

PENGARUH INFESTASI GANDA *Meloidogyne incognita* DAN CENDAWAN PENGKOLONI NEMATODA PURU AKAR PADA PERTUMBUHAN KEDELAI

A. Muin Adnan¹⁾, R. Suseno²⁾, S. Tjitrosoma²⁾, S. Hadi²⁾, S. Wardojo²⁾, dan A. Rambe²⁾

¹⁾Staf Pengajar Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian - IPB.

²⁾Staf Pengajar Program Pascasarjana - IPB, Bogor

ABSTRACT

Effects of Mixed Infestation of *Meloidogyne incognita* and Fungi Colonizing the Root-Gall Nematode on Soybean Growth.

Laboratory and greenhouse experiments were carried out during April-October 1996 to investigate the response of three soybean varieties to the combined infestation of *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood and three root-gall nematode colonizing fungi (MCF). The experiments were done in a factorial completely randomized design with three replications. Treatments in laboratory test were combination of three soybean varieties, i.e. Black soybean (V_1), Wilis (V_2) and Lokon (V_3), two initial population densities of *M. incognita*, i.e. 0 and 300/200 ml growth medium, and three MCF species, i.e. *Paecilomyces* sp., *Gliocladium catenulatum*, and *Trichoderma viride*. The greenhouse treatments were the combination of three soybean varieties (V_1 , V_2 , V_3), three initial population densities of *M. incognita* (0, 1000, and 2000/4 l growth medium), and three MCF species. Result of laboratory tests showed that the combination of *M. incognita* and three MCF species significantly reduced the damage level of *M. incognita* and root weight loss. Reduction of shoot weight loss occurred only in slightly resistant and susceptible varieties in combination with *Paecilomyces* sp. and *G. catenulatum*. Combination of *T. viride* and *M. incognita* on three soybean varieties showed synergistic interaction. Result of greenhouse tests showed that all of the MCF isolates significantly reduced the damage level and the final population of *M. incognita*. However, only *Paecilomyces* sp. could reduce the root weight loss, relative plant growth rate, and harvested seeds. These reducing effects were achieved on Lokon variety only, that is susceptible to *M. incognita*. There was no synergistic interaction between *M. incognita* and *T. viride* in the greenhouse test, even though the root colonization frequency of *Trichoderma* sp. on the susceptible variety was rather high.

Key words: Root-gall nematode, Root-gall colonizing fungi, mixed infestation, soybean.

RINGKASAN

Pengaruh Infestasi Ganda *Meloidogyne Incognita* dan Cendawan Pengkoloni Nematoda Puru Akar pada Pertumbuhan Kedelai.

Percobaan laboratorium dan rumah kaca dilakukan dalam bulan April-Oktober 1996 untuk mengetahui respon tiga varietas kedelai terhadap infestasi ganda *Meloidogyne incognita* (Cofoid & White) Chitwood dan tiga spesies cendawan pengkoloni nematoda puru akar (CKM). Percobaan dilaksanakan dalam rancangan faktorial acak lengkap dengan tiga ulangan. Perlakuan percobaan laboratorium terdiri atas kombinasi tiga varietas kedelai, yaitu kedelai hitam (V_1), Wilis (V_2) dan Lokon (V_3), dua tingkat kepadatan populasi awal *M. incognita*, yaitu 0 dan 300 L-2 per 200 ml medium tumbuh, dan tiga spesies CKM, yaitu *Paecilomyces* sp., *Gliocladium catenulatum* dan *Trichoderma viride*. Perlakuan percobaan rumah kaca merupakan kombinasi tiga varietas kedelai (V_1 , V_2 , V_3), tiga tingkat kepadatan populasi awal *M. incognita* (0, 1 000 dan 2 000/4 liter medium tumbuh), dan tiga spesies CKM. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa kombinasi *M. incognita* dan tiga spesies CKM secara nyata menekan tingkat serangan *M. incognita* dan susut bobot akar. Penekanan susut bobot akar tajam terjadi hanya pada varietas tahan (V_2) dan rentan (V_3) yang dikombinasikan dengan *Paecilomyces* sp. dan *G. catenulatum*. Kombinasi *T. viride* dan *M. incognita* pada tiga varietas kedelai menunjukkan interaksi sinergistik. Hasil pengujian rumah kaca menunjukkan bahwa semua spesies CKM secara nyata menurunkan tingkat serangan dan populasi akhir *M. incognita*, namun hanya *Paecilomyces* sp. yang dapat menekan susut bobot akar, tingkat pertumbuhan relatif tanaman dan susut bobot hasil panen biji. Penekanan ini tampak hanya ditunjukkan oleh varietas Lokon yang rentan terhadap *M. incognita*. Dalam pengujian rumah kaca tidak tampak adanya interaksi sinergistik antara *M. incognita* dan *T. viride* walaupun frekuensi kolonisasi *T. viride* pada akar varietas kedelai rentan (Lokon) agak tinggi.

Kata kunci: Nematoda puru akar, cendawan pengkoloni puru akar, infestasi ganda, kedelai.

PENDAHULUAN

Produksi kedelai per satuan luas di Indonesia (sekitar 1,2 ton/ha) masih tergolong rendah bila dibandingkan dengan rata-rata produksi seluruh dunia (sekitar 1,5 ton/ha) (Damardjati dkk. 1996). Rendahnya hasil kedelai disebabkan oleh berbagai faktor. Satu di antaranya adalah gangguan nematoda parasit tumbuhan, khususnya nematoda puru akar (*M. incognita*) yang merupakan faktor pembatas penting dalam produksi kedelai (Sikora & Greco 1990).

