

PENGENDALIAN HAYATI NEMATODA PURU AKAR *Meloidogyne* spp.

Titiek Yulianti

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

ABSTRAK

Penyakit puru akar (*Meloidogyne* spp.) merupakan penyakit utama pada tanaman kenaf. Nematoda ini menginfeksi perakaran dan hidup di dalam jaringan sehingga menyebabkan akarnya berbenjol-benjol. Tanaman yang terserang biasanya tidak dapat tumbuh normal (kerdil) atau mengalami kelayuan karena sistem perakarannya terganggu. Kerugian yang ditimbulkan cukup besar terutama pada daerah yang memiliki tekstur tanah ringan. Pengendalian yang dilakukan biasanya dengan memberikan nematisida butiran ke dalam tanah. Alternatif pengendalian yang prospektif dan alami adalah dengan menggunakan agen hayati. Jenis agen hayati pengendali nematoda yang sudah berkembang saat ini cukup banyak, mulai dari bakteri, jamur, aktinomisetes, sampai nematoda. Aplikasi dan produksi masal untuk skala komersial masih merupakan tantangan yang harus dipecahkan. Makalah ini membahas pengendalian hayati nematoda *Meloidogyne* spp.

Kata kunci: Pengendalian hayati, *Meloidogyne*, kenaf, nematoda, *Hibiscus cannabinus* L.

BIOLOGICAL CONTROL OF ROOT KNOT NEMATODE *Meloidogyne* spp.

ABSTRACT

Root knot nematode (*Meloidogyne* spp.) is one of the main diseases of kenaf. The nematode infects the root system and lives in the cell tissues leading to rootgalls. The infected plants grew abnormal (dwarf) or wilt due to injured root system. The nematode favoured sandy soils with light textures, and hence it gave the highest lost. The common control for the nematode was the use of granule nematicide applied in the infested soil. Another potential alternative control measure is the use of natural biological control agents (BCA). Today, BCAs for *Meloidogyne* spp. have been developed from bacteria, fungi, actinomycetes, to nematodes. However, results for field application were often inconsistent and mass production on commercial scale is still a big problem. This paper discusses the prospect of biocontrol of nematode *Meloidogyne* spp.

Keywords: Biocontrol, *Meloidogyne*, kenaf, nematode, *Hibiscus cannabinus* L.

PENDAHULUAN

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) merupakan tanaman penghasil serat nomor dua setelah kapas dan banyak digunakan untuk berbagai kebutuhan industri seperti bahan komposit, geotekstil, dan karung goni (Liu 2000), bahan baku pulp dan kertas, serta bahan baku interior mobil (Sudjindro 2007). Saat ini pengembangan kenaf di Indonesia dilakukan oleh PT Global Agrotek Nusantara (GAN) seluas 3.000 hektar terutama di Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Kalimantan Timur dengan produktivitas di tingkat petani berkisar 2,0–3,0 ton/ha (Sudjindro dan Marjani 2009). Salah satu kendala produksi adalah serangan nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.: Tylenchida-Meloidogynidae).

Sikora dan Fernandez (2005) menyatakan bahwa kerusakan yang diakibatkan oleh nematoda puru akar (NPA) pada berbagai tanaman baik di daerah tropik maupun subtropik cukup besar sehingga sangat merugikan secara ekonomi. NPA menyerang perakaran dan menyebabkan tanaman tumbuh kerdil, serangan yang berat dapat menyebabkan kematian. NPA cukup sulit dikendalikan karena mempunyai inang yang banyak, seperti terong, tomat, ketela rambat, kenaf, tembakau, tanaman hias, dan tanaman sayuran. Pengendalian dengan pestisida kimia selain mahal juga memberi efek negatif bagi lingkungan. Saat ini cukup banyak nematisida yang ditarik dari pasaran, sehingga banyak yang mencari alternatif pengendalian yang lebih aman dan ramah

lingkungan. Salah satunya adalah pengendalian hayati.

Pengendalian hayati adalah pengendalian dengan menggunakan musuh alami nematoda, yang berasal dari berbagai kelompok organisme, misalnya jamur, bakteri, alga, protozoa, serangga yang biasa disebut sebagai antagonis atau agen pengendali hayati (APH). Baker (1987) mendefinisikan pengendalian hayati sebagai bentuk pengurangan sumber inokulum atau aktivitas patogen dengan menggunakan satu atau lebih mikroorganisme termasuk tanaman, tetapi bukan manusia. Pal dan McSpadden (2006) memasukkan penggunaan ekstrak bahan alami untuk mengendalikan patogen sebagai bagian dari pengendalian hayati.

Dalam makalah ini pengendalian hayati lebih difokuskan pada eksploitasi dan penggunaan mikroorganisme antagonis sebagai APH, terutama yang berkaitan dengan jenis agen hayati *Meloidogyne* spp. dan mekanisme pengendaliannya; kendala pengendalian hayati *Meloidogyne* spp.; dan usaha-usaha yang diperlukan untuk mengatasi kendala-kendala tersebut.

JENIS AGEN HAYATI NEMATODA *Meloidogyne* spp. DAN MEKANISME PENGENDALIANNYA

Musuh alami nematoda patogen cukup banyak, mulai dari kelompok bakteri, jamur, aktinomisetes, alga, bahkan dari kelompok nematoda sendiri, namun yang paling banyak berkembang adalah dari kelompok bakteri dan jamur. Mekanisme pengendalian hayati terjadi akibat adanya interaksi mikroorganisme, baik secara langsung maupun tidak langsung. Interaksi secara langsung antara APH dengan *Meloidogyne* spp. bisa terjadi melalui parasitisme, predasi, atau adanya senyawa beracun/antibiosis. Sedangkan interaksi tidak langsung adalah akibat adanya kompetisi atau APH mengeluarkan senyawa yang menginduksi ketahanan tanaman (Pal dan McSpadden 2006).

