

# HUBUNGAN BAKTERI ENDOFIT DAN NEMATODA PARASIT PENYEBAB PENYAKIT KUNING PADA TANAMAN LADA DI PROVINSI BANGKA BELITUNG

Abdul Munif dan Kristiana

Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB

Jl. Kamper Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16688

abdulmunif@ipb.ac.id

(Diajukan tanggal 28 Nopember 2011, diterima tanggal 17 Februari 2012)

## ABSTRAK

Penyakit kuning yang disebabkan oleh nematoda parasit *Meloidogyne incognita* dan *Radopholus similis* masih menjadi penyebab utama penurunan produksi lada di Provinsi Bangka Belitung. Penelitian bertujuan untuk mengetahui hubungan kelimpahan populasi bakteri endofit dan nematoda parasit pada perkebunan lada rakyat di Kabupaten Bangka Selatan dan Bangka Tengah. Penelitian meliputi survei tingkat kejadian penyakit kuning dan pengamatan populasi nematoda dan bakteri endofit pada pertanaman lada milik petani. Pengambilan sampel tanah dan akar lada berasal dari pertanaman lada yang sehat dan yang sakit atau terserang berat. Isolasi bakteri endofit dilakukan dengan menggunakan teknik sterilisasi permukaan. Hasil penelitian menunjukkan terdapat hubungan antara populasi bakteri endofit dengan populasi nematoda parasit penyebab penyakit kuning pada tanaman lada. Kelimpahan populasi bakteri endofit pada kebun lada yang sehat lebih tinggi dibandingkan dengan kebun lada yang sakit.

**Kata Kunci :** Bakteri endofit, nematoda parasit, penyakit kuning, lada

## ABSTRACT

*The Relationship between endophytic bacteria and yellow disease caused by parasitic-nematode on black pepper in Bangka Belitung province.* Yellow disease caused by parasitic nematodes (*Meloidogyne incognita* and *Radopholus similis*) is still a major constraint of black pepper production in Bangka Belitung. A study was carried out to investigate the relationship between population of endophytic bacteria and yellow disease caused by plant-parasitic nematodes on black pepper grown at districts of Bangka and Central Bangka. The study was conducted at farmers' black pepper plantations. A number of soil and root samples was taken from healthy black pepper vines and highly infected-nematode ones. An isolation of endophytic bacteria was then done through a surface sterilization method. Results shows there was a positive correlation between the population of endophytic bacteria and yellow disease incidence rates caused by plant-parasitic nematodes on black pepper plants. The population of endophytic bacteria found in the healthy black pepper plants was higher than those of in the infected-nematode ones.

**Keywords :** endophytic bacteria, parasitic nematode, yellow disease, pepper

## PENDAHULUAN

Kendala dalam meningkatkan produksi lada di daerah Bangka salah satunya adalah penyakit kuning yang disebabkan oleh nematoda parasit *Meloidogyne incognita* dan *Radopholus similis*. Akibat dari serangan penyakit tersebut, pertumbuhan tanaman terhambat, daun berwarna kuning, daun-daun yang menguning secara bertahap akan gugur dan akhirnya tanaman tidak berproduksi

secara maksimal, dan pada tingkat serangan berat tanaman akan mati (Mustika, 1990).

Serangan penyakit kuning pada tanaman lada mengakibatkan kerugian secara ekonomi dan sosial. Secara ekonomi tingginya serangan penyakit kuning menyebabkan menurunnya produksi lada, sehingga berakibat terhadap pendapatan petani lada. Dampak sosial dari penyakit kuning ini adalah banyak petani tidak berminat menanam lada dan beralih menjadi penambang timah (Daras dan Pranowo, 2009). Beberapa teknologi pengendalian

terhadap penyakit kuning ini sudah diaplikasikan oleh petani selain menggunakan pestisida juga dengan menggunakan cara kultur teknis seperti pencabutan, pembongkaran, pembakaran tanaman terserang dan aplikasi kapur pertanian dan cara-cara lainnya. Namun langkah tersebut belum sepenuhnya dapat membantu para petani untuk mengatasi masalah penyakit kuning (Manohara *et al.*, 2006)

