

# Pemanfaatan Bakteri *Pasteuria penetrans* untuk Mengendalikan Nematoda Parasit Tanaman

RITA HARNI dan IKA MUSTIKA

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat  
Indonesian Spice and Medicinal Crops Research Institute  
Jl. Tentara Pelajar No. 3 Bogor 16111

## ABSTRAK

Nematoda parasit merupakan salah satu jenis organisme pengganggu tumbuhan (OPT) penting yang menyerang berbagai jenis tanaman utama di Indonesia dan negara-negara tropis lainnya dan kerugian yang ditimbulkannya dapat mencapai 25% dari potensi produksi. Bakteri *Pasteuria penetrans* adalah salah satu agensia hayati yang sangat potensial untuk pengendalian biologi nematoda parasit tanaman. Bakteri ini tersebar luas di seluruh dunia dan dapat memarasit 205 spesies nematoda. Kendala utama dalam perbanyakan bakteri ini adalah belum dapat diperbanyak pada media buatan, sehingga perbanyakannya dilakukan secara konvensional pada tanaman tomat di lapang, yaitu dengan cara menggunakan akar tanaman tomat yang sudah terserang nematoda terinfeksi bakteri tersebut. Patogenisitas bakteri akan meningkat pada kondisi lingkungan dengan suhu 30°C, pH tanah 6,7 dan kelembaban tanah 60%. Penggunaan *P. penetrans* dalam mengendalikan nematoda akan lebih berhasil apabila dikombinasikan dengan bahan organik seperti pupuk kandang sapi, ayam dan abu sekam. Daya infeksi setiap isolat *P. penetrans* berbeda-beda. Uji di laboratorium, rumah kaca dan lapang menunjukkan bahwa *P. penetrans* dapat menginfeksi dan menekan populasi *Meloidogyne* spp sebesar 57-100%. Pada tanaman jahe, *P. penetrans* dapat menekan populasi *M. incognita* (sebesar 93,85%) dan *Radopholus similis* serta meningkatkan berat rimpang jahe sebesar 16,11-54,06%; sedangkan pada tanaman lada dapat menekan populasi *M. incognita* sebesar 49,68 - 94,02% dan *R. similis* sebesar 68,89 - 93,33% serta mengurangi penyakit kuning sampai 26,67 - 50%. Pada tanaman nilam, *P. penetrans* menekan populasi *Pratylenchus brachyurus* sebesar 43 - 82% dan meningkatkan berat basah sebesar 57 - 71%.

Kata kunci: *Pasteuria penetrans*, pengendalian biologi, *Meloidogyne* spp, *Radopholus similis*, *Pratylenchus brachyurus*

## ABSTRACT

### The Use of *Pasteuria penetrans* to Control Plant Parasitic Nematodes

Plant parasitic nematode is one of the most destructive organisms on several plants in Indonesia and other tropical countries. This nematode can reduce the plant yield up to 25%. *P. penetrans* is one of the potential biological agents for controlling of plant parasitic

nematodes. This bacteria is world widespread and capable of infecting 205 species of nematodes. *P. penetrans* is an obligate parasite that can be only multiplied conventionally by inoculating tomato plants in the green house or the field with nematodes which are infected by *P. penetrans*. The pathogenicity of *P. penetrans* increased at soil pH 6.7, soil humidity 60% with temperature of 30°C. The use of *P. penetrans* to control nematodes was more effective when applied in combination with organic fertilizer such as cow and chicken manures or rice husk ash. Infective capacity of each *P. penetrans* isolate was different. In the laboratory and glass house studies, the use of *P. penetrans* was able to reduce the population of *Meloidogyne* spp about 57-100%. This bacteria was able to reduce the population of *M. incognita* and *R. similis* in ginger and increase the fresh weight of ginger rhizomes up to 16,11 - 54.06%. Whereas in black pepper the bacteria could reduce the population of *M. incognita* about 49.68 - 94.02% and *R. similis* about 68.89 - 93.33% and the incidence of yellow disease as much as 26,67 - 50%. In patchouli, the bacteria reduced the population of *Pratylenchus brachyurus* as much as 43 - 82%.

Key words: *Pasteuria penetrans*, biological control, *Meloidogyne* spp, *Radopholus similis*, *Pratylenchus brachyurus*

## PENDAHULUAN

Nematoda parasit merupakan salah satu jenis organisme pengganggu tumbuhan (OPT) penting yang menyerang berbagai jenis tanaman utama di Indonesia dan negara-negara tropis lainnya. Kerugian yang ditimbulkannya dapat mencapai 25% dari potensi produksi (Dropkin, 1988). Di Indonesia serangan nematoda parasit yang merugikan sudah dilaporkan pada berbagai tanaman baik pada tanaman pangan (padi, kedelai dan jagung), hortikultura (pisang, tomat, kentang); maupun pada tanaman perkebunan (lada, jahe, kopi, nilam, teh dan tebu). Beberapa genus nematoda parasit tersebut antara lain *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Radopholus* dan *Rotylenchulus*. Pada tanaman perkebunan seperti lada, kerugian yang ditimbulkannya dapat mencapai 32% (Mustika,

1996), jahe mencapai 58 % dan nilam mencapai 75 % (Mustika *et al.*, 1995).

Penanggulangan masalah nematoda parasit baik secara kultur teknis maupun kimiawi telah banyak dilakukan. Sampai saat ini pengendalian nematoda secara kimiawi dengan menggunakan nematisida dianggap satu-satunya cara yang efektif. Meskipun demikian, kekhawatiran akan bahaya nematisida sintesis terhadap kesehatan manusia dan hewan peliharaan juga persisten di dalam tanah, menimbulkan pencemaran terhadap air serta membunuh organisme yang bukan sasaran termasuk musuh alami nematoda seperti jamur, bakteri dan mikroorganisme lain; semakin meningkat (Alam dan Jairajpuri, 1990). Dengan adanya dampak negatif tersebut perlu dicari alternatif lain yang dapat mengurangi dampak tersebut yaitu dengan menggunakan cara pengendalian hayati (biologi) terpadu yang memanfaatkan musuh alami nematoda.

