

POTENSI BAKTERI ENDOFIT MENGINDUKSI KETAHANAN TANAMAN LADA TERHADAP INFEKSI *Meloidogyne incognita*

RITA HARNI dan MEYNARTI SARI DEWI IBRAHIM

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri
Jl. Raya Pakuwon-Parungkuda km. 2 Sukabumi. balittri@gmail.com

(Diterima Tgl. 30 - 3 - 2011- Disetujui Tgl. 3 - 8 - 2011)

ABSTRAK

Meloidogyne incognita, merupakan salah satu organisme pengganggu (OPT) penyebab penyakit kuning pada tanaman lada dan dapat mengakibatkan penurunan hasil sampai 32%. Beberapa teknik untuk mengendalikan patogen ini telah dilakukan tetapi belum memberikan hasil yang memuaskan. Pengendalian biologi dengan menggunakan bakteri endofit merupakan salah satu alternatif pengendalian yang cukup menjanjikan untuk dapat mengatasi permasalahan nematoda penyakit tanaman. Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Bakteriologi dan Nematologi Departemen Proteksi Tanaman Institut Pertanian Bogor, dan Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri Pakuwon Sukabumi dari bulan Mei sampai November 2009. Kegiatan yang dilakukan adalah: 1) Seleksi beberapa isolat bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda *M. incognita* pada tanaman lada dan 2) Potensi *induced systemic resistance* (ISR) dan analisis asam salisilat serta peroksidase. Isolat bakteri endofit yang digunakan adalah isolat bakteri endofit potensial yang diisolasi dari akar nilam. Akar tanaman lada diredam dalam suspensi bakteri endofit, selanjutnya diinokulasi dengan 500 ekor larva 2 *M. incognita*. Sebulan setelah inokulasi tanaman dibongkar diamati populasi nematoda dan pertumbuhan tanaman. Analisis ISR dilakukan dengan metode *split root system* dilanjutkan dengan analisis kadar asam salisilat dan peroksidase. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri endofit dapat menekan jumlah puru dan populasi nematoda di dalam akar. Penekanan tertinggi pada isolat MSK (97,93%) tidak berbeda nyata dengan isolat BAS, TT2, dan NJ46 yaitu 97,35; 95,22; dan 92,14%. Berdasarkan analisis *split root system*, ke 4 isolat tersebut dapat menginduksi ketahanan tanaman lada secara sistemik dengan mekanisme peningkatan kandungan asam salisilat dan peroksidase di dalam akar.

Kata kunci : Bakteri endofit, penyakit kuning, *Piper nigrum* L., *Meloidogyne incognita*, induksi ketahanan

ABSTRACT

The use of endophytic bacteria to induce plant resistance against infection of root-knot nematode (Meloidogyne incognita) on black pepper

Root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) is one of important pathogens causing yellow disease on black pepper. As a result of this pathogen attack can lower the results up to 32%. Several control methods have been done successful to control pathogen. Biological control using endophytic bacteria is one of prospective alternative control methods to overcome nematode problem. The research had been conducted in the Laboratory of Bacteriology and Nematology Department of Plant Protection, Bogor Agricultural University (IPB) and in greenhouse of Indonesian Spices and Industrial Crops Research Institute (ISICRI) Sukabumi. The objectives of this study were : 1) Selection of endophytic bacteria to control *M. incognita* nematodes on black pepper and 2) Potential of induced systemic resistance (ISR) and analysis of salicylic acid and peroxidase. Endophytic

bacterial isolates used were endophytic potential bacterial isolates isolated from the roots of patchouli. Pepper plant roots were soaked in an endophytic bacterial suspension, then inoculated with 500 larvae of 2 *M. incognita*. A month after inoculation, the plants were dismantled and observed population of nematodes and plant growth. ISR analysis was performed by the method of split root system followed by analysis of salicylic acid and peroxidase contents. The research was arranged using Completely Randomized Design. The results showed that endophytic bacteria were able to suppress the amount of gall and nematode population in roots. The highest suppression was on MSK isolate (97.93%) which was not significantly different from BAS, TT2, and NJ46 isolates, namely 97.35, 95.22, and 92.14%, respectively. The analysis of split root system showed that the 4 isolates were able to induce systemic resistance of black pepper with a mechanism of increase in salicylic acid and peroxidase contents in roots.

