki oleh bakteri endofit mampu menstimulasi juga terbentuknya ketahanan berupa *induced systemic resistance* (ISR) pada tanaman inang (Elbanna *et al.* 2010). Ketahanan ISR muncul ketika tanaman diinduksi bakteri endofit atau bakteri non-patogenik di dalam jaringannya (Klopper dan Ryu 2006). Bukti adanya ISR dapat dilihat dengan adanya asam salisilat dan peroksidase setelah kolonisasi bakteri endofit di dalam tanaman (Harni dan Ibrahim 2011).

Aplikasi ganda bakteri endofit dengan perendaman benih dan penyiraman suspensi bakteri endofit di akar tidak berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman padi. Hal ini diduga kerapatan dan volume suspensi bakteri endofit terlalu rendah. Hal berbeda dilaporkan Munif *et al.* (2013) bahwa aplikasi ganda bakteri endofit mampu meningkatkan pertumbuhan dan menekan jumlah puru akar *Meloidogyne* pada tanaman tomat. Banyak hasil penelitian yang telah melaporkan peranan bakteri endofit dalam memacu pertumbuhan tanaman. Kemampuan bakteri endofit dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dapat dilihat dengan adanya hormon *indole acetic acid* (IAA), melarutkan fosfat, memproduksi HCN, memproduksi siderofor, dan menghasilkan asam sianida (Etesami *et al.* 2014). Fungsi lain manfaat bakteri endofit di dalam tanaman ialah adanya penyesuaian osmotik, regulasi buka-tutup stomata, modifikasi morfologi akar, peningkatan asupan mineral, perubahan dari akumulasi nitrogen dan metabolisme tanaman (Compant *et al.* 2005).

Pengendalian biologi baik dengan memanfaatkan bakteri endofit maupun dengan pemanfaatan ekstrak tanaman

yang mengandung efek biopestisida untuk mengendalikan nematoda puru akar *M. graminicola* pada padi perlu terus dikembangkan mengingat padi adalah komoditas yang strategis di Indonesia. Sunarto *et al.* (2019) melaporkan penggunaan ekstrak daun bayam duri, daun beluntas, kirinyuh, dan eceng gondok dapat mempengaruhi penetrasi nematoda *M. graminicola* ke area perakaran tanaman padi menurunkan penyakit puru akar yang disebabkan oleh *M. graminicola* pada tanaman padi. Aplikasi ekstrak daun tersebut pada tanaman padi mengakibatkan induksi resistensi sistemik ditunjukkan dengan penurunan jumlah puru pada akar tanaman padi.

Hasil penelitian ini memberikan indikasi yang kuat bahwa isolat bakteri endofit GH1, Si2, Si33, Sp24, dan G053 yang digunakan dalam penelitian ini memiliki potensi sebagai agens biokontrol untuk *M. graminicola* pada tanaman padi berdasarkan uji *in vitro* dan rumah kaca. Penelitian lanjutan terkait pemanfaatan bakteri endofit untuk pengendalian *M. graminicola* pada sistem padi sawah dan sistem padi gogo perlu dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anita B, Samiyappan R. 2012. Induction of systemic resistance in rice by *Pseudomonas fluorescens* against rice root knot nematode *Meloidogyne graminicola*. *J Biopest.* 5:53–59.
- Compant S, Duffy B, Nowak J, Clement C, Barka EA. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *App Environ Microbiol.* 71(9):951-4959. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959.2005>.
- Elbanna K, Gamal-Eldin H, Abuzaed E. 2010. Characterization of egyptian fluorescent rhizosphere pseudomonad isolates with high nematicidal activity against the plant parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *J Biofertil Biopestic.* 1(1):1–7. DOI: <https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000102>.