Salah satu musuh alami nematoda yang cukup potensial untuk dikembangkan adalah bakteri *Pasteuria penetrans*. Bakteri *P. penetrans* merupakan bakteri parasit obligat yang sangat potensial sebagai agensia pengendali hayati nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp) dan beberapa spesies nematoda lainnya (Mankau, 1975; Sayre, 1980; Stirling, 1984). Bakteri tersebut tersebar luas di berbagai daerah, sangat persisten, spora tahan kekeringan dan tahan terhadap input pertanian seperti pemupukan dan pestisida. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *P. penetrans* mampu menekan populasi nematoda pada tanaman lada, jahe, tomat, jagung dan nilam (Mustika dan Harni, 1996; Mustika, 1998). Selain itu *P. penetrans* juga mampu meningkatkan produksi tomat sebesar 77,5 %; sedangkan pada nilam meningkatkan produksi terna rata-rata 85% (Mustika *et al.*, 2000). Pada tanaman kacang tanah, *P. penetrans* mampu menekan populasi *M. arenaria* serta meningkatkan produksi sebesar 64% (Dickson *et al.*, 1992).

Dalam tulisan ini akan dibahas mengenai penggunaan bakteri *P. penetrans* sebagai agensia hayati nematoda parasit tanaman yang mencakup, pengenalan bioekologi bakteri, perbanyakan dan aplikasinya di lapang.

## BIOEKOLOGI *Pasteuria penetrans*

### Biologi dan mekanisme parasitisme

*Pasteuria penetrans* (Thorne, 1940) Sayre & Starr 1985 (Syn. *Bacillus penetrans* Thorne, Mankau) adalah bakteri parasit obligat yang dapat menginfeksi beberapa jenis nematoda parasit tanaman. Bakteri tersebut pertama kali dikenal sebagai sporozoa (*Doubusqia penetrans* Thorne, 1940) kemudian diidentifikasi lebih lanjut dan diakui sebagai bakteri dengan nama *Bacillus penetrans* (Thorne) Mankau. Setelah dipelajari sifat ultra strukturnya, Sayre & Starr (1985) mengidentifikasi bakteri tersebut sebagai *Pasteuria penetrans*.

Bakteri *P. penetrans* membentuk spora di dalam selnya. Spora berbentuk cangkir berukuran 3,5-4,0  $\mu\text{m}$  (Mankau & Imbriani, 1975). Sel-sel vegetatif bersifat gram positif, miselium bersekat, helaian hifa berdiameter 0,2-0,5  $\mu\text{m}$ , bercabang. Sporangia dibentuk dari pelebaran ujung hifa seperti postule, berukuran 1,6-2,5  $\mu\text{m}$  sampai 3,7-

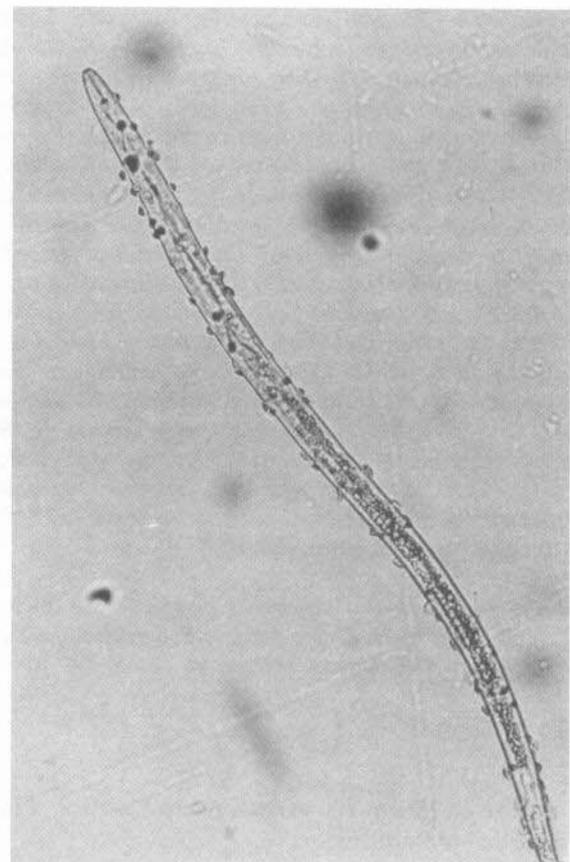


Foto : Rita Harni

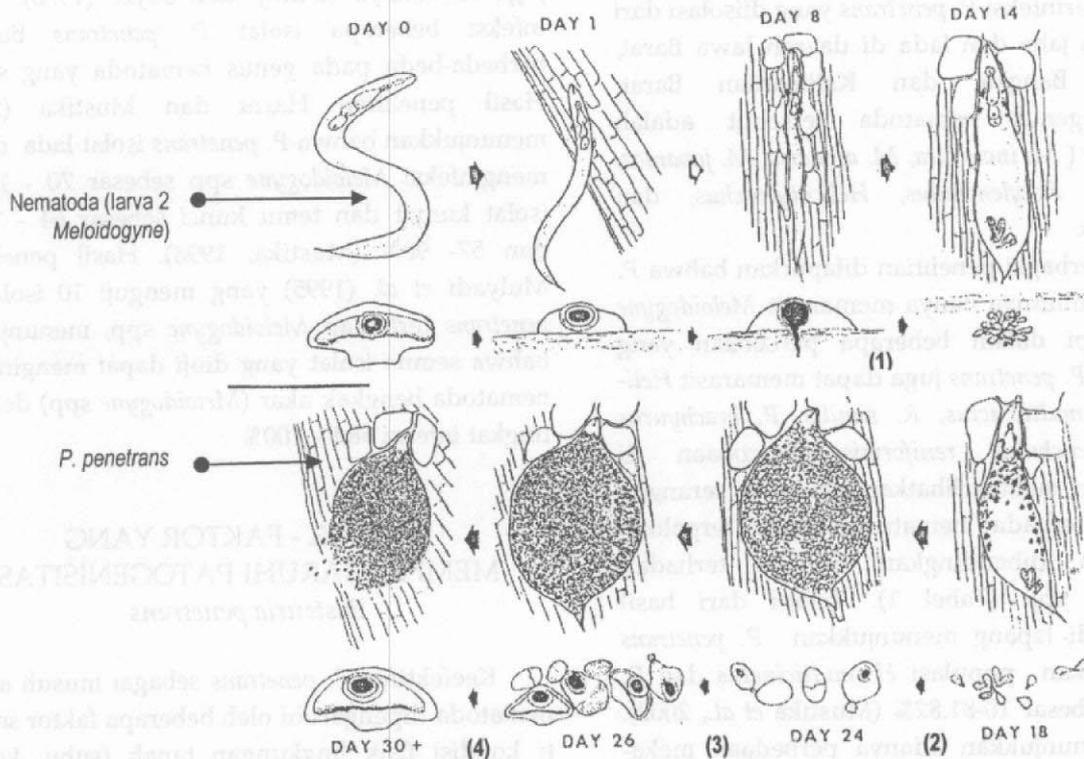
Gambar 1. Larva stadia 2 nematoda *Meloidogyne* spp terinfeksi bakteri *Pasteuria penetrans*