Key words : Endophytic bacteria, yellow disease, *Piper nigrum* L., *Meloidogyne incognita*, induce systemic resistance

PENDAHULUAN

Meloidogyne incognita adalah salah satu nematoda parasit penyebab penyakit kuning pada tanaman lada. Patogen ini dapat menyerang semua stadia dari tanaman, baik pada tanaman lada perdu maupun pada lada dengan tiang panjat. Akibat dari serangan nematoda ini dapat menurunkan hasil sampai 32%, dan menjadi jalan masuk bagi patogen lain, terutama yang melakukan penetrasi melalui luka seperti *Fusarium* sp. (MUSTIKA, 2000).

Beberapa teknik pengendalian, seperti varietas tahan/toleran, penggunaan bahan organik, dan nematisida kimia, belum dapat mengatasi permasalahan karena nematoda ini bersifat polifag mempunyai inang yang banyak baik tanaman hortikultura, pangan, rempah, perkebunan, dan gulma sehingga di lapangan inangnya selalu tersedia (HARNI dan MUSTIKA, 2003). Pengendalian biologi dengan menggunakan bakteri endofit merupakan salah satu alternatif pengendalian yang diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut. Keunggulan bakteri endofit sebagai agens pengendali hayati, selain sebagai agens biokontrol, beberapa diantaranya juga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman yang dikenal dengan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), karena mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi, menghasilkan hormon pertumbuhan (BACON dan

HINTON, 2007; HALLMANN dan BERG, 2006) serta dapat menginduksi ketahanan tanaman (HALLMANN, 2001; KLOEPPER dan RYU, 2006) yang dikenal dengan *induced systemic resistance* (ISR).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bakteri endofit yang diisolasi dari mentimun dan kapas dapat mengurangi populasi *Meloidogyne incognita* pada mentimun sampai 50% (HALLMANN *et al.*, 1995). Bakteri endofit *Bacillus pumilus* dan *B. mycoides* efektif mengurangi jumlah puru dan telur *M. incognita* 33 dan 39% pada kopi (MEKETE *et al.*, 2009). MUNIF (2001) menguji 181 isolat bakteri endofit asal tomat terhadap *M. incognita*, 21 isolat dapat menghambat perkembangan nematoda *M. incognita* di rumah kaca. Selanjutnya HARNI (2010) menggunakan isolat bakteri endofit asal nilam yaitu *Achromobacter xylosoxidans*, *Bacillus subtilis*, *Alcaligenes faecalis*, *Bacillus cereus*, dan *Pseudomonas putida* dapat menekan populasi *Pratylenchus brachyurus* 74,0-81,6% sekaligus dapat meningkatkan pertumbuhan nilam sebesar 46,97-86,79%, dan filtratnya dapat membunuh nematoda dalam waktu 24 jam dengan nilai LC_{50} sebesar 7,71% (HARNI *et al.*, 2010).

Mekanisme bakteri endofit dalam menginduksi ketahanan adalah dengan mengkolonisasi jaringan dalam tanaman sehingga menstimulasi tanaman untuk meningkatkan produksi senyawa metabolit yang berperan dalam ketahanan tanaman, di antaranya enzim peroksidase, peningkatan aktifitas kitinase, β -1,3 glukanase, dan pathogenesis related protein, fitoaleksin (PRESS *et al.*, 1997). Enzim peroksidase dibutuhkan oleh tanaman untuk menghasilkan senyawa-senyawa pertahanan tanaman seperti lignin, kitin, dan beberapa senyawa penyusun dinding sel (HALLMAN, 2001). HARNI *et al.* (2011) telah menguji mekanisme bakteri endofit *Achromobacter xylosoxidans*, *Bacillus subtilis*, *Alcaligenes faecalis*, *Bacillus cereus*, dan *Pseudomonas putida* pada tanaman nilam, beberapa diantaranya menginduksi ketahanan tanaman dengan meningkatkan kadar asam salisilat, peroksidase dan fenol.

