

# PROSPEK PENGGUNAAN BAKTERI ENDOFIT UNTUK PENGENDALIAN NEMATODA *Pratylenchus brachyurus* PADA TANAMAN NILAM

## *Prospects for use Endophytic Bacteria Controlling Nematodes Pratylenchus brachyurus Plant Nilam*

RITA HARNI

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar  
*Research Institute for Industrial Crops and Toner*  
Jl. Raya Pakuwon-Parungkuda Km. 2 Sukabumi  
E-mail: rita\_harni@yahoo.co.id

Diterima: 14 Januari 2014; Direvisi: 27 Maret 2014, Disetujui: 1 April 2014

### ABSTRAK

Nematoda peluka akar (*Pratylenchus brachyurus*) pada nilam merupakan masalah utama yang dihadapi oleh petani di Indonesia terutama di daerah-daerah sentra produksi nilam seperti Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa Barat, dan Jawa Tengah. Beberapa teknik pengendalian telah dilakukan, seperti penggunaan nematisida, kultur teknis, dan penambahan bahan organik ke dalam tanah belum efektif mengendalikan patogen tersebut. Pengendalian biologi menggunakan bakteri endofit merupakan salah satu komponen pengendalian *P. brachyurus* yang cukup menjanjikan karena sebagai agens biokontrol, penginduksi ketahanan dan pemacu pertumbuhan tanaman. Bakteri endofit dapat diisolasi dari semua bagian tanaman terutama akar. Kerapatan populasi bakteri endofit dari akar nilam adalah  $2,3 \times 10^2 - 6,0 \times 10^5$  cfu/g berat basah akar. Kerapatan populasi sangat dipengaruhi oleh varietas dan teknik budidaya. Populasi bakteri endofit lebih banyak ditemukan pada tanaman nilam yang dibudidayakan secara organik dibanding budidaya non organik. Bakteri endofit mengkolonisasi epidermis, kortek dan jaringan inter dan intraseluler akar nilam. Mekanisme bakteri endofit dalam menekan nematoda *P. brachyurus* adalah menginduksi ketahanan dengan peningkatan asam salisilat, peroksidase, dan senyawa fenol dan mengkolonisasi epidermis sel akar. Bakteri endofit sebagai biokontrol nematoda dapat menekan penetrasi, reproduksi, dan populasi nematoda di dalam akar nilam sebesar 54,8-70,6%. Di samping itu bakteri endofit juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman nilam dengan meningkatkan produksi terma nilam sebesar 37,86-84,71%.

Kata kunci: nilam, *Pratylenchus brachyurus*, bakteri endofit, pengendalian

### ABSTRACT

Root lesion nematode (*Pratylenchus brachyurus*) is an important pathogen of patchouli in Indonesia and causes significant losses at several main patchouli central productions such as Aceh, North Sumatra, West Sumatra, Bengkulu, West Java and Central Java. Some control measures, i.e. nematicides, cultural practices, and organic matter amendment, have not given satisfactory result in managing nematode population in the field. Biocontrol approach by using endophytic bacteria is promising component to control nematode, since such bacteria, also promote plant growth, through production of phytohormones and enhance nutrient availability. Endophytic bacteria can be isolated enhance from all parts of the plant, especially the roots. Population density of endophytic bacteria on patchouli root is  $2.3 \times 10^2, 6.0 \times 10^5$  cfu / g wet fresh of roots. Population density of endophytic bacterial is strongly influenced by varieties and cultivation techniques, populations of endophytic bacteria are more common in patchouli plants organically grown compared to non-organic farming. Endophytic bacterial colonized the epidermis, cortex, inter-and intracellular root tissues. The mechanism of endophytic bacteria in suppressing nematode *P. brachyurus* was induced resistance, with an increase in salicylic acid, peroxidase and phenol compounds and colonize root epidermal cells. Endophytic bacterial as biocontrol nematodes may suppress penetration, reproduction, and population of nematodes in the roots of patchouli is 54.8 to 70.6%. Besides endophytic bacteria also can increase the growth and production of patchouli from 37.86 to 84.71%.

Keyword: patchouli, *Pratylenchus brachyurus*, bacterial endophytes, control

## PENDAHULUAN

Nilam (*Pogostemon cablin* Bent.) merupakan salah satu komoditas penghasil minyak atsiri yang mempunyai nilai ekonomi tinggi sebagai penghasil devisa negara. Sebagai komoditas ekspor, minyak nilam memberikan sumbangan terbesar terhadap perolehan devisa dari komoditas atsiri. Pada tahun 2012, Indonesia mengekspor sekitar 750 ton minyak nilam dengan nilai sekitar 4,95 juta US\$. Dengan volume tersebut, Indonesia merupakan pemasok minyak nilam terbesar di pasar dunia dengan kontribusi lebih dari 75% (Ditjen Perkebunan 2012).

Salah satu kendala dalam budidaya tanaman nilam adalah menurunnya produksi karena infeksi patogen tular tanah seperti nematoda parasit (Mustika *et al.*, 1995). Hasil penelitian di beberapa daerah sentra pertanaman nilam di Indonesia, seperti Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat dan Jawa Barat ditemukan beberapa jenis nematoda, di antaranya: *Pratylenchus brachyurus*, *Rotylenchulus* sp., *Meloidogyne incognita*, *M. hapla*, *Radopholus similis*, *Scutellonema* sp., *Helicotylenchus* sp., *Hemicriciconemoides* sp. dan *Xiphinema* sp. (Djiwanti dan Momota 1991; Mustika *et al.*, 1991). Di antara jenis nematoda tersebut *P. brachyurus* sangat luas penyebarannya dan berperan dalam menimbulkan penyakit pada tanaman nilam (Harni dan Mustika 2000).

Infeksi nematoda *P. brachyurus* pada tanaman nilam menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, warna daun merah atau kekuning-kuningan dan luka nekrosis pada akar rambut yang dapat mengakibatkan akar membusuk (Mustika *et al.*, 1995). Selain menghambat pertumbuhan tanaman, infeksi *P. brachyurus* juga menurunkan kandungan klorofil dan kadar minyak baik pada nilam kultivar rentan maupun agak tahan (Sriwati, 1999). Kerusakan akibat serangan nematoda tersebut pada tanaman nilam dapat menurunkan hasil sampai 75% (Mustika *et al.*, 1995).