Data kerugian hasil kedelai akibat nematoda puru akar sangat beragam tergantung pada kepadatan populasi awal nematoda, faktor-faktor lingkungan terutama kelembaban dan suhu, dan cara pengelolaan. Di Florida telah dilaporkan kerugian mencapai 90% (Kinloch 1974). Di Indonesia pendataan kerugian hasil karena nematoda puru akar belum dilakukan. Hasil pengamatan yang dilakukan oleh Maas (1990) menunjukkan bahwa di Madura ditemukan *Meloidogyne* spp. dalam jumlah yang cukup besar, yaitu antara 4500 - 9000 individu dalam tiap 10 g akar kedelai.

Sekitar dua dasawarsa terakhir ini semakin banyak penelitian tentang cendawan-cendawan tanah yang dapat menimbulkan penyakit pada fitonematoda. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai cendawan tanah dapat membentuk koloni pada telur atau stadia sedenter fitonematoda yang tergolong nematoda puru akar dan nematoda siste.

Fenomena kolonisasi cendawan tanah pada telur, siste atau fase sedenter lainnya pada fitonematoda telah dikemukakan oleh beberapa peneliti. Jatala dkk. (1979) mendapatkan bahwa pada perakaran kentang di Peru, banyak telur *M. incognita* yang terkoloni oleh *Paecilomyces lilacinus* dan cendawan ini ternyata juga dapat mengkoloni betina dewasa dan siste *Globodera pallida*. Morgan-Jones dkk. (1981) juga mengemukakan bahwa *Verticillium chlamidospodium* dapat memarasit *Meloidogyne arenaria* betina dan cendawan ini juga terbukti dapat menginfeksi *Heterodera glycines*. Adnan dkk. (1993) mendapatkan lima isolat cendawan yang mampu membentuk koloni pada *Meloidogyne* spp. betina dewasa dalam kondisi laboratorium, yaitu *Hyaloflora* sp., isolat No. 5 (mirip *Verticillium* sp.), *Gliocladium* sp., *Scitalidium* sp. dan *Paecilomyces* sp. Dari hasil pengamatan terhadap 265 contoh *Meloidogyne* spp. betina dewasa dari perakaran kedelai di beberapa lokasi (Garut, Cianjur dan Bogor) ditemukan 40 contoh (15,09%) terkoloni oleh cen-

dawan dan sebagian besar dapat diisolasi dalam biakan murni (Adnan 1997). Hasil identifikasi menunjukkan bahwa cendawan-cendawan tersebut semuanya tergolong dalam forma kelas Deuteromycetes dan terdiri atas 8 genus, yaitu *Paecilomyces* (10 isolat), *Trichoderma* (8 isolat), *Aspergillus* (7 isolat), *Gliocladium* (6 isolat) dan *Fusarium* (5 isolat). Beberapa cendawan yang tidak berhasil diisolasi adalah *Verticillium* sp., *Curvularia* sp. dan *Metarrhizium* sp.

Kendati sangat banyak jenis cendawan yang telah dilaporkan membentuk koloni pada telur, nematoda siste dan nematoda puru akar, hanya sedikit yang sudah diteliti secara rinci. Di antaranya hanya *P. lilacinus* yang telah diaplikasikan ke dalam tanah di lapangan (Kerry 1987). Cendawan ini merupakan agens biokontrol yang efektif mengendalikan *M. incognita* pada kentang di Peru (Jatala 1985) dan terhadap *Meloidogyne* sp. serta spesies-spesies lainnya di Filipina (Molina & Davide 1986).

Penelitian-penelitian tentang kolonisasi cendawan pada fitonematoda umumnya diarahkan pada aspek pengendalian fitonematodanya, dan dapat dikatakan hampir tidak ada yang diarahkan pada aspek patogenesis terhadap tanaman inang nematoda tersebut. Berdasarkan hal itu, penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh infestasi ganda *M. incognita* dan tiga isolat CKM (*Paecilomyces* sp., *G. catenulatum* dan *T. viride*) terhadap pertumbuhan tiga varietas kedelai yang berbeda derajat ketahanannya terhadap *M. incognita*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Nematologi Tumbuhan dan Rumah Kaca, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor pada bulan April - Oktober 1996.

Bahan Percobaan

Kedelai yang digunakan dalam percobaan ini terdiri atas tiga varietas yang menunjukkan kriteria ketahanan berbeda terhadap *M. incognita*, yaitu varietas Lokon, kedelai hitam (berasal dari Bogor) dan Wilis, yang berdasarkan hasil penelitian pendahuluan berturut-turut tergolong rentan, agak tahan dan moderat tahan, menurut kriteria Taylor (1967).

Cendawan pengkoloni NPA (CKM) terdiri atas tiga isolat yang diperoleh dari NPA betina dewasa berasal dari perakaran kedelai di lapangan. Ketiga isolat tersebut yaitu *Paecilomyces* sp., *G. catenulatum* dan *T. viride*, yang berdasarkan hasil penelitian pendahuluan merupakan isolat-isolat yang paling efektif menekan

populasi larva instar kedua (selanjutnya disebut L-2) di dalam tanah. Selain itu, tiga isolat CKM ini tidak patogenik terhadap kedelai walaupun lingkungan dikondisikan mendukung terjadinya infeksi cendawan.

M. incognita yang digunakan dalam penelitian ini merupakan isolat yang berasal dari tanaman kedelai di Kebun Percobaan IPB Leuwi Kopo-Bogor yang kemudian diperbanyak melalui paket telur tunggal pada tomat varietas Ratna.

Penyiapan Bahan Percobaan

Inokulum *M. incognita*. Paket telur *M. incognita* dikumpulkan dari perakaran tomat biakan berumur 70 hari, kemudian diinkubasikan selama 48 jam dengan metode Baermann di ruang pengabut. L-2 yang telah keluar dari telur digunakan sebagai inokulum dalam penelitian ini.

Inokulum CKM. Tiap isolat CKM dibiakkan secara terpisah dalam substrat dedak padi dan serbuk gergaji kayu (DK) dalam perbandingan 1:1 (v/v) dalam kantong plastik tahan panas berkapasitas volume satu liter menurut metode Sinaga (komunikasi pribadi). Biakan ini diinkubasikan suhu kamar selama 14 hari.

