

Konsepsi dan Strategi Pengendalian Nematoda Parasit Tanaman Perkebunan di Indonesia

IKA MUSTIKA

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

ABSTRAK

Nematoda parasit merupakan salah satu Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) penting yang menyerang berbagai jenis tanaman budidaya. Di Indonesia sudah diidentifikasi sebanyak 26 spesies nematoda parasit yang menyerang tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan (lada, nilam, jahe, tembakau, kopi). Di antara nematoda tersebut *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Radopholus*, dan *Globodera* merupakan nematoda parasit yang paling merusak. Kerusakan akibat serangan nematoda parasit di seluruh dunia dapat mencapai US\$ 80 milyar. Kerugian ekonomi akibat serangan nematoda pada tanaman di Indonesia belum dapat diperkirakan, mengingat sampai saat ini data kerusakan yang ada, masih bersifat parsial, hanya berdasarkan hasil-hasil penelitian di rumah kaca dan lapang dalam luasan yang sangat terbatas. Masalah nematoda parasit di Indonesia, baru mendapat perhatian serius pada tahun 2003, sejak ditemukannya nematoda *Globodera rostochiensis* (nematoda sista kuning atau NSK) yang menyerang tanaman kentang di dusun Sumber Brantas, Kota Baru, Jawa Timur. Saat ini nematoda tersebut sudah menyebar di provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur dan Sumatera Utara, dan menyebabkan kehilangan hasil kentang sebesar 32%-71%, atau kerugian ekonomi sebesar Rp 2 trilyun. Saat ini, sudah diperoleh berbagai komponen pengendalian nematoda pada berbagai jenis tanaman, di antaranya adalah penggunaan varietas tahan (toleran), teknik budidaya (pemupukan, bahan organik, pergiliran tanaman, penutup tanah), pestisida nabati (tepung biji mimba, bungkil jarak), agen hayati (jamur *Arthrobotrys*, bakteri *Pasteuria penetrans*), pestisida kimia, dan karantina (mencegah penyebaran nematoda dari daerah terinfeksi ke daerah lain). Sebagai bagian yang cukup penting dalam pengembangan PHT (pengendalian hama terpadu), strategi pengendalian nematoda harus didasarkan pada konsep pengendalian yang tepat dengan menggabungkan beberapa komponen pengendalian yang sudah tersedia, disertai dukungan kebijakan operasional dan kebijakan teknis. Kebijakan operasional meliputi program pelatihan, penelitian dan pengkajian melalui koordinasi instansi pemerintah, swasta dan petani. Sedangkan kebijakan teknis meliputi pengawasan keberadaan (surveillance) nematoda, perkembangan penyakit yang disebabkan oleh nematoda, dan penyebarannya.

Kata kunci : Tanaman perkebunan, nematoda, parasit tanaman, pengendalian nematoda terpadu, pestisida nabati, agen hayati

ABSTRACT

Concept and strategy for plant parasitic nematodes control on estate crops in Indonesia

Plant parasitic nematode is one of the organisms continue to threaten agricultural crops. In Indonesia, 26 species of plant parasitic nematodes infecting various food, horticulture, and estate crops (black pepper, patchouli, ginger, tobacco, and coffee) have been identified. Amongst those, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Radopholus* and *Globodera* are the most destructive nematodes in Indonesia. World economical crop losses caused by nematodes may reach 80 billion US \$. Because of unavailable data, crop losses due to nematodes in Indonesia have not been estimated. Nematodes problem in Indonesia became serious in the year 2003, when potato plantation in Sumber Brantas, Kota Baru, East Java was attacked by golden cyst nematoda (*G. rostochiensis*). This nematode now has spread in the provinces of West, Central and East Java, as well as North Sumatera, and caused 32%-71% crop losses approx. of Rp 2 trilyun. Nowadays, various components of control methods have been obtained, such as the use of resistant or tolerant varieties, cultural practices (fertilizer, organic matter, rotation, cover crops), botanical pesticides (neem seed powder, castor meal), biological agents (*Arthrobotrys*, *Pasteuria penetrans*), chemical pesticides, as well as quarantine (to protect nematodes spreading from infected to uninfected area). As the most important part of the development of Integrated Pest Management (IPM), control strategy of nematodes must be conducted integratedly and ecofriendly based on the precise concept through combining of some control method components, supported by operational and technical prudents. Operational prudent includes training program, research and development through the coordination of government and private institution as well as farmers. Technical prudent includes control of existency (surveillance) of nematodes, the development of disease caused by nematodes, and its spreading.

Key words : Estate crops, nematode, plant parasitic, integrated nematode control, botanical pesticide, biological agent

PENDAHULUAN

Nematoda merupakan salah satu jenis organisme pengganggu tumbuhan (OPT) penting yang menyerang berbagai jenis tanaman utama di Indonesia dan negara-negara tropis lainnya. Kehilangan hasil akibat serangan nematoda di seluruh dunia dapat mencapai US\$ 80 milyar per tahun (Price, 2000). Meskipun demikian di Indonesia, kerusakan tanaman karena nematoda parasit, kurang disadari baik oleh para petani maupun para petugas yang bekerja di bidang pertanian. Hal ini mungkin disebabkan oleh gejala serangan nematoda yang sulit diamati secara visual karena ukuran nematoda yang sangat kecil. Selain itu gejala serangan nematoda berjalan sangat lambat dan tidak spesifik, mirip atau bercampur dengan gejala kekurangan hara dan air, kerusakan akar dan pembuluh batang.

Serangan nematoda dapat mempengaruhi proses fotosintesa dan transpirasi serta status hara tanaman (Evans, 1982; Melakeberhan *et al.*, 1987). Akibatnya pertumbuhan tanaman terhambat, warna daun kuning klorosis dan akhirnya tanaman mati. Selain itu serangan nematoda dapat menyebabkan tanaman lebih mudah terserang patogen atau OPT lainnya seperti jamur, bakteri dan virus. Akibat serangan nematoda dapat menghambat pertumbuhan tanaman, mengurangi produktivitas, dan kualitas produksi.

Di Indonesia nematoda parasit telah dilaporkan terdapat pada berbagai jenis tanaman, baik tanaman pangan, hortikultura maupun perkebunan (Puskara, 1994; 2000). Selama kurun waktu 50 tahun terakhir, pengendalian nematoda dengan menggunakan nematisida kimia (sintetik) masih memegang peranan yang sangat penting. Hal ini disebabkan karena cara-cara pengendalian lain belum mampu memberikan hasil yang memuaskan.

Nematoda parasit tanaman dapat dikendalikan dengan cara sanitasi, pergiliran tanaman, pemilihan waktu tanam, tanaman resisten, secara kimiawi dan secara hayati yaitu dengan menggunakan agen biotik maupun abiotik (Sayre, 1980a; 1980b). Di negara-negara maju seperti Eropa dan Amerika pengendalian nematoda dilakukan secara hayati terpadu antara lain dengan menggunakan musuh alami (agen hayati), bahan organik, tanaman antagonis dan rotasi tanaman (Dickson *et al.*, 1992; Rodriguez-Kabana, 1992; Madulu *et al.*, 1994).

Sebagai bagian yang cukup penting dalam pengembangan PHT, pengendalian nematoda

harus dilaksanakan berdasarkan wawasan lingkungan. Oleh karena itu strategi pengendalian nematoda harus didasarkan pada konsep pengendalian yang tepat berdasarkan pertimbangan kelayakan teknologi, ekologi, ekonomi dan sosial budaya.

Tulisan ini menguraikan tentang masalah nematoda parasit pada beberapa tanaman perkebunan di Indonesia, status pengendalian saat ini serta konsep strategi pengendaliannya di masa depan.