4,3  $\mu\text{m}$  masing-masing dibagi menjadi 2 bagian yang tidak sama. Tubuh membulat, pada bagian yang membentuk cangkir terdapat endospora berdiameter 1,6-2,5  $\mu\text{m}$ . Spora ini tahan terhadap bahan kimia dan pemanasan. Sporangia dan sel vegetatif ditemukan sebagai parasit di dalam pseudocoelomes (rongga tubuh) dari beberapa spesies nematoda parasit tanaman. Ukuran spora berbeda-beda tergantung pada inang dari *P. penetrans* tersebut. Pada nematoda ektoparasit, ukuran spora bakteri lebih besar dibandingkan pada nematoda endoparasit (Stirling & Wachtel, 1980).

Mekanisme parasitisme bakteri *P. penetrans* dimulai dengan melekatnya spora pada kutikula nematoda stadia larva 2 setelah terjadi kontak dengan nematoda di dalam tanah (Sayre, 1998) (Gambar 1). Spora tersebut melakukan penetrasi dan berkecambah dalam tubuh nematoda 8 hari setelah larva stadia 2 terinfeksi, masuk ke dalam akar dan mulai makan. Spora yang telah berkecambah bercabang-cabang, tumbuh dan berkembang di seluruh rongga tubuh, sehingga

seluruh rongga tubuh nematoda betina terisi dengan bakteri dan menghabiskan nutrisi tubuh nematoda. Nematoda betina tidak dapat berkembang lebih lanjut, karena reproduksi terhambat dan akhirnya nematoda mati. Diperkirakan tiap tubuh nematoda betina mengandung  $2,1 \times 10^6$  spora. Dari nematoda yang mati, spora-spora dilepaskan ke dalam tanah dan tetap berada di dalam tanah selama periode yang cukup lama, sampai spora kontak lagi dengan nematoda (Mankau, 1980 dan Sayre, 1988).

Berdasarkan mekanisme parasitismenya, siklus hidup *P. penetrans* pada nematoda inangnya terdiri atas 4 stadia, yaitu : (1) perkecambahan spora, (2) pertumbuhan vegetatif, (3) fragmentasi, dan (4) sporogenesis (Gambar 2). Siklus hidup *P. penetrans* dilaporkan sangat sesuai dengan siklus hidup nematoda inangnya terutama *Meloidogyne* spp. Meskipun demikian, siklus hidup bakteri tersebut sangat bergantung pada suhu (Stirling, 1981). Pada suhu 20°C, siklus hidupnya berlangsung 85-100 hari; sedangkan pada suhu 30°C berlangsung hanya 20-30 hari (Mankau, 1975).



Gambar 2. Siklus hidup dari nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp) dan *Pasteuria penetrans* (atas); bagian-bagian *P. penetrans* dalam perkembangan hidup nematoda (bawah).

Sumber: Sayre (1984).

## Daerah Sebaran dan Kisaran Inang *Pasteuria penetrans*

*P. penetrans* tersebar luas di seluruh dunia, dapat memarasit 205 spesies nematoda parasit tanaman yang termasuk ke dalam 96 genus dan 10 ordo yang tersebar di 51 negara (Sturhan, 1988). Diantara nematoda parasit tanaman yang dapat terinfeksi oleh *P. penetrans* adalah *Meloidogyne* spp (*M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*), *Pratylenchus seribneri*, *P. brachyurus*, *Helicotylenchus* sp., *Xiphinema diversicandatum* dan *Radopholus similis*. Di Indonesia penelitian tentang *P. penetrans* belum banyak dilakukan. Mulyadi *et al.* (1995) melaporkan, dari hasil survei di daerah Jawa Tengah dan Yogyakarta diperoleh 17 isolat *P. penetrans*. Bakteri tersebut hanya menginfeksi nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp) yang merupakan nematoda parasit terpenting di Indonesia. Sedangkan 11 genera nematoda lain yang juga diamati seperti *Aphelenchus*, *Criconeimoides*, *Dorylaimus*, *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus*, *Pratylenchus*, *Radopholus*, *Rotylenchulus*, *Rotylenchus*, *Scutellonema*, dan *Tylenchorhinchus*; tidak terinfeksi *P. penetrans*. Tetapi Mustika, *et al.* (1996) mendapatkan 4 genus nematoda terinfeksi *P. penetrans* yang diisolasi dari pertanaman jahe dan lada di daerah Jawa Barat, Bengkulu, Bangka, dan Kalimantan Barat. Keempat genus nematoda tersebut adalah *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. hapla*), *Rotylenchulus*, *Helicotylenchus*, dan *Scutellonema*.

Dari berbagai penelitian dilaporkan bahwa *P. penetrans* umumnya hanya memarasit *Meloidogyne* spp ; tetapi dalam beberapa percobaan yang dilakukan, *P. penetrans* juga dapat memarasit *Helicotylenchus multicinctus*, *R. similis*, *P. brachyurus* dan *Rotylenchulus reniformis*. Percobaan di laboratorium memperlihatkan intensitas serangan *P. penetrans* terhadap nematoda tersebut tergolong ringan jika dibandingkan dengan terhadap *Meloidogyne* spp (Tabel 1). Tetapi dari hasil percobaan di lapang menunjukkan *P. penetrans* dapat menekan populasi *H. multicinctus* dan *R. reniformis* sebesar 10-81.82% (Mustika *et al.*, 2002). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan mekanisme penghambatan populasi nematoda oleh *P. penetrans* sehingga perlu dikaji lebih lanjut.