Pengendalian biologi menggunakan bakteri endofit merupakan salah satu komponen pengendalian ramah lingkungan yang cukup potensial dikembangkan untuk pengendalian nematoda. Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup mengkolonisasi jaringan bagian dalam

tanaman tanpa menyebabkan gangguan pada tanaman tersebut dan kebanyakan dari bakteri endofit adalah menguntungkan. Penggunaan bakteri endofit sebagai agens pengendali nematoda, karena: i) bakteri endofit mudah untuk dikulturkan; ii) dapat digunakan sebagai seed treatments (perlakuan benih); iii) mengurangi kerusakan akar; iv) berkompetisi dengan patogen; v) tidak bersifat fitotoksik; vi) meningkatkan pertumbuhan tanaman; vii) dan menginduksi ketahanan tanaman (Hallmann, 2001; Siddiqui dan Saukat, 2003; Bacon dan Hinton 2007; Sikora, 2007).

Penggunaan bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda telah dilaporkan pada beberapa komoditas pangan (padi, kedelai, dan jagung) hortikultura (pisang, kentang dan tomat) dan perkebunan (lada, kopi dan nilam). Pada tanaman perkebunan beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri endofit dapat menekan populasi nematoda *P. brachyurus* pada tanaman nilam 54,8-70,6% (Harni *et al.*, 2011) dan meningkatkan terna nilam sebesar 37,86-84,71%. Pada tanaman lada Harni dan Munif (2012) melaporkan penggunaan bakteri endofit yang dikombinasikan dengan bahan organik dapat menekan kejadian penyakit kuning dan populasi nematoda, serta meningkatkan jumlah bunga per ruas dan bobot basah lada. Selanjutnya Mekete *et al.* (2009), menggunakan bakteri endofit *Bacillus pumilus* dan *B. mycoides* untuk mengendalikan nematoda *Meloidogyne incognita* pada tanaman kopi, kedua bakteri tersebut dapat menekan populasi dan jumlah puru akar nematoda 33% dan 39%.

Tulisan ini membahas tentang bioekologi, mekanisme dan aplikasi bakteri endofit sebagai agens hayati nematoda *P. brachyurus* pada nilam.

## BIOEKOLOGI BAKTERI ENDOFIT

Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup bersimbiosis mutualisme dengan tanaman. Menurut Kado (1992), bakteri endofit adalah bakteri yang hidup dalam jaringan tanaman tetapi tidak merugikan tumbuhan inangnya, Hallmann *et al.* (1997) mendefinisikan bakteri endofit adalah bakteri yang hidup dalam jaringan tanaman, dapat diisolasi dari jaringan tanaman yang telah dilakukan sterilisasi permukaan. Sedang menurut

Tabel 1. Kerapatan populasi bakteri endofit perakaran nilam dari beberapa daerah di Jawa Barat

No	Lokasi	Varietas	Populasi bakteri endofit CFU/g akar	Isolat
1.	Bogor	Sidikalang	$12,8 \times 10^3$	28
2.	Bogor	Tapak tuan	$4,4 \times 10^4$	23
3.	Bogor	Nilam jawa	$4,5 \times 10^4$	17
4.	Leuwiliang	Sidikalang	$6,7 \times 10^3$	18
5.	Garut	Sidikalang	$2,8 \times 10^2$	19
6.	Lembang	Tapak tuan	$8,0 \times 10^4$	15
7.	Lembang	Sidikalang	$6,0 \times 10^5$	25
8.	Lembang	Cirateun	$2,7 \times 10^3$	20
9.	Lembang	Cisaroni	$5,0 \times 10^3$	15
10.	Lembang	Nilam jawa	$5,7 \times 10^4$	24
11.	Lembang	Loksheumawe	$6,0 \times 10^3$	15
12.	Sumedang	Sidikalang	$4,2 \times 10^3$	10
13.	Tasikmalaya	Sidikalang	$3,5 \times 10^2$	13
14.	Sukabumi	Sidikalang	$2,3 \times 10^2$	15
Jumlah				257

Sumber: Harni *et al.*, 2012a.

Sikora *et al.* (2007), endofit adalah bakteri yang sebagian dari siklus hidupnya mengkolonisasi jaringan internal tanaman.

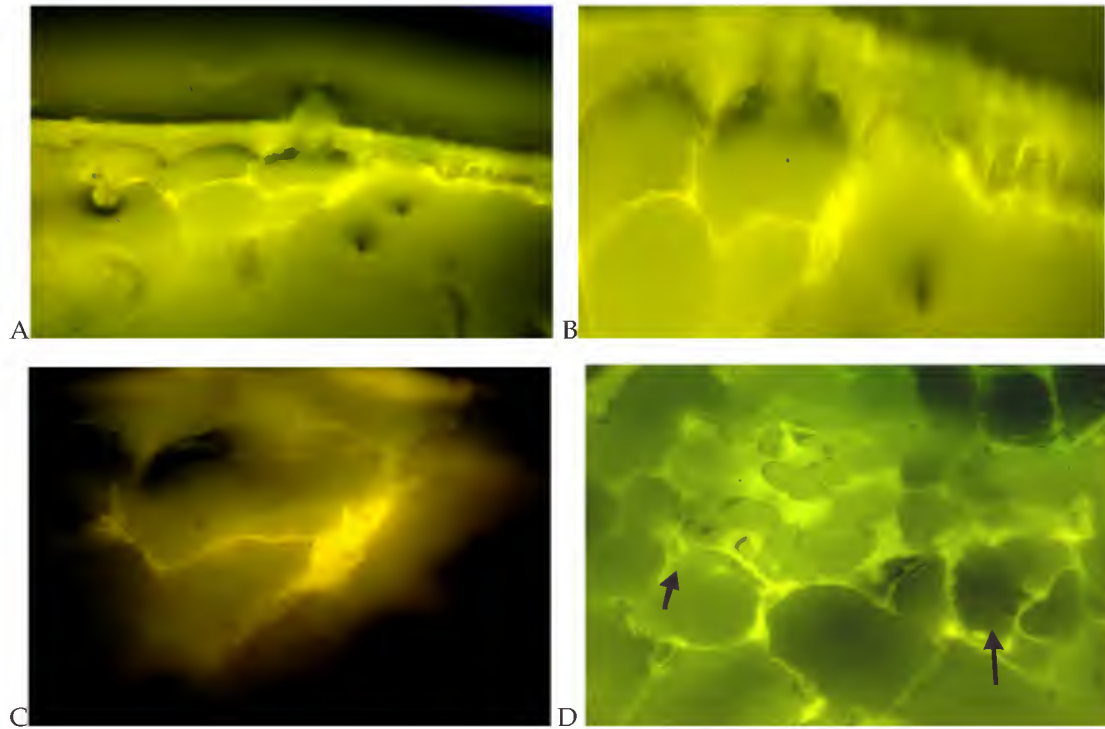
Bakteri endofit dapat diisolasi dari semua bagian tanaman seperti akar, batang, daun, bunga dan buah. Metode isolasi yang banyak digunakan adalah dengan teknik sterilisasi permukaan tanaman menggunakan desinfektan, seperti sodium hipoklorit, etanol, hidrogen peroksida, merkuri klorida, atau kombinasi dari dua atau lebih senyawa tersebut (Pleban *et al.*, 1995). Kosentrasi yang digunakan tergantung pada spesies tanaman, umur dan bagian tanaman yang digunakan (akar, batang, daun atau biji). Selain sterilisasi permukaan, teknik lain yang digunakan adalah vakum dan centrifugasi terutama untuk bakteri endofit yang berada di dalam jaringan pembuluh.