ARTI EKONOMI PENYAKIT TANAMAN YANG DISEBABKAN OLEH NEMATODA

Peranan nematoda parasit tanaman dalam penurunan produksi pertanian di Indonesia, masih belum disadari baik oleh para pembuat kebijakan maupun oleh petani. Padahal, serangan nematoda dapat menyebabkan kehilangan hasil yang cukup berarti. Secara umum serangan nematoda menyebabkan kerusakan pada akar, karena nematoda mengisap sel-sel akar, sehingga pembuluh jaringan terganggu, akibatnya translokasi air dan hara terhambat. Serangan nematoda juga dapat mempengaruhi proses fotosintesa dan transpirasi (Evans, 1982; Melakeberhan *et al.*, 1987), sehingga pertumbuhan tanaman terhambat, warna daun menguning seperti gejala kekurangan hara, dan mudah layu. Karena pertumbuhan terhambat, produktivitas tanaman menurun.

Kerugian ekonomi akibat serangan nematoda pada tanaman di Indonesia belum dapat diperkirakan, mengingat sampai saat ini data kerusakan yang ada masih bersifat parsial, hanya berdasarkan hasil-hasil penelitian di rumah kaca dan lapang dalam luasan yang sangat terbatas. Masalah nematoda baru mendapat perhatian setelah ditemukannya *Globodera rostochiensis* (*golden cyst nematode*), atau Nematoda Sista Kuning (NSK) di Dusun Sumber Brantas, Desa Tulung Rejo, Kecamatan Bumi Aji, Kota Baru, Jawa Timur pada bulan Maret 2003. Saat ini, nematoda tersebut sudah menyebar di tiga Provinsi (Jawa Barat, Jawa Timur dan Sumatera Utara), yang menyebabkan kehilangan hasil kentang sekitar 32%-71% (Daryanto, 2003).

Kehilangan hasil akibat serangan nematoda dapat terjadi di lapangan atau di tempat penyimpanan, sehingga mengurangi kualitas dan kuantitas produk. Pada tanaman lada serangan

nematoda dapat merusak sekitar 32% (Sitepu dan Mustika, 2000), pada tanaman nilam sekitar 45% (Mustika dan Nazarudin, 1999), dan pada jahe dapat menurunkan produksi sebesar 65% (Mustika, 1995). Pada tanaman kopi, selama periode enam tahun (1981-1986) serangan nematoda *Pratylenchus coffeae*, menyebabkan kehilangan hasil rata-rata sebesar 56,84%, atau sekitar 150 ton kopi per tahun (Wiryadiputra, 1992).

Selain mengurangi kuantitas, serangan nematoda juga dapat mengurangi kualitas produk. Sebagai contoh, pada tahun 1992 ekspor jahe segar Indonesia ke luar negeri mengalami penolakan oleh negara pengimpor (terutama Jepang), karena jahe tersebut terkontaminasi oleh nematoda *Radopholus similis*, sehingga terjadi penurunan kualitas mutu (busuk) sekaligus menyebabkan kerugian bagi petani maupun negara sekitar US\$ 6,8 juta (Puskara, 1994).

Kerugian lain yang disebabkan oleh nematoda, adalah tidak dapat dimanfaatkannya unsur hara yang diberikan kepada tanaman dalam upaya meningkatkan produksi. Tanaman terserang nematoda sistem perakarannya rusak, sehingga tanaman tidak mampu menyerap hara dan air meskipun keduanya tersedia cukup di dalam tanah. Menurut Wallace (1987), kerusakan akar karena nematoda menyebabkan berkurangnya suplai air ke daun, sehingga stomata menutup, akibatnya laju fotosintesa menurun.

MASALAH NEMATODA PARASIT PADA TANAMAN PERKEBUNAN DI INDONESIA DAN STATUS PENGENDALIANNYA

Saat ini di Indonesia, berbagai tanaman perkebunan, ditemukan terinfeksi oleh nematoda, di antaranya yang paling merusak adalah *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, dan *Radopholus* (Tabel 1). Masalah nematoda pada beberapa tanaman penting di Indonesia dan teknologi pengendaliannya yang sudah diperoleh saat ini adalah sebagai berikut.

Lada

Beberapa spesies nematoda parasit telah ditemukan pada pertanaman lada di Indonesia (Bangka, Lampung, Jawa Barat dan Kalimantan Barat), di antaranya adalah *R. similis*, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *Pratylenchus coffeae*, *Macrophostonia ornata*, *Xiphinema insigne*, *X. australiae*, *Tylenchus*, *Aphelenchus* sp., *Ditylenchus*

Tabel 1. Nematoda parasit penting yang telah terdapat pada tanaman perkebunan dan daerah sebarannya di Indonesia.

No.	Tanaman	Nematoda parasit	Daerah sebar
1	Jute	<i>Meloidogyne javanica</i>	Indonesia
2	Kenaf	<i>M. javanica</i>	Indonesia
3	Kopi	<i>M. incognita</i> <i>Pratylenchus coffeae</i> <i>Radopholus similis</i>	Jawa, Bali, Kalbar Jawa, Bali, Kalbar Jawa, Bali, Kalbar
4	Kms kucing	<i>Meloidogyne</i>	Jawa Barat
5	Lada	<i>M. incognita</i> <i>M. javanica</i> <i>Pratylenchus coffeae</i> <i>Helicotylenchus multicinctus</i> <i>Radopholus similis</i>	Jawa, Sumsel Jawa, Sumsel, Kalbar Sumsel Sumsel Sumsel, Kalbar
6	Nilam	<i>Pratylenchus brachyurus</i> <i>Radopholus similis</i> <i>Meloidogyne incognita</i>	Jawa, Aceh Jawa Jawa, Sumbar
7	Cengkeh	<i>M. javanica</i> <i>M. incognita</i> <i>Pratylenchus</i>	Jawa Sumsel Sumsel
8	Tebu	<i>Rotylenchulus reniformis</i> <i>Radopholus similis</i> <i>M. incognita</i>	Sumsel Jatim Jatim
9	Teh	<i>Radopholus similis</i> <i>M. incognita</i>	Jabar Sumatera, Jawa Sumatera, Jawa
10	Tembakau	<i>Pratylenchus loosi</i> <i>M. incognita</i> <i>M. javanica</i>	Indonesia Indonesia
11	Jahe	<i>Radopholus similis</i> <i>M. incognita</i> <i>M. javanica</i> <i>Pratylenchus coffeae</i>	Bengkulu, Sumut Jawa, Bengkulu, Sumut Jawa, Bengkulu, Sumut Jawa, Bengkulu, Sumut
12	Lengkuas	<i>Radopholus similis</i> <i>M. incognita</i> <i>M. javanica</i>	Jabar Jabar Jabar
13	Temulawak	<i>Radopholus similis</i> <i>Meloidogyne incognita</i> <i>M. javanica</i>	Jabar Jabar Jabar
14	Kapulaga	<i>Radopholus similis</i> <i>Meloidogyne incognita</i> <i>M. javanica</i>	Jabar Jabar Jabar
15	Terong KB	<i>Meloidogyne incognita</i> <i>M. javanica</i>	Jabar Jabar
16	Cengkeh	<i>Caloosia paradoxa</i> <i>Helicotylenchus dihystera</i> <i>H. erthrynae</i> <i>Macrophostonia onoensis</i> <i>M. incognita</i> <i>Pratylenchus</i> <i>Rotylenchulus reniformis</i> <i>Trichodorus</i> <i>Xiphinema insigne</i> <i>X. brasiliensis</i>	Sumsel Sumsel Sumsel Sumsel Sumsel Sumsel Sumsel Sumsel Sumsel Sumsel

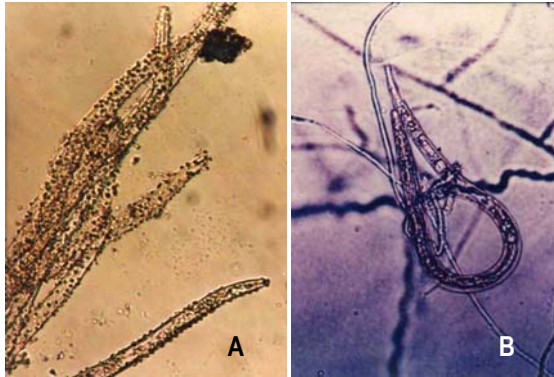
Sumber : Puskara (2000).

sp. dan *Dorylaimus* (Mustika, 1990). Di antara nematoda parasit tersebut, *Radopholus similis* dan *Meloidogyne incognita* adalah nematoda yang paling merusak dan merupakan penyebab utama penyakit kuning pada tanaman lada di Bangka (Vecht, 1953; Mustika, 1990) dan Kalimantan Barat. Kerusakan akibat serangan nematoda pada lada dapat mencapai 32% .