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan bakteri endofit yang dapat menginduksi ketahanan tanaman untuk pengendalian nematoda *Meloidogyne incognita* pada tanaman lada.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bakteriologi dan Nematologi Departemen Proteksi Tanaman Institut Pertanian Bogor, dan Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri Pakuwon (Balittri) Sukabumi dari bulan Mei sampai November 2009.

Bakteri yang digunakan adalah bakteri endofit koleksi Kelti Hama dan Penyakit Balittri, yaitu isolat TT2, NJ57, NJ16, NJ46, NJ2, CR1, TKU6, BAS, MSK, dan

EH11, serta 2 isolat yaitu P24 dan B12 hasil koleksi Departemen Proteksi Tanaman FAPERTA, Institut Pertanian Bogor. Bakteri endofit diperbanyak pada media *Tryptic Soy Agar* (TSA) selama 48 jam pada suhu kamar kemudian disuspensikan dalam air steril. Untuk mendapatkan suspensi bakteri dengan kerapatan 10^9 cfu/ml, dilakukan pengukuran nilai absorbansi menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm. Nilai absorbansi 1 mempunyai kerapatan sel bakteri sekitar 10^9 cfu/ml.

Bahan tanaman yang digunakan adalah setek tanaman lada varietas Petaling 2 yang telah berakar, sedangkan nematoda *M. incognita* diisolasi dari akar tanaman lada yang terinfeksi nematoda puru akar dari lapang kemudian diperbanyak pada tanaman tomat di rumah kaca.

Seleksi Isolat Bakteri Endofit untuk Mengendalikan Nematoda *M. incognita* Pada Tanaman Lada

Bibit lada diperlakukan dengan isolat bakteri endofit (TT2, NJ57, NJ16, NJ46, NJ2, CR1, TKU6, P24, B12, BAS-S3, MSK-3, dan EH11) dengan cara merendam akar lada dengan suspensi bakteri endofit dengan kerapatan populasi 10^9 cfu/ml selama 1 jam. Sebagai kontrol digunakan tanaman lada yang direndam dalam air steril. Selanjutnya bibit lada ditanam dalam polibeg berdiameter 15 cm yang berisi tanah dan pasir steril, dengan perbandingan 2:1. Satu minggu setelah tanam, tanaman lada diinokulasi dengan 500 ekor larva 2 *M. incognita*. Inokulasi dilakukan dengan cara menuangkan suspensi nematoda di sekeliling tanaman pada kedalaman 1 cm. Satu bulan setelah inokulasi, tanaman dibongkar dan diamati jumlah puru, populasi nematoda, dan pertumbuhan tanaman. Nematoda pada akar diekstraksi dengan *Funnel spray method* sedangkan nematoda dari contoh tanah diisolasi dengan metode flotasi-sentrifugasi. Parameter pertumbuhan tanaman yang diamati adalah tinggi tanaman, berat tajuk tanaman, berat akar, dan berat basah tanaman.

Potensi Induced Systemic Resistance (ISR)

Uji potensi ISR dari bakteri endofit terhadap *M. incognita* dilakukan dengan metode *split-root system* (HASKY-GUNTHER *et al.*, 1998). Tanaman lada berumur 1 bulan dibongkar, kemudian ditanam di dalam pot berdiameter 10 cm yang berisi tanah steril. Di bawah pot diletakkan 2 buah pot lagi. Selanjutnya akar dari tanaman lada pada pot atas dibagi dua, masing-masing dimasukkan ke dalam kedua pot yang ada di bawahnya. Dua minggu setelah pemisahan akar, salah satu dari pot tanaman lada diinokulasi dengan 50 ml suspensi bakteri endofit dengan kerapatan 10^9 cfu/ml. Enam hari setelah perlakuan bakteri, pot yang kedua diinokulasi dengan 100 ekor nematoda. Dua

minggu setelah inokulasi nematoda, tanaman dibongkar, dan akarnya diwarnai dengan *acid fuchsin* untuk dihitung populasi yang telah menginfeksi akar. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop.