Parasit biasanya mengeluarkan enzim hidrolisis yang membantu proses parasitasi, sedangkan jamur predator membentuk formasi perangkap, atau perekat untuk memudahkan mereka menangkap mangsanya. Pembentukan perangkap biasanya ter-

stimulasi oleh senyawa *nemin* yang dikeluarkan oleh nematoda, protein, dan asam amino lain yang berasal dari tanaman, valin, dan ekstrak *Hibiscus cannabinus* L. Jamur-jamur ini biasanya hidup di rizosfer, hanya tidak membentuk struktur istirahat sehingga sulit diformulasi meskipun mudah dibiakkan dalam media buatan. de Medeiros *et al.* (2009) menyatakan bahwa APH yang sesuai untuk mengendalikan nematoda adalah yang memiliki kelebihan sebagai zat pengatur tumbuh (ZPT), bersifat sebagai bakteri parasit obligat; dari kelompok jamur, yang terbaik adalah yang bisa memparasit telur, induk betina, atau jamur predator, serta endomikorisa.

APH Nematoda *Meloidogyne* spp. dari Kelompok Jamur

1. *Trichoderma* spp.

Spesies *Trichoderma* (Hypocreales: Hypocreaceae) dikenal sebagai APH patogen penyebab penyakit tular tanah, termasuk nematoda puru akar (Sharon *et al.* 2001.) Mekanisme antagonisme *Trichoderma* spp. antara lain adalah: antibiosis, kompetisi, parasitasi, dan reaksi enzimatik. Enzim-enzim kitinase, glukonase, dan protease sangat berperan dalam proses parasitasi (Haran *et al.* 1996) dan menghambat penetrasinya telur nematoda. Ditambahkan oleh Sahebani dan Hadavi (2008) bahwa kemampuan parasitasi telur berhubungan langsung dengan meningkatnya aktivitas enzim ekstra-seluler kitinase. Kelebihan *Trichoderma* sebagai APH adalah beberapa spesiesnya mempunyai kemampuan sebagai ZPT (Meyer *et al.* 2001). Bahkan *T. harzianum* diduga memiliki kemampuan untuk menginduksi sistem pertahanan tanaman ketika diserang patogen melalui peningkatan aktivitas enzim peroksidasi (POX), polifenol oksidasi (PPO), dan *phenylalanine ammonia lyase* (PAL). Naserinasab *et al.* (2011) menyatakan bahwa *T. harzianum* menghasilkan peroksidase dan berperan dalam meningkatkan kemampuan tanaman tomat dalam ketahanannya menghadapi infeksi *M. javanica*.

T. harzianum umumnya hidup di dalam tanah sebagai saprofit sehingga proses antagonisme jamur ini terhadap *Meloidogyne* berlangsung di dalam tanah melalui parasitasi langsung yang ditunjang dengan adanya metabolit antinematoda (Sharon *et al.* 2001). Namun, Yedidia *et al.* (1999) me-

nemukan bahwa ada spesies *Trichoderma* yang mampu mengkoloni permukaan akar dan jaringan korteks, sehingga bisa digunakan untuk menahan infeksi *Meloidogyne*. Dari kenyataan di atas terlihat bahwa masing-masing strain dan spesies *Trichoderma* memiliki efektivitas dan mekanisme yang berbeda pula. Mekanisme dari spesies *Trichoderma* yang pernah digunakan untuk mengendalikan *Meloidogyne* dapat dilihat pada Tabel 1.

2. *Paecilomyces lilacinus*

Paecilomyces (Purpureocillium) lilacinus (Thom) Samson (Eurotiales: Trichocomaceae) merupakan jamur yang memarasit telur nematoda dan merupakan jamur yang paling banyak digunakan sebagai APH untuk nematoda (Atkins *et al.* 2005). Menurut Krishnamoorthi dan Kumar (2008) jamur ini paling banyak berkembang di daerah tropik dengan pH tanah sekitar 6. *P. lilacinus* sangat berpotensi sebagai agen hayati dan mampu mengkoloni bahan organik di dalam tanah dan berkembang di dalam rizosfer. Mekanisme antagonistik *P. lilacinus* adalah infeksi langsung telur (Stirling 1991). Enzim-enzim kitinase dan protease yang diproduksi jamur tersebut berfungsi melunakkan cangkang atau kulit telur nematoda sehingga mempermudah penetrasi, dan merupakan kunci utama mekanisme antagonis (Khan *et al.* 2004). Selain itu, enzim serine protease juga bersifat nematisidal dan mampu menghambat penetasan. Setelah hifa masuk, jamur akan tumbuh dan berkembang di dalam sel telur yang berisi juvenil nematoda. *P. lilacinus* juga menghasilkan racun yang disebut Paecilotoxin (Mikami *et al.* 2000) yang fungsinya masih belum jelas. Selain itu, jamur ini juga memproduksi leucinotoxins, dan asam asetat yang berkaitan erat dengan proses infeksi (Khan *et al.* 2004; Park *et al.* 2004). Populasi *Meloidogyne* spp. akan turun baik di da-

lam tanah maupun di akar setelah APH *Paecilomyces* diberikan ke dalam tanah yang terinfestasi nematoda tersebut (Cannayane dan Sivakumar 2001).

