

Research Article

Interaksi *Meloidogyne incognita* dan *Fusarium solani* pada Penyakit Kuning Lada

Interaction of Meloidogyne incognita and Fusarium solani on Pepper Yellowing Disease

Suryanti^{1)*}, Bambang Hadisutrisno¹⁾, Mulyadi¹⁾, & Jaka Widada²⁾

¹⁾Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada
Jln. Flora 1, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta 55281

²⁾Departemen Mikrobiologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada
Jln. Flora 1, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta 55281

*Penulis untuk korespondensi. E-mail: suryanti.faperta@ugm.ac.id

Diterima 1 Februari 2016; diterima untuk diterbitkan 12 Juli 2017

ABSTRACT

Pepper yellowing disease is one of the most important disease of pepper causing the decrease of pepper production. This research was conducted in the screen house and laboratory to determine the major causal agent of leaf yellowing disease of pepper. Meloidogyne incognita and Fusarium solani were isolated from pepper plantation in West Kalimantan. Pepper seedlings Natar 1 cultivars were planted in sterilized soil collected from pepper plantation in Bengkayang, West Kalimantan. Five months-old seedling were inoculated with M. incognita (1000 larvae of 2nd stadium/plant) and F. solani (50 ml of spore suspension with spore density of 10⁶ spore/ml) in several combinations of time inoculation, i.e., F. solani and then M. incognita, M. incognita and then F. solani, M. incognita together with F. solani, M. incognita only, and F. solani only. The parameters observed were the development of leaf yellowing disease every weeks for five months. The number of gall, and population M. incognita were observed at the end of the observation. The result showed that when M. incognita was inoculated to the roots followed by F. solani, the disease severity and the percentage of plant diseases were higher than those which were infected with F. solani or M. incognita alone. The higher population densities of M. incognita and a number of root gall, had observed on plants inoculated by M. incognita combined with F. solani than plants inoculated by M. incognita and F. solani alone. Interaction between M. incognita and F. solani as caused of leaf yellowing disease of pepper was synergistic reaction.

Keywords: Fusarium solani, Meloidogyne incognita, pepper yellowing disease

INTISARI

Penyakit kuning lada merupakan salah satu penyakit penting pada lada yang mengakibatkan terjadinya penurunan produksi lada di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peran *Meloidogyne incognita* dan *Fusarium solani* sebagai penyebab penyakit kuning lada. Penelitian yang dilakukan rumah kaca dan laboratorium. *Meloidogyne incognita* dan *Fusarium solani* diisolasi dari pertanaman lada di Kalimantan Barat. Penelitian dilakukan dengan menggunakan bibit lada kultivar Natar 1 berumur 5 bulan, dan diinokulasi dengan *M. incognita* sebanyak 1000 larva stadium 2 dan 50 ml suspensi mikrokonidium *F. solani* dengan kerapatan 10⁶/ml. Perkembangan gejala penyakit diamati setiap minggu selama 5 bulan, dan pada akhir pengamatan dilakukan penghitungan jumlah puru dan populasi *M. incognita*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa apabila *M. incognita* menginfeksi akar dan selanjutnya diikuti dengan infeksi oleh *F. solani*, tingkat keparahan penyakit dan persentase tanaman sakit lebih tinggi dibandingkan dengan infeksi oleh *F. solani* atau *M. incognita* secara terpisah. Populasi *M. incognita* dan jumlah puru akar pada tanaman yang diinokulasi dengan *M. incognita* bersama-sama dengan *F. solani* lebih tinggi dibandingkan pada tanaman yang diinokulasi dengan *M. incognita* atau *F. solani* secara terpisah. Interaksi antara *M. incognita* dan *F. solani* dalam menyebabkan penyakit kuning lada adalah bersifat sinergis.