Pengendalian secara biologi dengan agensia hayati baik yang diaplikasikan secara sendiri maupun yang dikombinasikan dengan bahan organik, dilaporkan dapat menekan serangan penyakit yang disebabkan oleh nematoda parasit pada beberapa komoditas pertanian seperti tomat, kentang, dan kedelai. Salah satu agensia hayati yang potensial untuk dikembangkan adalah bakteri endofit. Bakteri endofit merupakan bakteri saprofit yang hidup dalam jaringan tanaman yang sehat dan tidak menimbulkan gejala penyakit pada tanaman tersebut. Dilaporkan bahwa beberapa isolat bakteri endofit dapat mengendalikan nematoda parasit *Meloidogyne incognita* pada tanaman kapas (Hallmann *et al.*, 1998), tanaman tomat (Munif *et al.*, 2000) dan pada tanaman nilam (Harni *et al.*, 2007). Sejauh ini belum banyak dilaporkan perihal keberadaan bakteri endofit pada tanaman lada dan potensinya dalam mengendalikan nematoda parasit.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan antara kelimpahan populasi bakteri endofit dan persentase kejadian penyakit kuning pada perkebunan lada rakyat di Provinsi Bangka Belitung. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai keberadaan bakteri endofit pada pertanaman lada dan potensinya dalam pengelolaan dan pengembangan pengendalian penyakit kuning pada lada.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu Penelitian

Contoh akar lada dan tanah diambil dari pertanaman lada yang sehat dan yang sakit milik petani di Kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka dan Kecamatan Simpang Ketis, Kabupaten Bangka Tengah. Kriteria kebun sehat adalah kebun lada dengan persentase kejadian penyakit kurang dari 20%, sedangkan kebun sakit (terserang) adalah kebun lada dengan persentase kejadian penyakit

kuning lebih dari 60%. Dari masing-masing kebun diambil 10 sampel tanaman yang meliputi akar dan tanah secara acak. Ekstraksi nematoda dan isolasi bakteri endofit dilakukan di Laboratorium Nematologi dan Bakteriologi Tumbuhan Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor. Penelitian dilaksanakan pada bulan September sampai dengan Desember 2010.

### Survei Kejadian Penyakit Kuning

Survei ini dimaksudkan untuk mengetahui persentasi kejadian penyakit kuning pada kebun lada di kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka dan Kecamatan Simpang Katis, Kabupaten Bangka Tengah. Setiap kecamatan dipilih 3 desa yang pertanaman ladanya paling banyak. Setiap desa di ambil 4 kebun lada yaitu 2 kebun lada sehat dan 2 kebun lada sakit/terserang. Luasan kebun lada beragam antara 0,5-2 ha dengan umur tanaman antara 2-3 tahun. Setiap kebun diamati 20 tanaman contoh yang ambil secara acak. Persentasi kejadian penyakit kuning dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{n}{N} \times 100\%$$

P = Kejadian penyakit kuning

n = Jumlah tanaman yang terserang penyakit kuning

N = Jumlah tanaman yang diamati

### Ekstraksi Nematoda dari Akar dan Tanah

Ekstraksi nematoda dilakukan untuk mengetahui populasi nematoda dari sampel tanah dan jaringan akar tanaman lada. Akar lada dari setiap sampel tanaman terlebih dulu dicuci dengan air mengalir kemudian ditiriskan diatas kertas tisu. Selanjutnya akar ditimbang sebanyak 5-10 g kemudian dipotong  $\pm 2$  cm dengan menggunakan gunting. Kemudian akar diletakkan ke dalam wadah yang telah dilandasi dengan saringan yang berdiameter 8 mm dan diberi label. Setelah itu akar diletakkan di dalam ruang pengabut selama 3 hari. Setelah 3 hari dilakukan pemanenan atau penghitungan populasi nematoda. Pemanenan nematoda dilakukan dengan cara suspensi nematoda yang sudah tertampung dalam wadah kemudian disaring dengan menggunakan saringan khusus nematoda yang berukuran 500 mesh. Setelah itu air yang tersisa di dalam saringan dimasukkan ke dalam botol dan diberi label

kemudian dihitung dan diamati dengan menggunakan mikroskop.