3. *Arthrobotrys* dan jamur perangkap lainnya

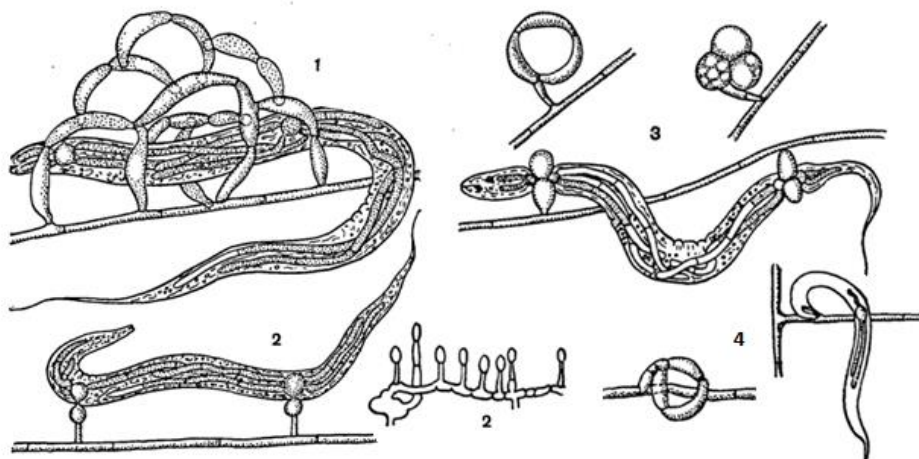
Arthrobotrys spp. merupakan predator NPA dan lebih terkenal sebagai jamur perangkap. Spesies yang sering digunakan sebagai APH NPA antara lain: *Arthrobotrys dactyloides*, *A. brochopaga*, dan *A. oligospora*. *A. oligospora* menghasilkan lektin dan extracellular serine protease yang berperan sebagai atraktan sehingga nematoda mendekati cincin perangkap (Ahman *et al.* 2002). Beberapa jamur predator lainnya adalah *Monacrosporium geophyropagum*, *M. cianopagum*, *M. doedyoides*, *Dactylaria brochopaga*, *D. candida*, *Dactylella leptospora*, dan *D. lobata* (Jacobs 2002), *Drechslerella stenobrocha* (Xu *et al.* 2011). Jamur-jamur tersebut memiliki bentuk perangkap yang berbeda (Gambar 1).

APH Nematoda *Meloidogyne* spp. dari Kelompok Bakteri

Kelompok bakteri yang paling sering digunakan sebagai APH NPA antara lain *Pasteuria penetrans*, spesies *Bacillus* dan *Pseudomonas* atau *Burkholderia cepacia*. Aktivitas antagonistik rhizobakteria tersebut cukup intensif terhadap NPA (Becker *et al.* 1988). Oleh karena itu, penggunaan bakteri sebagai pengendali NPA cukup prospektif penghuni rizosfer dan rhizoplane (Siddiqui dan Shaukat 2002). Ketika hidup di rizosfer, bakteri sudah menghambat penetasan telur atau menginfeksi juvenil yang ada di dalam tanah sebelum NPA masuk ke dalam jaringan tanaman. Ketika hidup di dalam jaringan tanaman bakteri terhindar dari kom-

Tabel 1. Mekanisme antagonisme spesies *Trichoderma* terhadap *Meloidogyne* spp.

No.	Jamur	Patogen	Mekanisme	Referensi
1.	<i>T. harzianum</i> dan <i>T. koningii</i>	<i>M. arenaria</i>	Menurunkan produksi telur	Windham <i>et al.</i> (1989)
2.	<i>T. harzianum</i>	<i>M. incognita</i>	Parasit telur	Dos Santos <i>et al.</i> (1992)
3.	<i>T. lignorum</i> dan <i>T. harzianum</i>	<i>M. javanica</i>	Menurunkan infeksi akar, jumlah puru, dan produksi telur	Spiegel dan Chet (1998)
4.	<i>T. harzianum</i>	<i>M. javanica</i>	Menurunkan infeksi akar, jumlah puru, dan produksi telur	Sharon <i>et al.</i> (2001)
5.	<i>T. harzianum</i>	<i>M. javanica</i>	Menurunkan indeks puru dan berfungsi sebagai ZPT	Sankaranarayanan <i>et al.</i> (2002)
6.	<i>T. harzianum</i> BI	<i>M. javanica</i>	Infeksi telur dan menghambat penetasan telur	Sahebani dan Hadavi (2008)
7.	<i>T. harzianum</i>	<i>M. javanica</i>	Menghambat penetasan telur	Naserinasab <i>et al.</i> (2011)



Keterangan:

1. Perangkap berbentuk jaring-jaring ber perekat
2. Perangkap berbentuk tombol ber perekat

3. Perangkap berbentuk cincin kontraksi
4. Perangkap berbentuk cincin

Gambar 1. Bentuk perangkap jamur predator (dari berbagai sumber: Jacobs 2002)