Saat ini komponen-komponen teknologi pengendalian nematoda pada tanaman lada sudah diperoleh di antaranya adalah teknik budidaya, pemanfaatan agen hayati, dan pestisida nabati, serta pestisida kimia. Pengendalian dengan teknologi budidaya dilakukan dengan cara sanitasi atau menjaga kebersihan kebun, membongkar tanaman sakit, tidak menanam tanaman inang *R. similis* dan *M. incognita*, penggunaan mulsa lalang atau serasah daun, menanam varietas tahan atau toleran terhadap nematoda

seperti Petaling 1, Bengkayang LU (Hamid *et al.*, 1988), Kuching dan Bangka (Mustika, 1990).

Beberapa musuh alami dan pestisida nabati sangat potensial untuk digunakan dalam mengendalikan nematoda pada tanaman lada. Di antara musuh alami tersebut adalah bakteri *Pasteuria penetrans* dan jamur *Arthrobotrys* (Gambar 1), *Dactylaria*, dan *Dactylella* (Mustika, 1998; Harni *et al.*, 2000; Mustika *et al.*, 2003). Sebagai pestisida nabati dan bahan organik, digunakan tepung biji mimba dan bungkil jarak (Harni dan Mustika, 2002).



Gambar 1. A. Nematoda terinfeksi *P. penetrans* B. Nematoda terinfeksi *Arthrobotrys*

Nilam

Beberapa jenis nematoda parasit yang menyerang tanaman nilam di antaranya adalah *Pratylenchus brachyurus*, *M. incognita*, *M. hapla*, *Scutellonema*, *Rotylenchulus*, *Helicotylenchus*, *Hemicricone-moide* dan *Xiphinema* (Djiwanti dan Momota, 1991) dan *Radopholus similis* (Mustika dan Nuryani, 1993; Mustika *et al.*, 1991). Serangan nematoda pada tanaman nilam dijumpai di Jawa Barat (Djiwanti dan Momota, 1991), Sumatera Barat (Pupuk Iskandar Muda, 1991) dan Aceh (Sriwati, 1999). Kerusakan akibat serangan nematoda dapat mencapai 75% (Mustika *et al.*, 1995). Serangan nematoda *P. brachyurus* dapat menurunkan kadar minyak dan kandungan klorofil (Sriwati, 1999).

Saat ini beberapa komponen pengendalian nematoda pada tanaman nilam telah dihasilkan, di antaranya adalah teknik budidaya, agen hayati, pestisida nabati, varietas toleran, dan kimiawi. Dosis pemupukan yang tepat (Tasma dan Wahid, 1988), penggunaan bahan organik dan kapur pertanian (Mustika *et al.*, 1995) merupakan salah satu cara pengendalian nematoda melalui teknik

budidaya yang cukup efektif pada tanaman nilam. Selain itu, saat ini di Balitro terdapat 28 nomor nilam Aceh hasil eksplorasi pengumpulan plasma nutfah nilam yang berasal dari berbagai daerah terutama dari sentra-sentra produksi. Ketahanan nomor-nomor tersebut terhadap nematoda belum diketahui.

Untuk meningkatkan ketahanan tanaman nilam terhadap nematoda, Nuryani *et al.*, (2001), telah melakukan fusi protoplas antara nilam nilam Aceh (kadar minyak tinggi, rentan terhadap nematoda) dengan nilam Jawa (kadar minyak rendah, tahan terhadap nematoda). Berdasarkan kandungan fenol dan lignin pada 30 genotipa hasil fusi protoplas, diperoleh 17 nomor genotipa. Genotipa-genotipa tersebut mempunyai kandungan fenol atau lignin lebih tinggi dari tetuanya nilam Jawa (tahan terhadap nematoda), merupakan nomor-nomor harapan yang kemungkinan toleran atau tahan terhadap nematoda.

Penggunaan bakteri *P. penetrans*, jamur *Arthrobotrys* sp., *Dactylaria* dan *Dactylella* sp., cukup efektif untuk mengendalikan nematoda pada tanaman nilam, sehingga produksi terna (daun basah) meningkat sebesar 31%-71%. (Mustika *et al.*, 2000).

Jahe

Pada pertanaman jahe di Indonesia ditemukan beberapa jenis nematoda parasit di antaranya adalah *R. similis*, *M. incognita*, *Rotylenchulus reniformis*, *Scutellonema* spp., *Helicotylenchus dyhstera*, *Ditylenchus* sp. dan *Aphelenchus* sp. (Mustika, 1992). *R. similis* dan *M. incognita* merupakan nematoda yang dominan karena tingkat populasi dan frekwensi keberadaannya pada tanaman jahe, lebih tinggi dibandingkan dengan nematoda lainnya. Di Fiji, serangan *R. similis* dapat mengurangi produksi jahe sebesar 40%, sedangkan di Queensland, serangan *M. incognita* dapat mengurangi produksi jahe sebesar 77% (Vilsoni *et al.*, 1978). Di Indonesia, serangan nematoda pada jahe banyak dijumpai di daerah Jawa Barat, Bengkulu dan Sumatera Utara (Mustika, 1992).

Pengendalian nematoda pada tanaman jahe saat ini masih dilakukan dengan menggunakan nematisida kimia. Beberapa musuh alami seperti bakteri *P. penetrans*, jamur *Arthrobotrys*, *Dactylella* dan *Dactylaria* juga efektif untuk mengurangi populasi nematoda di dalam akar dan rimpang jahe, terutama *Meloidogyne* spp. (Nazarudin dan Mustika, 1996).

Tembakau

Salah satu masalah penting dalam upaya meningkatkan produksi tembakau di Indonesia adalah serangan kompleks patogen bakteri *Pseudomonas solanacearum*, jamur *Phytophthora nicotianae*, yang berasosiasi dengan nematoda *Meloidogyne* spp. (Dalmadiyo *et al.*, 1998a). Tanaman tembakau yang terserang penyakit kompleks tersebut, pada umur 30-45 hari mati, kematian dapat mencapai lebih dari 50%.

Dalam upaya mengendalikan nematoda pada tanaman tembakau, Dalmadiyo *et al.* (1998b), menemukan 6 nomor aksesori yang tahan terhadap *M. incognita* yaitu S. 2258/2/1/1, S.1976/M, S. 1032, S. 1019, S. 1968/M dan S. 1012. Ke enam aksesori tersebut sama tahannya dengan NC 2514, tapi lebih tahan dibandingkan dengan NC 95 yang berasal dari Amerika. Galur S 2258/2/1/1 merupakan galur terbaik, karena selain tahan terhadap nematoda puru akar, juga tahan terhadap *P. nicotianae* (Dalmadiyo *et al.*, 1998b).

Kopi

Nematoda parasit merupakan kendala utama pada tanaman kopi di Indonesia, terutama untuk jenis kopi Arabika. Spesies penting yang dijumpai di Indonesia adalah *Pratylenchus coffeae*, *R. similis* dan *Meloidogyne* spp. (Wiryadiputra, 1992). Hampir semua propinsi produsen kopi di Indonesia, antara lain Sumatera Utara, Sumatera Barat, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, NTT, dan Sulawesi Selatan, telah terinfeksi oleh nematoda *P. coffeae*. Penurunan produksi oleh *P. coffeae* pada kopi Robusta berkisar antara 28,7% sampai 78,4%. Pada kopi Arabika, biasanya tanaman hanya bisa bertahan selama 2 tahun (Wiryadiputra dan Atmawinata, 1998).