Ekstraksi nematoda yang berasal dari tanah dengan menggunakan metode corong Baermann yang telah dimodifikasi yaitu sebanyak 20 g tanah diletakkan di atas *tissue* dan saringan, kemudian dibiarkan tergenang pada wadah yang sudah berisi air dan diberi label, selanjutnya diinkubasi selama 3 hari kemudian dilakukan pemanenan atau penghitungan populasi nematoda.

### Isolasi Bakteri Endofit dari Perakaran Tanaman Lada

Bakteri endofit dieksplorasi dari contoh tanaman lada yang diambil dari kebun lada sehat dan sakit. Contoh akar dicuci dengan air mengalir sampai bersih, kemudian akar ditimbang sebanyak 1 g berat basah akar. Isolasi bakteri endofit dilakukan dengan teknis sterilisasi permukaan (Hallmann *et al.*, 1997). Contoh akar tersebut dilakukan sterilisasi permukaan secara bertahap dengan cara direndam dalam larutan alkohol 70% selama 30 detik, setelah itu direndam pada larutan NaOCl 2% selama 1-2 menit, kemudian dibilas dengan air steril sebanyak tiga kali. Sebagai kontrol sterilisasi permukaan berhasil, maka akar yang sudah disterilisasi (sebelum dihaluskan) ditumbuhkan dengan meletakkannya di atas cawan petri yang media TSA (*Tryptic Soy Agar*) 10%. Jika dalam waktu 24-48 jam tumbuh bakteri maka terjadi kontaminasi atau sterilisasi permukaan yang dilakukan tidak berhasil dan harus diulangi. Contoh akar yang sudah disterilkan kemudian dihancurkan dengan menggunakan mortar steril sampai halus. Selanjutnya dilakukan pengenceran sebanyak 4 kali pengenceran secara berseri. Sebanyak 1 ml suspensi diambil dengan menggunakan pipet mikro kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml air steril hingga mendapatkan pengenceran sebesar  $10^{-4}$ . Selanjutnya dari tiap pengenceran diambil 0,1 ml dan ditumbuhkan pada media TSA 10%, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Koloni bakteri yang tumbuh dihitung. Jumlah koloni bakteri yang tumbuh selanjutnya dikonversikan ke dalam satuan cfu/ml dengan rumus:

$$\text{Populasi bakteri} = \frac{r}{p \times v}$$

r : Jumlah koloni yang tumbuh pada cawan dengan faktor pengenceran ke- (cfu)

p : Faktor pengenceran ke -

v : Volume suspensi yang disebar pada cawan (ml)

Selanjutnya dari setiap cawan petri diseleksi dan diambil koloni bakteri dan dikulturkan atau dimurnikan dengan ditumbuhkan pada media TSA 100%. Bakteri yang sudah murni kemudian dilakukan karakterisasi berdasarkan permukaan, tepian, bentuk, dan warna koloni. Selanjutnya bakteri dimasukkan ke dalam *ependorf* yang telah berisi media TSB (*Tryptic Soy Broth*) dan Gliserol 20% kemudian disimpan pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Persentase Kejadian Penyakit Kuning

Varietas lada yang banyak ditanam oleh petani daerah Bangka dan yang digunakan untuk pengambilan contoh dalam penelitian ini adalah varietas Lampung Daun Lebar (LDL). Hampir semua kebun lada yang diamati telah terinfeksi nematoda parasit dengan kepadatan populasi yang berbeda-beda. Gejala dari penyakit kuning yang menyerang tanaman lada adalah daun menjadi kuning, kaku tergantung tegak lurus dan makin lama akan makin mengarah ke batang. Daun-daun yang menguning tidak layu, tetapi sangat rapuh sehingga secara bertahap daun-daun tersebut gugur dan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat.