Kerapatan populasi bakteri endofit di dalam jaringan tanaman tergantung pada jenis tanaman, tipe jaringan (akar, batang, daun), umur tanaman, habitat, dan faktor lingkungan (McInroy dan Kloepper 1995; Hallmann *et al.* 1997; Hallmann 2001; Zinniel *et al.* 2002). Pada akar, kerapatan populasi bakteri endofit adalah  $10^5$  cfu/g berat akar (Hallmann *et al.* 1997), pada batang  $10^4$  cfu/g berat batang, dan pada daun jumlahnya sekitar  $10^3$  cfu. Pada jagung manis dan kapas kerapatan bakteri

endofitnya adalah  $10^4$ - $10^6$  cfu/g (McInroy dan Kloepper 1995),  $10^3$ - $10^6$  pada tebu, (Jacobs *et al.*, 1985),  $4,0 \times 10^2$  -  $1,3 \times 10^4$  cfu/ g untuk kapas (Hallmann *et al.* 1997),  $10^5$  cfu /g untuk kentang (Krechel *et al.* 2002)  $10^5$  cfu /g untuk bibit pinus (Shishido *et al.*, 1995) dan pada nilam  $2,3 \times 10^2$  -  $6,0 \times 10^5$  cfu/g berat basah akar (Harni *et al.*, 2012a) (Tabel 1).

Mahaffe *et al.* (1997) melaporkan bahwa pada umumnya bakteri endofit mengkolonisasi ruang antar sel, dan di dalam sel, tetapi hanya sedikit sekali yang dilaporkan mengkolonisasi jaringan pembuluh. Pada nilam bakteri endofit ditemukan mengkolonisasi epidermis, kortek dan jaringan inter dan intraseluler akar (Gambar 1).

Kolonisasi bakteri endofit dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya geografis, spesies tanaman, genotip tanaman dan teknik budidaya. Pengaruh geografis telah dilaporkan oleh Munif (2001) bahwa tanaman tomat di daerah sub tropis seperti di Born (Jerman) ditemukan 38 spesies dalam 21 genus sedangkan di daerah tropis seperti Bogor (Indonesia) ditemukan 50 spesies dalam 32 genus. Spesies yang paling banyak ditemukan di kedua wilayah geografis tersebut adalah *Pseudomonas putida* dan *Bacillus megaterium*. Kedua spesies bakteri tersebut juga sering dilaporkan di daerah lain di dunia (Hallmann dan Berg 2007).



Gambar 1. Kolonisasi bakteri endofit *Achromobacter xylosoxidans* Tt2 pada akar nilam menggunakan pewarna fluorescens 4',6-diamidino-2-phenylindiole. A, Kolonisasi pada epidermis akar, B. Kolonisasi pada sel kortek akar, C. Kolonisasi ruang inter seluler, D. Bakteri endofit di dalam jaringan inter dan intra seluler jaringan kortek. Daerah dengan warna berpendar adalah kolonisasi bakteri endofit, yang ditunjuk panah adalah bakteri endofit. Sumber: Harni, 2010

McInroy dan Kloepper (1995) melaporkan pengaruh spesies tanaman terhadap perbedaan spektrum bakteri endofit. Pada akar kapas ditemukan beberapa genus bakteri endofit, seperti *Alcaligenes*, *Aureobacterium*, *Cellulomonas*, *Comamonas*, *Erwinia*, *Ochrobactrum*, dan *Yersinia*, sedang pada akar jagung manis ditemukan genera lain, seperti *Arthrobacter*, *Citrobacter*, *Flavimonas*, *Microbacterium* dan *Stenotrophomonas*.

Pengaruh genotip tanaman terhadap bakteri endofit terdapat banyak pendapat di antaranya Bell *et al.* (1995) melaporkan, tidak terdapat perbedaan populasi bakteri endofit pada akar anggur kultivar tahan dan rentan. Namun Sturz *et al.* (1999) menemukan bahwa bakteri endofit *Curtobacterium flaccumfaciens* banyak ditemukan pada kentang kultivar Kennebec, sedangkan *P. cichorii* pada kentang kultivar Butte. Selanjutnya Smith dan Goodmen (1999) menemukan total bakteri endofit pada gandum kultivar tahan lebih kecil dibandingkan dengan kultivar rentan.

Pengaruh teknik budidaya terhadap total populasi bakteri endofit pada tanaman nilam telah dilaporkan oleh Harni *et al.* (2012a), bakteri endofit lebih banyak ditemukan pada tanaman nilam dengan teknik budidaya organik dibanding non organik. Selanjutnya Mekete *et al.* (2009) melaporkan bahwa kerapatan populasi bakteri endofit pada kopi semi hutan dan hutan lebih tinggi dibandingkan dengan kopi di perkebunan skala besar. Seghers *et al.* (2004) menunjukkan bahwa pemberian pupuk yang berbeda, mempengaruhi spektrum dan dinamika bakteri endofit pada akar jagung. Pemberian pupuk N yang tinggi menghambat kolonisasi *Acetobacter diazotrophicus* pada tebu (Fuentes-Ramírez *et al.*, 1999), sedangkan aplikasi nitrogen yang mengandung kitin sebagai organik amandemen mendukung pertumbuhan endofit pada akar kapas (Hallmann *et al.*, 1999).