Tabel 1. Infektivitas *Pasteuria penetrans* pada beberapa spesies nematoda parasit tanaman

Jenis nematoda	Jumlah <i>P. penetrans</i> / nematoda
1. <i>Rotylenchulus reniformis</i>	+
2. <i>Helicotylenchus</i> sp	+
3. <i>M. incognita</i>	+++
4. <i>M. javanica</i>	+++
5. <i>M. arenaria</i>	+++
6. <i>M. hapla</i>	+++
7. <i>Radopholus similis</i>	+
8. <i>Pratylenchus brachyurus</i>	++
9. <i>Scutellonema</i> sp	+

Sumber : Mustika *et al.* (2002)

Keterangan: + = sedikit, ++ = sedang, +++ = banyak

Menurut Mankau dan Prasad (1977), setiap isolat *P. penetrans* memiliki daya infeksi yang berbeda. Ada isolat yang bersifat khusus, hanya menginfeksi spesies tertentu; tetapi ada juga beberapa isolat yang dapat memarasit beberapa spesies nematoda. Isolat yang berbeda dapat menyebabkan patogenisitas yang berbeda pula. Isolat yang menginfeksi *M. incognita* tidak dapat menginfeksi *P. brachyurus* dan *R. similis* demikian juga sebaliknya (Dutky dan Sayre (1978). Daya infeksi beberapa isolat *P. penetrans* bahkan berbeda-beda pada genus nematoda yang sama. Hasil penelitian Harni dan Mustika (2000) menunjukkan bahwa *P. penetrans* isolat lada dapat menginfeksi *Meloidogyne* spp sebesar 70 - 100%, isolat kunyit dan temu kunci sebesar 64 - 100% dan 57- 90% (Mustika, 1998). Hasil penelitian Mulyadi *et al.* (1995) yang menguji 10 isolat *P. penetrans* terhadap *Meloidogyne* spp, menunjukkan bahwa semua isolat yang diuji dapat menginfeksi nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp) dengan tingkat infeksi 58,8 - 100%

## FAKTOR - FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PATOGENISITAS *Pasteuria penetrans*

Keefektifan *P. penetrans* sebagai musuh alami nematoda dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi fisik lingkungan tanah (suhu, kelembaban, dan kelembaban tanah), kerapatan spora bakteri dan nematoda persatuan volume tanah.

## Suhu, kemasaman, dan kelembaban tanah

Suhu dan kemasaman tanah dapat mempengaruhi perkembangan populasi dan patogenisitas *P. penetrans*. Stirling (1981) menyatakan bahwa suhu tanah optimum untuk perkembangan dan patogenisitas *P. penetrans* adalah sekitar 32°C. Pada suhu tersebut aktivitas larva nematoda meningkat aktif, sehingga peluang kontak antara spora bakteri dengan larva nematoda meningkat. Menurut Kerry (1987), spora *P. penetrans* tidak memiliki struktur flagella, sehingga mobilitas spora sangat rendah. Infeksi spora pada tubuh nematoda hanya dapat terjadi bila nematoda dengan spora mengalami kontak. Peluang kontak antara tubuh nematoda dan spora *P. penetrans* akan meningkat sejalan dengan meningkatnya mobilitas nematoda. Dengan meningkatnya suhu tanah, mobilitas larva nematoda akan meningkat pula sehingga peluang kontak antara spora dengan nematode juga meningkat; sehingga frekuensi parasitisme menjadi lebih tinggi. Suhu 25-30°C merupakan suhu yang optimal untuk migrasi larva nematoda (*Meloido-gyne* spp). Hasil penelitian Mustika dan Marwoto (1997b) menunjukkan bahwa pada suhu 30°C infeksi *P. penetrans* terhadap *Meloidogyne* spp lebih tinggi dibandingkan dengan pada suhu 22°C (Tabel 2).

Tabel 2. Persentase larva *Meloidogyne* spp terserang *Pasteuria penetrans* pada suhu yang berbeda.

Perlakuan	Persentase larva terserang <i>P. penetrans</i> (hari setelah infeksi)				
	1	3	10	17	24
Suhu °C					
22	2,7 a	10,47 a	21,37 a	41,26 a	44,01 a
30	3,9 a	12,60 a	29,43 a	43,17 a	50,63 b

Sumber: Mustika dan Marwoto (1997b)

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

Peningkatan suhu juga dapat memperpendek siklus hidup *P. penetrans*. Pada suhu 20°C, siklus hidupnya berlangsung 85-100 hari; sedangkan pada suhu 30°C berlangsung hanya 20-30 hari (Mankau, 1975). Pemendekan siklus hidup akan meningkatkan regenerasi *P. penetrans*, sehingga dalam waktu singkat populasi *P. penetrans* dapat berlipat ganda.

Dutky dan Sayre (1978) serta Mulyadi *et al.* (1996) melaporkan bahwa pada suhu 100 °C spora *P. penetrans* masih mampu menempel pada tubuh nematoda, tetapi tidak dapat mempenetrasi atau berkembang di dalam tubuh nematoda.

Perkembangan populasi dan virulensi *P. penetrans* dipengaruhi juga oleh kemasaman tanah (pH). Makin tinggi pH, pengaruhnya semakin nyata dalam menurunkan jumlah larva dan telur nematoda (Mustika dan Marwoto, 1997). Kemasaman tanah optimum untuk perkembangan *P. penetrans* adalah 6,7.

Kelembaban tanah merupakan faktor yang dapat mempengaruhi infektivitas *P. penetrans*. Semakin rendah kelembaban tanah, infektivitas bakteri semakin menurun. Menurut Dutky dan Sayre (1978), mobilitas spora bakteri *P. penetrans* dipengaruhi oleh tingkat perkolasi air di dalam tanah. Di samping itu nematoda aktif bergerak di dalam film air yang ada di dalam tanah (Dropkin, 1988), sehingga adanya lensa tanah memungkinkan terjadinya kontak antara spora bakteri dengan nematoda. Mustika dan Marwoto (1997a) melaporkan bahwa kadar air tanah 60% paling sesuai untuk infeksi *P. penetrans* pada kutikula nematoda. Pada kondisi ini aktivitas migrasi larva nematoda paling tinggi sehingga meningkatkan peluang kontak dengan spora *P. penetrans*.

## Bahan organik

Penggunaan agensia hayati untuk mengendalikan nematoda parasit memerlukan kondisi lingkungan yang menguntungkan bagi agensia hayati tersebut. Hal ini untuk menjaga patogenisitas agensia hayati tersebut dalam mengendalikan nematoda sasaran. Bahan organik merupakan salah satu komponen di dalam tanah yang mempengaruhi aktivitas dan patogenisitas agensia hayati. Mankau (1981), melaporkan bahwa bahan organik berperan sebagai *buffer* yang melindungi agensia hayati dari pengaruh ekstrim yang sangat merugikan tanaman. Selain itu bahan organik sangat diperlukan dalam penyediaan hara dan menjaga struktur tanah yang remah.

Dalam keadaan kerapatan populasi yang rendah, *P. penetrans* tidak mampu menekan populasi nematoda, sehingga tidak mampu mengatasi kerusakan yang ditimbulkan oleh nematoda. Untuk meningkatkan populasi *P. penetrans* di lapangan, dilakukan upaya memanipulasi ling-

kungan. Salah satu cara untuk meningkatkan populasi *P. penetrans* di lapang adalah melalui penambahan bahan organik dan menjaga kelembaban tanah agar tetap optimum (Mankau, 1980).