Tanah medium tanam. Tanah yang digunakan sebagai medium tanam dalam penelitian ini adalah tanah andosol Segunung yang didesinfestasi dengan Vapam dengan dosis 0,5 ml formulasi tiap liter tanah. Setelah 21 hari, diperkirakan residu Vapam hilang, tanah ini siap digunakan dalam percobaan.

Uji Laboratorium

Percobaan ini dilakukan pada pot-pot plastik dengan kapasitas isi 220 ml yang diisi 180 ml tanah. Tiap pot diinfestasi 20 ml biakan CKM dalam substrat DK dan segera diinfestasi L-2 *M. incognita*. Segera setelah infestasi nematoda dilakukan, tiap pot ditanami 3 benih kedelai. Pengamatan terhadap intensitas serangan *M. incognita* (jumlah puru per gram akar), bobot akar dan bobot tajuk per tanaman dilakukan pada 4 minggu setelah benih ditanam (MST). Persentase kematian tanaman dihitung secara kumulatif sejak tanaman muncul di permukaan tanah sampai 4 MST. Selain itu diamati pula frekuensi kolonisasi puru dan nematoda di dalam puru oleh isolat CKM.

Percobaan terdiri atas 3 faktor, yaitu faktor jenis isolat CKM, faktor infestasi nematoda, dan faktor varietas kedelai. Faktor isolat CKM terdiri atas 4

taraf yaitu, I₀ (tanpa cendawan), I₁ (*Paecilomyces* sp.), I₂ (*G. catenulatum*) dan I₃ (*T. viride*). Faktor infestasi nematoda terdiri atas tanpa nematoda (N₀) dan diinfestasi 300 L-2 *M. incognita* per pot (N₁). Faktor varietas terdiri atas 3 taraf, yaitu kedelai hitam (V₁), Wilis (V₂) dan Lokon (V₃). Dengan demikian terdapat 24 kombinasi perlakuan. Percobaan ini disusun dalam Rancangan Faktorial Acak Lengkap dengan tiga ulangan.

Uji Rumah Kaca

Percobaan dilakukan dalam kantong-kantong plastik hitam, sebagai pot, yang berisi 4 liter tanah. Tiap pot diinfestasi 100 ml biakan CKM dalam substrat DK dan diaduk, kemudian segera ditanami 5 benih kedelai. Pada 7 HST dalam tiap pot disisakan tiga tanaman yang vigornya paling baik dan segera diinfestasi dengan L-2 *M. incognita*.

Percobaan terdiri atas tiga faktor, yaitu jenis isolat CKM, kepadatan populasi awal *M. incognita* dan varietas kedelai. Faktor jenis isolat CKM terdiri atas 4 taraf, yaitu tanpa cendawan (I₀), diinfestasi *Paecilomyces* sp. (I₁), *G. catenulatum* (I₂) dan *T. viride* (I₃). Faktor padat populasi awal *M. incognita* terdiri atas 3 taraf, yaitu 0, 1.000, dan 2.000 L-2 per 4 liter tanah. Dengan demikian, seluruhnya terdiri atas 36 kombinasi perlakuan. Percobaan disusun dalam Rancangan Faktorial Acak Lengkap dengan tiga ulangan.

Penilaian reaksi tanaman kedelai terhadap infestasi ganda *M. incognita* dan tiga isolat CKM didasarkan pada intensitas serangan *M. incognita*, bobot kering akar, tingkat pertumbuhan relatif (TPR) tanaman dan bobot kering biji yang dihasilkan. Selain itu diamati pula kerapatan populasi akhir *M. incognita*. Kecuali TPR tanaman, tiap peubah diamati pada 9 minggu setelah infestasi (MSI) nematoda.

Intensitas serangan *M. incognita* didasarkan pada jumlah puru tiap gram akar, sedang TPR tanaman dihitung berdasarkan cara Elliott & Bird (1985) sebagai berikut:

$$TPR = (W_2 - W_1)(T_2 - T_1)^{-1}$$

W₂ = bobot kering tajuk pada T₂

W₁ = bobot kering tajuk pada T₁

T₁ = waktu infestasi *M. incognita*

T₂ = 6 minggu setelah infestasi *M. incognita*

Kerapatan populasi akhir *M. incognita* didasarkan pada jumlah puru, telur dan L-2. Data jumlah telur diperoleh dari hasil ekstraksi dengan 0,5% NaOCl,

sedang data L-2 diperoleh dari ekstraksi tanah dengan metode corong Baermann.

HASIL

Hasil penelitian laboratorium menunjukkan bahwa intensitas serangan nematoda, kematian tanaman, bobot akar, kolonisasi puru dan nematoda oleh cendawan (Tabel 1), serta bobot tajuk (Tabel 2) bervariasi tergantung pada macam kombinasi perlakuan.

Intensitas serangan *M. incognita* antar varietas kedelai yang tidak diinfestasi cendawan (V_1I_0 , V_2I_0 dan V_3I_0) tidak menunjukkan perbedaan (Tabel 1), walaupun ketiga varietas kedelai ini berbeda derajat ketahanannya terhadap *M. incognita*. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian pendahuluan yang menunjukkan bahwa semua varietas kedelai (19 varietas) yang diteliti menunjukkan tipe ketahanan pasca infeksi yang berkaitan dengan kandungan nutrisi mineral tanaman. Dalam tipe ketahanan semacam ini, nematoda menginfeksi dalam proses dan jumlah yang berimbang, baik pada varietas tanaman yang rentan maupun yang tahan (Hadisuganda & Sasser 1982), tetapi dengan indeks reproduksi yang berbeda. Semakin tinggi derajat ketahanan suatu tanaman, semakin tinggi indeks reproduksi nematoda. Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa indeks reproduksi *M. incognita* pada varietas Lokon (V_3), kedelai hitam (V_1), dan varietas Wilis (V_2) berturut-turut 58,85%,