MEKANISME BAKTERI ENDOFIT  
MENGENDALIKAN *P. brachyurus*  
PADA NILAM

Mekanisme bakteri endofit dalam mengendalikan nematoda di dalam akar adalah menginduksi ketahanan, dan kompetisi *niche* (Sikora *et al.*, 2007; Bacon dan Hinton 2007; Tian *et al.* 2007). Induksi ketahanan sistemik (ISR) adalah ketahanan tanaman terinduksi oleh agen biotik non-patogenik seperti oleh rizobakteria, endofit dan *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) (Van Loon dan Baker 2006). Mikroorganisme ini mengaktifkan lintasan transduksi signal yang melibatkan asam jasmonik dan etilen tanaman untuk mengaktifkan gen-gen ketahanan. Belakangan ini dilaporkan bahwa ketahanan terinduksi oleh PGPR/endofit sering dikaitkan dengan ISR, namun beberapa spesies PGPR dan endofit juga dapat memicu *systemic acquire resistance* (SAR). SAR disebut juga dengan ketahanan perolehan, ketahanan ini terinduksi karena penambahan senyawa kimia atau menginokulasikan patogen nekrotik. Induksi SAR dicirikan dengan terbentuknya akumulasi asam salisilat dan PR protein (*pathogenesis-related proteins*). Faktor yang dapat memicu ISR adalah senyawa kimia (siderofor, antibiotik dan ion Fe) yang dihasilkan bakteri, dan komponen sel bakteri (dinding sel mikroba, flagella, filli, membran lipopolisakarida) (Van Loon dan Bakker 2006).

Mekanisme bakteri endofit yang menginduksi ISR adalah dengan menghasilkan senyawa

tertentu seperti *lipopolysacharida* (LPS). Hasil percobaan Reitz *et al.* (2000) menggunakan teknik *split-root*, menunjukkan bahwa perlakuan sistem perakaran dengan LPS dari rhizobacteria *Rhizobium etli* dapat menurunkan penetrasi akar oleh nematoda sista (*Globodera pallida*). Hasil mereka menunjukkan LPS dari *R. etli* bertindak sebagai senyawa penginduksi ketahanan sistemik terhadap *G. pallida* pada akar kentang.

Menurut Sikora *et al.* (2007), akibat dari ISR akan mempengaruhi proses fisiologis di dalam akar seperti mencegah proses makan nematoda, mencegah terbentuknya *feeding site*, menghambat penetrasi, dan reproduksi nematoda. Induksi ketahanan tanaman terhadap nematoda dapat melalui peningkatan asam salisilat, peroksidase, fitoaleksin, *patogenesis related* protein (PR) dan senyawa fenolik (Tian *et al.* 2007).

Harni *et al.* (2012b) melaporkan bahwa mekanisme kerja bakteri endofit dalam menekan perkembangan *P. brachyurus* pada tanaman nilam adalah menginduksi ketahanan dengan peningkatan asam salisilat, peroksidase dan senyawa fenol dalam jaringan tanaman. Peningkatan senyawa-senyawa tersebut pada tanaman nilam berpengaruh terhadap perkembangan populasi nematoda di dalam akar dan berpengaruh positif terhadap peningkatan berat terna dibanding dengan kontrol (tanaman tanpa endofit) (Tabel 2).

Peran biosintesis asam salisilat dalam peningkatan mekanisme pertahanan terhadap nematoda parasit tanaman telah dilaporkan oleh Siddiqui dan Shaukat (2004). *Pseudomonas fluorescens* mendorong induksi ketahanan sistemik

Tabel 2. Mekanisme kerja bakteri endofit dalam mengendalikan *P. brachyurus* pada nilam

Isolat	Induksi Ketahanan			Indole Acetic Acid (IAA)
	Peroksidase	Asam salisilat	Fenol	
<i>A. xylosoxidans</i> TT2	-	+	+	-
<i>P. putida</i> EH11	+	-	-	-
<i>A. faecalis</i> NJ16	-	-	+	+
<i>B. subtilis</i> NJ57	-	-	-	-
<i>B. cereus</i> MSK	-	-	-	+

Keterangan: - tidak menghasilkan, + menghasilkan, Sumber Harni *et al.*, 2012b.

terhadap infeksi nematoda puru akar melalui sinyal transduksi independen dari asam salisilat yang terakumulasi di akar. Aktivitas fenol merupakan salah satu mekanisme tanaman untuk menghindari serangan nematoda terutama nematoda yang bersifat berpindah. Senyawa ini membuat suatu lingkungan toksik untuk perkembangbiakan nematoda. Anita *et al.* (2004) melaporkan terdapat akumulasi senyawa fenol setelah tanaman diinokulasi dengan *P. fluorescens* Pfl agens biokontrol *M. incognita*. Compant *et al.* (2005) melaporkan bahwa bakteri endofit *Burkholderia phytofirmans* menginduksi akumulasi senyawa fenolik dan penguatan dinding sel dalam eksodermis pada tanaman anggur.

### APLIKASI BAKTERI ENDOFIT

Keefektifan suatu agens biokontrol untuk pengendalian penyakit tumbuhan dapat ditingkatkan melalui aplikasinya (dosis, waktu dan cara) yang tepat. Umumnya aplikasi bakteri endofit dilakukan melalui perlakuan benih, penyiraman ke tanah, penyemprotan suspensi, dan perendaman akar. Keuntungan dari perlakuan benih, seperti perendaman akar (tanaman kultur jaringan), perendaman bibit, atau introduksi bakteri ke dalam tanah sebelum ditanam merupakan suatu usaha proteksi pada awal pertumbuhan tanaman (Hallmann, 2001). Di samping itu, aplikasinya mungkin dapat ditingkatkan melalui kombinasi beberapa strain bakteri endofit yang memiliki mekanisme yang berbeda tetapi saling menunjang (Whipps 2001).

Aplikasi bakteri endofit melalui *seed treatment* (perlakuan benih) dengan perendaman biji telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Munif dan Hipi (2011) melaporkan bahwa perlakuan bakteri endofit melalui *seed treatment* dapat meningkatkan panjang akar dan tinggi tanaman jagung. Selanjutnya Harni dan Khaerati (2013) melaporkan perlakuan bakteri endofit terhadap bibit kopi melalui *seed treatment* dapat meningkatkan persentase tumbuh, tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Perlakuan bakteri endofit dapat juga diaplikasikan melalui perendaman setek. Harni *et al.* (2009) melakukan penelitian aplikasi bakteri endofit pada setek nilam, hasil penelitian menun-

jukan pemberian bakteri endofit nyata mempengaruhi pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah cabang akar) dan kualitas bibit (tumbuh sangat baik, seragam, daun subur).