Menurut Sayre (1980), penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme antagonis terhadap nematoda termasuk bakteri, jamur, dan nematoda predator. Selain itu bahan organik yang mengalami dekomposisi juga melepaskan senyawa toksik tertentu terhadap nematoda. Mustika (1998) melaporkan bahwa penambahan bahan organik (pupuk kandang sapi, limbah tahu, dan atau sekam) sebanyak 250 g/tanaman mampu meningkatkan perkembangan bakteri *P. penetrans* dan menekan populasi *Meloidogyne* sp.

## PERBANYAKAN DAN APLIKASI *Pasteuria penetrans*

### Cara perbanyak *P. penetrans*

*P. penetrans* belum dapat diperbanyak secara *in vitro* (dalam media buatan) (Sayre dan Starr, 1985; William *et al.*, 1989; Dickson *et al.*, 1992) karena kompleksnya hubungan antara bakteri tersebut dengan nematoda inangnya. Untuk berkembang biak, *P. penetrans* memerlukan nematoda sebagai inang; sedangkan nematoda memerlukan tanaman inang yang sesuai.

Perbanyak saat ini dilakukan secara *in vivo* dengan menggunakan metoda Stirling dan Wachtel (1980) yaitu dengan menggunakan nematoda inang (*Meloidogyne* spp) pada tanaman tomat atau kentang di rumah kaca. Tomat atau kentang ditumbuhkan di rumah kaca kemudian diinokulasi dengan spora *P. penetrans* yang diperoleh dengan cara menggerus nematoda terinfeksi bakteri tersebut. Setelah 3-4 bulan, tanaman tomat dibongkar, dan akarnya dikeringkan. Akar dan tanah yang kering tersebut mengandung spora *P. penetrans*, dan digunakan sebagai inokulum.

Beberapa peneliti mencoba membiakkan *P. penetrans* dengan menggunakan nematoda dan bakteri yang diinokulasikan pada potongan akar yang mengandung bakteri *Agrobacterium rhizogenes* (Verdejo dan Jeffee, 1988; Verdejo, 1992); namun hasilnya belum memuaskan. William *et al.* (1989) mencoba membiakkan *P. penetrans* dengan meng-

gunakan berbagai macam media buatan mulai dari yang sederhana sampai yang sangat kompleks, baik media aerob maupun anaerob. Tetapi spora yang diinokulasikan tidak berkecambah dan stadia vegetatif juga tidak ditemukan.

Mustika (1998) memperbanyak *P. penetrans* secara konvensional pada tanaman tomat di lapang dengan metoda Sharma dan Stirling (1991). Untuk keperluan skala luas *P. penetrans* dapat diperbanyak di kebun tomat seluas 0,25 ha. Pemeliharaan tanaman tomat (pemupukan, penyiangan, penyemprotan dengan pestisida dan sebagainya) dilakukan mengikuti cara yang umum dilakukan oleh petani. Pada saat tanaman tomat berumur 1 bulan tanaman tomat diinokulasi dengan spora bakteri tersebut. Sebagai inokulum digunakan tepung akar yang sudah mengandung spora dan dikemas dalam bentuk kapsul atau dalam bentuk pellet. Setelah buah dipanen, akar tomat dipotong, dikeringanginkan (dijemur) kurang lebih 3 hari atau dikeringkan dengan oven pada suhu 50 °C selama beberapa jam. Setelah kering, akar dibuat tepung dengan blender atau grinder. Tepung akar selanjutnya diformulasikan dalam bentuk kapsul, pellet atau kompos. Dari 0.25 ha tanaman tomat dapat dibuat sebanyak 16.000 kapsul berisi tepung akar yang mengandung  $2.5 \times 10^6$  spora *P. penetrans* /kapsul (Mustika, 1998).

### Cara Aplikasi *P. penetrans*

Karena bakteri *P. penetrans* belum dapat dibiakkan (diperbanyak) di dalam media buatan, maka penggunaan spora bakteri tersebut, antara lain dilakukan dalam bentuk tepung akar atau tanah yang mengandung spora bakteri, atau dalam bentuk suspensi spora. Proses pembuatan dan aplikasinya adalah sebagai berikut : (1) akar yang mengandung spora bakteri dikeringkan dan dihancurkan, kemudian tepung akar tersebut ditaburkan ke dalam tanah di daerah sekitar perakaran; (2) tanah yang mengandung spora bakteri dikeringkan, kemudian digunakan untuk mengendalikan nematoda seperti halnya bubuk akar (Stirling, 1984); (3) suspensi, yaitu nematoda betina hasil isolasi dari akar yang mengandung spora *P. penetrans* dipecah/digerus, dan spora yang keluar ditampung di dalam tabung Erlenmeyer yang berisi air steril.

Mulyadi *et al.* (1996) menguji ke 3 cara tersebut pada nematoda *Meloidogyne graminicola*

yang menyerang tanaman padi. Media tanah tanaman tersebut diperlakukan dengan tepung akar, tanah dan suspensi yang mengandung *P. penetrans*. Dari ketiga cara yang digunakan ternyata perlakuan *P. penetrans* dalam bentuk tepung akar tomat dan tanah lebih efektif dibandingkan dalam bentuk suspensi (Tabel 3). Penggunaan tepung akar tomat yang mengandung *P. penetrans* juga lebih mudah dan efisien untuk diaplikasikan (Sayre, 1988).

Tabel 3. Tingkat infeksi *Pasteuria penetrans* pada *Meloidogyne graminicola* pada berbagai cara aplikasi *Pasteuria penetrans*

Cara aplikasi	Nematoda terinfeksi <i>Pasteuria penetrans</i> Jumlah spora per nematode				
	0	1-5	5-10	>10	Total
Tepung akar	63,73	32,65	3,62	0	36,27 a
Tanah	67,61	29,99	2,40	0	32,39 a
Suspensi	95,62	4,38	0	0	4,38 b

Sumber : Mulyadi *et al.* (1996).

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

## APLIKASI *Pasteuria penetrans* PADA TANAMAN PERKEBUNAN

### Jahe

Jahe merupakan salah satu komoditi ekspor yang cukup potensial bagi Indonesia. Salah satu kendala dalam budidaya jahe adalah serangan nematoda *Meloidogyne* spp dan *R. similis*. Sejak tahun 1992 ekspor jahe Indonesia ditolak oleh Jepang, karena ditemukannya rimpang yang terinfeksi *R. similis* (Anonymous, 1994).