Rata-rata persentase kejadian penyakit kuning di Kabupaten Bangka pada kebun sakit sebesar 82% sedangkan pada kebun sehat 16%, sedangkan di Kabupaten Bangka Tengah pada kebun yang sakit, kejadian penyakit yang terjadi sebesar 76% dan pada kebun yang sehat 10% (Tabel 1).

Menurut Siahaan (2010), habitat utama nematoda parasit adalah tanah berpasir campur dengan lempung atau tanah ringan. Kondisi wilayah di Kabupaten Bangka dan Bangka Tengah mempunyai pH tanah rata-rata di bawah 5, di dalamnya mengandung mineral biji timah dan pasir. Oleh sebab itu nematoda dapat berkembang dengan baik di wilayah ini. Selain itu kesuburan tanah yang rendah juga dapat mempengaruhi

perkembangan penyakit kuning. Kondisi wilayah dengan pH tanah rata-rata dibawah 5 dapat memperlemah keadaan tanaman lada sehingga dengan keadaan tersebut sangat mendukung perkembangan penyakit kuning. Berdasarkan kondisi wilayah di kedua kabupaten tersebut, maka dapat dikatakan bahwa kebun di kedua kabupaten sudah terinfeksi oleh nematoda sehingga kejadian penyakit dapat dijumpai pada kebun sakit maupun kebun sehat.

**Populasi Nematoda *Meloidogyne* spp.**

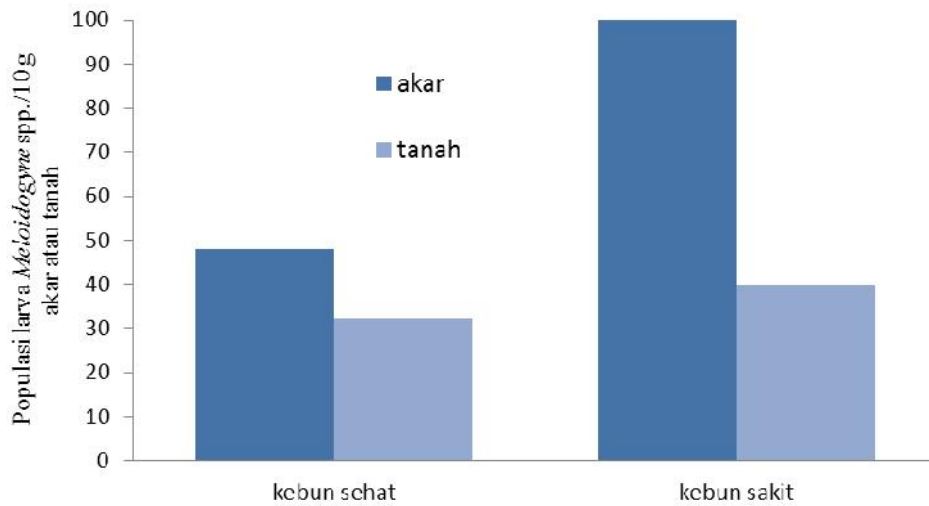
Ekstraksi nematoda dilakukan untuk mengetahui populasi nematoda pada kebun lada, baik pada kebun sehat maupun kebun sakit.

Populasi nematoda diperoleh dari perhitungan hasil ekstraksi nematoda *Meloidogyne* spp. yang berasal dari tanah dan jaringan akar.