Bacon dan Hinton (2007) melaporkan bahwa terjadinya peningkatan pertumbuhan seperti tinggi tanaman, jumlah daun dan jumlah cabang akar, disebabkan oleh mekanisme kerja dari endofit. Mekanisme biasanya terjadi dengan beberapa cara, di antaranya melarutkan senyawa fosfat, fiksasi nitrogen (Bacon dan Hinton 2007), meningkatkan hormon pertumbuhan seperti auksin (*indol acetic acid*) (Bacon dan Hinton 2007), dan sitokinin (Khalid *et al.* 2004) serta merangsang pembentukan akar lateral dan jumlah akar sehingga dapat memperluas penyerapan unsur hara (Vasudevan *et al.* 2002). IAA yang dihasilkan bakteri gandum dapat meningkatkan panjang akar 17,3%, berat kering akar 13,5%, panjang tajuk 37,7% dan berat kering tajuk gandum 36,3% dibanding kontrol (Khalid *et al.* 2004).

Bakteri endofit dapat juga diaplikasikan melalui penyiraman ke dalam tanah. Munif (2001) mengaplikasikan bakteri endofit ke dalam tanah pada bibit tomat, bakteri endofit dapat meningkatkan panjang akar tomat dan menekan populasi nematoda puru akar (*Meloidogyne incognita*). Selanjutnya Harni *et al.* (2006) melaporkan bahwa perlakuan bakteri endofit penyiraman ke dalam tanah dapat menekan populasi nematoda *P. brachyurus* dan meningkatkan pertumbuhan, tetapi perlakuan dengan perendaman akar lebih baik menekan populasi nematoda dan lebih ekonomis.

Disamping cara aplikasi, perlakuan bakteri endofit dapat ditingkatkan melalui mengkombinasi beberapa strain bakteri endofit yang memiliki mekanisme yang berbeda tetapi saling menunjang (Whipps 2001). Hal yang perlu diperhatikan dalam mengaplikasikan agens biokontrol secara kombinasi, adalah tidak adanya sifat saling menghambat antar agens biokontrol (Whipps 2001). Munif (2001) melaporkan bahwa kombinasi antara *Enterobacter* spp. MK42 dengan *P. putida* MT16 lebih efektif dalam menekan jumlah puru *Meloidogyne incognita* pada tomat dibanding *P. putida* MT16 yang diaplikasikan secara tunggal. Terjadinya hal yang demikian disebabkan karena

masing-masing isolat mempunyai mekanisme yang berbeda, ada yang saling menunjang (sinergis) sehingga penekanan populasi nematoda semakin besar dibanding dengan diaplikasikan secara tunggal, dan ada yang saling menghambat (antagonis).

Perlakuan bakteri endofit juga dapat ditingkatkan dengan memadukan dengan teknik pengendalian lain seperti bahan organik. Harni dan Munif (2012) mengkombinasikan bakteri endofit dengan bahan organik (pupuk kandang dan kompos) untuk mengendalikan penyakit kuning pada tanaman lada. Hasil penelitian bakteri endofit yang dikombinasikan dengan kompos dapat menekan perkembangan nematoda dan meningkatkan pertumbuhan tanaman lada lebih baik dibanding dengan yang diaplikasikan dengan bakteri endofit saja.

#### POTENSI AGENS HAYATI BAKTERI ENDOFIT UNTUK PENGENDALIAN *P. brachyurus* PADA NILAM

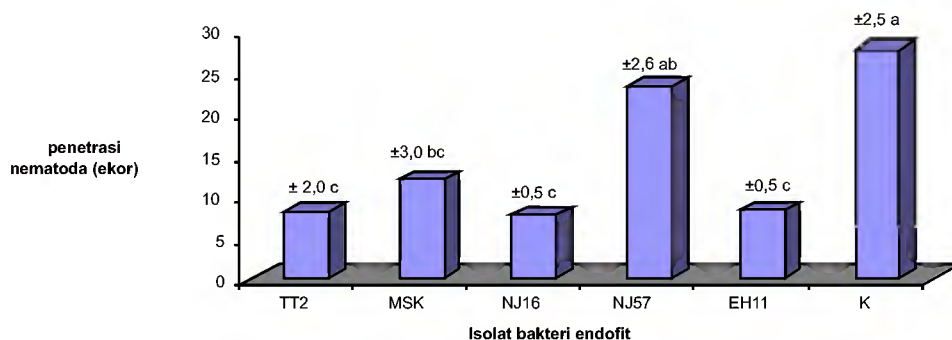
Bakteri endofit sebagai biokontrol nematoda akan mempengaruhi penetrasi, reproduksi, dan populasi nematoda (Sikora *et al.* 2007). Proses berkurangnya penetrasi nematoda ke dalam akar karena bakteri endofit mengkolonisasi epidermis akar. Kimmons *et al.* (1989) melaporkan proses kolonisasi bakteri endofit menyebabkan terjadi penebalan dinding sel. Pada tanaman *tall fescue* yang terinfeksi endofit menyebabkan ber-

kurangnya kemampuan *Pratylenchus scribneri* menginfeksi akar. Penelitian lain yang mengindikasikan bahwa bakteri endofit dapat menginduksi ketebalan dinding sel adalah tanaman *tall fescue* yang diinfeksi endofit dapat mengurangi infeksi *Meloidogyne marylandi* menembus stele akar.

Pada tanaman nilam, perlakuan bakteri endofit dapat mengurangi penetrasi nematoda *P. brachyurus* ke dalam akar (Harni *et al.*, 2011). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 5 bakteri endofit yang diuji (*A. faecalis* NJ16, *A. xylooxidans* TT2, *P. putida* EH11 dan *B. subtilis*) semuanya dapat menghalangi penetrasi *P. brachyurus* ke dalam akar nilam, kecuali *B. subtilis* NJ57 (Gambar 2).