Tabel 2. Mekanisme antagonis bakteri dan efeknya terhadap *Meloidogyne*

No.	Bakteri	Patogen	Mekanisme	Referensi
1.	<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>Meloidogyne</i> spp.	Antibiosis (protein Cry5B) yang bersifat nematisidal ramah lingkungan	Li <i>et al.</i> (2008)
2.	<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>Meloidogyne</i> spp.	Meningkatkan pertumbuhan tanaman, menurunkan populasi telur dan indeks puru	Khan <i>et al.</i> (2010)
3.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> IE-6SP dan <i>P. fluorescens</i> CHAO	<i>M. javanica</i>	Induksi kekebalan tanaman, menghambat penetasan, memperlambat mobilitas juvenil dan menyebabkan kematian	Siddiqui & Shaukat (2002)
4.	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>brasiliensis</i> dan <i>B. laterosporus</i>	<i>M. javanica</i>	Eksotoksin yang bersifat nematisidal	Carneiro <i>et al.</i> (1998)
5.	<i>Pasteuria penetrans</i>	<i>Meloidogyne</i> spp.	Antibiosis dan ZPT	Dickson <i>et al.</i> (1994)
6.	<i>Bacillus penetrans</i>	<i>M. javanica</i>	Menurunkan kemampuan penetrasi juvenil nematoda	Stirling (1984)

petisi mikroorganisme tanah lainnya (Kloepper *et al.* 1992), namun, efektivitasnya tidak konsisten (de Medeiros *et al.* 2009).

Mekanisme bakteri APH terhadap NPA bisa terjadi melalui parasitisme, gangguan terhadap nematoda dalam mengenali inangnya, peningkatan kekebalan tanaman (Sikora *et al.* 2007) melalui terbentuknya produk metabolit sekunder yang seringkali bersifat nematisidal. Mekanisme secara detail beberapa bakteri APH NPA dapat dilihat pada Tabel 2.

KENDALA PENGENDALIAN HAYATI PADA NPA

Pelaksanaan pengendalian hayati di lapangan seringkali kurang efektif, berjalan lambat, dan ti-

dak konsisten dibandingkan pengendalian dengan menggunakan nematisida kimiawi (Kerry dan Evans 1996), selain itu, konsentrasi pemberian harus tinggi. Naserinasab *et al.* (2011) menyatakan bahwa kemampuan *T. harzianum* menghambat penetasan telur *M. javanica* menurun ketika jumlah inokulum yang diberikan dikurangi. Bahkan Carneiro dan Cayrol (1991) menyatakan bahwa aplikasi APH seringkali menggunakan karier organik yang tinggi sampai 3 ton/ha. Sebagai contoh, *P. lilacinus* diaplikasikan dengan karier yang mengandung bahan organik seperti bungkil ampas, sisa tanaman, bekatul, atau biji-bijian yang mengandung protein (Cannayane dan Sivakumar 2001). Tingginya dosis karier berbahan organik terkadang menurunkan kemampuan jamur untuk melakukan reproduksi.

Masalah lain dalam aplikasi APH adalah kemampuannya beradaptasi di lingkungan baru. Ke-

mampuan kompetisi APH yang terbiasa dibiakkan di laboratorium dengan mikroorganisme penghuni asli tanah pada saat nutrisi terbatas cenderung rendah sehingga berpengaruh terhadap keberhasilan pengendalian. Selain masalah adaptasi, efek penambahan APH seringkali hanya berlangsung sebentar sehingga harus dilakukan berulang. Salah satu contoh kasus adalah *P. lilanicus* yang tidak bisa bertahan dalam waktu lama di dalam tanah sehingga penurunan populasi cepat terjadi meskipun sudah diberikan dalam dosis tinggi (Carneiro dan Cayrol 1991). Rendahnya ketahanan hidup *P. lilanicus* mempercepat turunnya populasi sehingga mengharuskan aplikasi ulang. Kiewnick dan Sikora (2005) menyarankan agar *P. lilanicus* diberikan sebelum tanam (ditaburkan dalam tanah atau dikombinasikan dengan perlakuan benih) lalu diulang 6 minggu setelah tanam untuk memperoleh hasil terbaik.

USAHA-USAHA YANG DIPERLUKAN UNTUK MENGATASI KENDALA

Seleksi APH yang terbaik diikuti dengan mengintroduksikannya ke tanah saja tidak cukup karena APH sering mengalami kesulitan adaptasi ketika diintroduksi ke dalam lingkungan (tanah) yang baru. Oleh karena itu, agar pengendalian hayati NPA pada tanaman kenaf berhasil dan bisa diterima oleh petani diperlukan pemahaman interaksi antara mikroorganisme dengan tanaman dan lingkungan agar terciptanya keseimbangan biologis. Jadi selain efektivitas APH terhadap NPA, respon tanaman terhadap APH juga harus diperhatikan. Teknik budi daya diharapkan mampu mengubah susunan komunitas mikroba tanah atau mendukung lingkungan APH sehingga memfasilitasi terbentuknya penekanan perkembangan penyakit. Sebagai contoh adalah rotasi tanaman, penanaman tanaman penutup, penambahan bahan organik. Adapun upaya-upaya yang dapat ditempuh untuk mengatasi kendala dalam pengendalian NPA dengan menggunakan APH adalah: penggunaan beberapa jenis APH, penambahan bahan organik, perbaikan tata tanam atau sistem rotasi tanaman dapat dikombinasikan untuk meningkatkan efisiensi pengendalian hayati.