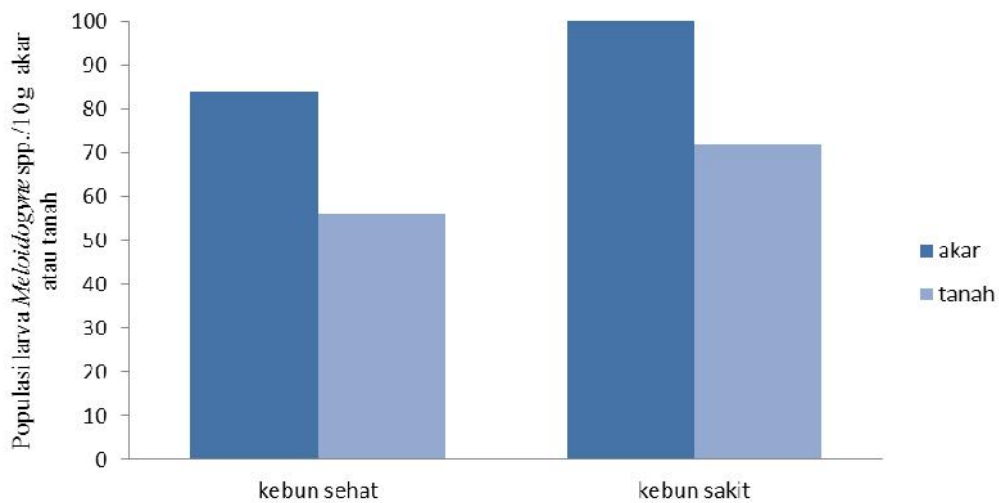
Tabel 1. Rata-rata persentase kejadian penyakit kuning pada tanaman lada di Kabupaten Bangka dan Bangka Tengah

Table 1. The average percentage of yellow disease on black pepper plants in Bangka and Central Bangka District

Lokasi	Kejadian Penyakit (%)
<b>Kabupaten Bangka</b>	
Kebun sakit	82
Kebun sehat	16
<b>Kabupaten Bangka Tengah</b>	
Kebun sakit	76
Kebun sehat	10



Gambar 1. Rata-rata total populasi nematoda parasit dari contoh akar dan tanah pada tanaman lada dari Kabupaten Bangka  
 Figure 1. The average total population of parasitic nematodes in soil samples and plant roots pepper from Bangka



Gambar 2. Rata-rata total populasi nematoda parasit pada kebun lada yang sehat dan sakit di Kabupaten Bangka Tengah  
 Figure 2. The average total population of parasitic nematodes in healthy black pepper and infected nematodes in Central Bangka

Populasi *Meloidogyne* spp. dari bagian akar pada kebun sakit di Kabupaten Bangka adalah 104 ekor per 5 gram berat basah akar dan bagian tanah sebanyak 40 ekor per 20 gram berat tanah, sedangkan pada kebun sehat dari bagian akar adalah 48 ekor per 5 gram berat basah akar dan pada tanah sebanyak 32 ekor per 20 gram berat tanah. Populasi *Meloidogyne* spp. di Kabupaten Bangka Tengah pada kebun sakit dari bagian akar didapatkan 100 ekor per 5 gram berat basah akar dan dari bagian tanah sebanyak 72 ekor per 20 gram berat tanah. Populasi *Meloidogyne* spp. pada kebun sehat dari bagian akar sebanyak 84 ekor per 5 gram berat basah akar dan pada tanah sebanyak 56 ekor per 20 gram berat tanah. Hal ini menunjukkan bahwa populasi *Meloidogyne* spp. pada kebun yang sakit lebih tinggi dibandingkan dengan kebun yang sehat. Nematoda parasit akan dapat berkembang biak lebih baik di dalam akar tanaman yang pertumbuhannya tidak baik karena pada tanaman yang mempunyai zat makanan yang kurang akan mendorong nematoda berkembang dibandingkan dengan tanaman yang menyediakan makanan yang optimal.