Proses berkurangnya penetrasi nematoda ke dalam akar karena bakteri endofit mengkolonisasi epidermis akar. Hal ini dibuktikan dengan pengamatan histologis menggunakan mikroskop *fluorescens* dan pewarnaan *fluorescens* DAPI (4',6'-diamidino-2-phenylindiole), bahwa bakteri yang digunakan dapat mengkolonisasi epidermis akar (Harni, 2010). Proses kolonisasi pada epidermis akar merupakan suatu keuntungan bagi tanaman nilam karena kolonisasi pada epidermis merupakan proteksi awal bagi tanaman nilam terhadap infeksi *P. brachyurus* sehingga nematoda tidak dapat mempenetrasi akar.

Disamping mengurangi penetrasi akar, bakteri endofit juga dapat menekan populasi dan reproduksi nematoda pada tanaman nilam. Hasil penelitian Harni *et al.* (2011), menunjukkan perlakuan bakteri endofit dapat menekan



Gambar 2. Pengaruh bakteri endofit *Achromobacter xylooxidans* (TT2), *Bacillus cereus* (MSK), *Alcaligenes faecalis* (NJ16), *Bacillus subtilis* (NJ57) dan *Pseudomonas putida* (EH11) terhadap jumlah *Pratylenchus brachyurus* yang mempenetrasi akar nilam enam hari setelah perlakuan. Sumber Harni *et al.*, 2011.

reproduksi *P. brachyurus* dengan tingkat penekanan sebesar 54,8-70,6%. Diantara bakteri endofit yang diuji, *A. xylosoxidans* Tt2 paling tinggi penekanannya, sedangkan *B. cereus* MSK terendah.

Trudgill (1991) melaporkan bahwa bakteri endofit mempengaruhi proses fisiologis di dalam akar, seperti: mencegah proses makan nematoda, mencegah terbentuknya *feeding site*, menghambat perkembangan dan reproduksi nematoda. Tidak berkembangnya nematoda karena nutrisi yang dibutuhkan tidak cocok /tidak tersedia sehingga laju reproduksinya menjadi rendah dibanding dengan tanaman kontrol. Hal ini sama dengan yang dilaporkan Grundler dan Bockenhoff (1997) bahwa pada tanaman kentang yang diinfeksi oleh *Heterodera schachtii* pada kondisi nutrisi rendah, setelah pembentukan *sinsitium*, betina muda akan mati karena pada *sinsitium* terjadi peningkatan asam amino bebas seperti lisin, metionin, penilalanin dan triptopan yang menghambat perkembangan biakan nematoda. Selanjutnya Sikora *et al.* (2007) melaporkan bahwa mekanisme bakteri endofit sebagai biokontrol nematoda, di antaranya dengan mempengaruhi reproduksi nematoda. Tanaman kentang yang diperlakukan dengan *Bacillus sphaeracus* B43 dan *Rhizobium etli* G12 dapat menekan reproduksi dari *G. pallida* dengan mengurangi jumlah telur per kista (Rache dan Sikora 1992), sedangkan tanaman tomat yang diperlakukan dengan *Rhizobium etli* menggunakan teknik *split root*, signifikan menekan reproduksi *Meloidogyne incognita* yaitu dengan berkurangnya jumlah telur per betina (Hallmann *et al.* 2001).

Pengaruh positif bakteri endofit terhadap pertumbuhan tanaman nilam adalah tanaman dapat tumbuh lebih baik dibanding dengan tanaman tanpa bakteri endofit. Terjadinya hal tersebut karena bakteri endofit dapat menekan perkembangan nematoda dan juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan hormon pertumbuhan seperti indole acetic acid (IAA), sitokinin dan meningkatkan kesediaan unsur hara seperti N, P dan K (Khalid *et al.* 2004; Thakuria *et al.*, 2004). Tanaman nilam yang diinokulasi dengan bakteri endofit tumbuh lebih baik, yang ditunjukkan oleh berat tajuk dan berat kering tanaman nyata

lebih tinggi dibanding K+ (kontrol dengan nematoda), dengan peningkatan pertumbuhan sebesar 37,86-84,71% (Tabel 3). Peningkatan tertinggi pada *B. cereus* MSK tetapi tidak berbeda nyata dengan bakteri yang lain. Tingginya peningkatan pertumbuhan tanaman pada perlakuan *B. cereus* MSK sejalan dengan tingginya kandungan IAA pada tanaman. Kandungan IAA tertinggi pada *B. cereus* MSK yaitu 182,0 ppm tidak berbeda nyata dengan *A. faecalis* NJ16 169,3 ppm.

Tanaman yang tidak diperlakukan dengan bakteri endofit nyata lebih rendah pertumbuhannya karena akar tanaman tidak terlindungi dari serangan nematoda. Agrios (2005) melaporkan bahwa nematoda parasit berpindah seperti *P. brachyurus* menimbulkan kerusakan bersifat destruktif pada akar karena mereka mengkonsumsi isi sel akibatnya sel akan rusak dan mati. Rusaknya sel akar mengakibatkan proses penyerapan air dan hara terganggu sehingga kebutuhan tanaman tidak terpenuhi. Tidak terpenuhinya nutrisi yang dibutuhkan tanaman nilam menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, proses fotosintesa terganggu sehingga menyebabkan daun berwarna kuning. Terhambatnya proses tersebut mengakibatkan tanaman menjadi kerdil. Di samping itu juga berkurangnya konsentrasi zat pengatur tumbuh tanaman seperti auksin, sitokinin dan gibberelin yang banyak terdapat diujung akar. Berkurangnya zat pengatur tumbuh dapat terjadi karena nematoda mengeluarkan enzim selulase dan pektinase yang mampu mendegradasi sel, sehingga ujung akar luka dan pecah, hal ini menyebabkan auksin tidak aktif. Tidak aktifnya auksin maka pertumbuhan akan terhambat.