Percobaan penggunaan *P. penetrans* untuk mengendalikan nematoda pada tanaman jahe telah banyak dilakukan. Hasil penelitian di rumah kaca, dengan menginokulasi tanaman jahe dengan nematoda *M. incognita* pada populasi 1, 10, 100 dan 1000 nematoda terserang *P. penetrans*; menunjukkan bahwa perlakuan 100 ekor nematoda terserang *P. penetrans* dapat menekan populasi *M. incognita* sebesar 82% (Mustika *et al.*, 1996). Penelitian selanjutnya dilakukan di Instalasi Penelitian Cimanggu, Bogor pada skala mikroplot. Dua bulan setelah tanam, jahe diinokulasi dengan 1500 ekor *M. incognita*; kemudian diperlakukan dengan 100 ekor nematoda terserang *P. penetrans*

isolat lada, temu kunci, jahe, dan campuran serta senyawa karbofuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *P. penetrans* isolat temu kunci dapat menekan populasi *M. incognita* sebesar 93,85% dan meningkatkan berat rimpang jahe sebesar 16,11 - 54,06%; sedangkan karbofuran (nematisida kimiawi) hanya menekan populasi *M. incognita* sebesar 62,56% dan meningkatkan produksi sebesar 10,17% (Harni dan Mustika, 2000) (Tabel 4).

Tabel 4. Populasi nematoda *Meloidogyne incognita* dan berat rimpang jahe pada berbagai perlakuan isolat *Pasteuria penetrans*

Perlakuan	Populasi nematoda/ 5 g akar	Berat rimpang (g)	Peningkatan produksi (%)
1. Karbofuran	408 b	1667,20 abc	10,17
2. <i>P. penetrans</i> lada	343 b	1269,00 bc	16,11
3. <i>P. penetrans</i> jahe	242 b	2141,15 ab	41,48
4. <i>P. penetrans</i> t. kunci	67 b	2331,45 a	54,06
5. <i>P. penetrans</i> campuran	188 b	1035,30 c	31,59
6. <i>M. incognita</i> (kontrol)	1090 a	1513,35 bc	-
6. Tanpa M.i dan tanpa P.p	159 b	2235,15 ab	47,64

Sumber : Harni dan Mustika. (2000)

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5% DMRT. M.i = *M. incognita*; P.p = *P. penetrans*; t. kunci = temu kunci.

Beberapa isolat *P. penetrans* yang diinokulasikan pada tanaman jahe hasil kultur jaringan yang terinfeksi *R. similis*, menunjukkan bahwa *P. penetrans* efektif menekan populasi *R. similis* (Mustika, 1988). Efektifitas isolat-isolat tersebut terhadap *R. similis* tidak berbeda nyata. Selanjutnya *P. penetrans* diaplikasikan dalam formulasi yang berbeda, yaitu bentuk suspensi, kapsul dan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi *P. penetrans* yang berbeda, memberikan efektifitas yang sama terhadap *R. similis* (Mustika, 1998).

### Lada

Salah satu masalah dalam budidaya lada di Indonesia adalah serangan nematoda parasit, yaitu *R. similis* dan *M. incognita* yang menyebabkan penyakit kuning (Mustika, 1990). Penyakit tersebut sudah diketahui sejak tahun 1930-an, dan sampai sekarang masih merupakan masalah yang belum dapat ditanggulangi secara tuntas.

Pemanfaatan bakteri *P. penetrans* dalam pengendalian penyakit kuning pada tanaman lada

sudah dilakukan di Kebun Percobaan Petaling Bangka (Sumatera Selatan). Hasil Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi bakteri *P. penetrans* (5 kapsul/tanaman/6 bulan) yang dikombinasikan dengan bahan organik (kotoran sapi, kotoran ayam, serbuk gergaji, atau bungkil kedelai) (5 kg/tanaman/6 bulan), mulsa alang-alang, dan mulsa *Glirisdia* (10 cm), dan Organic Soil Treatment (OST) (250 g/tanaman/6 bulan), dapat menekan populasi *Meloidogyne* spp dan *R. similis* serta mengurangi terjadinya penyakit kuning (Tabel 5).

Tabel 5. Persentase penyakit kuning dan populasi nematoda (*Meloidogyne* spp. dan *Radopholus similis*) pada berbagai perlakuan *Pasteuria penetrans* dengan bahan organik

Perlakuan	Penyakit kuning (%)	Populasi	
		<i>Meloidogyne</i> spp/150 g tanah	<i>R. similis</i> /150 g tanah
Kotoran sapi + P.p	0,00	370 78,92*)	25 88,88*)
Kotoran ayam + P.p	6,67	540 69,23	5 93,33
Serbuk gergaji + P.p	13,33	175 90,00	20 91,11
Bungkil kedelai + P.p	0,00	595 66,09	35 84,44
Mulsa alang-alang + P.p	13,33	880 49,68	15 93,33
Mulsa <i>Glirisdia</i> + P.p	6,67	610 65,24	30 86,67
OST + P.p	6,67	115 93,44	40 82,22
Karbofuran	26,67	105 94,02	70 68,89
Kontrol	26,67	1755 --	225 --

Sumber : Mustika, et al.(1997).

Keterangan :\*) Persentase penurunan populasi nematoda terhadap kontrol. P.p = *P. penetrans* OST = Organic Soil Treatment (Produk bahan organik)

Selain itu, penelitian penggunaan *P. penetrans* yang dikombinasikan dengan kapur pertanian dan bahan organik (pupuk kandang sapi) juga dilakukan di kebun lada petani di daerah Bangka. Spora *P. penetrans* yang diaplikasikan diformulasikan dalam bentuk kapsul, pelet dan kompos (Mustika et al., 1997). Ketiga formulasi tersebut diaplikasikan pada tanaman lada berumur 2 tahun dan belum berproduksi. Dosis yang digunakan adalah *P. penetrans* (5 kapsul/tanaman/6 bulan; 25 g pellet atau kompos/tanaman/6 bulan); kapur pertanian 250 g/tanaman/6 bulan; karbofuran 25 g/tanaman/6 bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan *P. penetrans* dengan kapur pertanian dapat menekan perkembangan penyakit kuning sebesar 36,67-40,10%; sedangkan *P. penetrans* dengan pupuk kandang sapi dapat menekan perkembangan penyakit kuning sebesar 26,67 - 50%, dan karbo-

furan menekan penyakit kuning sebesar 26,67 - 46,67%.