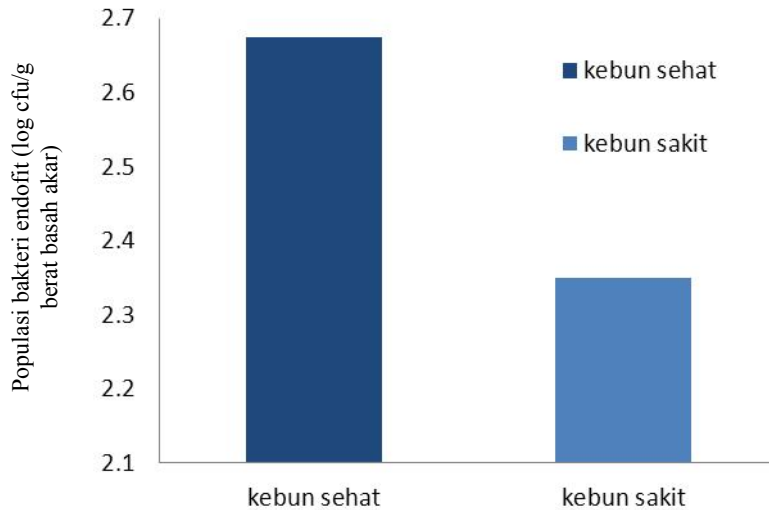
Menurut Siahaan (2010), habitat utama nematoda parasit adalah tanah berpasir campur dengan lempung atau tanah ringan. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi perkembangan nematoda parasit adalah temperatur tanah, keberadaan filum air baik di dalam tanah. Keberadaan filum air berperan bagi mobilitas nematoda, menentukan inaktif dan tidaknya nematoda, bahkan berpengaruh terhadap mortalitasnya. Selain itu, porositas, kelembaban, dan aerasi tanah juga berperan dalam keberlangsungan hidup nematoda. Umumnya nematoda terdapat pada semua jenis tanah, namun tanah berpasir campur dengan lempung atau tanah ringan memiliki pori atau rongga tanah yang besar, udara dan air dalam tanah cukup, sehingga nematoda dapat bergerak dengan bebas. Kondisi wilayah di Kabupaten Bangka dan Bangka Tengah mempunyai pH tanah rata-rata dibawah 5, dan mengandung mineral biji timah dan pasir. Oleh sebab itu nematoda dapat berkembang dengan baik di wilayah ini.

Hasil penelitian Harni (2010) memperlihatkan bahwa tingkat kerusakan yang disebabkan oleh nematoda pada tanaman nilam sangat bervariasi, tergantung dari jenis nematodanya, tetapi pada dasarnya menyebabkan kerugian secara ekonomis. Serangan nematoda menyebabkan kerusakan akar sebanyak 72,24%-84,42%. Kerusakan tanaman meliputi terhambatnya pertumbuhan tanaman meliputi pertumbuhan pucuk dan ukuran daun, dan kehilangan hasil sampai 49,06%-60,67%. Pada tanaman lada serangan nematoda dapat merusak sekitar 32% (Mustika, 1990).

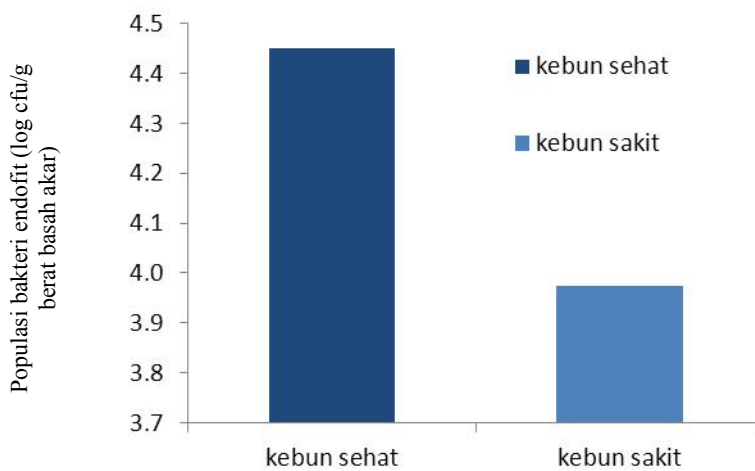
### Kelimpahan Populasi Bakteri Endofit

Kerapatan populasi bakteri endofit di wilayah Kabupaten Bangka dan Bangka Tengah pada kebun sakit lebih sedikit dibandingkan kebun sehat (Gambar 3 dan 4). Rata-rata populasi bakteri endofit di Kabupaten Bangka pada kebun sehat lebih tinggi dibandingkan kebun sakit yaitu sebesar  $2,7 \times 10^4$  cfu/g berat basah akar (Gambar 3). Populasi bakteri endofit di Kabupaten Bangka Tengah, pada kebun sehat lebih tinggi dibandingkan dengan kebun sakit. Pada kebun sehat, rata-rata populasi bakteri endofit sebesar  $4,5 \times 10^4$  cfu/g berat basah akar, sedangkan pada kebun sakit, rata-rata populasi bakteri endofit sebesar  $4,0 \times 10^4$  cfu/g berat basah akar (Gambar 4).