32,68% dan 12,95%. Data dalam Tabel 1 juga menunjukkan bahwa tiap isolat CKM secara nyata dapat menekan intensitas serangan *M. incognita*, namun dengan derajat penekanan yang bervariasi tergantung pada jenis isolat dan varietas kedelai. Pada varietas Lokon, yang derajat ketahanannya terhadap *M. incognita* paling rendah, ketiga isolat CKM dapat menekan intensitas serangan nematoda tersebut. *Paecilomyces* sp. pada kedelai hitam (V_1I_1) dan pada varietas Wilis (V_2I_1) juga tergolong paling efektif dalam menekan intensitas serangan *M. incognita*. Sementara itu, *G. catenulatum* dan *T. viride* berturut-turut pada kedelai hitam (V_1) dan varietas Wilis (V_2) tidak berpengaruh nyata terhadap intensitas serangan *M. incognita*. Dari hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa *Paecilomyces* sp. keefektifannya dalam menekan intensitas serangan *M. incognita* tidak dipengaruhi oleh perbedaan varietas kedelai, sedang *Gliocladium* sp. dan *Trichoderma* sp. keefektifannya dipengaruhi oleh perbedaan varietas kedelai.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kematian tanaman tertinggi (33,3%) terjadi pada kombinasi perlakuan infestasi nematoda dan *T. viride* (N_1I_3) kemudian diikuti oleh infestasi nematoda dan *G. catenulatum* (N_1I_2) dan infestasi nematoda tanpa cendawan (N_1I_0) (Tabel 1). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kematian tanaman pada kombinasi perlakuan N_1I_3 ada kaitannya dengan terjadinya nekrosis pada beberapa puru di akar primer atau akar sekunder yang berada di dekat pangkal batang. Pada puru-puru yang nekrosis tersebut terdapat pertumbuhan koloni *Tricho-*

Tabel 1. Intensitas serangan, bobot akar, serta frekuensi kolonisasi CKM pada puru dan nematoda dalam kombinasi infestasi *M. incognita* dan isolat CKM pada tiga varietas kedelai

Perlakuan	Intensitas serangan ^{1,2)}	Perlakuan	Tanaman mati (%) ¹⁾	Bobot Akar (g) ¹⁾	Kolonisasi (%) ¹⁾		
					Puru	Nematoda	
V_1I_0	192,6 a	N_0I_0	0,00 a	0,1236 b	V_1I_1	0,0 a	7,5 bc
V_1I_1	48,2 a	N_0I_1	0,00 a	0,1405 b	V_1I_2	2,5 ab	5,8 ab
V_1I_2	125,0 d bc	N_0I_2	0,00 a	0,1264 b	V_1I_3	7,5 b	5,0 ab
V_1I_3	97,0 abc	N_0I_3	0,00 a	0,1171 b	V_2I_1	0,8 a	6,7 abc
V_2I_0	182,5 d	N_1I_0	14,80 ab	0,0847 a	V_2I_2	1,7 a	2,5 a
V_2I_1	73,6 ab	N_1I_1	0,00 a	0,1286 b	V_2I_3	7,5 b	6,7 abc
V_2I_2	85,8 abc	N_1I_2	18,50 ab	0,1403 b	V_3I_1	1,7 a	10,1 c
V_2I_3	159,6 d c	N_1I_3	33,30 b	0,1374 b	V_3I_2	5,0 ab	5,0 ab
V_3I_0	157,7 d c				V_3I_3	17,5 c	6,7 abc
V_3I_1	39,4 a						
V_3I_2	47,8 a						
V_3I_3	29,0 a						

1) Angka selajur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata (uji Tukey, $\alpha = 0,05$)

2) Berdasarkan jumlah puru per gram akar segar

Tabel 2. Bobot tajuk tiga varietas kedelai dalam kombinasi infestasi *M. incognita* dan isolat CKM dalam kondisi laboratorium

Perlakuan	Bobot tajuk ¹⁾
N ₀ V ₁ I ₀	0,8517 def
N ₀ V ₁ I ₁	0,8317 def
N ₀ V ₁ I ₂	0,8767 def
N ₀ V ₁ I ₃	0,6883 bcdef
N ₀ V ₂ I ₀	0,7690 cdef
N ₀ V ₂ I ₁	0,8790 def
N ₀ V ₂ I ₂	0,7553 cdef
N ₀ V ₂ I ₃	0,7733 cdef
N ₀ V ₃ I ₀	0,6570 bcde
N ₀ V ₃ I ₁	0,7127 bcdef
N ₀ V ₃ I ₂	0,8437 def
N ₀ V ₃ I ₃	0,6900 bcdef
N ₁ V ₁ I ₀	0,4633 ab
N ₁ V ₁ I ₁	0,7420 cdef
N ₁ V ₁ I ₂	0,8183 def
N ₁ V ₁ I ₃	0,7153 bcdef
N ₁ V ₂ I ₀	0,6310 bcd
N ₁ V ₂ I ₁	0,6847 bcdef
N ₁ V ₂ I ₂	0,8277 def
N ₁ V ₂ I ₃	0,8117 def
N ₁ V ₃ I ₀	0,2960 a
N ₁ V ₃ I ₁	0,9743 ef
N ₁ V ₃ I ₂	0,9443 ef
N ₁ V ₃ I ₃	0,4933 abc

¹⁾ Angka selajur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata (uji Tukey, $\alpha = 0,05$)

derma sp. dan diyakini bahwa isolat cendawan ini merupakan penyebab nekrosis puru tersebut. Sementara itu, pada perlakuan N₁I₀ dan N₁I₂ kematian tanaman berkaitan dengan infeksi *Colletotrichum* sp. yang mungkin terbawa benih. Apakah ini ada kaitannya dengan *M. incognita* sebagai agens yang mempredisposisikan tanaman kedelai terhadap infeksi *Colletotrichum* sp., diperlukan suatu penelitian tersendiri.