Pengendalian nematoda pada tanaman kopi, sudah diarahkan pada pengendalian secara terpadu dengan menggunakan jenis atau klon kopi yang tahan, agen hayati, pestisida nabati, bahan organik, sanitasi, pergiliran tanaman, dan nematisida (Wiryadiputra, 1997a; 1997b). Jenis kopi Ekselsa (*Coffea exelsa*) dan Robusta (*C. canephora* var. *robusta*) yang tahan terhadap nematoda *P. coffeae*, adalah klon kopi Ekselsa Bgn. 121.09 dan klon kopi Robusta BP 961 dan BP 308 (Wiryadiputra, 1997b; Wiryadiputra dan Hulupi, 1997). Klon-klon kopi tersebut dapat digunakan sebagai batang bawah dengan batang atas kopi Robusta maupun Arabika yang memiliki arti ekonomi tinggi.

Penggunaan ekstrak biji dan daun mimba, bahan organik (kulit kopi, pupuk kandang dan kompos), juga mampu menekan populasi nematoda parasit pada tanaman kopi baik di pembibitan maupun di pertanaman (Wiryadiputra, 1997b). Pengendalian hayati nematoda pada tanaman kopi, saat ini masih dalam penelitian antara lain dengan menggunakan jamur mikoriza *Gigaspora margarita*, bakteri *Pasteuria penetrans* dan *Paecilomyces lilacinus* (Wiryadiputra, 2002).

Beberapa jenis tanaman seperti rumput guatemala (*Trypsacum laxum*), *Tagetes patula*, *Crotalaria anagyroides*, *C. striata* dan *C. Usaramuensis* sangat efektif dalam menekan populasi nematoda parasit kopi, sehingga dapat digunakan sebagai tanaman rotasi pada bekas areal serangan nematoda. Pergiliran tanaman, dapat juga dilakukan dengan menanam tanaman bukan inang *P. coffeae*, antara lain tebu, kakao terutama kakao Lindak (Bulk cocoa), dan karo benguk (*Mucuna* sp.) (Wiryadiputra, 1997b).

Berbagai jenis nematisida telah diuji keefektifannya terhadap *P. coffeae* baik di pembibitan maupun pada pertanaman kopi. Untuk sterilisasi media bibit, digunakan fumigan dazomet dan methamsodium. Sedangkan untuk tanaman di pembibitan dan di pertanaman, digunakan nematisida sistemik dan kontak, di antaranya adalah oksamil, karbofuran, etoprofos dan kadusafos.

STRATEGI PENGENDALIAN NEMATODA DI MASA DEPAN

Secara umum, strategi pengendalian terpadu nematoda parasit dapat dilakukan melalui karantina, pemusnahan pusat serangan, kebersihan kebun dan tindakan teknik budidaya, pengendalian hayati dan ekologi, pemilihan areal bebas nematoda, pengendalian kimia dan fisik secara langsung, pemberaan, pergiliran tanaman, varietas tahan, dan varietas toleran (Oostenbrink, 1972).

Penelitian

Selaras dengan program Litbang Pertanian 2005-2009 yang berkaitan dengan (a) rekayasa dan pemanfaatan teknik biologi molekuler dan rekayasa genetik untuk perbaikan tanaman dan ternak, (b) pemanfaatan kultur *in vitro* untuk perbanyak tanaman, perbaikan varietas dan produksi metabolit sekunder (Badan Litbang Pertanian, 2004), maka penelitian pengendalian nematoda diarahkan pada bioteknologi dan

pertanian berkelanjutan. Penelitian ini terutama ditujukan untuk mengantisipasi tuntutan konsumen yang semakin peduli terhadap masalah lingkungan, dan juga untuk mengantisipasi sistem pertanian yang lestari (*sustainable agriculture*). Beberapa komponen bioekologi, seperti faktor biotik dan abiotik perlu dikaji, sebagai dasar penyusunan strategi pengendalian nematoda. Faktor-faktor biotik antara lain mencakup tanaman inang pengganti, tanaman antagonis, dan agen hayati, diharapkan dapat diketahui melalui penelitian, sehingga faktor-faktor tersebut dapat dimanipulasi untuk tujuan pengendalian.

Perbaikan tanaman dapat dilakukan melalui beberapa cara antara lain dengan cara penyambungan, fusi protoplas, dan induksi ketahanan sistemik (*induced systemic resistance*). Teknik penyambungan seperti pada tanaman kopi, yaitu dengan menggunakan batang bawah yang tahan terhadap nematoda, dengan batang atas yang memiliki arti ekonomi tinggi (Wiryadiputra, 1997b). Teknik fusi protoplas, seperti pada tanaman nilam yaitu dengan memindahkan sifat ketahanan terhadap nematoda dari nilam Jawa (tahan terhadap nematoda, kadar minyak rendah) pada nilam Aceh (rentan terhadap nematoda, kadar minyak tinggi) (Nuryani *et al.*, 1999; Mariska dan Lestari, 2003). Sedangkan teknik induksi ketahanan sistemik, dilakukan melalui pemanfaatan jamur endofit pada tomat (Hallmann, 1994 dalam Amin *et al.*, 1996) atau bakteri endofit pada kapas dan mentimun (Hallmann *et al.*, 2001). Gommers dan Bakker (1993), dengan menggunakan antibodi monoklonal, telah berhasil mendiagnosis virulensi dan penghambatan pertumbuhan nematoda, dan melalui rekayasa genetik telah menemukan kultivar kentang yang memiliki sifat ketahanan dalam jangka waktu lama (*durable resistance*) terhadap nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.).

Penerapan sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT)

Umumnya serangan nematoda pada tanaman dapat menyebabkan penyakit kompleks (*complex diseases*), karena patogen lain seperti jamur, bakteri dan virus masuk ke dalam jaringan akar melalui luka yang disebabkan oleh nematoda, sehingga gejala serangan nematoda tersebut semakin parah (Webster, 1985). Selain itu serangan nematoda menyebabkan tanaman kekurangan hara, karena akar rusak dan tidak berfungsi secara maksimal, akibatnya produk-

tivitas tanaman menurun (Hussey, 1985). Bertitik tolak pada mekanisme kerusakan oleh nematoda tersebut, maka sasaran pengendaliannya antara lain adalah :

- (a) Mengurangi daya rusak dan menghindari investasi OPT lain : Cara pengendalian ini dapat dilakukan antara lain dengan menggunakan pestisida (kimia, nabati, hayati), atau bahan organik. Dengan cara tersebut nematoda terbunuh oleh senyawa toksik dari pestisida, atau senyawa yang dihasilkan oleh bahan organik selama proses dekomposisi (Sayre, 1980a ; Schmitt, 1985).
- (b) Mengurangi daya rusak melalui pendekatan genetik untuk meningkatkan daya tahan. Cara ini dapat dilakukan dengan menggunakan varietas tahan atau toleran. Dengan menggunakan varietas tahan, nematoda tidak dapat berkembang biak, atau perkembangbiakannya terhambat. Dengan menggunakan varietas tahan faktor reproduksi lebih kecil dari satu ($P_f/P_i < 1$), di mana P_f = populasi akhir, dan P_i = populasi awal (Pinochet, 1992).
- (c) Mengurangi daya rusak dan kerugian melalui pendekatan fisiologis dan recovery: Cara ini dapat dilakukan secara terpadu dengan menggunakan varietas tahan (toleran), penggunaan pestisida dan teknik budidaya (pemupukan, pergiliran tanaman). Dengan pengendalian terpadu selain populasi nematoda dapat ditekan, secara fisiologis tanaman tumbuh normal, sehingga potensi produksi tanaman tersebut tercapai karena kebutuhan hara terpenuhi.

Beberapa Komponen Pengendalian Nematoda Terpadu

Pengendalian nematoda secara terpadu dilakukan dengan cara menggabungkan beberapa komponen pengendalian ke dalam suatu sistem. Komponen-komponen utama pengendalian nematoda terpadu adalah teknik budidaya (varietas tahan atau toleran, pergiliran tanaman, tanaman perangkap, bahan organik), agen hayati, pestisida (nabati dan kimia), dan karantina.