Bakteri endofit di dalam jaringan tanaman dapat berupa endofit asli (*indigenous endophytes*) dan endofit introduksi (*introduced endophytes*). Sulit memastikan jumlah populasi bakteri didalam jaringan tanaman karena keberadaannya sangat terdistribusi dan menyebar ke seluruh bagian tanaman. Umumnya populasi bakteri endofit tertinggi terdapat pada akar dibandingkan dengan yang terdapat pada batang dan daun. Populasi bakteri endofit dalam tanaman dipengaruhi oleh tanaman, termasuk genotipe tanaman, umur tanaman dan jenis tanaman, juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan, baik biotik dan abiotik (Hallmann *et al.*, 1997).



Gambar 3 Rata-rata kerapatan bakteri endofit pada akar pertanaman lada di Kabupaten Bangka  
Figure 3. The average density of endophytic bacteria in root black pepper in Bangka



Gambar 4. Rata-rata kerapatan bakteri endofit pada akar pertanaman lada di Kabupaten Bangka Tengah  
Figure 4. The average density of endophytic bacteria in root black pepper in Central Bangka

Keberadaan atau populasi nematoda parasit dalam tanah diduga berhubungan sekali dengan populasi bakteri endofit dalam tanaman. Penetrasi nematoda parasit dalam akar dan pelukaan yang ditimbulkan oleh nematoda parasit diduga dapat meningkatkan infeksi atau masuknya bakteri, termasuk bakteri endofit ke dalam akar tanaman, bakteri saprofit dan yang hidup di rizosfer. Bakteri endofit dan saprofit juga dapat menempel pada kulit larva nematoda dan secara aktif masuk ke dalam akar tanaman (Grundler dan Wyss, 1995; Hallmann *et al.*, 1998). Namun keberadaan nematoda parasit bukan merupakan keharusan atau

syarat masuknya bakteri endofit ke dalam jaringan akar, karena bakteri endofit, terutama bakteri endofit asli (*indigenous endophytes*) dapat masuk ke dalam jaringan tanaman dengan mekanisme alami yang sangat beragam. Bakteri endofit asli sudah terlebih dulu mengkoloni jaringan tanaman sebelum adanya serangan nematoda parasit dan mikroba lainnya. Hal ini dibuktikan hampir dapat dipastikan tidak ada satupun jenis tanaman yang tidak berasosiasi dengan mikroba endofit (Hallmann *et al.*, 1997).

Faktor biotik yang mempengaruhi populasi bakteri endofit selain keberadaan nematoda parasit

juga aktivitas agensia hayati, baik dari bakteri maupun jamur yang ada di dalam tanah. Beragamnya populasi bakteri endofit juga dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti, curah hujan, suhu dan teknik budidaya. Cara budidaya tanaman lada, seperti pemupukan yang berlebih dan penggunaan pestisida yang tidak tepat sasaran, waktu, dosis/konsentrasi, jenis pestisida, dan cara aplikasinya, dapat menjadi salah satu faktor mempengaruhi kerapatan populasi mikroba endofit di dalam akar. Oleh sebab itu, pada tanaman yang sakit yang sering diberi pestisida yang terkadang berlebih sehingga dapat menyebabkan sebagian mikroba mati baik mikroba penyebab penyakit ataupun mikroba saprofit, baik yang endofit maupun yang bersifat antagonis (Hallmann and Berg, 2006; Harni *et al.*, 2007).