Dalam Tabel 1 juga dapat dilihat bahwa kolonisasi puru oleh *T. viride* pada ketiga varietas kedelai terjadi dalam persentase yang cukup tinggi dan paling tinggi terjadi pada varietas Lokon (V₃I₃). Sementara itu kolonisasi puru oleh dua isolat yang lain lebih rendah dibanding oleh *T. viride*. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan kemampuan antar isolat CKM dalam mengkoloni puru. Selain itu, terdapat juga perbedaan respon antar varietas kedelai terhadap kolonisasi puru oleh isolat CKM. Demikian pula halnya dengan kolonisasi nematoda di dalam puru oleh cendawan.

Infestasi CKM tidak berpengaruh terhadap bobot akar tanaman yang tidak diinfestasi *M. incognita*, tetapi secara nyata dapat menekan susut bobot akar tanaman yang terinfeksi nematoda (Tabel 1).

Data dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa infestasi isolat CKM pada tanaman kedelai yang tidak diinfestasi *M. incognita* tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap bobot tajuk. Sebaliknya, infestasi nematoda pada tanaman kedelai yang tidak diinfestasi isolat CKM secara nyata dapat menekan bobot tajuk, walaupun hanya pada varietas Lokon dan kedelai hitam yang berturut-turut rentan dan agak tahan terhadap *M. incognita*. Pada varietas Wilis, yang memiliki derajat ketahanan paling tinggi dibanding dua varietas lainnya, infestasi nematoda tidak berpengaruh nyata terhadap bobot tajuk. Di antara tiga varietas kedelai yang diteliti, hanya varietas Lokon dan kedelai hitam yang menunjukkan respon positif terhadap infestasi ganda *M. incognita* dan isolat CKM. Pada kedua varietas tersebut hanya *T. viride* yang tidak mampu menekan susut bobot tajuk secara nyata.

Hasil penelitian rumah kaca menunjukkan bahwa intensitas serangan dan populasi akhir *M. incognita*, bobot kering akar (Tabel 3), TPR tanaman dan bobot hasil biji (Tabel 4) bervariasi tergantung macam kombinasi perlakuan.

Tiap isolat CKM baik dalam populasi awal *M. incognita* yang rendah (N₁) maupun yang tinggi (N₂) pada ketiga varietas kedelai secara nyata dapat menekan intensitas serangan *M. incognita* tetapi tidak selalu disertai dengan penekanan terhadap populasi akhir nematoda, penekanan terhadap susut bobot akar (Tabel 3), penurunan TPR tanaman dan susut bobot hasil biji (Tabel 4). Di antara ketiga isolat CKM, hanya *Paecilomyces* sp. yang terus konsisten secara nyata dapat menekan intensitas serangan dan populasi akhir *M. incognita*, susut bobot akar, penurunan TPR tanaman dan susut bobot hasil biji, walaupun terhadap dua peubah terakhir hanya terjadi pada varietas Lokon yang rentan terhadap *M. incognita*. Pada dua varietas lainnya (kedelai hitam dan Wilis), *Paecilomyces* sp. menunjukkan kecenderungan menekan penurunan TPR dan susut bobot biji.

Pada ketiga varietas kedelai yang terinfeksi *M. incognita*, *G. catenulatum* cenderung menekan penurunan TPR tanaman dan susut bobot hasil biji. Sebaliknya, *T. viride* bahkan cenderung meningkatkan penurunan TPR dan susut hasil biji, kecuali pada varietas Lokon yang diinfestasi *M. incognita* dalam populasi awal yang tinggi (N₂). Pada kombinasi perlakuan ini (N₂V₃I₃), *T. viride* cenderung menekan penurunan TPR dan susut bobot biji.

Tabel 3. Intensitas serangan dan populasi akhir *M. incognita*, serta bobot kering akar dalam kombinasi infestasi *M. incognita* dan isolat CKM pada tiga varietas kedelai dalam kondisi rumah kaca

Perla- kuan	Intensitas serangan ^{1,2)}	Populasi akhir ³⁾	Perla- kuan	Intensitas serangan ^{1,2)}	Populasi akhir ³⁾	Bobot akar (g) ¹⁾
N ₁ I ₀	3379,0 d	3,779 de	V ₁ I ₀	3071,0 d	3,913 e d	0,739 abcd
N ₁ I ₁	397,9 a	3,476 a	V ₁ I ₁	371,5 a	3,352 a	1,012 e
N ₁ I ₂	899,3 ab	3,637 dc	V ₁ I ₂	598,9 ab	3,595 b	0,788 bcd
N ₁ I ₃	486,0 a	3,480 ab	V ₁ I ₃	1122,0 cb	3,361 a	0,740 abcd
N ₂ I ₀	2985,0 d	4,242 f	V ₂ I ₀	2981,0 d	3,882 d	0,701 abc
N ₂ I ₁	538,9 a	3,724 dc	V ₂ I ₁	649,0 ab	3,606 b	1,077 e
N ₂ I ₂	1148,0 bc	3,875 e	V ₂ I ₂	860,6 abc	3,604 b	1,007 e
N ₂ I ₃	1629,0 c	3,848 f	V ₂ I ₃	557,9 a	3,680 bc	0,985 e d
			V ₃ I ₀	3496,0 d	4,261 e	0,492 a
			V ₃ I ₁	384,5 a	3,843 d	0,955 e cd
			V ₃ I ₂	1162,0 cb	4,005 e	0,837 e cd
			V ₃ I ₃	1492,0 c	3,957 e d	0,537 ab

¹⁾ Angka selanjur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata (uji Tukey, $\alpha = 0,05$)