Kata kunci: *Fusarium solani*, *Meloidogyne incognita*, penyakit kuning lada

PENGANTAR

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan salah satu jenis rempah yang paling penting di antara rempah-rempah lainnya, baik ditinjau dari segi perannya dalam menyumbangkan devisa negara maupun dari

segi kegunaannya yang sangat khas dan tidak dapat digantikan dengan rempah lainnya. Indonesia pernah menjadi negara produsen lada terbesar dan berperan dalam pemenuhan kebutuhan lada di pasar internasional. Pada tahun 2015, nilai ekspor komoditas lada Indonesia mencapai 546.193 US\$ (Anonim, 2016).

Berdasarkan data *International Pepper Community* (IPC), pada tahun 2000 Indonesia mampu memenuhi 90% kebutuhan lada dunia, namun setelah itu kondisinya semakin menurun. Produktivitas lada baru mencapai rata-rata 723 kg/ha pada tahun 2010 dari potensi di tingkat lapangan 2,5 ton/ha, atau di tingkat penelitian 4 ton/ha. Menurut laporan IPC pada tahun 2013, Indonesia menempati urutan kedua dalam sumbangan produksi lada dunia yaitu sebesar 22% setelah Vietnam yaitu sebesar 31%. (Anonim, 2013).

Rendahnya produksi lada Indonesia antara lain diakibatkan oleh gangguan hama dan penyakit lada, belum menggunakan benih unggul, kurangnya pemeliharaan lada di tingkat lapangan, dan lemahnya permodalan yang dimiliki petani (Anonim, 2012). Hama dan penyakit lada yang banyak menimbulkan kerugian yaitu penyakit busuk pangkal batang, hama penggerek batang dan bunga, penyakit kuning, dan kerdil.

Penyakit kuning merupakan salah satu penyakit penting yang dilaporkan ditemukan di Bangka dan Kalimantan Barat. Tanaman yang sakit pertumbuhannya terhambat, daun menjadi kuning kaku, tergantung tegak lurus, dan makin lama akan makin mengarah ke batang. Daun-daun yang menguning tidak layu, tetapi sangat rapuh sehingga secara bertahap akan gugur, dan berakibat tanaman menjadi gundul. Meskipun tanaman sakit masih mampu berproduksi, namun kematian tanaman akan terjadi dalam jangka waktu 2–3 tahun setelah kemunculan gejala. Umumnya gejala penyakit kuning memiliki agihan berkelompok, artinya pada satu areal kebun yang terserang terdapat kelompok tanaman yang masih sehat dan kelompok tanaman sakit pada berbagai stadium. Kerugian tanaman oleh penyakit kuning tergantung pada tingkat kesuburan dan kandungan bahan organik tanah. Pada kesuburan dan kandungan bahan organik yang rendah, kerugian dapat mencapai 10–32% dari produksi lada (Anonim, 1993).

Di Indonesia kerusakan dan kehilangan hasil akibat penyakit kuning belum menjadi perhatian utama sehingga informasi tentang penyakit kuning masih sangat terbatas. Penyakit kuning pada lada di Bangka disebabkan oleh kompleks nematoda *Radopholus similis* dan *Meloidogyne* spp. dengan jamur *Fusarium solani* dan *F. oxysporum* (Mustika, 1990), sedangkan Suryanti *et al.* (2015) melaporkan bahwa dari lada bergejala penyakit kuning di Kalimantan Barat, telah berhasil diisolasi jamur *Fusarium solani* dan nematoda *Meloidogyne incognita*.

Penelitian tentang interaksi antara *Meloidogyne* dan *Fusarium* pada lada dilakukan untuk mendapatkan kepastian tentang patogen utama penyakit kuning lada, dan menentukan peran nematoda dan *Fusarium* terhadap tingkat keparahan penyakit kuning di Kalimantan Barat.

BAHAN DAN METODE

Persiapan Isolat

Isolat *Fusarium solani* disiapkan dengan cara dikulturkan pada medium cair ekstrak batang lada selama 2 minggu, dan spora dipanen dengan cara penyaringan. Suspensi spora hasil penyaringan diukur kerapatannya dengan menggunakan haemocytometer.