Varietas tahan atau toleran

Umumnya, kehilangan hasil akibat serangan nematoda, dapat ditekan melalui pergiliran tanaman. Tanaman yang sangat peka hanya boleh ditanam sekali dalam 2–8 tahun. Oleh karena itu,

untuk menekan perkembangbiakan nematoda tertentu, kultivar tahan harus selalu tersedia. Di Indonesia varietas tahan (toleran) terhadap nematoda baru dihasilkan pada beberapa jenis tanaman perkebunan, antara lain kopi, lada, nilam, dan tembakau. Klon kopi Ekselsa Bgn. 121.09 dan klon kopi Robusta BP 961 dan BP 308 tahan terhadap *P. coffeae*, (Wiryadiputra, 1997b). Varietas lada Petaling-1, Bangka dan Kuching toleran terhadap *R. similis* dan *M. incognita* (Hamid *et al.*, 1988). Nilam nomor 0003 tahan terhadap *P. brachyurus* dan *Meloidogyne* spp., sedangkan nomor 0007 dan 0013 tahan hanya terhadap *P. brachyurus* (Nuryani *et al.*, 2004a). Enam nomor aksesori kopi tahan terhadap *M. incognita* yaitu S. 2258/2/1/1, S.1976/M, S.1032, S. 1019, S. 1968/M dan S. 1012 (Dalmadiyo *et al.*, 1998b).

Pergiliran tanaman dan tanaman perangkap

Di beberapa negara maju, khususnya di Eropa diharuskan melaksanakan pergiliran tanaman untuk mengendalikan *G. rostochiensis* (Schots, 1988). *Solanum sisymbriifolium* sejenis tomat liar, dilaporkan efektif untuk mengendalikan *G. rostochiensis*. Tanaman tersebut mempercepat penetasan telur nematoda, setelah dewasa dan menggerogoti akar tomat liar tersebut, siklus hidup nematoda terputus (Duryatmo, 2003).

Beberapa jenis tanaman dapat berfungsi sebagai tanaman perangkap (*trap crop*) yang diusahakan dalam bentuk pola tanam seperti pergiliran tanaman atau tumpang sari, di antaranya adalah tagetes (*Tagetes patula*), jarak (*Ricinus communis*) dan wijen (*Sesamum indicum*). Jarak dan wijen digunakan sebagai tanaman perangkap dalam pola pergiliran tanaman kacang tanah, kedele dan kapas untuk mengendalikan nematoda buncak akar (*Meloidogyne* spp.). Tanaman jarak dan wijen tersebut sangat efektif dalam menekan populasi *Meloidogyne* spp., karena mengeluarkan eksudat akar yang toksik terhadap nematoda (Rodriguez-Kabana, 1992).

Bahan organik

Penambahan bahan organik ke dalam tanah meningkatkan daya tanah menahan air dan kesuburan tanah, sehingga pertumbuhan tanaman meningkat dan tanaman lebih tahan terhadap serangan nematoda. Kegiatan musuh-musuh alami nematoda khususnya jamur dan invertebrata predator terpacu, sementara senyawa kimia yang bersifat racun terhadap nematoda (seperti

ammonia, nitrit, hidrogen sulfida dan asam-asam organik) di lepas ke dalam tanah selama proses dekomposisi (Sayre, 1980a).

Agen hayati

Pemanfaatan agen hayati (musuh alami) telah terbukti efektif untuk mengendalikan nematoda pada berbagai kasus (Triman dan Mulyadi, 2001; Mustika *et al.*, 2001; 2003; Cho *et al.*, 2003). Di antara agen hayati tersebut adalah jamur (*Arthrobotrys oligospora.*, *Dactylaria brochopaga.*, *Dactylella* spp., *Paecilomyces lilacinus*, *Catenaria* spp., *Nemato-phthora gynophila*) dan bakteri *P. penetrans* (Sayre, 1980a; Hewlett *et al.*, 1997). Di Indonesia, pengendalian nematoda dengan menggunakan jamur dan bakteri tersebut, saat ini baru pada stadia awal perkembangan, selanjutnya masih perlu untuk ditingkatkan terutama pada identifikasi parasit dan predator yang potensial, formulasi, serta cara-cara praktis dalam menggunakannya. Agar agen hayati tersebut tetap dalam keadaan viabel di dalam tanah, metoda aplikasi dan formulasi agen hayati masih perlu dikembangkan.

Pestisida nabati

Berbagai jenis tanaman yang mengandung senyawa toksik terhadap nematoda sangat potensial untuk dikembangkan sebagai pestisida nabati. Di antara tanaman tersebut adalah mimba, tagetes (*T. erecta*, *T. minuta*), srikaya, jarak, serai wangi, serai dapur, lempuyang pahit, lempuyang wangi, dan lempuyang gajah (Grainge dan Ahmed, 1988; Alam dan Jairajpuri, 1990). Kandungan bahan aktif mimba terutama adalah azadirachtin (Schmutterer, 1995). Bungkil jarak mengandung senyawa aktif ricin yang sangat beracun terhadap nematoda. Ekstrak biji mimba dan ekstrak bungkil jarak sangat efektif untuk mengurangi populasi nematoda (Mustika dan Harni, 2001). Srikaya mengandung bahan aktif nematisidal utama asimisin dan anonin (Mustika, 1999), sedangkan tagetes mengandung senyawa thio-penic (Gommers 1973).

Pestisida kimia

Penggunaan pestisida kimia harus merupakan alternatif terakhir apabila tehnik pengendalian yang lain dinilai tidak berhasil dan harus dilakukan secara bijaksana. Yang dimaksud dengan penggunaan nematisida secara bijaksana, adalah (1) Nematisida yang digunakan adalah jenis yang terdaftar dan atau diizinkan oleh

Menteri Pertanian, (2) Memenuhi kriteria 6 tepat, yaitu tepat jenis, mutu, waktu, sasaran (nematoda dan tanamannya), dosis dan konsentrasinya, serta cara dan alat aplikasinya (3) Tidak membahayakan manusia dan lingkungan. Dewasa ini telah terdaftar sebanyak 12 formulasi nematisida yang dizinkan digunakan untuk berbagai tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan. Kedua-belas nematisida tersebut adalah dazomet 98%, karbofuran 3% (sebanyak 4 nama dagang), fenamifos 10%, natrium metam (3 nama dagang), etoprofos 10%, kadusafos 10%, dan oksamil 100,6 g/l (Dirjen Tanaman Pangan dan Hortikultura, 1996).

Karantina

Menurut Badan Karantina Pertanian (2004), di Indonesia sampai saat ini telah dilaporkan sebanyak 67 spesies nematoda parasit tanaman yang tergolong ke dalam Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina (OPTK) kelompok A1 (belum terdapat di Indonesia), dan 26 spesies OPTK A2 (sudah terdapat di Indonesia). Untuk mencegah masuk dan tersebarnya OPTK dari luar negeri (OPTK A1), dan mencegah masuk dan tersebarnya OPTK A2 dari areal yang tertular ke areal lain yang bebas di dalam negeri, telah diatur dalam Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 627/Kpts/PD.540/12/2003, tanggal 30 Desember 2003. Berdasarkan peraturan tersebut, di masa mendatang apabila pelaksanaan aturan karantina yang didukung dengan hasil-hasil penelitian diberlakukan secara ketat, maka ke 67 jenis nematoda OPTK A1 tidak masuk ke Indonesia, dan nematoda yang sudah ditemukan di tempat tertentu tidak menyebar ke tempat lain yang belum terinfeksi, sehingga penyebaran penyakit yang disebabkan oleh nematoda dapat dihindarkan.

Penyebaran atau pencegahan masuknya nematoda dari daerah terserang ke daerah lainnya di Indonesia dapat dilakukan dengan cara (a) sanitasi benih, alat transportasi dan lain-lain. Sanitasi antara lain dengan mencuci atau membersihkan benih dengan menggunakan nematisida dan desinfektan yang tidak mempengaruhi daya tumbuh benih, (b) tidak menggunakan benih dari daerah yang diketahui terserang nematoda tertentu, (c) sertifikasi benih bebas nematoda dan (d) pemberdayaan penangkar benih, baik yang diusahakan oleh Pemerintah maupun Swasta.