Parameter lain yang diamati adalah kadungan asam salisilat dan peroksidase di dalam tanaman lada. Analisis asam salisilat dan peroksidase dilakukan 1 dan 2 minggu setelah aplikasi bakteri dengan metode HPLC dan spektrometer. Aktivitas peroksidase diukur berdasarkan metode pengukuran absorbansi langsung menggunakan spektrofotometer. Akar ditimbang sebanyak 1 g kemudian dihancurkan dengan mortar dalam buffer fosfat 0,01M, pH 6 dengan perbandingan 1:4. Ekstrak akar disentrifus dengan kecepatan 5.000 rpm selama 30 menit pada suhu 4°C, selanjutnya disaring menggunakan kertas saring Whatman. Supernatan yang diperoleh digunakan sebagai sediaan enzim. Pengamatan aktivitas enzim dilakukan dengan memasukan sediaan enzim sebanyak 0,2 ml yang sudah diencerkan 1:3 dengan buffer fosfat 0,01 M, pH 6 dimasukkan ke dalam tabung reaksi berdiameter 1 cm yang berisi 5 ml larutan pirogalol 0,5 M dan 0,5 ml H₂O₂ 1%. Suspensi larutan dihomogenkan selama 5-10 detik dan nilai absorbansinya dihitung pada panjang gelombang 420 nm dengan interval waktu setiap 30 detik selama 150 detik. Apabila nilai absorbansi terlalu tinggi dapat dilakukan pengenceran terhadap sediaan enzim dengan buffer fosfat. Sebelum dilakukan penghitungan, nilai absorbansi yang diperoleh, terlebih dahulu dikurangi dengan blanko. Rata-rata nilai absorbansi (AOD = b) dari satu pengamatan dicari dengan menggunakan persamaan regresi (Y= a + bx). Unit aktivitas enzim (UAE) dihitung dengan rumus : $UAE = AOD \times \text{sediaan enzim (ml)/bobot basah kontrol (g)}$.

Aktivitas asam salisilat diukur menggunakan teknik HPLC. Akar ditimbang sebanyak 5g kemudian dihancurkan dengan mortar dalam 50 ml buffer asetonitril. Buffer dibuat dengan mengatur pH dengan H₃PO₄ 0,4% sehingga mencapai 2,24. Ekstrak akar dihomogenisasi selama 1 jam, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 7.000 rpm selama 5 menit, selanjutnya disaring menggunakan kertas saring yang berukuran 0,45 µm. Supernatan yang diperoleh disuntikkan ke HPLC.

Analisis data, untuk menguji pengaruh perlakuan terhadap peubah yang diamati, dilakukan analisis ragam dan bila terdapat perbedaan dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan New Multiple Range Test* pada taraf 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seleksi Isolat Bakteri Endofit untuk Mengendalikan Nematoda *M. incognita* pada Tanaman Lada

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri endofit dapat menekan jumlah puru dan populasi nematoda di dalam akar (Tabel 1). Penekanan tertinggi pada isolat MSK yaitu sebesar 97,93% dan tidak berbeda nyata dengan isolat BAS, TT2, dan NJ46, yaitu 97,35; 95,22; dan 92,14%. SIKORA *et al.* (2007), BACON dan HINTON (2007), dan TIAN *et al.* (2007) melaporkan bahwa bakteri endofit dalam menekan populasi nematoda diantaranya (1) mengkolonisasi jaringan internal inang dan menempati relung ekologi yang dibutuhkan oleh patogen, (2) mengkolonisasi jaringan kortek, dan (3) menghasilkan metabolit yang dapat menekan perkembangan patogen, serta (4) menginduksi ketahanan tanaman.