M. incognita diisolasi dari akar lada di Kalimantan Barat yang bergejala penyakit kuning dan sudah diidentifikasi secara morfologi oleh Suryanti *et al.* (2015). Perbanyakan *M. incognita* dilakukan mengikuti metode Castagnone-Sereno dan Kermarrec (1991) dengan menginokulasi akar tomat menggunakan larva stadium 2, dan selanjutnya bibit dipelihara selama 1–2 bulan atau sampai terbentuk puru pada akar tomat. Inokulum disiapkan dengan memanen akar tomat yang berpu dan selanjutnya dibersihkan dari sisa tanah yang melekat dengan menggunakan larutan NaOCl 0,5%. Akar yang mengandung telur *M. incognita* dipotong-potong sepanjang 1 cm, kemudian direndam dalam air dan diinkubasikan selama 4 hari sampai telur menetas. Populasi larva stadium 2 dihitung di bawah mikroskop dengan menggunakan cawan hitung, dan selanjutnya siap digunakan untuk inokulasi.

Pengujian Interaksi Meloidogyne incognita

Pengujian interaksi *Meloidogyne incognita* dan *F. solani* dilakukan di rumah kaca dengan menggunakan bibit lada varietas Natar 1 asal stek satu ruas berumur 5 bulan, yang ditanam menggunakan tanah steril berasal dari pertanaman lada di Bengkayang. Bibit lada diinokulasi dengan 50 ml suspensi spora jamur *F. solani* per tanaman dengan kerapatan spora 10^6 /ml dan *M. incognita* stadium 2 (L2) dengan kerapatan 1.000 ekor per tanaman.

Kombinasi waktu inokulasi adalah sebagai berikut:

- P0: Bibit tidak diinokulasi (kontrol);
- P1: Bibit diinokulasi *M. incognita* dan 1 minggu kemudian diinokulasi *F. solani*;
- P2: Bibit diinokulasi *F. solani* dan 1 minggu kemudian diinokulasi *M. incognita*;
- P3: Bibit diinokulasi *M. incognita* dan *F. solani* secara bersama-sama;

P4: Bibit diinokulasi *M. incognita* tanpa diinokulasi *F. solani*;

P5: Bibit diinokulasi *F. solani* dengan perlakuan pelukaan pada akar;

P6: Bibit diinokulasi *F. solani* tanpa perlakuan pelukaan pada akar.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap, dengan masing-masing perlakuan dibuat sebanyak 10 ulangan.

Parameter yang diamati meliputi:

Persentase tanaman sakit. Pengamatan terhadap persentase tanaman yang menunjukkan gejala menguning dilakukan setiap minggu selama 5 bulan.

Kandungan klorofil pada daun diukur pada akhir pengamatan untuk mengetahui tingkat klorosis pada daun. Penghitungan kandungan klorofil dilakukan dengan mengikuti metode Wintermans dan DeMots (1965).

Intensitas kerusakan akar ditentukan berdasarkan skoring kerusakan akar pada akhir pengamatan. Tanaman dicabut, dan diamati jumlah puru serta kerusakan yang terjadi dengan mengikuti metode Zeck *dalam* Desaeager dan Csino (2006) sebagai berikut:

- 1: Terlihat adanya puru kecil yang agak sulit diamati;
- 2: Terbentuk beberapa puru kecil yang mudah diamati;
- 3: Terdapat puru akar dalam jumlah yang banyak;
- 4: Mulai terbentuk puru besar;
- 5: $\leq 25\%$ sistem perakaran sudah tidak berfungsi, terdapat puru;
- 6: $> 25\%$ – 50% sistem perakaran tidak berfungsi, terdapat puru;
- 7: $> 50\%$ – 75% sistem perakaran tidak berfungsi, terdapat puru;
- 8: $\geq 75\%$ sistem perakaran tidak berfungsi, tetapi tanaman masih hidup;
- 9: Seluruh sistem perakaran rusak dan tanaman layu;
- 10: Sistem perakaran rusak dan tanaman mati.