- Erlan. 1993. Distribusi dan patogenisitas nematoda *Meloidogyne cf. graminicola* pada tanaman padi sawah di Daerah Istimewa Yogyakarta [tesis]. Yogyakarta (ID): Universitas Gajah Mada.
- Etesami H, Hosseini M, Alikhani HA. 2014. *In planta* selection of plant growth promoting endophytic bacteria for rice (*Oryza sativa* L.). J Soil Sci Plant Nutr. 14(2):491–503. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-95162014005000039>.
- Harni R, Ibrahim MSD. 2011. Potensi bakteri endofit menginduksi ketahanan tanaman lada terhadap infeksi *Meloidogyne incognita*. J Littri. 17(3):118–123. DOI: <https://doi.org/10.21082/jlittri.v17n3.2011.118-123>.
- Jaiswal RK, Kumar D, Singh KP. 2012. Relationship between growth of rice seedlings and time of infection with *Meloidogyne graminicola*. Libyan Agric Res Cen J Int. 3(1):13–17.
- Kloepper JW, Ryu CM. 2006. Bacterial endophytes as elicitors of induced systemic resistance. Di dalam: Schulz B, Boyle C, Sieber TN, editor. *Microbial Root Endophytes*. Berlin (DE): Springer-Verlag Berlin Heidelberg. hlm 33–50. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-33526-9_3.
- Mekete T, Hallmann J, Kiewnick S, Sikora R. 2009. Endophytic bacteria from Ethiopian coffee plants and their potential to antagonist *Meloidogyne incognita*. Nematol. 11(1):117–127. DOI: <https://doi.org/10.1163/156854108X398462>.
- Mulyadi. 1997. Pengaruh populasi nematoda puru akar (*Meloidogyne graminicola*) terhadap pertumbuhan dan hasil padi. JPTI. 3(1):17–22.
- 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.
- Nurjayadi MY, Munif A, Suastika. 2015. Identifikasi nematoda puru akar, *Meloidogyne graminicola* pada tanaman padi di Jawa Barat. J Fitopatol Indones. 11(4):113–120. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.11.4.113>.
- Padgham JL, Duxbury JM, Mazid AM, Abawi GS, Hossain M. 2004. Yield loss caused by *Meloidogyne graminicola* on lowland rainfed rice in Bangladesh. J Nematol. 36(1):42–48.
- Padgham JL, Sikora RA. 2006. Biological control potential and modes of action of *Bacillus megaterium* against *Meloidogyne graminicola* on rice. Crop Protect. 26:971–977. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.09.004>.
- Pokharel RR, Abawi GS, Zhang N, Duxbury JM, Smart CD. 2007. Characterization of isolates of *Meloidogyne* from rice-wheat production fields in Nepal. J Nematol. 39(3):221–230.
- Quadt-Hallmann A, Benhamou N, Kloepper JW. 1997. Bacterial endophytes in cotton: mechanisms of entering the plant. Can J Microbiol. 43:577–582. DOI: <https://doi.org/10.1139/m97-081>.
- Ravindra H, Sehgal M, Narasimhamurthy HB, Jayalakshmi K, Khan HIS. 2017. Rice root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) an emerging problem. Int J Curr Microbiol App Sci. 6(8):3143–3171. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.376>.
- Siddiqui IA. 2002. Suppression of *Meloidogyne javanica* by *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis* in tomato. Nematol mediterr. 30:125–130.
- Sunarto T, Suganda T, Sianipar MS, Irwan AW. 2019. Ketahanan sistemik terinduksi pada tanaman padi dengan ekstrak tumbuhan terhadap nematoda bengkak akar (*Meloidogyne graminicola* Golden and Birchfiels). J Agrikultura. 30(1):25–32. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v30i1.22700>.
- Ventura AR, Garrity DP. 1987. Effect of hot water treatments on the quality of rice seed destined for international exchange 1. Crop science. 27(2):278–283. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1987.0011183X002700020032x>.
- Vetrivelkai P, Sivakumar M, Jonathan EI. 2010. Biocontrol potential of endophytic bacteria on *Meloidogyne incognita* and its effect on plant growth in bhendi. J Biopest. 3(2):452–457.