## Nilam

Nilam (*Pogestemon cablin*) adalah tanaman penghasil minyak atsiri yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Salah satu kendala dalam budidaya adalah serangan nematoda *Pratylenchus brachyurus* (Djiwanti dan Momota, 1991). Kerusakan akibat serangan *P. brachyurus* dapat mencapai 72,50% (Mustika dan Rostiana, 1992) dan mengurangi kadar minyak sebanyak 5-14% (Sriwati et al., 1999). Penggunaan bakteri *P. penetrans* untuk mengendalikan nematoda tersebut telah dicoba pada skala lapang dengan mengombinasikan bakteri dengan bahan organik atau kapur pertanian. *P. penetrans* (2 kapsul/tanaman/6 bulan) yang dikombinasikan dengan bahan organik (1 kg/tanaman/6 bulan) dapat menekan populasi *P. brachyurus* sebesar 82% dan meningkatkan berat basah sebesar 71%; sedangkan kapur pertanian (50 g/tanaman/6 bulan) menekan populasi sebesar 43% dan meningkatkan berat basah sebesar 57% (Mustika et al., 2000).

## KESIMPULAN

Bakteri *P. penetrans* merupakan agensia hayati yang potensial untuk mengendalikan nematoda parasit tanaman terutama *Meloidogyne* spp. Bakteri ini terdapat secara alami di tanah dan dapat memarasit beberapa genus nematoda seperti *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* dan *M. hapla*), *Rotylenchulus*, *Pratylenchus* dan *Helicotylenchus*. Bakteri ini baru dapat diperbanyak secara *in vivo* dan konvensional dengan menggunakan tanaman tomat; dan cara ini cukup efektif untuk perbanyakannya secara massal.

Patogenisitas *P. penetrans* sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik lingkungan tanah. Suhu 30°C, pH 6,7 dan kelembaban tanah 60% merupakan kondisi lingkungan yang optimum untuk perkembangan populasi, virulensi dan infektivitasnya. Bahan organik seperti pupuk kandang sapi, ayam dan abu sekam meningkatkan efektivitas *P. penetrans*. Uji efikasi di laboratorium, rumah kaca dan lapang menunjukkan bahwa *P. penetrans* dapat menginfeksi dan menekan populasi nematoda *Meloidogyne* spp sebesar 57-100%. Setiap isolat *P*

*penetrans* memiliki daya infeksi berbeda-beda. Isolat lada, temu kunci, dan kunyit adalah isolat yang mempunyai daya infeksi yang tinggi terhadap nematoda.

Aplikasi *P. penetrans* pada tanaman perkebunan seperti jahe, lada dan nilam; selain dapat menekan populasi nematoda (*Meloidogyne* spp, *R. similis* dan *P. brachyurus*), juga dapat mengurangi insiden penyakit dan meningkatkan produksi.

*P. penetrans* efektif menekan nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp), tetapi kurang efektif untuk nematoda parasit yang lain seperti *Pratylenchus*, *Rotylenchus* dan *Helicotylenchus*. Untuk itu perlu dikaji lebih lanjut mengenai mekanisme penghambatan populasi nematoda oleh *P. penetrans* pada nematoda tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M.M. and M.S. Jairajpuri, 1990. Neem in nematode control strategis. Principles and practices. In Jairajpuri, M.S., M.M. Alam and I. Ahmad (Eds). Nematode Bio-control (Aspects and prospects). CBS Publishers & Distributors PVT Ltd. New Delhi. pp. 5-15.
- Anonymous, 1994. Upaya peningkatan peran serta Karantina Pertanian dalam PJPT II. Pusat Karantina Pertanian. Departemen Pertanian. Makalah dalam Rapat Teknis Nasional Karantina Pertanian, 17-19 Januari 1994 di Jakarta. 9 hal.
- Bernard, E.C. 1994. Nematology in the 21 st Century: A Foray into the future. Phytopathol. News 28: 40-41.
- Dickson, D.W., M. Oostendorp and D. J. Mitchel. 1992. Development of *Pasteuria penetrans* on *Meloidogyne arenaria* race 1 in the field. In: Gommers, F. J. and P. Wth. Maas (Eds). Nematology from molecule to ecosystem. European Soc. of Nematologist Inc. Invergowrie, Dundee, Scotland. pp. 213-218.
- Djiwanti, S.R. and Y. Mamota, 1991. Parasitic nematodes associated with patchouli disease in West Java. Indust. Crops res. J. 3 (2):31-34.
- Dropkin, V.H. 1988. Introduction of plant nematology. A. Wiley Interscience Publication. John Wiley and Sons, New York. 305 pp.
- Dutky, E. M. and R. M. Sayre. 1978. Some factors affecting infection of nematodes by the bacterial spore parasite *Bacillus penetrans*. J. Nematologica 10: 285
- Harni, R. & I. Mustika. 2000. Pengaruh bakteri *Pasteuria penetrans* terhadap nematoda buncak akar (*Meloidogyne* spp ). Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah PFI. Purwokerto. Hal. 420-427.
- Kerry, B.R. 1987. Biological control In R. H. Brown and B. R. Kerry. Principles and practice of nematode control in crops. Academic Press Australia. pp 233-257.
- Jansson, Hans-Borje. 1987. Receptor and recognition in nematodes. In. J. A. Veech and D.W. Dickson (eds). Vistas on Nematology: A Commemoration of the twenty-fifth anniversary of the society of nematologist. Sos. of Nematol. Inc. Hyattsville, Maryland. pp. 153-158
- Mankau, R. 1975. *Bacillus penetrans* m. comb. causing a virulent disease of plant parasitic nematodes. J. Inter. Pathol. 26: 333-339.
- Mankau, R. 1980. Biological control of nematodes pest by natural enemis. Ann. Rev. Phytopathol.18: 415-440.
- Mankau, R. 1981. Microbial control of nematodes. In B.M. Zuckerman and R.A. Rohde. Eds. Plant Parasitic Nematodes 3: 475-494
- Mankau, R and J. L. Imbriani. 1975. The life cycle of an endoparasite in some Tylenchid nematodes. Nematologica 21: 89-94.
- Mankau, R. and N. Prasad. 1977. Infectivity of *Bacillus penetrans* in plant parasitic nematodes. J. Nematologica 9: 40-45.
- Mulyadi, B. Triman dan Bambang. R.T.P. 1995. Pengendalian nematoda parasitik tanaman secara hayati dengan *Pasteuria penetrans*: Inventarisasi, pembiakan massal dan uji patogenesis isolat bakteri. J. Perlindungan Tanaman Indonesia 1(1): 3-7.
- Mulyadi, B. Triman dan Bambang. R.T.P. 1996. Kajian bioekologi *Pasteuria penetrans*. J. Perlindungan Tanaman Indonesia 2(1) : 27-31.
- Mustika, I. 1990 Studies on the interaction of *Meloidogyne incognita* , *Radopholus similis* and *Fusarium solani* on black pepper (*Piper nigrum* L.) Wageningen Agricultural Univer-sity. The Netherlands.127 pp.