Intensitas kerusakan akar dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$IP (\%) = \frac{\sum (n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$$

IP: Intensitas kerusakan akar (%)

n : jumlah tanaman dengan skor tertentu

v: skor

N: banyaknya sampel

Z: skor tertinggi

Populasi *Meloidogyne*

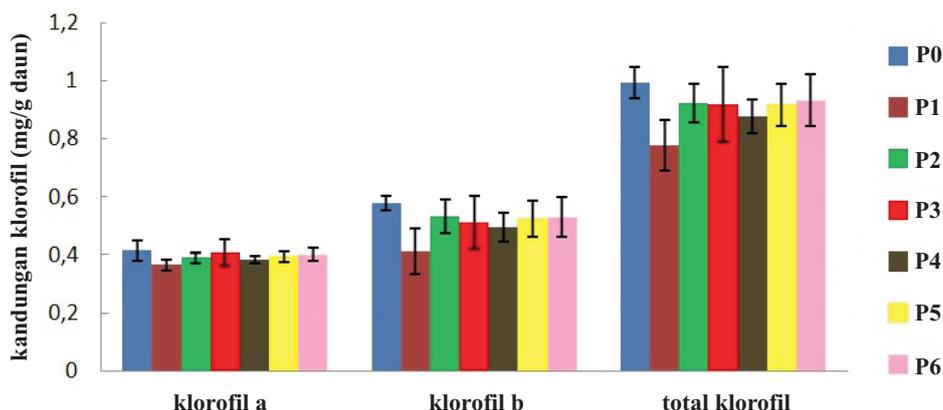
Pengamatan populasi *Meloidogyne* dilakukan pada pengamatan terakhir yaitu 20 minggu setelah inokulasi. Populasi nematoda pada tanah dihitung dengan melakukan ekstraksi menggunakan metode *Whitehead tray* (Hooper, 1985) dan populasi nematoda pada akar diamati dengan teknik pengecatan (Byrd, *et al.*, 1983).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bibit lada yang diinokulasi dengan *M. incognita* dan *F. solani* menunjukkan gejala menguning. Dari hasil pengamatan terlihat bahwa tanaman yang tidak diinokulasi dengan *F. solani* dan *M. incognita* (perlakuan kontrol) memiliki daun yang lebih hijau dibandingkan dengan tanaman yang lain. Gejala menguning terjadi pada lada yang diinokulasi baik dengan *M. incognita* maupun *F. solani* secara bersama-sama maupun secara tunggal, namun kerusakan yang ditimbulkan oleh infeksi secara bersama-sama lebih tinggi dibandingkan infeksi secara terpisah. Menguningnya daun menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan kandungan klorofil pada daun. Pengaruh inokulasi *M. incognita* dan *F. solani* terhadap kandungan klorofil pada daun yang ditunjukkan dalam Gambar 1.

Dari Gambar 1, terlihat bahwa kandungan klorofil a, b, dan klorofil total terendah terdapat pada perlakuan P1 (bibit diinokulasi dengan *M. incognita* yang diikuti dengan inokulasi *F. solani*), dan terlihat berbeda nyata dengan perlakuan P0 (kontrol) sedangkan dengan perlakuan yang lain tidak berbeda nyata. Infeksi *M. incognita* dan *F. solani* menyebabkan gejala klorosis, yang berarti terjadi pengurangan kandungan klorofil pada daun. Penurunan kandungan klorofil pada daun terjadi karena adanya hambatan sistem translokasi nutrisi akibat terjadinya kerusakan pada akar oleh *M. incognita* serta produksi toksin oleh *F. solani*. Salah satu toksin yang dihasilkan oleh jamur yang termasuk dalam genus *Fusarium* adalah asam fusarat. Peranan asam fusarat terhadap penurunan kandungan klorofil pada bibit melon telah diteliti oleh Wu *et al.* (2008). El-Khallal (2007) juga melaporkan bahwa pada tomat yang diinokulasi dengan *F. oxysporum* telah menyebabkan terjadinya penurunan kandungan klorofil pada daun.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kedua patogen masing-masing memiliki peran dalam proses patogenesis dan mampu menyebabkan munculnya gejala penyakit kuning pada lada. Peran *Meloidogyne*