Di samping dapat menekan perkembangan nematoda, beberapa diantara bakteri endofit, terutama isolat CR1, TT2, NJ16, dan TKU, juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (berat akar dan tajuk tanaman) (Gambar 1). Terjadinya peningkatan pertumbuhan, seperti berat tajuk dan akar, disebabkan oleh karena bakteri endofit dapat merangsang pembentukan akar lateral dan jumlah akar sehingga dapat memperluas penyerapan unsur hara. BACON dan HINTON (2007) melaporkan bahwa bakteri endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan cara : 1) meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman, seperti nitrogen, fosfat, fosfor, dan mineral lainnya, 2) merangsang pertumbuhan dengan memproduksi hormon pertumbuhan, seperti etilen, auxin, dan sitokinin, 3) mengurangi dampak negatif dari patogen.

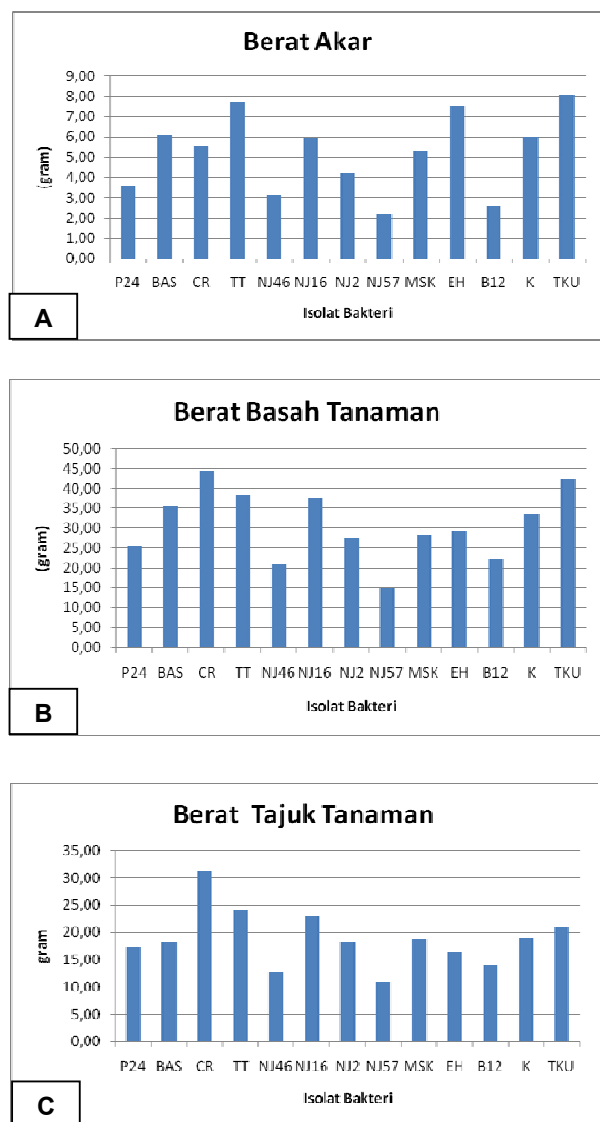
Tabel 1. Pengaruh beberapa isolat bakteri endofit terhadap jumlah puru dan populasi *M. incognita* di dalam akar lada satu bulan setelah inokulasi

Table 1. Effect of endophytic bacteria on the gall number and *M. incognita* population in roots of black pepper

Isolat bakteri endofit <i>Endophytic bacterial isolates</i>	Jumlah puru <i>Gall number</i>	Populasi nematoda <i>Nematodes population</i>	Pengurangan populasi (%) <i>Population reduction (%)</i>
NJ 16	46,50 bcd	520 cd	83,46
TT2	12,75 cd	150 f	95,22
TKU	59,00 abc	934 bc	70,29
NJ2	18,60 cd	433 cd	86,22
NJ57	11,00 d	420 cd	86,64
P24	18,00 cd	3.013 ab	4,16
NJ46	14,00 cd	247 f	92,14
B12	66,00 ab	934 bc	70,29
BAS	13,50 cd	83,3 f	97,35
EH11	25,00 bcd	1.132 bc	63,99
MSK	15,80 cd	65 f	97,93
CR1	31,25 bcd	1.161 bc	63,07
Kontrol	80,20 a	3.144 a	-