Pelatihan dan pendidikan

Pelatihan dan pendidikan, dapat dilakukan dalam bentuk kunjungan lapang dan kursus singkat untuk para petugas lapang atau staff berbagai institusi. Pelatihan khusus dilaksanakan terutama mengenai teknik laboratorium nematologi, penelitian untuk pembuatan thesis yang berkaitan dengan masalah-masalah nematoda pada berbagai tanaman khususnya di Indonesia.

Transfer teknologi dan evaluasi di tingkat petani

Transfer teknologi dan evaluasi di tingkat petani, dapat dilakukan melalui *on farm research* yang melibatkan petani andalan. Untuk itu, semua komponen pengendalian yang sudah ada di Indonesia perlu dikaji di tingkat petani, disesuaikan dengan jenis tanaman dan spesies nematoda yang dominan pada tanaman tersebut. Dalam pengkajian ini komponen-komponen penengendalian diaplikasikan secara terpadu.

KEBIJAKAN Mendukung STRATEGI PENGENDALIAN NEMATODA

Kebijakan Operasional

Hasil-hasil penelitian perlu didiseminasikan melalui program pelatihan di unit-unit pelaksana teknis sebagai pelaksana operasional, antara lain dengan melibatkan tenaga penyuluh, petani melalui SLPHT (Sekolah Lapang PHT), dan petugas karantina. Pelatihan bagi tenaga penyuluh lebih ditekankan pada pengenalan morfologi nematoda, gejala serangan, dan cara pengendaliannya dengan pendekatan pengelolaan ekosistem secara keseluruhan. Sedangkan pelatihan bagi petugas karantina meliputi teknik isolasi, identifikasi jenis-jenis nematoda penting, gejala serangan, daerah sebar dan tanaman inang termasuk gulma. Sedangkan pendidikan dan pelatihan di tingkat Perguruan Tinggi, selain aspek-aspek tersebut di atas, juga mencakup berbagai aspek lainnya yang terkait seperti hama dan penyakit, gulma, musuh alami, cuaca (iklim) dan faktor-faktor lingkungan fisik lainnya, sarana produksi, tindakan petani dalam mengelola lahannya, sosial ekonomi petani dan komponen-komponen lain yang terkait dalam usaha tani.

Untuk menguji kesesuaian komponen teknologi pengendalian nematoda terpadu pada berbagai kondisi lahan dan agroklimat diperlukan kerjasama dengan instansi Pemerintah seperti

Pemerintah Daerah (Dinas Pertanian), Balai Penelitian Komoditas, Perguruan Tinggi, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP), atau dengan pihak swasta.

Kebijakan Teknis

Dalam rangka pengendalian nematoda pada tanaman sesuai dengan prinsip-prinsip PHT maka teknik pengendalian nematoda yang dapat diterapkan antara lain adalah penggunaan varietas tahan, pergiliran tanaman, pemanfaatan agen hayati dan pestisida nabati, manipulasi faktor fisik, dan penggunaan pestisida kimia. Penetapan teknik pengendalian tersebut perlu disesuaikan dengan keadaan setempat antara lain dengan memperhatikan jenis nematodanya, jenis komoditi, faktor lingkungan biotik dan abiotik, sosial ekonomi masyarakat dan ketersediaan sarana pendukung yang diperlukan.

Teknik budidaya di antaranya adalah dengan menggunakan bibit bebas nematoda, sanitasi, penanaman tanaman perangkap atau pemusnahan sisa tanaman, dan pemupukan. Pengaturan pola tanam dengan mengatur waktu tanam, atau serentak tanam. Pergiliran tanaman atau varietas yaitu dengan menanam tanaman tertentu atau varietas tertentu secara tidak terus menerus terutama dengan menanam tanaman yang tidak disenangi oleh nematoda penting di daerah tertentu. Varietas tahan yang digunakan sudah ada di alam atau dengan rekayasa genetik. Pemanfaatan agen hayati berupa parasit, predator maupun patogen Manipulasi faktor fisik, dengan pengeringan atau penggenangan (tergantung habitat hidup nematoda)

Untuk mendukung kebijakan teknis tersebut di atas yang perlu dilakukan adalah peningkatan pengawasan (*surveillance*) keberadaan dan perkembangan penyakit yang disebabkan oleh nematoda tertentu, serta pemetaan daerah sebarannya untuk antisipasi pengendalian. Dengan melaksanakan *surveillance*, luas serangan dan besarnya kerugian ekonomi pada komoditas tertentu yang disebabkan oleh nematoda, dapat diketahui.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Nematoda parasit tanaman merupakan salah satu masalah dalam upaya meningkatkan produksi pertanian di Indonesia. Kehilangan

hasil akibat serangan nematoda pada tanaman perkebunan (lada, nilam, jahe, kopi) sebesar 32% - 75%.

2. Sebanyak 26 spesies nematoda parasit tanaman telah terdapat di Indonesia. Nematoda yang perlu mendapat perhatian adalah *M. hapla*, *R. similis*, *H. oryzae*, *H. glycine*, dan *Globodera rostochiensis*. Sedangkan di antara nematoda yang harus dicegah masuk ke Indonesia adalah *Bursaphelenchus xylophilus* pada tanaman pinus, *G. pallida* pada tanaman kentang, dan *Rhadinaphelenchus cocophillus* pada tanaman kelapa.
3. Teknik pengendalian nematoda pada beberapa tanaman penting telah diperoleh di antaranya adalah pemanfaatan varietas tahan atau toleran, teknik pergiliran tanaman, pengendalian hayati dengan menggunakan agen hayati dan pestisida nabati, pencegahan penyebaran, pengendalian kimiawi, dan berbagai teknik budidaya lainnya. Strategi pengendalian nematoda di masa depan dilaksanakan dengan menerapkan sistem PHT, yaitu dengan memadukan satu atau lebih teknik pengendalian yang kompatibel.
4. Selaras dengan program Litbang Pertanian 2005-2009, maka penelitian untuk menunjang strategi pengendalian nematoda diarahkan pada perbaikan varietas, untuk memperoleh varietas tahan atau toleran, yang pelaksanaannya perlu secara multidisiplin dengan melibatkan bidang-bidang pemuliaan tanaman, nematologi agronomi, biokimia, bioteknologi dan teknologi pasca panen.
5. Strategi pengendalian nematoda secara terpadu, perlu didukung baik oleh kebijakan operasional maupun kebijakan teknis. Kebijakan operasional meliputi program pelatihan di unit-unit pelaksana teknis, penelitian dan pengkajian melalui koordinasi berbagai pihak terkait, baik instansi pemerintah, swasta dan petani. Sedangkan kebijakan teknis perlu adanya pelaksanaan pengawasan (*surveillance*) keberadaan dan perkembangan penyakit yang disebabkan oleh nematoda, serta penyebarannya untuk antisipasi pengendalian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M.M. and M.S. Jairajpuri. 1990. Nematode control strategies. Principles and prac-