- Mustika, I dan O. Rostiana. 1992. The growth of four patchouli cultivars infected with *Pratylenchus brachyurus*. *Journal of Spice and Medicinal Crops* 1 (2): 11-18.
- Mustika, I. 1995. Serangan nematoda pada tanaman rempah dan obat. *Medkom Litbangtri* 15: 28-34
- Mustika, I. 1996. Penyakit kuning lada dan upaya pengendaliannya. Monograf lada. Balittro. Hal. 130-141
- Mustika, I. 1998. Pemanfaatan bakteri *Pasteuria penetrans* untuk mengendalikan nematoda *Meloidogyne incognita* dan *Radophulus similis*. Laporan RUT. Dewan Riset Nasional. 82 hal.
- Mustika, I. dan R. Harni. 1996. Penelitian pendahuluan mengenai pengaruh *Pasteuria penetrans* terhadap *Meloidogyne incognita*. Makalah pada Kongres Nasional XIII PFI. Mataram 25-27 September 1995. 11 hal.
- Mustika, I, R. Harni dan Susilo. B.N. 1996 Daerah sebaran dan inang bakteri parasit nematoda *Pasteuria penetrans*. Makalah pada Kongres Nasional II dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Nematologi Indonesia 23-24 Juli 1996. Pusat penelitian Kopi dan Kakao Jember. 9 hal.
- Mustika, I., Susilo. B.N. dan R. Harni. 1997. Potensi pengendalian nematoda pada tanaman lada dan jahe dengan menggunakan bakteri *Pasteuria penetrans*. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*. III (3) 9-11.
- Mustika, I., R. Harni dan Andrie. A. 1996. Pengendalian nematoda *Meloidogyne incognita* pada tanaman jahe dengan menggunakan *Pasteuria penetrans*. *Prosiding Pengendalian Penyakit Utama Tanaman Industri secara Terpadu*. Bogor. Hal. 166-172.
- Mustika, I dan B. Marwoto. 1997a. Pengaruh pupuk kandang dan kelembaban tanah terhadap patogenisitas *Pasteuria penetrans* terhadap inang nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp). *Prosiding Kongres XIV dan Seminar Nasional PFI*. Palembang. Hal. 190-196.
- Mustika, I dan B. Marwoto. 1997b. Pengaruh suhu dan dosis inokulum terhadap patogenisitas *Pasteuria penetrans* pada nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp). *Prosiding Kongres XIV dan Seminar Nasional PFI*. Palembang. Hal. 209-213.
- Mustika, I. Susilo, B.N. dan R. Harni. 1997. Kajian teknik aplikasi agensia hayati jamur dan bakteri untuk mengendalikan nematoda pada lada. *Laporan Teknis Penelitian*. Balittro. Hal. 137-143
- Mustika, I., S. R. Djiwanti dan R. Harni. 2000. Pengaruh agensia hayati, bahan organik dan pestisida nabati terhadap nematoda tanaman. *Laporan Teknis Penelitian*. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Bogor. Hal. 85-92.
- Mustika, I., B. Marwoto, R. Harni dan S. B. Nazarudin. 2002. Pengendalian nematoda pada tanaman tomat dengan menggunakan bakteri *Pasteuria penetrans*. *Fitopatologi Indonesia* 6 (1):20-25.
- Sarma, R. D. and G. R. Stirling. 1991. *In vivo* mass production systems for *Pasteuria penetrans*. *Nematologica*: 483-484.
- Sayre, R. M. 1984. Promising organisms for biocontrol of nematodes. *Plant Disease* 64 (6): 527-532.
- Sayre, R.M. 1980. Biocontrol: *Bacillus penetrans* related parasits of nematodes. *J. Nematol.* 12: 260-270.
- Sayre, R.M. and M.P. Starr. 1985. *Pasteuria penetrans* (ex Thorne, 1940) mycellial and endospore forming bacterium parasitic in plants parasitic nematodes. *Helminthol.* 52 (2): 164-165.
- Sayre, R.M. 1988. Bacterial disease of nematodes and their role in controlling nematodes populations. In Edwards, CAD. Stinner and S.S. Rabatin (Ed) *Biological Interaction in soil*. Elsevier. Tokyo, pp. 263-279.
- Sriwati R., MS Sinaga, AM Adnan dan I. Mustika. 1999. Patogenisitas dan siklus hidup *Pratylenchus brachyurus* pada beberapa kultivar nilam (*Pogostemon cablin* Benth). *Seminar laporan Hasil Penelitian Program Pasca Sarjana IPB*. 12 hal.
- Stirling, G.R. and M.F. Wachtel 1980. Mass production of *Bacillus penetrans* for the biological control of root knot nematodes. *Nematologica* 26 : 308-312.

- Stirling, G.R. 1981. Effect of temperature on infection of *Meloidogyne javanica* by *Bacillus penetrans*. *Nematologica* 27: 458-462.
- Stirling, G.R. 1984. Biological control of *Meloidogyne javanica* with *Bacillus penetrans*. *Phytopathol.* 74: 55-60.
- Sturhan, D. 1988. New host and geographical records of nematode parasitic bacteria. *Nematologica* 34: 350-356.
- William, A.B., G.R. Stirling, A.C. Hayward and J. Perry. 1989. Properties and attempted culture of *Pasteuria penetrans* a bacterial parasite of root knot nematode (*Meloidogyne javanica*). *Applied Bacteriology* 67: 145-156.
- Verdejo, S.I. and B.A. Jaffee. 1988. Reproduction of *Pasteuria penetrans* in tissue culture system containing *Meloidogyne javanica* and *Agrobacterium rhizogenes* transformed roots. *Phytopathol.* 78(10): 1282-1286.
- Verdejo, S.I. 1992. Seasonal populations of *Meloidogyne* spp and *Pasteuria penetrans* group in kiwi orchards. *Plant Disease* 76: 1275-1279.