Aplikasi Lebih dari Satu Macam APH

Beberapa peneliti melaporkan bahwa aplikasi lebih dari satu macam APH dapat meningkatkan

efektivitas pengendalian. Kombinasi *P. penetrans* dan *P. lilanicus* lebih efektif mengendalikan *M. incognita* dan memberikan hasil yang lebih banyak dibandingkan jika diberikan secara terpisah (Dube dan Smart Jr. 1987). Rao (2007) juga mengkombinasikan *P. chlamydosporia* dan *P. fluorescens* untuk memperoleh tingkat pengendalian yang lebih baik. Namun, kesesuaian dua mikroorganisme yang dikombinasikan harus diuji lebih dahulu, karena tidak semua kombinasi dapat diaplikasikan (kompatibel). Siddiqui *et al.* (2004) mendapatkan bahwa *Aspergillus niger* meningkatkan aktivitas nematisidal *P. fluorescens*, tetapi keberadaan *A. quadrilineatus* justru menurunkan aktivitasnya. Huong (2010) juga menyebutkan bahwa kombinasi jamur endofitik (*F. oxysporum*), *Trichoderma*, dan *B. megaterium* tidak meningkatkan efektivitas pengendalian terhadap NPA secara nyata dibandingkan jika diaplikasikan secara terpisah. Selain aplikasi beberapa APH, kombinasi *T. harzianum* dengan asam salisilat dapat meningkatkan pengendalian nematoda dibandingkan aplikasi secara terpisah (Naserinasab *et al.* 2011).

Perbaikan Formulasi dan Penambahan Bahan Karier

Proses fermentasi dan formulasi merupakan salah satu kunci sukses dalam komersialisasi agen hayati (Jones dan Burges 1998) karena penggunaan kultur basah secara langsung terkadang menyebabkan tanaman mengeluarkan reaksi seperti keracunan, meskipun kemudian mampu *recovery* (Jonathan *et al.* 2000). Namun, formulasi yang kurang tepat terkadang justru menurunkan aktivitas antagonismenya. Carneiro *et al.* (1998) menyatakan bahwa beberapa strain *Bacillus* spp. seperti *B. sphaericus*, *B. thuringiensis* subsp. *Brasiliensis*, dan *B. laterosporus* yang sudah diformulasi dalam bentuk pelet berisi endotoksin serta spora kehilangan pengaruhnya terhadap *M. javanica*. Padahal sebelumnya, pada uji *in-vitro* maupun pada tanaman tomat skala rumah kaca, biakan bakteri-bakteri tersebut dan eksotoksinnya sangat mematikan.

Untuk mempertahankan daya tahan hidup APH, dilakukan beberapa cara, misalnya lyophilisasi. Cara ini bisa mengurangi pengaruh media tumbuh APH terhadap pertumbuhan tanaman (Jonathan *et al.* 2000). Tetapi adanya perlakuan panas

selama uji ternyata menurunkan kemampuan bakteri sebagai ZPT dan juga kemampuannya mengendalikan nematoda. Dengan demikian efek efikasi dalam setiap stadia proses produksi harus dievaluasi untuk melihat respon target, misalkan dengan menambahkan bahan-bahan yang memacu terbentuknya metabolit sekunder yang bersifat antinematoda.

Sahebani dan Hadavi (2008) menyatakan bahwa penambahan larutan garam yang mengandung koloid kitin, atau telur nematoda pada media bekatul gandum meningkatkan aktivitas enzim ekstraseluler kitinase *T. harzianum* yang berarti meningkatkan kemampuan parasitasi telur. Penambahan kitin tersebut ternyata juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan NPA. Sementara itu, Kloepper *et al.* (2004) mendapatkan bahwa adanya sitosan pada karier biopestisida yang mengandung spora *B. subtilis* strain GB03, dan *B. amyloliquefaciens* strain GB99 meningkatkan populasi predator dan antagonis *Meloidogyne* serta menginduksi ketahanan tanaman tomat terhadap serangan NPA sehingga menurunkan jumlah akar bengkak pada tanaman tomat.

Glukosa juga berpengaruh terhadap efektivitas APH. Penambahan glukosa dalam proses formulasi *P. lilanicus* PL251 meningkatkan efektivitas pengendalian *M. incognita* dan *M. hapla* pada tanaman tomat (Kiewnick dan Sikora 2004) karena penambahan glukosa dan suplemen lainnya mempercepat perkecambahan dan chlamydospora atau konidia (Beyer *et al.* 1997) serta pertumbuhan hifa (Kiewnick dan Sikora 2004), sehingga lebih efektif dalam menurunkan sumber inokulum nematoda.

Beberapa bahan organik yang digunakan sebagai karier juga dapat meningkatkan efektivitas pengendalian. Rao *et al.* (1998) melaporkan bahwa perbanyakkan *T. harzianum* dalam media bungkil jarak kepyar sangat baik untuk mengendalikan *M. incognita* bahkan memiliki kemampuan ZPT sekaligus menurunkan kerusakan akar akibat puru (Meyer *et al.* 2001).

Perbaikan Sistem Pola Tanam dan Tata Tanam

Menurut Sikora (1992), setiap jenis tanaman mengeluarkan eksudat akar yang berbeda dan memberi pengaruh yang berbeda pula terhadap pertumbuhan dan perkembangan APH penghuni rizosfer. Dengan demikian, ekosistem tata tanam yang

sesuai akan meningkatkan aktivitas dan populasi APH yang diaplikasikan ke dalam tanah (Wei *et al.* 1996). Kloepper *et al.* (1992) menyatakan bahwa populasi *M. incognita* dan *Heterodera glycines* sangat rendah karena meningkatnya populasi bakteri di lahan yang ditanami kedelai rotasi dengan kacang bengkok (*Mucuna pruriens*). Beberapa tanaman penutup tanah seperti rumput belanda (*Panicum maximum*), kenikir (*Tagetes* spp.), wijen (*Sesamum indicum*), crotalaria (*Crotalaria juncea*), dan sorghum (*Sorghum bicolor*) dapat menurunkan populasi NPA, sedangkan jagung manis (*Zea mays*), alfalfa (*Medicago sativa*), kacang tunggak (*Vigna unguiculata*), lablab (*Lablab purpureus*), mustar (*Brassica nigra*), oat (*Avena sativa*), okra (*Abelmoschus esculentus*), rumput rhodes (*Chloris gayana*), ryegrain, ryegrass, siratro, dan gandum (*Triticum* spp.) meningkatkan populasi NPA jika digunakan sebagai tanaman rotasi (Sipes dan Arakaki 1997).