²⁾ Berdasarkan jumlah puru per gram akar kering

³⁾ Log jumlah puru, telur dan L-2 per tanaman

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, baik dalam kondisi laboratorium maupun rumah kaca, *Paecilomyces* sp., *G. catenulatum* dan *T. viride* mampu dalam menekan intensitas serangan dan populasi akhir *M. incognita*, walaupun penekanan terhadap populasi akhir oleh dua isolat terakhir tidak terjadi pada varietas Lokon. Dua isolat, yaitu *G. catenulatum* dan *Paecilomyces* sp., cenderung menekan susut bobot dan TPR tanaman serta susut bobot hasil biji ketiga varietas kedelai yang diteliti. Penemuan cendawan koloni NPA yang ternyata dapat mengendalikan populasi *M. incognita*, memberikan harapan akan keberhasilan pengendalian nematoda parasit tumbuhan dengan memanfaatkan cendawan-cendawan tersebut pada masa mendatang. Cendawan yang dapat mengkoloni nematoda betina dewasa tergolong paling efektif sebagai agens pengendali hayati, karena dengan menyerang nematoda betina akan mengakibatkan terputusnya siklus nematoda tersebut, apalagi jika nematoda tersebut berkembang biak secara partenogenetik seperti *M. incognita*.

Kolonisasi cendawan pada nematoda menunjukkan kemampuan cendawan tersebut memanfaatkan nematoda sebagai sumber nutrisi dalam aktivitasnya. Menurut Kerry (1980), cendawan yang dapat menginfeksi nematoda memiliki enzim kitinolitik yang dapat mendegradasi dinding tubuh nematoda. Selain itu cendawan mengekskresikan senyawa tok-

sik yang dapat mematikan nematoda (Molina & Davide 1986; Adnan dkk. 1993). Hasil pengamatan Morgan-Jones dkk. (1984) menunjukkan bahwa lapisan kitin dan lemak dinding tubuh nematoda mengalami peluruhan. Selanjutnya cendawan menggunakan tubuh nematoda yang kaya karbohidrat dan protein sebagai sumber nutrisi. Ditinjau dari kemampuan isolat-isolat CKM dalam menekan populasi *M. incognita* yang disertai dengan penekanan terhadap susut produksi kedelai maka *Paecilomyces* sp. dan *G. catenulatum* dapat dikatakan sebagai kandidat agens pengendali yang potensial terhadap nematoda parasit tumbuhan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penekanan isolat-isolat CKM terhadap populasi *M. incognita* tidak terjadi secara drastis. Jarang sekali suatu organisme pengganggu dapat tereradikasi oleh musuh alamiahnya, tetapi menurut Saxena & Mukerji (1988) pengendalian hayati biasanya menghasilkan keseimbangan yang dinamis antara populasi nematoda dan musuh alaminya. Dalam keseimbangan demikian, kepadatan populasi nematoda akan berada di bawah batas ambang kerusakan suatu tanaman.

Di antara tiga isolat CKM yang diteliti terdapat satu isolat, yaitu *T. viride* yang memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman kedelai yang terinfeksi *M. incognita*. Dampak negatif tersebut terlihat dari kematian tanaman dalam persentase yang cukup tinggi (33,3%) yang erat kaitannya dengan infeksi *T. viride* pada puru di sekitar pangkal batang. Padahal, baik berdasarkan penelitian ini maupun penelitian pendahuluan, isolat CKM ini sama sekali tidak menunjukkan

Tabel 4. Tingkat pertumbuhan relatif (TPR) dan bobot hasil biji tiga varietas kedelai dalam kombinasi infestasi *M. incognita* dan isolat CKM dalam kondisi rumah kaca

Perlakuan	TPR ^{1,2)}	Bobot biji (g) ^{1,3)}
N ₀ V ₁ I ₀	0,2557 bcdefg	1,677 abcdefg
N ₀ V ₁ I ₁	0,2880 h cdefg	1,631 abcde
N ₀ V ₁ I ₂	0,2517 bcdefg	1,631 abcde
N ₀ V ₁ I ₃	0,2730 h cdefg	2,153 abcdefg
N ₀ V ₂ I ₀	0,3263 hi efg	2,515 defg
N ₀ V ₂ I ₁	0,4157 ij	2,910 fg
N ₀ V ₂ I ₂	0,3373 hij fg	2,296 defg
N ₀ V ₂ I ₃	0,2997 hi cdefg	2,532 cdefg
N ₀ V ₃ I ₀	0,2487 bcdefg	1,597 abcde
N ₀ V ₃ I ₁	0,2847 h cdefg	2,273 bcdefg
N ₀ V ₃ I ₂	0,2920 h cdefg	2,300 cdefg
N ₀ V ₃ I ₃	0,2747 h cdefg	2,182 bcdefg
N ₁ V ₁ I ₀	0,2500 bcdefg	1,616 abcde
N ₁ V ₁ I ₁	0,2690 h cdefg	2,079 abcdefg
N ₁ V ₁ I ₂	0,2703 h cdefg	2,094 abcdefg
N ₁ V ₁ I ₃	0,2650 h cdefg	1,773 abcdefg
N ₁ V ₂ I ₀	0,3570 hij g	2,648 defg
N ₁ V ₂ I ₁	0,4510 j	2,978 g
N ₁ V ₂ I ₂	0,3603 hij g	2,820 efg
N ₁ V ₂ I ₃	0,3007 hi cdefg	2,366 cdefg
N ₁ V ₃ I ₀	0,1927 abc	1,145 abc
N ₁ V ₃ I ₁	0,3190 hi defg	2,437 defg
N ₁ V ₃ I ₂	0,2197 abcde	1,462 abcd
N ₁ V ₃ I ₃	0,1420 ab	1,003 ab
N ₂ V ₁ I ₀	0,2203 abcde	1,565 abcd
N ₂ V ₁ I ₁	0,2757 h cdefg	2,245 bcdefg
N ₂ V ₁ I ₂	0,2497 bcdefg	1,612 abcde
N ₂ V ₁ I ₃	0,1937 abc	1,436 abcd
N ₂ V ₂ I ₀	0,3330 hi efg	2,547 defg
N ₂ V ₂ I ₁	0,3820 hij g	2,831 efg
N ₂ V ₂ I ₂	0,3193 hi defg	2,485 defg
N ₂ V ₂ I ₃	0,2820 h cdefg	2,259 bcdefg
N ₂ V ₃ I ₀	0,1093 a	0,927 a
N ₂ V ₃ I ₁	0,2980 h cdefg	2,313 cdefg
N ₂ V ₃ I ₂	0,2717 h cdefg	2,117 abcdefg
N ₂ V ₃ I ₃	0,2030 abcd	1,441 abcd