Kompleksitas interaksi antara bakteri endofit dan mikroba lainnya, termasuk nematoda parasit dengan tanaman inangnya sejauh ini masih belum sepenuhnya dapat diterangkan dan perlu banyak dilakukan penelitian secara mendalam. Hal ini sangat penting mengingat pemahaman terkait interaksi ini dapat menjadi landasan dalam aplikasi bakteri endofit baik sebagai biokontrol agen dan pemacu tumbuh.

### KESIMPULAN

Terdapat hubungan antara populasi bakteri endofit dengan populasi nematoda parasit penyebab penyakit kuning pada tanaman lada. Tanaman lada yang sehat dengan tingkat serangan penyakit kuning yang rendah ditemukan populasi bakteri endofit yang lebih tinggi dibandingkan dengan populasi bakteri endofit pada tanaman sakit atau terserang berat oleh penyakit kuning. Kelimpahan populasi bakteri endofit pada kebun lada yang sehat lebih tinggi dibandingkan dengan kebun lada yang sakit.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada sekretariat Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pertanian atas dukungan dana penelitian melalui program KKP3T Tahun 2010.

### DAFTAR PUSTAKA

- Daras U dan D. Pranowo. 2009. Kondisi kritis lada putih Bangka Belitung dan alternatif pemulihannya. *Litbang Pertanian* 28(1).
- Grundler, F. M. W. and U. Wyss. 1995. Strategies of root parasitism by sedentary plant parasitic nematodes. In: Pathogenesis and host specificity in plant diseases. Histopathological, biochemical, genetic and molecular bases. Vol.II. Edited by Kohmoto K, Singh NS and Singh RP. Elsevier Science Ltd., New York. p. 309-319.
- Hallmann J, A. Quadt-Hallman, W.F. Mahaffee, J. W. Kloepper. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can.J. Microbiol.* 43:895-914.
- Hallmann J, A. Quadt-Hallman, R. Rodriguez-Kabana, J. W. Kloepper. 1998. Interactions between *Meloidogyne incognita* and endophytic bacteria in cotton and cucumber. *Soil Biol. Biochem* 30 (7): 925-937.
- Hallmann J and G. Berg. 2006. Spectrum and population dynamics of bacterial root endophytes. In: Schulz B, Boyle C & Sieber T. (Eds). *Soil biology microbial root endophyte*, vol. 9. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 15-31.
- Harni R, A. Munif, Supramana, I. Mustika. 2007. Pemanfaatan bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda peluca akar (*Pratylenchus brachyurus*) pada tanaman nilam. *Jurnal Hayati* 14 (1): 7-12.
- Harni R. 2010. Bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda peluca akar (*Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Stekhoven) pada tanaman nilam [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

- Manohara D, P. Wahid, D. Wahyono, Y. Nuryani, I. Mustika, I. W. Laba, Yuhono, A. M. Rivai, Saefudin. 2006. Status teknologi tanaman lada. Prosiding Status Teknologi Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri. Pusat Penelitian Tanaman Perkebunan, Deptan.
- Munif A, J. Hallmann and R. A. Sikora. 2000. Evaluation of the biocontrol activity of endophytic bacteria from tomato against *Meloidogyne incognita*. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, 65(2b): 471-480.
- Mustika I. 1990. Study on interaction of *Meloidogyne incognita*, *Radopholus similis* and *Fusarium solani* on pepper (*Piper nigrum* L). PHD Thesis Wegeningen Agricultural University. 127 p
- Siahaan I. R. 2010. Pengenalan Nematoda Parasit Akar pada Tanaman Kopi. Medan: Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan.  
[http://ditjenbun.deptan.go.id/bbp2tpmed/index.php?option=com\\_content&view=article&id=89:pengenalan-nematoda-parasit-akar-pada-tanaman-kopi](http://ditjenbun.deptan.go.id/bbp2tpmed/index.php?option=com_content&view=article&id=89:pengenalan-nematoda-parasit-akar-pada-tanaman-kopi) [1 Maret 2011].