Penambahan sisa-sisa tanaman jarak kepyar, kenikir, atau mimba meningkatkan tingkat parasitasi *Verticillium chlamydosporium* terhadap telur *Meloidogyne javanica* sehingga jumlah larva dan indeks puru akar menurun drastis. Sebaliknya mustar menurunkan kemampuan parasitasi jamur (Owino *et al.* 1993).

Penambahan Bahan Organik

Akhtar dan Malik (2000) menyatakan bahwa bahan organik menstimulir aktivitas mikroorganisme yang bersifat antagonis terhadap nematoda parasit. Dekomposisi bahan organik menghasilkan metabolit yang bersifat nematisida. Perbandingan C:N rasio yang kecil dengan kandungan protein tinggi (kelompok amina) sangat efektif untuk meningkatkan pengendalian APH.

Penurunan efek antagonisme pada kondisi lapangan dapat ditambahkan dengan pemberian serbuk biji mimba karena mengandung nimbidin dan thionimone yang beracun bagi nematoda (Fatema dan Ahmad 2005). Selain kedua senyawa tersebut, biji mimba juga mengandung azadirachtin, salanin, dan meliantriol berfungsi dalam menghambat pergantian kulit larva, mengganggu proses perkawinan dan komunikasi seksual, serta menghambat pembentukan kitin nematoda (Ramasamy 2008). Hal ini telah dibuktikan oleh Parvatha *et al.* (1996) dengan mengkombinasikan APH *T. harzianum* de-

ngan bungkil mimba dapat menurunkan populasi nematoda *Tylenchulus semipenetrans* pada tanaman jeruk.

KESIMPULAN DAN APLIKASI KE DEPAN PADA TANAMAN KENAF DI INDONESIA

Pengendalian nematoda puru akar *Meloidogyne* spp. secara biologis merupakan salah satu cara pengelolaan patogen yang ramah lingkungan melalui pemanfaatan musuh alami yang sudah tersedia di alam. Kelompok APH yang sudah sering digunakan adalah dari kelompok jamur dan bakteri baik sebagai parasit maupun predator.

Meskipun cukup banyak APH yang telah dieksploitasi dan dicoba dalam skala percobaan, namun aplikasi di lapangan seringkali tidak memberikan hasil yang sama. Kombinasi dengan sistem tata tanam yang merangsang atau mendukung lingkungan APH seperti rotasi tanaman, tumpang sari dengan tanaman yang sesuai, sampai penambahan bahan organik perlu dilakukan agar pengendalian dengan APH berhasil.

Pengendalian hayati untuk *Meloidogyne* spp. pada tanaman kenaf agar dapat diterima oleh petani, sebaiknya menggunakan APH yang sudah melalui beberapa kali pengujian untuk meyakinkan konsistensi efektivitasnya. Sistem tata tanam yang mendukung aplikasi APH harus mempertimbangkan kondisi sosial, ekonomi, dan budaya setempat. Pemilihan bahan organik baik sebagai karier maupun perangsang APH di tanah harus mempertimbangkan ketersediaannya di lingkungan sekitar agar mengurangi biaya transportasi. Selain itu, biaya pengendalian hayati harus lebih rendah atau paling tidak sama dengan pengendalian kimiawi karena sampai saat ini biaya produksi kenaf relatif mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahman, J., T. Johansson, M. Olsson, P.J. Punt, C. Honde & A. Tunlid. 2002. Improving the pathogenicity of a nematode trapping fungus by genetic engineering of a subtilisin with nematotoxic activity. *Appl. Environ. Microbiol.* 68:3408–3415.
- Akhtar, M. & A. Malik. 2000. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. *Bioresource Technology* 74:35–47.
- Atkins, S.D., L. Hidalgo-Diaz, H. Kaslitz, T.H. Mauchline, P.R. Hirsch & B.R. Kerry. 2005. Development of a new management strategy for the control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in organic vegetable production. *Pest Manag. Sci.* 59:183–189.
- Baker, K.F. 1987. Evolving concepts of biological control of plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 25:67–85.
- Becker, J.O., E. Zavaleta-Mejia, S.F. Colbert, M.N. Schroth, A.R. Weinhold, J.G. Hancock & S.D. Van Gundy. 1988. Effect of rhizobacteria on root-knot nematodes and gall formation. *Phytopathology* 78:1466–1469.
- Beyer, P.U., W.F. Hirte & H. Sermann. 1997. The behaviour of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm) Viegas in soil. II. Longevity of *V. lecanii* in soil and mineral wool and the optimization of its survival by addition of promoting organic substances. *J. Plant Dis. Plant Prot.* 104:65–74.
- Cannayane, I. & C.V. Sivakumar. 2001. Nematode egg-parasitic fungus 1: *Paecilomyces lilacinus* A review. *Agric. Rev.* 22:79–86.
- Carneiro R.M.D.G. & J.C. Cayrol. 1991. Relationship between inoculum density of the nematophagous fungus *Paecilomyces lilacinus* and the control of *Meloidogyne arenaria* on tomato. *Rev. Nematol.* 14:629–634.
- Carneiro, R.M.D.G., I.S. Desouza & L.C. Belarmino. 1998. Nematicidal activity of *Bacillus* spp. strains on juveniles of *Meloidogyne javanica*. *Nematologia Brasileira* 22:12–21.
- de Medeiros, J.E, R.L.R. Mariano, E.M.R. Pedrosa & E.B. da Silveira 2009. Inconsistency of the biological control of *Meloidogyne incognita* race 2 in melon by endophytic bacteria. *Horticultura Brasileira* 27:
- Dickson, D.W., M. Oostendorp, R.M. Giblindavis & D.J. Mitchell. 1994. Control of plant-parasitic nematodes by biological antagonists. pp. 575–601 *In* D. Rosen, F.D. Bennett & J.L. Capinera (eds.). *Pest Management in the Subtropics, Biological Control A Florida Perspective*. Intercept Ltd, Andover, England.
- Dos Santos, M.A., S. Ferraz & J.J. Muchovez. 1992. Evaluation of 20 species of fungi from Brazil for biocontrol of *Meloidogyne incognita* race-3. *Nematropica* 22:183–192.
- Dube, B. & G.C. Smart Jr. 1987. Biological control of *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* and *Pasteuria penetrans*. *J. Nematol.* 19:222–227.