¹⁾ Angka selanjur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata (uji Tukey, $\alpha = 0,05$)

²⁾ TPR = (BKT 6 MSI - BKT saat infestasi L-2) 6⁻¹;
BKT = bobot kering tajuk

³⁾ Rata-rata per tanaman

indikasi sifat patogenik pada kedelai yang tidak terserang oleh *M. incognita*. Oleh karena itu diyakini bahwa infeksi *M. incognita* merupakan faktor yang mempredisposisikan ketiga varietas kedelai terhadap infeksi *T. viride*. Hal seperti ini pada jenis

tanaman yang lain pernah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Perakaran tembakau dewasa yang terinfeksi oleh *M. incognita* mengalami predisposisi terhadap *Pythium ultimum* dan *Rhizoctonia solani*, dua spesies cendawan penghuni tanah yang secara normal hanya memarasit bibit (Batten & Powel 1970; Powell dkk. 1971). Hasil penelitian Powell dkk. (1971) menunjukkan bahwa cendawan-cendawan tanah saprofitik dapat memarasit akar tembakau yang terinfeksi oleh *M. incognita*, dan akar-akar berpuhu mengalami kerusakan terserang oleh cendawan. Cendawan-cendawan tersebut adalah *Curvularia trifolii*, *Botrytis cinera*, *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium martensii* dan *Trichoderma harzianum*.

Interaksi antara *M. incognita* dan *T. viride* pada ketiga varietas kedelai hasil penelitian ini dapat dikatakan sebagai interaksi sinergistik seperti yang dikemukakan oleh Powell (1979) dan Wallace (1983). Namun demikian interaksi ini secara nyata hanya terjadi pada tanaman kedelai berumur di bawah 20 hari setelah tanam. Setelah itu, interaksi ini tidak terlihat walaupun kolonisasi puru terus berlangsung.

Sedikit sekali laporan penelitian yang menguraikan tentang dasar fisiologi interaksi nematoda-cendawan. Peran eksudat akar yang terinfeksi oleh nematoda dalam interaksi *M. incognita* - *R. solani* pada tomat dan okra telah dilaporkan oleh Golden & van Gundy (1975). Akar-akar berpuhu dari tomat dan okra yang terinfeksi *M. incognita* lebih rentan terhadap *R. solani* dibanding akar-akar tidak berpuhu pada tanaman yang sama. Sklerotia cendawan ini hanya berkembang pada permukaan puru. Akar-akar mengalami kerusakan hanya jika nematoda dan cendawan berada dalam akar bersama-sama. Hasil pengamatan histologi menunjukkan bahwa cendawan menginfeksi puru akar secara langsung dan melalui celah jaringan karena pembengkakan nematoda betina. Selanjutnya van Gundy dkk. (1977) mengemukakan bahwa pemberian luruhan yang dikumpulkan dari akar terinfeksi *M. incognita* pada akar tomat yang diinokulasi *R. solani* menyebabkan nekrosis. Eksudat akar meningkat antara 3 dan 14 hari setelah infeksi nematoda dengan karbohidrat sebagai unsur utamanya, dan setelah 28 hari, senyawa-senyawa nitrogen meningkat. Meningkatnya N dalam eksudat puru setelah 28 hari ini yang mengkondisikan perkembangan cendawan lebih ke arah parasitik dibanding saprofitik.

Pada varietas Lokon persentase kolonisasi puru oleh *T. viride* dan kolonisasi nematoda di dalam puru oleh *Paecilomyces* sp. paling tinggi dibanding kolonisasi pada varietas lainnya. Perbedaan persentase kolonisasi ini diduga ada kaitannya dengan struktur jaringan puru

dan posisi nematoda di dalam puru. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada varietas Lokon (V₃) struktur jaringan puru lebih longgar dan relatif banyak nematoda di dalamnya yang ujung posteriornya sedikit menonjol di permukaan akar. Kondisi semacam ini yang menyebabkan puru atau nematoda rentan terhadap kolonisasi cendawan. Selain itu, sifat jenis isolat juga menentukan dalam kolonisasi. *T. viride* lebih mampu mengkoloni puru dibanding isolat lainnya, menunjukkan bahwa cendawan ini memiliki sifat parasitik terhadap puru yang lebih tinggi dibanding isolat lainnya. Di pihak lain, *Paecilomyces* sp. lebih mampu mengkoloni nematoda di dalam puru dibanding isolat cendawan lainnya.