- tices. *Dalam* : Jairajpuri, M.S., M.M. Alam and I. Ahmad (Eds). Nematode Bio-control (Aspects and Prospects). CBS Publishers & Distributors PVT Ltd. Delhi-11032 (India). P. 5-15.
- Amin, N. R.A. Sikora dan R.P. Schuster. 1996. Pengendalian biologi nematoda pelubang *Radopholus similis* dengan jamur endofit. Proceedings Integrated Control of Main Diseases of Industrial Crops. Jont Seminar of Agency for Agricultural Research and Department, and Japan International Cooperation Agency. Bogor, March 13-14, 1996. Hlm. 297-303.
- Badan Karantina Pertanian. 2004. Bahan Materi Temu Teknis OPTK. Temu Koordinasi Karantina Tumbuhan. Yogyakarta 7-10 September 2004.
- Badan Litbang Pertanian. 2004. Rencana Strategis Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2005-2009. Konsep Akhir. Hlm. 5.
- Cho, M.R., H.Y. Yeong and Y.M. Choi. 2003. Research on potential of *Pasteuria penetrans* for biological control of root-knot nematodes in Korea. [Home.rda.go.kr/eng/new/Myoung%20Rae%20cho's%](http://Home.rda.go.kr/eng/new/Myoung%20Rae%20cho's%20paper.doc) 20. paper doc. 11 pp.
- Dalmadiyo, G., B. Hari Adi, Supriyono, dan A. Rachman SK. 1998a. Tingkat ketahanan beberapa aksesori tembakau terhadap nematoda puru akar (*Meloidogyne incognita*) (Kofoid dan White) Chitwood. Jurnal Penelitian Tanaman Industri III (5- 6) : 163-168.
- Dalmadiyo, G., S. Rahayuningsih, B. Hari Adi, dan Supriyono. 1998b. Ketahanan empat galur tembakau Temanggung terhadap penyakit layu bakteri, puru akar dan lanas. Jurnal Penelitian Tanaman Industri III (5-6) : 181-185.
- Dariyanto. 2003. Status penyebaran dan kerugian nematoda sista kuning pada tanaman kentang. Lokakarya Nematoda Sista Kuning. Yogyakarta 11-12 Desember 2003. 8 hlm.
- Dickson, D.W., Oostendorp and D.J. Mitchel, 1992. Development of *Pasteuria penetrans* on *Meloidogyne arenaria* race-I in the field. In : Gommers, F.J. and P.W. Th. Maas (Eds.). Nematology from molecule to ecosystem. European Soc. Of Nematologist. Inc. Invergowrie, Dundee, Scotland. Pp. 213-218.
- Dirjen Tanaman Pangan dan Hortikultura. 1996. Kebijakan Pengelolaan Nematoda Pada Tanaman Pangan dan Hortikultura. Makalah pada Seminar Perhimpunan Nematologi Indonesia. Jember, 23 -24 Juli 1996. 12 hlm.
- Djiwanti, R.S. and Momota. 1991. Parasitic nematodes associated with patchouli disease in West Java. Indust. Crops Res. J. 3 (2) : 31-34.
- Duryatmo, S. 2003. Di bawah lindungan tomat liar. Trubus 405 Agustus 2003/XXXIV. Hlm. 68-69.
- Evans, K. 1982. Water use, calcium uptake and tolerance of cyst nematode attack in potatoes. Potato Research 25 : 71-88.
- Gommers, F.J. 1973. Nematicidal Principles in Compositae. Dissertation Wageningen Agric. Univ. The Netherland. 73 pp.
- _____ and J. Baker. 1993. Biotechnology in Nematology. *Dalam* : Zadoks, J.C. (ed). Modern crop protection developments and perspectives. Wageningen Pers. p. 123-131.
- Grainge, M. and S. Achmed . 1988. Hand book of Plant With Pest Control Properties. John Willey & Sons, N.Y. 470 hlm.
- Hallman, J., Quadt-Hallmann, Rodriguez-Kabana, and J.W. Kloepper. 2001. Interaction between *Meloidogyne incognita* and endophytic bacteria in cotton and cucumber. Soil Biol. Biochem 30 (7) : 925 -937.
- Hamid, A., Y. Nuryani, R. Kasim, D. Sitepu, P. Laksmanahardja, dan P. Wahid. 1988. Natar-1, Natar-2, Petaling-1 dan Petaling-2 adalah varietas-varietas lada yang cocok untuk daerah Lampung dan Bangka. Media Komunikasi Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri.
- Harni, R. , I. Mustika, dan S.B. Nazarudin 2000. Kajian teknik formulasi jamur pemangsa nematoda untuk mengendalikan nematoda penyebab penyakit kuning lada. Laporan Penyelesaian DIP Bag. Proyek Penelitian Tanaman Rempah dan Obat Tahun 1999/2000.
- Harni, R. dan I. Mustika. 2002. Pengendalian nematoda parasit tanaman lada berawasan lingkungan. Tenologi Budidaya Organik Tanaman Rempah dan Obat. Perkembangan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat 14 (1) : 17-26.

- Hewlett, T.E., D.W. Dickson and M. Serracin. 1997. Biocontrol of Nematodes by *Pasteuria* spp. Methods for studying *Pasteuria* spp. for biological control of Nematode. <http://www.cpes.peachnet.edu/nemabc/pasteuria.htm>. 6 pp.
- Hussey, R.S. 1985. Host- parasit relationships and associated physiological changes. In Saaser, J.N and C.C. Carter (Eds). An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. I. Biology and Control. North Carolina State Univ. Graphics. 1985. p. 143-154
- Madulu, J.D., D.L. Trudgil and M.S. Philips. 1994. Rotational management of *Meloidogyne javanica* and effects on *Pasteuria penetrans* and tomato and tobacco yields. *Nematologica* 40 : 438-455.
- Mariska, I. dan E.G. Lestari. 2003. Pemanfaatan kultur *in vitro* untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman nilam. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 22 (2) : 64 – 69.
- Melakeberhan, H., J.W. Webster, R.C. Brook, J.M. D’Auria and M. Cacckette. 1987. Effect of *Meloidogyne incognita* on plant nutrient concentration and its influence on plant physiology of bean . *J. of Nematol.* 19 : 324-330.
- Mustika, I. 1990. Studies on the interaction of *Meloidogyne incognita*, *Radopholus similis* and *Fusarium solani* on black pepper (*Piper nigrum* L.). Thesis. Wageningen Agric. Univ., The Netherlands. 127 pp.
- _____, Y. Nuryani dan O. Rostiana, 1991. Nematoda parasit pada beberapa kultivar nilam di Jawa Barat. *Buletin Littro* 4 (1) : 9 – 14.
- _____. 1992. Plant parasitic nematodes associated with ginger (*Zingiber officinale* Rosch.) in North Sumatera. *J. of Spice and Medicinal Crops* 1 (1) : 38-42.
- _____ and Y. Nuryani. 1993. Screening for resistance of four patchouli cultivars to *Radopholus similis*. *J. of Spice and Medicinal Crops* 1 (2) : 11-17.
- _____. 1995. Serangan nematoda pada tanaman rempah dan obat. *Medkom. Litbangtri* 15 : 28-33.
- _____, A. Rachmat dan Suyanto. 1995. Pengaruh pupuk, pestisida dan bahan organik terhadap pH tanah, populasi nematoda dan reduksi nilam. *Media Komunitas Penelitian Tanaman Industri* 15 : 70-74.
- _____. 1998. Pemanfaatan bakteri *Pasteuria penetrans* untuk pengendalian nematoda *Meloidogyne incognita* dan *Radopholus similis*. Laporan RUT. Dewan Riset Nasional. 82 hlm
- _____ dan S.B. Nazarudin. 1999. Nematoda pada tanaman nilam. Monograf Tanaman Nilam Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat.
- _____. 1999. Pestisida nabati untuk mengendalikan nematoda parasit tanaman. Dalam: Pemanfaatan Pestisida Nabati. Perkembangan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat 11 (2) : 47-57.
- Mustika, I, R.S. Djiwanti, dan R. Harni. 2000. Pengaruh agensia hayati, bahan organik dan pestisida nabati terhadap nematoda tanaman nilam. Laporan Penyelesaian DIP Bagian Proyek Penelitian Tanaman Rempah dan Obat Tahun 1999/2000. Hlm 85-92.
- _____, B. Marwoto, R. Harni dan B.S. Nazarudin. 2001. Pengendalian nematoda pada tanaman tomat dengan menggunakan tepung, pelet dan kompos akar tomat diinokulasi dengan bakteri *Pasteuria penetrans*. *Jurnal Biologi Indonesia* 3 (1) : 23-31.
- _____ dan R. Harni. 2001. Pengaruh ekstrak jarak (*Ricinus communis*) dan mimba (*Azadirachta indica*) terhadap *Pratylenchus brachyurus* pada tanaman nilam. Prosidings Kongres Nasional XVI dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia, Bogor, 22-24 Agustus 2001. Hlm 433-437.
- _____, R.S. Djiwanti, R. Harni, S. Yuliani, A. Darmanto, D. Sudradjat, dan Herwan. 2003. Pemanfaatan Agensia Hayati, Bahan Organik, dan Pestisida Nabati Untuk Mengendalikan Nematoda Pada Tanaman Lada. Laporan Akhir Penelitian Kerjasama antara Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, PT. Primasid Andalan Utama dan Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif Pusat Tahun Anggaran 2002. 31 hlm.
- Nazarudin, S.B. dan I. Mustika. 1996. Penggunaan jamur penjerat untuk pengendalian hayati *Meloidogyne* spp. pada jahe. *Proceeding of integrated control of main disease of*