- Fatema, S. & M.U. Ahmad 2005. Comparative efficacy of some organic amendments and a nematicide (Furadan-3G) against root-knot on two local varieties of groundnut. *Plant Pathol. J.* 4:54–57.
- Haran, S., H. Schickler & I. Chet. 1996. Molecular mechanisms of lytic enzymes involved in the biocontrol activity of *Trichoderma harzianum*. *Microbiol.* 142:2321–2331.
- Huong, L.T.T. 2010. Activity of Fungal and Bacterial Endophytes for The Biological Control of the Root-knot Nematode *Meloidogyne graminicola* in Rice under Oxidic and Anoxic Soil Conditions. Doctoral Dissertation. Universitäts- und Landesbibliothek Bonn. <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2010/2159/2159.pdf>. [19 August 2011].
- Jacobs, P. 2002. Nematophagous fungi: Guide. BRIC Version. <http://www.biological-research.com/phi-lip-jacobs%20BRIC/index.htm>. [11 September 2011].
- Jonathan, E.I., K.R. Barker, F.F. Abdel-Alim, T.C. Vrain & D.W. Dickson. 2000. Biological control of *Meloidogyne incognita* on tomato and banana with rhizobacteria, actinomycetes, and *Pasteuria penetrans*. *Nematopica* 30:231–240.
- Jones, K.A. & H.D. Burges. 1998. Technology of formulation and application. pp. 7–30. In Burges, H.D. (Ed.). *Formulation of Microbial Biopesticides: Beneficial Microorganisms, Nematodes and Seed Treatments*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Kerry, B.R. & K. Evans. 1996. New strategies for the management of plant parasitic nematodes. pp. 134–152. In Hall, R. (Ed.). *Principles and Practice of Managing Soilborne Plant Pathogens*. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Khan, A., K.L. Williams & H.K.M. Nevalainen. 2004. Effects of *Paecilomyces lilacinus* protease and chitinase on the eggshell structures and hatching of *Meloidogyne javanica* juveniles. *Biological Control* 31(3):346–52.
- Khan, M.Q., M.W. Abbasi, M.J. Zaki & S.A. Khan. 2010. Evaluation of *Bacillus thuringiensis* isolates against root-knot nematodes following seed application in okra and mungbean. *Pak. J. Bot.* 42:2903–2910.
- Kiewnick, S. & R.A. Sikora 2004. Optimizing the biological control of plant parasitic nematodes with *Paecilomyces lilacinus* strain 251. *Phytopathology* 94:S51.
- Kiewnick, S. & R. Sikora 2005. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strain 251. *Biological Control* 38:179–187.
- Kloepper, J.W., R. Rodríguez-Kábana, J.A. McInroy & R.W. Young. 1992. Rhizosphere bacteria antagonistic to soybean cyst (*Heterodera glycines*) and root-knot (*Meloidogyne incognita*) nematodes: Identification by fatty acid analysis and frequency of biological control activity. *Plant and Soil* 139:75–84.
- Kloepper, J.W., C.M. Ryu & S. Zhang. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology* 94:1259–1266.
- Krishnamoorthi, R. & S. Kumar. 2008. Management of *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* influence of soil pH and soil types. *Ann. Plant Protect. Sci.* 16:263–265.
- Li, X.Q., A. Tan, M. Voegtline, S. Bekele, C.S. Chen & R.V. Aroian. 2008. Expression of Cry5B protein from *Bacillus thuringiensis* in plant roots confers resistance to root-knot nematode. *Biological Control* 47:97–102.
- Liu, A. 2000. World Production and Potential Utilization of Jute, Kenaf, and Allied Fibers Proceedings of the 2000 International Kenaf Symposium, Hiroshima, Japan. http://ccgconsultinginc.com/Documents/Kenaf%20_JKA%20Paper.pdf. [3 Oktober 2011].
- Meyer, S.L.F., D.P. Roberts, D.J. Chitwood, L.K. Carta, R.D. Lumsden & W. Mao. 2001. Application of *Burkholderia cepacia* and *Trichoderma virens*, alone and in combinations, against *Meloidogyne incognita* on bell pepper. *Nematopica* 31:75–86.
- Mikami, Y., K. Yazawa, K. Fukushima, T. Arai, S. Udagawa & R.A. Samson 2000. Paecilotoxin production in clinical or terrestrial isolates of *Paecilomyces lilacinus* strains. *Mycopathologia* 108:195–199.
- Naserinasab, F., N. Sahebani & H.R. Etebarian. 2011. Biological control of *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum* BI and salicylic acid on tomato. *African Journal of Food Science* 5:276–280.
- Owino, P.O., S.W. Waudo & R.A. Sikora. 1993. Biological control of *Meloidogyne Javanica* in Kenya: Effect of plant residues, benomyl and decomposition products of mustard (*Brassica campestris*). *Nematologica* 39:127–134.
- Pal, K.K. & G.B. McSpadden. 2006. Biological Control of Plant Pathogens. The Plant Health Instructor DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02. <http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Documents/PHI-BiologicalControl.pdf>. [3 August 2011].
- Park, J.O., J.R. Hargreaves, E.J. McConville, G.R. Stirling, E.L. Ghisalberti & K. Sivasithamparam. 2004. Production of leucinostatin and nematocidal activity of Australian isolates of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson. *Letters in Applied Microbiology* 38:271–276.