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan, α = 0,05

Note : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different at 0.05 DMRT



Gambar 1. Pengaruh isolat bakteri endofit terhadap pertumbuhan tanaman lada

Figure 1. Effect of endophytic bacterial isolates on the growth of pepper plants

Keterangan : A. Berat akar *Root weight*, B. Berat tajuk *Weight of canopy*, dan C. Berat basah tanaman *Plant fresh weight*

Potensi Induced Systemic Resistance (ISR)

Hasil penelitian potensi *induced systemic resistance* (ISR) menggunakan metode *split root system* yaitu suatu metode untuk menentukan induksi ketahanan sistemik, memperlihatkan bahwa resistensi terinduksi terjadi pada tanaman lada yang diperlakukan dengan isolat TT2, MSK, BAS, dan NJ46 (Tabel 2). Hal ini terjadi karena bakteri endofit yang diaplikasikan dapat menstimulasi gen-gen ketahanan pada seluruh bagian tanaman sehingga infeksi

nematoda dapat ditekan. Menurut TIAN *et al.* (2007), induksi ketahanan tanaman adalah fenomena dimana terjadi peningkatan ketahanan tanaman terhadap infeksi oleh patogen setelah terjadi rangsangan. Ketahanan ini merupakan perlindungan tanaman yang didasari pada mekanisme ketahanan yang dirangsang oleh perubahan metabolisme. Induksi ketahanan tanaman terhadap nematoda dapat melalui peningkatan asam salisilat, peroksidase, fitoaleksin, *pathogenesis related* protein (PR), dan senyawa fenolik. Respon sistemik dapat terjadi saat terinduksinya senyawa-senyawa tersebut, selanjutnya ditransfer secara intraselluler ke seluruh bagian tanaman (VUURDE dan REQUANTO, 2005). Hasil analisis 4 isolat yang menginduksi ketahanan yaitu TT2, MSK, BAS, dan NJ46 terhadap peningkatan enzim peroksidase dan asam salisilat dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4. Analisis peroksidase dalam akar memperlihatkan bahwa perlakuan isolat bakteri endofit tidak semua dapat meningkatkan kandungan peroksidase dalam akar pada minggu pertama setelah perlakuan dibanding kontrol (Tabel 3). Isolat TT2 dan BAS memperlihatkan aktifitas yang tinggi pada minggu pertama dan menurun pada minggu kedua. Mekanisme peroksidase dalam mengendalikan nematoda adalah dengan menginduksi hipersensitif reaksi (HR) yaitu reaksi cepat melokalisasi sel, kemudian terbentuk nekrosis pada jaringan di daerah infeksi dan akhirnya jaringan tersebut mati. Matinya jaringan akan menyebabkan nematoda tidak mendapat makanan dari jaringan tersebut. Pada nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.), HR berkembang di dekat kepala larva 2 yang masuk ke dalam akar atau di sel dekat tempat nematoda mengambil makanan. Larva 2 akan gagal membentuk *feeding site* dan selanjutnya akan mati atau meninggalkan akar (LIHARSKA dan WILLIAMSON, 1997).

Tabel 2. Pengaruh bakteri endofit terhadap populasi *Meloidogyne incognita* pada akar lada dengan metode *split-root system*
Table 2. Effect of endophytic bacteria on *Meloidogyne incognita* population in the pepper roots by using *split-root system*

Bakteri endofit <i>Endophytic bacteria</i>	Nematoda di akar <i>Nematodes in roots</i>
NJ 16	13 cd
TT2	4 e
TKU	22,5 ab
NJ2	11,75 cd
NJ57	10 cde
P24	15,5 abc
NJ46	5,75 de
B12	18,75 abc
BAS	6,5 de
EH11	17,5 abc
MSK	4,25 e
CR1	12 cd
Kontrol	24,25 a