- Industrial Crops. Bogor, 13-14 March, 1996. Hlm. 193-197.
- Nuryani, Y., Ch. Syukur, R. Harni, Yelnititis, Re-pianyo dan I. Mustika. 1999. Tanggap beberapa klon nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) terhadap nematoda pelubang akar (*Radopholus similis* Cobb.). Jurnal Penelitian Tanaman Industri 5 (3) : 103-106.
- _____, I. Mustika, dan Ch. Syukur. 2001. Kandungan fenol dan lignin tanaman nilam hibrida (*Pogostemon* sp.) hasil fusi protoplas. Jurnal Littri. 7 (4) : 104-108.
- _____, Hobir, Ch. Syukur dan I. Mustika. 2004a. Usulan pelepasan varietas nilam. Badan Litbang Pertanian. Puslitbangbun. Balitro. 2004. 28 hlm.
- Oostenbrink, M. 1972. Evaluation and integration of nematode control methods. *Dalam* : Economic Nematology. p. 497-514. Academic Press. London.
- Pinochet, J. 1992. Breeding bananas for resistance against lesion forming nematodes. Nematology from Molecule to Ecosystem. *Dalam* : Gommer, F.J. and Maas, P.W Th. European Soc. of Nematologists, Inc. Inwergrowie, Dundee, Scotland. p. 157-169.
- Price, T.V. 2000. Plant-parasitic nematodes. Integrated Pest Management for Smallholder Estate Crops Project. Plant Quarantine Component - Nematology. p. 27-34.
- Pupuk Iskandar Muda, 1991. Perkembangan dan permasalahan usahatani nilam dan tanaman atsiri lain di Aceh. Prosid. Forum Komunikasi Ilmiah Pengembangan Atsiri di Sumatera. Bukit Tinggi, 31 Agustus 1991. P. 36 - 47.
- Puskara. 1994. Upaya peningkatan peran serta Karantina Pertanian dalam PJPT-II. Pusat Karantina Pertanian. Departemen Pertanian. Makalah dalam Rapat Teknis Nasional Karantina Pertanian, Jakarta, 17-19 Januari, 1994.
- _____. 2000. Daftar Organisme Pengganggu Tumbuhan Potensial yang Dilaporkan Telah Terdapat di Dalam Wilayah Republik Indonesia. 328 Hlm.
- Rodriguez- Kabana, R. 1992. Cropping systems for the management of phytonematodes. Nematology From Molecule to Eco-system. In Gommers F.J. and Maas PW Th. (Eds). Proceed. Second International Nematology Congress, 11-17 August 1990, Veldhoven, The Netherlands. p. 219-233.
- Sayre, R.M. 1980a. Promising organism for biological control of nematodes. Plant Disease 64 : 527-532.
- Sayre, R.M. 1980b. Biocontrol : *Bacillus penetrans* related parasites of nematodes. J. Nematol. 12 : 260-270.
- Schmitt, P.P. 1985. Preliminary and advanced evaluation of nematicides. *Dalam* : Sasser, J.N. and C.C. Carter (Eds). An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. I. Biology and Control North Carolina State Univ. Graphics. Raleigh, North Caroline. p. 241-246.
- Schots, A. 1988. A serological approach to the identification of potato cyst nematodes. Thesis at Wageningen Agricultural University. The Netherlands. 118 pp.
- Schmutterer. 1995. The Neem Tree *Azadirachta indica* A. Juss. And Other Meliaceous Plants. VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-69451 Weinheim (Budesrepublik Deutschland). 696 pp.
- Sitepu, D. and I. Mustika. 2000. Disease of black pepper and their management in Indonesia. *Dalam* P.N. Ravindran (Ed): . Black Pepper. *Piper nigrum*. Medicinal And Aromatic Plants - Industrial Profiles. Harwood Academic Publishers. P. 297-308.
- Sriwati, R. 1999. Ketahanan beberapa kultivar nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) terhadap *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Stekhoven. Program Pasca Sarjana IPB. 42 hlm.
- Tasma, I.M. dan P. Wahid. 1988. Pengaruh mulsa dan pemupukan terhadap pertumbuhan dan hasil nilam. Pember. Littri 16 (3) : 31-34.
- Triman, B. dan Mulyadi. 2001. Pengendalian nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) pada buncis dengan bakteri *Pasteuria penetrans* dan solarisasi. Jurnal Perlin-dungan Tanaman Indonesia 7 (1) : 49-54.
- Vecht, J. van der. 1953. Op planten parasiterende aaltjes. *Dalam* : Kalshoven, L.G.E. & J. Van der Vecht (Eds). De plagen van de cultuurgewassen in Indonesia. Vol. I, N.V. Uitgeverij, W. van Hoeve, 's Gravenhage/Bandoeng, p. 16 - 42.
- Vilsoni, F., M.A. McClure and L.D. Butler. 1978. Occurrence, host range and histopathology of *Radopholus similis* in ginger

- (*Zingiber officinale*). Plant Disease Reporter 60 (5) : 417-420.
- Wallace, H.R. 1987. Effects of nematode parasites on photosynthesis. Vistas on Nematology. A commemoration of the Twenty-fifth Anniversary. Soc. of Nematology. P. 253-259.
- Webster, J.M. 1985. Interaction of *Meloidogyne* with fungi on crop plants. Dalam Sasser, J.J and C.C. Carter (Eds). An Advanced Treatise on Meloidogyne. Vol. I. Biology and Control. P. 183-192. North Carolina State Univ. Graphics, Box 7226. Raleigh, North Carolina 2769-7226 USA.
- Wiryadiputra, S. 1992. Strategi dan hasil penelitian nematoda parasit pada tanam-an kopi di Indonesia. Makalah pada "Seminar Nematologi Se-Jawa di Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta, 3-5 Agustus 1992. 13 hlm.
- Wiryadiputra, S. dan R. Hulupi. 1997. Uji ketahanan varietas kopi arabika introduksi terhadap nematoda *Pratylenchus coffeae*. Risalah Kongres Nasional XIII Dan Seminar Ilmiah PFI. Mataram 25-27 September 1995. Hlm. 223-228.
- Wiryadiputra, S. 1997a. Pengaruh nematisida karbofuran dan etoprofos terhadap populasi *Pratylenchus coffae* pada kopi Robusta. Risalah Kongres Nasional XIII Dan Seminar Ilmiah PFI. Mataram 25-27 September 1995. Hlm. 229-233.
- Wiryadiputra, S. 1997b. Pengelolaan Nematoda Parasit Dalam Produksi Kopi Organik Untuk Meningkatkan Agribisnis Kopi di Indonesia. Prosid. Kongres XIV dan Seminar Nasional Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Vol II. Palembang 27-29 Oktober, 1997. Hlm.170-173.
- Wiryadiputra, S. dan O. Atmawinata. 1998. Kopi (*Coffea* spp.). Dalam : Pedomam Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Perkebunan. Puslitbang Tanaman Industri Badan Litbang Pertanian. Deptan. Hal.53-59.
- Wiryadiputra, S. 2002. Pengaruh bionematisida berbahan aktif jamur *Paecilomyces lilacinus* Strain 251 terhadap serangan *Pratylenchus coffeae* pada kopi Robusta. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia 8 (1) : 18-26.