- Parvatha, R.P., M.S. Rao & M. Nagesh. 1996. Management of citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans*, by integration of *Trichoderma harzianum* with oil cakes. *Nematol. Mediterr.* 24:265–267.
- Ramasamy, I. 2008. High quality biopesticides for cost effective pest management. AgriInfoTech, Tamil Nadu, India. www.agriinfotech.com. [12 Oktober 2011].
- Rao, M.S. 2007. Management of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Kafoid & White) Chit-wood, on crossandra (*Crossandra undulaefolia* Salisb.) using *Pochonia chlamydosporia* and *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Ornamental Horticulture* 10:110–114.
- Rao, M.S., R.P. Parvatha & M. Nagesh. 1998. Evaluation of plant based formulations of *Trichoderma harzianum* for the management of *Meloidogyne incognita* on egg plant. *Nematologia Mediterranea* 26:59–62.
- Sahebani, N. & N. Hadavi 2008. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Soil Biology and Biochemistry* 40:2016–2020.
- Sankaranarayanan, C., S.S. Hussaini, K.P. Sreerama & R. Rangeswaran. 2002. Parasitism of *M. incognita* eggs by *F. oxysporum* and other fungi. *Indian J. Nematol.* 32:33–36.
- Sharon, E., M. Bar-Eyal, I. Chet, A. Herrera-Estrella, O. Kleinfeld & Y. Spiegel. 2001. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology* 91:687–693.
- Siddiqui, I.A. & S.S. Shaikat 2002. Rhizobacteria-mediated induction of systemic resistance (ISR) in tomato against *Meloidogyne javanica*. *Journal of Phytopathology* 150:469–473.
- Siddiqui, I.A., S.S. Shaikat & A. Khan. 2004. Differential impact of some *Aspergillus* species on *Meloidogyne javanica* biocontrol by *Pseudomonas fluorescens* strain CHA0. *Lett Appl. Microbiol.* 39:74–83.
- Sikora, R.A. 1992. Management of the antagonistic potential in agricultural ecosystems for the biological control of plant parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology* 30:245–270.
- Sikora, R.A. & E. Fernandez. 2005. Nematode parasites of vegetables. pp. 319–392. In Luc, M., Sikora, R.A., Bridge, J. (Eds.). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*, second ed. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Sikora, R.A., K. Schäfer & A.A. Dababat. 2007. Modes of action associated with microbially induced suppression of plant-parasitic nematodes. *Plant Pathology* 36:124–134.
- Sipes, B.S. & A.S. Arakaki. 1997. Root-knot nematode management in dryland Taro with tropical cover crops. *J. Nematol.* 29:721–724.
- Spiegel, Y. & I. Chet. 1998. Evaluation of *Trichoderma* spp. as a biocontrol agent against soilborne fungi and plant-parasitic nematodes in Israel. *Integr. Pest Manag. Rev.* 3:169–175.
- Stirling, G.R. 1984. Biological control of *Meloidogyne javanica* with *Bacillus penetrans*. *Phytopathology* 74:55–60.
- Stirling, G.R. 1991. *Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes*. Wallingford, UK, CAB International. 282 pp.
- Sudjindro. 2007. Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) sebagai alternatif bahan baku pulp dan kertas. *Tabloid Sinar Tani*, 31 Oktober 2007. hlm. 3.
- Sudjindro & Marjani. 2009. Pemuliaan tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). hlm. 27–41. Dalam Monograf Balittas, Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Wei, G., J.W. Kloepper & S. Tuzun. 1996. Induced systemic resistance to cucumber diseases and increased plant growth by plant growth-promoting rhizobacteria under field conditions. *Phytopathology* 86:221–224.
- Windham, G.L., M.T. Windham & W.P. Williams. 1989. Effects of *Trichoderma* spp. on maize growth and *Meloidogyne arenaria* reproduction. *Plant Dis.* 73:493–494.
- Xu, L.L., Lai Y.L., Wang L., Liu X.Z. 2011. Effects of abscisic acid and nitric oxide on trap formation and trapping of nematodes by the fungus *Drechslerella stenobrocha* AS6.1. *Fungal Biology* 115:97–101.
- Yedidia, I., N. Benhamou & I. Chet 1999. Induction of defense response in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:1061–1070.

DISKUSI

- Tidak ada pertanyaan.