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan, $\alpha = 0,05$

Note : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different at 0.05 DMRT

Tabel 3. Pengaruh isolat bakteri endofit terhadap kandungan peroksidase akar lada

Table 3. Effect of endophytic bacteria on the peroxidase content in pepper roots

Bakteri endofit <i>Endophytic bacteria</i>	Kandungan peroksidase di dalam akar (ppm) <i>Peroxidase content in pepper roots (ppm)</i>	
	Minggu I <i>Week I</i>	Minggu II <i>Week II</i>
	TT2	0,001600
MSK	0,000720	0,000072
BAS	0,001440	0,000400
NJ46	0,000640	0,000320
Kontrol	0,001280	0,000160

Tabel 4. Pengaruh isolat bakteri endofit terhadap kandungan asam salisilat dalam akar lada

Table 4. Effect of endophytic bacteria on the salicylic acid content in roots of black pepper

Perlakuan <i>Treatment</i>	Kandungan asam salisilat di dalam akar (ppm) <i>Salicylic acid content in pepper roots (ppm)</i>	
	Minggu I <i>Week I</i>	Minggu II <i>Week II</i>
	TT2	158,55
MSK	216,41	176,91
BAS	154,18	146,93
NJ46	152,74	126,77
Kontrol	166,20	177,81

Hasil analisis kandungan asam salisilat dalam akar, hanya isolat MSK yang dapat meningkatkan kandungan asam salisilat dibanding kontrol. Peran biosintesis asam salisilat dalam peningkatan mekanisme pertahanan tanaman adalah dengan mengaktifkan gen-gen ketahanan tanaman (VAN LOON dan Bakker, 2006). SIDDIQUI dan SHAUKAT (2004) melaporkan bahwa *Pseudomonas fluorescens* menginduksi ketahanan sistemik terhadap infeksi nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) melalui sinyal transduksi independen dari asam salisilat yang terakumulasi di akar. Pada lobak yang diperlakukan dengan bakteri *P. fluorescens* WCS374 dan WCS417 meningkatkan aktivitas asam salisilat sehingga menginduksi terjadinya ISR dalam tanaman (VAN LOON and BAKKER, 2006).

KESIMPULAN

Isolat bakteri endofit dapat menekan jumlah puru dan populasi nematoda di dalam akar tanaman lada. Peneanan tertinggi pada isolat MSK sebesar 97,93%, tidak berbeda nyata dengan isolat BAS, TT2, dan NJ46 yaitu 97,35; 95,22; dan 92,14%. Berdasarkan analisis *split root system*, isolat TT2, MSK, BAS, dan NJ46 dapat menginduksi ketahanan tanaman lada terhadap infeksi *M. incognita*, dengan mekanisme peningkatan kandungan peroksidase dan asam salisilat dalam akar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Proyek Penelitian DIKTI atas bantuan dana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- BACON, C.W. and S.S. HINTON. 2007. Bacterial endophytes: The endophytic niche, its occupants, and its utility. *Dalam*: Gnanamanickam SS. Gnanamanickam (ed.). Plant-Associated Bacteria. Springer, Berlin. pp. 155–194.
- HALLMANN, J., J.W. KLOEPPER, R. RODRIGUEZ-KABANA, and R.A. SIKORA. 1995. Endophytic rhizobacteria as antagonists of *Meloidogyne incognita* on cucumber [abstrak]. *Phytopathology*. 85:1136.
- HALLMANN, J. 2001. Plant interaction with endophytic bacteria. *Dalam* : Jeger, M.J. and N.J. Spence (eds.). Biotic Interaction in Plant-Pathogen Associations. CAB International.
- HALLMANN, J. and G. BERG. 2006. Spectrum and population dynamics of bacterial root endophytes. *Dalam*: Schulz B, C. Boyle, and T. Sieber (Eds.). Soil biology Microbial root endophytes, Vol. 9. Berlin, Heidelberg, Germany, Springer-Verlag, pp. 15-31.
- HARNI, R. dan I. MUSTIKA I. 2003. Pemanfaatan bakteri *Pasteuria penetrans* untuk mengendalikan nematoda parasit tanaman. *Perspektif*, 2(2): 45-55.
- HARNI, R. 2010. Bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda peluka akar (*Pratylenchus brachyurus*) pada tanaman nilam. Desertasi Program Pasca-sarjana IPB. Bogor. pp.118.
- HARNI, R., SUPRAMANA, M.S. SINAGA, GIYANTO, dan SUPRIADI. 2010. Pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap mortalitas, penetasan telur, dan populasi *Pratylenchus brachyurus* pada nilam. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 16(1): 43-47.
- HARNI, R., SUPRAMANA, M.S. SINAGA, GIYANTO, dan SUPRIADI. 2011. Mekanisme bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda *Pratylenchus brachyurus*. *Bulletin Ristri*. (dalam proses penerbitan).
- HASKY-GUNTHER, K., S. HOFFMANN-HERGARTEN, dan R.A. SIKORA. 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.
- KLOEPPER, J.W. and C.M. RYU. 2006. Bacterial endophytes as Elicitors of induced systemic resistance. *Dalam* : Schulz, B., C. Boyle, and T. Sieber (Eds). Soil biology Microbial root endophytes, Vol. 9. Berlin, Heidelberg, Germany, Springer-Verlag, pp. 33-52.