Infeksi puru akar oleh suatu cendawan dapat merugikan nematoda, terutama nematoda parasit sedenter, karena dapat mengganggu proses makan nematoda tersebut. Di samping itu, infeksi cendawan pada puru juga dapat mengurangi jumlah akar fungsional yang dapat menekan pertumbuhan tanaman. Dalam kondisi rumah kaca, *T. viride* cukup efektif dalam menekan intensitas serangan *M. incognita* tetapi menunjukkan kecenderungan menekan pertumbuhan (TPR) tanaman dan bobot hasil biji. Mengingat bahwa *T. viride* hasil penelitian ini dan *T. harzianum* hasil penelitian Powell dkk. (1971) menunjukkan interaksi sinergistik dengan *M. incognita* dan merugikan tanaman, maka tidak menutup kemungkinan bahwa spesies *Trichoderma* yang lain, yang dewasa ini mulai dimanfaatkan sebagai agens biokontrol terhadap patogen-patogen tanaman penghuni tanah, juga menunjukkan interaksi sinergistik tersebut. Oleh karena itu, sebelum digunakan secara luas seyogyanya setiap kandidat agens biokontrol, termasuk *Trichoderma* spp., telah melalui pengujian interaksi semacam ini.

KESIMPULAN

Dua di antara tiga isolat cendawan koloni NPA betina dewasa, yaitu *Paecilomyces* sp. dan *G. catenulatum* merupakan agens biokontrol potensial terhadap *M. incognita*. Infestasi ganda *Paecilomyces* sp. atau *G. catenulatum* dan *M. incognita* berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tiga varietas kedelai yang berbeda derajat ketahanannya terhadap *M. incognita*, yaitu Lokon (rentan), kedelai hitam (agak tahan) dan Wilis (moderat tahan).

Satu di antara tiga isolat CKM, yaitu *T. viride* walaupun mampu menekan intensitas serangan dan populasi *M. incognita*, mempunyai potensi sebagai patogen terhadap kedelai yang terinfeksi *M. incognita*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan AM. 1997. Interaksi antara Cendawan Koloni Nematoda Puru Akar dan *Meloidogyne incognita* pada Kedelai. (disertasi). Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Adnan AM, S Sastroswignyo, T Soemawinata & I Anas. 1993. Potensi beberapa isolat fungi penghuni tanah sebagai agens antagonis *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat. Bul HPT 6(2): 76-83.
- Batten CK & NT Powell. 1970. The Rhizoctonia *Meloidogyne* disease complex in flue-cured tobacco. J Nematol 3: 164-169.
- Damardjati DS, S Widowati & H Taslim. 1996. Soybean Processing and utilization in Indonesia. Indon Agric Res Dev J 18 (1): 13-25.
- Elliott AP & GW Bird. 1985. Pathogenicity of *Pratylenchus penetrans* to navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.) J Nematol 17: 81-85.
- Golden JK & SD van Gundy. 1975. Disease complex of okra and tomato involving the nematode, *Meloidogyne incognita*, and the soil-inhabiting fungus, *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 65: 265-273.
- Hadisuganda, WW & JN Sasser. 1982. Resistance of tomato, bean, southern pea and garden pea cultivars to root-knot nematodes based on host suitability. Plant Dis 66: 145-150.
- Jatala P. 1985. Biological control of nematodes. In JN Sasser & CC Carter (eds.), An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. I: p 303-308. Biology and Control. NC State Univ., Raleigh, NC.
- Jatala P, R Kaltenbach & M Bocangel. 1979. Biological control of *Meloidogyne incognita acrita* and *Globodera rostochiensis* on potatoes. J Nematol 11: 302.
- Kerry BR. 1980. Biocontrol: fungal parasites of females cyst nematodes. J Nematol 12: 253-259.
- Kerry BR. 1987. Biological control. In RH Brown & BR Kerry (eds.), Principles and Practice of Nematode Control in Crops. Academic Press, p 233-257.
- Kinloch RA. 1974. Response of soybean cultivars to nematicidal treatments of soil infested with *Meloidogyne incognita*. J Nematol 6: 7-11.
- Maas PW. 1990. Plantparasitic nematodes in secondary food crops (palawija) on dryland (tegal) in Indonesia (East Java, Madura and Lombok). Research Institute for Crop Protection (IPO), Wageningen, The Netherlands 18 p.
- Morgan-Jonest G, BO Gintis & R Rodriguez-Kabana. 1981. Fungal colonization of *Heterodera glycines* cysts in Arkansas, Florida, Mississippi, and Missouri Soils. Nematologica. 11: 155-164.
- Molina GC & RG Davide. 1986. Evaluation of microbial extracts for nematicidal activity against plant parasitic nematodes, *Meloidogyne incognita* and *Radopholus similis*. Phil Agr 69: 173-186.
- Morgan-Jonest G, BO Gintis, JF White & R Rodriguez-Kabana. 1984. Phytonematode pathology: ultrastructural studies parasitism of *Meloidogyne arenaria* eggs

- and larvae by *Paecilomyces lilacinus*. *Nematoprica*. 14: 57-71.
- Powell NT. 1979. Internal synergisms among organisms inducing disease. In JG Horsfall & EB Covling (eds.), *Plant Disease*, Vol. IV. Academic Press, New York, p 113-133.
- Powell NT, PL Melendez & CK Batten. 1971. Disease complexes in tobacco involving *M. incognita* and certain soil-borne fungi. *Phytopathology* 61: 1332-1337.
- Saxena G & KG Mukerji. 1988. Biological control of nematodes. In KG Mukerji & K L Garg (eds.), *Biocontrol of Plant Diseases*, Vol. I. CRC Press, Boca Raton, Florida. p 113-127.
- Sikora A & N Greco. 1990. Nematode parasites of food legumes. In M Luc, RA Sikora & J Bridge (eds.), *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International Institute of Parasitology. Herts, UK. p 181-235.
- Taylor AL. 1967. Principles of measurement of crop losses: nematodes. In Paper presented at the FAO Symposium on Crop Losses. Rome, October 2-6, 1967. p 225-233.
- van Gundy SD, Kirkpatrick, JD & Golden, J. 1977. The nature and role of metabolic leakage from root-knot nematode galls and infection by *Rhizoctonia solani*. *J Nematol* 9: 113-121.
- Wallace HR. 1983. Interaction of *Meloidogyne* with fungi of crop plants. *J Nematol* 15: 221-227.
-