## KESIMPULAN

*Pratylenchus brachyurus* merupakan nematoda utama pada tanaman nilam yang menyebabkan kerugian baik kualitas maupun kuantitas. Pengendalian menggunakan bakteri endofit merupakan suatu teknik pengendalian nematoda *P. brachyurus* yang ramah lingkungan. Bakteri endofit dapat diisolasi dari semua bagian tanaman terutama bagian akar, populasi bakteri endofit dari



Tabel3. Pengaruh beberapa bakteri endofit terhadap berat basah, berat kering dan kadar *indol acetic acid* tanaman nilam

Isolate bakteri endofit	Berat tanaman (g)	Berat kering (g)	Penambahan berat tanaman (%)*	IAA (ppm)
<i>A. xylosoxidans</i> TT2	17,86 ± 1,6a	2,75 ± 0,8a	76,13	157,1 b
<i>B. cereus</i> MSK	18,73 ± 1,0a	2,90 ± 0,1a	84,71	182,0 a
<i>A. faecalis</i> NJ16	16,78 ± 0,7a	2,62 ± 0,8a	65,48	169,3 ab
<i>B. subtilis</i> NJ57	18,00 ± 1,0a	2,80 ± 0,9a	77,51	157,5 b
<i>P. putida</i> EH11	13,98 ± 0,9a	2,38 ± 0,6a	37,86	147,8 b
Tanpa bakteri endofit	10,14 ± 1,2b	1,32 ± 1,1b	-	157,7 b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan,  $\alpha = 0,05$ . \*) Persentase penambahan berat tanaman = berat tanaman pada perlakuan bakteri endofit - berat tanaman tanpa bakteri endofit : berat tanaman tanpa bakteri endofit x 100%.

akar nilam  $2,3 \times 10^2$  -  $6,0 \times 10^5$  cfu/g berat basah akar. Kerapatan populasi bakteri endofit pada tanaman nilam dipengaruhi oleh varietas tanaman dan teknik budidaya. Kolonisasi bakteri endofit pada akar nilam ditemukan pada epidermis, kortek dan jaringan inter dan intraseluler akar. Mekanisme bakteri endofit dalam menekan nematoda *P. brachyurus* adalah menginduksi ketahanan dengan peningkatan asam salisilat, peroksidase dan senyawa fenol dan mengkolonisasi epidermis sel akar. Bakteri endofit sebagai biokontrol nematoda dapat menekan penetrasi, reproduksi, dan populasi nematoda di dalam akar nilam yaitu 54,8-70,6%. Disamping itu bakteri endofit juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman nilam dengan meningkatkan produksi terpenoid sebesar 37,86-84,71%.

Penelitian keefektifan bakteri endofit dari tanaman nilam terhadap *P. brachyurus* telah membuktikan potensi dari bakteri endofit sebagai sumber agens hayati untuk pengendalian OPT. Namun demikian, penelitian yang sudah dilakukan masih jauh dari aplikasinya untuk tujuan komersial. Dalam rangka komersialisasi agens hayati untuk pengendalian OPT, termasuk *P. brachyurus* pada tanaman nilam, masih ada beberapa tahap yang perlu dilakukan, seperti memperkaya jenis agens hayati yang akan

diaplikasikan karena konsorsium sekelompok agens hayati dengan berbagai mekanisme akan menambah tingkat keefektifan agens hayati. Tahap selanjutnya adalah memformulasikan bakteri endofit menjadi suatu formula yang efektif dan murah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology*. Ed ke-5. San Diego: Academic Press
- Anita, B, Rajendran G, Samiyappan R. 2004. Induction of systemic resistance in tomato against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* by *Pseudomonas fluorescens*. *Nematologica Mediterranea* 32:47-51.
- Bacon, C.W, and S.S. Hinton. 2007. Bacterial endophytes: The endophytic niche, its occupants, and its utility. Di dalam: Gnanamanickam SS. *Gnanamanickam (ed.). Plant-Associated Bacteria*. Springer, Berlin. pp.155-194.
- Bell, C.R., G.A.Dickie, W.L.G.Harvey, and J.W.Y.F.Chan.1995. Endophytic bacteria in grapevine. *Can J Microbiol* 41:46-53.
- Compant, S., B. Reiter, J. Nowak, E. Ait Barka. 2005. Endophytic colonization of *Vitis vinifera*. *Applied Environmental Microbiology*

71:1685-1693.

- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2012. Nilam. Statistik Perkebunan Indonesia. 17 p.
- Djiwanti, S.R., and Y. Momota. 1991. Parasitic nematodes associated with patchouli disease in West Java. *Indust Crops Res J.* 3:31-34.
- Fuentes-Ramírez, L.E., J. Caballero-Melado, J. Sepúlveda, and E. Martínez-Romero. 1999. Colonization of sugarcane by *Acetobacter diazotrophicus* is inhibited by high N-fertilization. *FEMS Microbiol Ecol* 29:117-128.
- Grundler, F.M.W., and A. Bockenhoff. 1997. Physiology of nematode feeding and feeding sites. In *Cellular and Molecular Aspects of Plant Nematode Interaction*. Fenoll C, Grundler, F.M.W., Ohl, S.A. eds. Kluwer Academic Publishers, Nederland. pp 107-119.
- Hallmann, J., A. Quadt-Hallmann, W.F. Mahaffee, and J.W. Kloepper. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology* 43: 895-914.
- Hallmann, J., R. Rodriguez-Kabana, and J.W. Kloepper. 1999. Chitin-mediated changes in bacterial communities of the soil, rhizosphere and within roots of cotton in relation to nematode control. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 551-560.
- Hallmann, J. 2001. Plant interaction with endophytic bacteria. Di dalam: Jeger MJ. and Spence NJ, editor. *Biotic Interaction In Plant-Pathogen Associations*. CAB International.
- Hallmann, J., G. Berg. 2006. Spectrum and population dynamics of bacterial root endophytes. Di dalam: Schulz B, Boyle C, Sieber T. (Eds). *Soil biology Microbial root endophytes, Vol. 9*. Berlin, Heidelberg, Germany, Springer-Verlag, pp. 15-31.
- Harni, R., dan I. Mustika. 2000. Pengaruh infestasi *Pratylenchus brachyurus*, *Meloidogyne incognita* dan *Radopholus similis* pada tanaman nilam. *Buletin Balitro*. Vol. XINo. 2: 47-54.
- Harni, R., A. Munif, Supramana, dan I. Mustika. 2006. Pengaruh metode aplikasi bakteri endofit terhadap perkembangan nematoda peluka akar (*Pratylenchus brachyurus*) pada tanaman nilam. *Jurnal Littri* 12(4):161 - 165.
- Harni, R., Supramana, S.M. Sinaga, Giyanto, dan Supriadi. 2009. Keefektifan beberapa cara aplikasi bakteri endofit dalam pengendalian nematoda peluka akar *Pratylenchus brachyurus* pada nilam. Prosiding.
- Harni, R. 2010. Bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda peluka akar (*Pratylenchus brachyurus*) pada tanaman nilam. Disertasi Program Doktor IPB. Bogor.
- Harni, R., Supramana, S.M. Sinaga, Giyanto, dan Supriadi. 2011. Keefektifan bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda *Pratylenchus brachyurus* pada tanaman nilam. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 17(1):6-10.
- Harni, R. Supramana, and Supriadi. 2012a. Potential use of endophytic bacteria to control *Pratylenchus brachyurus* on patchouli. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 13(2): 84-93.
- Harni, R., Supramana, S.M. Sinaga, Giyanto, dan Supriadi. 2012b. Mekanisme bakteri endofit mengendalikan nematoda *Pratylenchus brachyurus* pada tanaman nilam. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat* 23(1):102-114.
- Harni, R. dan A. Munif. 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. dan Khaerati. 2013. Evaluasi bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda *Pratylenchus coffeae* pada tanaman kopi. *Bulletin Ristri* 4(2):109-116.
- Jacobs, M.J., W.M. Bugbee, and D.A. Gabrielson. 1985. Enumeration, location, and characterization of endophytic bacteria within sugar beet roots. *Can J Bot* 63:1362-1365.
- Kado, C.I. 1992. Plant pathogenic bacteria. Di dalam: A. Balows, H. G. Truper, M. Dworkin, W. Harder, K.-H. Schleifer (Eds.), *The Prokaryotes*. New York. Springer-Verlag.
- Khalid A, M. Arshad, Z.A. Zahir. 2004. Screening

- plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat (abstract). *App Microb* 96:473. <http://www.blackwellsynergy.com/links/doi/10.1046/j.13652672.2003.02161.x/abs/> [31 Juli 2004]
- Kimmons, C.A., K.D. Gwinn, and E.C. Bernard. 1989. Reproduction of selected nematode species on endophyte infected tall fescue. *Phytopathology* 79: 374.
- Krechel, A., A. Faupel, J. Hallmann, A. Ulrich, and G. Berg. 2002. Potato associated bacteria and their antagonistic potential towards plant-pathogenic fungi and the plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. *Can J Microbiol* 48:772-786.
- Mahaffee, W.F., and J.W. Kloepper. 1997. Bacterial communities of the rhizosphere and endorhiza associated with field-grown cucumber plants inoculated with a plant growth-promoting rhizobacterium or its genetically modified derivative. *Can J Microbiol* 43:34-35.
- McInroy, J.A., and J.W. Kloepper. 1995. Population dynamics endophytic bacteria in field-grown sweet corn and cotton. *Canadian Journal of Microbiology* 41:3895-3901.
- Mekete, T., J. Hallmann, K. Sebastian, and R. Sikora. 2009. Endophytic bacteria from Ethiopian coffee plants and their potential to antagonise *Meloidogyne incognita*. *Nematology*, Vol. 11(1):117-127.
- Munif A. 2001. Studies on the importance of endophytic bacteria for the biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on tomato. Inaugural-Dissertation. Institut für Pflanzenkrankheiten der Rheinischen Friedrich Wilhelms. Universität Bonn.
- Mustika, I., Y. Nuryani, dan O. Rostiana. 1991. Nematoda parasit pada beberapa kultivar nilam di Jawa Barat. *Buletin Litro* VI (I): 9-14.
- Mustika, I., A. Rahmat, dan Suyanto. 1995. Pengaruh pupuk, pestisida dan bahan organik terhadap pH tanah, populasi nematoda dan produksi nilam. *Medkom Penelitian dan Pengembangan Tantri* 15:70-74.
- Pleban, S., F. Ingel, and I. Chet. 1995. Control of *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* in the greenhouse using endophytic *Bacillus* spp. *European J. Plant Pathol* 101:665-672.
- Racke, J., R.A. Sikora. 1992. Isolation, formulation and antagonistic activity of rhizobacteria toward the potato cyst nematode *Globodera pallida*. *Soil Biology and Biochemistry* 24, 521-526.
- Reitz, M., K. Rudolph, I. Schroder, S. Hoffmann-Hergarten, J. Hallmann, and R.A. Sikora. 2000. Lipopolysaccharides of *Rhizobium etli* G12 act in potato roots as an inducing agent of systemic resistance to infection by cyst nematode *Globodera pallida*. *Applied and Environ. Microbiol* 66(8):3515-3518.
- Siddiqui, I.A., and S.S. Shaukat. 2003. Endophytic bacteria: prospects and opportunities for the biological control of plant parasitic nematodes. *Nematological Mediterranean* 31:111-120.
- Shishido, M., B.M. Loeb, and C.P. Chanway. 1995. External and internal root colonization of lodgepole pine seedlings by two growth-promoting *Bacillus* strains originated from different root microsites. *Can J Microbiol* 41:707-713
- Smith, K.P. and R.M. Goodman. 1999. Host variation for interactions with beneficial plant associated microbes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37:473-491.
- Sikora, R.A., K. Schafer, and A.A. Dababat. 2007. Modes of action associated with microbially induced in planta suppression of plant parasitic nematodes. *Australasian Plant Pathology* 36:124-134.
- Sturz, A.V., B.R. Christie, B.G. Matheson, W.J. Arsenault, and N.A. Buchanan. 1999. Endophytic bacterial communities in the periderm of potato tubers and their potential to improve resistance to soil-borne plant pathogens. *Plant Pathol* 48:360-369.
- Thakuria, D., N.C. Talukdar, C. Goswami, S. Hazarika, and R.C. Boro. 2004. Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam. *Current Science* 86:978-985.
- Tian, B., J. Yang, and K. Zhang. 2007. Bacteria used in the biological control of plant-parasitic

nematodes: populations, mechanisms of action, and future prospects. *FEMS Microbiol Ecol* 61:197-213.

Trudgill, D.L. 1991. Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annual Review of Phytopathology*. 29: 167-192.

Van Loon, L.C, and P.A.H.M. Bakker. 2006. Induced systemic resistance as a mechanism of disease suppression by rhizobacteria. Di dalam: Siddiqui ZA. Publishing Springer. *PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Nederland*. p 39-66.

Vasudevan P, M.S. Reddy, S. Kavitha, P. Velusamy,

R.S.D. Paulraj. 2002. Role of biological preparations in enhancement of rice seedling growth and grain yield. *Current Science* 83:1140-1143.

Whipps, J.M. 2001. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Jurnal of Experimental Botany* 52:467-511.

Zinniel, D.K., P. Lanbrecht, N.B. Harris, Z. Feng, D. Kuczmarski, and P. Higley. 2002. Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants. *App Env Microbiol* 68:2198-2208.