- LIHARSKA, T. and V.M. WILLIAMSON. 1997. Resistance to root knot nematodes in tomato. *Dalam: Fenoll, C., F.M.W. Grundler, and S.A. Ohl. (eds). Cellular and Molecular Aspects of Plant Nematode Interaction. Kluwer Academic Publishers, The Netherland. p 191-200.*
- MEKETE, T., J. HALLMANN, K. SEBASTIAN, and R.A. SIKORA. 2009. Endophytic bacteria from Ethiopian coffee plants and their potential to antagonise *Meloidogyne incognita*. *Nematology*, 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. 2000. Penyakit kuning dan cara pengendaliannya. Dalam Hama dan Penyakit Utama Tanaman Lada Serta Teknik Pengendaliannya. Booklet. Proyek Penelitian PHT Tanaman Perkebunan. p.74-84.
- PRESS, C., W. KISAALITA, M. WILSON, S. TUZUN, and J.W. KLOEPPER. 1997. Effects of iron and siderophores on induce systemic resistance on cucumber mediated by *Serratia marcescens* 90-166. *Dalam: Ogoshi, A., K. Kobayashi, K. Homma, F. Kodama, N. Kondo, and S. Akino (eds). Plant growth-promoting rhizobacteria, present status, and future prospects. Proceedings 4th Intern Workshop on Plant Growth - Promoting Rhizobacteria; Japan, 5-10 October 1997. Japan-OECD Joint Workshop. hlm 243-245.*
- SIDDIQUI, I.A. and S.S. SHAUKAT. 2004. Systemic resistance in tomato induced by biocontrol bacteria against the root knot nematode, *Meloidogyne javanica* is dependent of salicylic acid production. *J. Phytopathol.* 152: 48-54.
- 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.
- TIAN, B., J. YANG, and K. ZHANG. 2007. Bacteria used in the biological control of plant-parasitic nematodes: populations, mechanisms faction, and future prospects. *FEMS Microbiol Ecol.* 61 : 197-213.
- VAN VUURDE, J.W.L. and M.E. REQUANTO. 2005. Endophyte management as tool optimize plant quality <http://www.Ag.auburn.edu/m/lowen/argentina/scrip-van-manuscript/van-vuur>. Hmtl. **(tgl diunduh ???)**
- VAN LOON, L.C. and P.A.H.M. BAKKER. 2006. Induced systemic resistance as a mechanism of disease suppression by rhizobacteria. *Dalam: Siddiqui, ZA. PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Publishing Springer. The Netherlands. p. 39-66.*