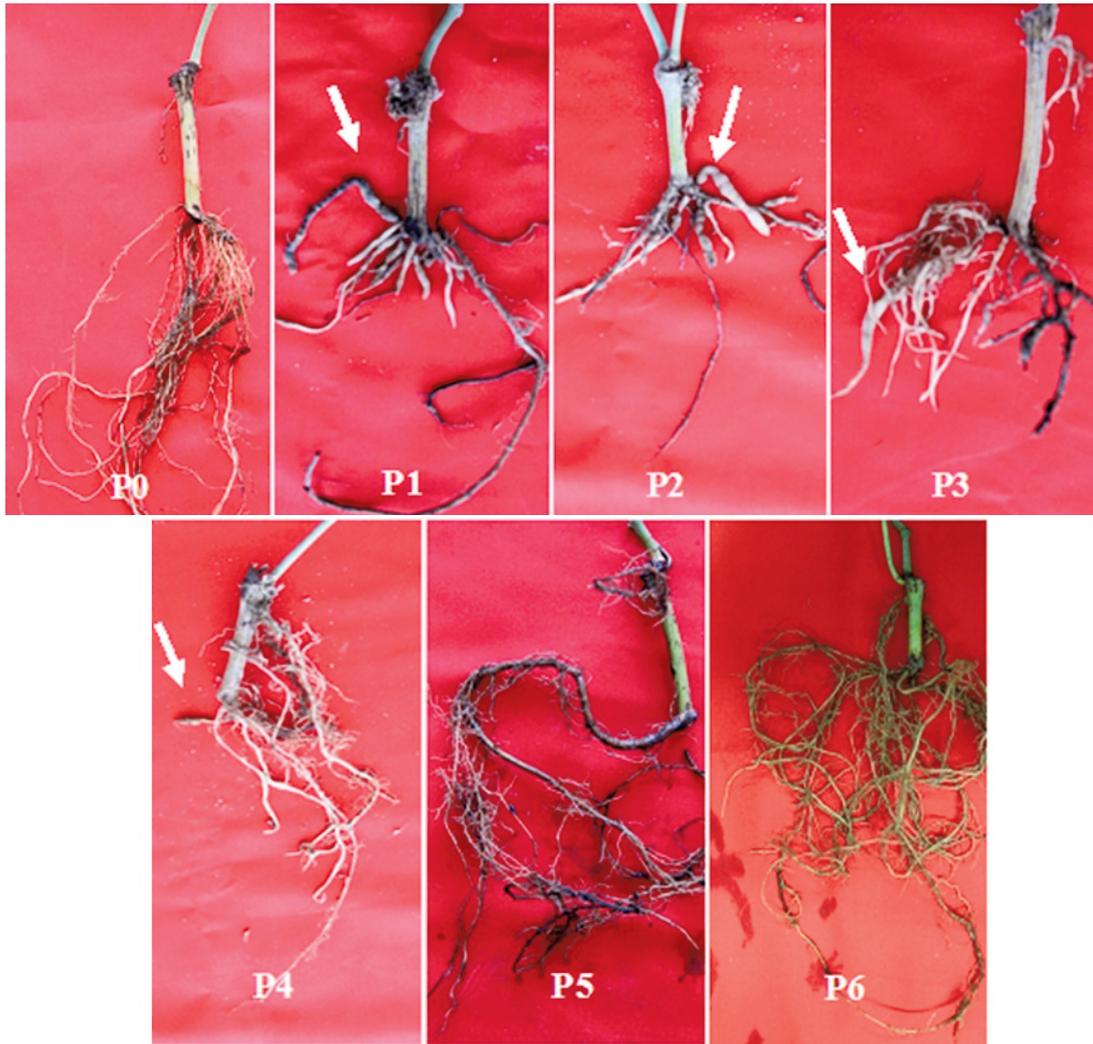
Gambar 1. Pengaruh inokulasi *Fusarium solani* dan *Meloidogyne incognita* terhadap kandungan klorofil daun lada; (P0) bibit tidak diinokulasi (kontrol), (P1) bibit diinokulasi *M. incognita* dan 1 minggu kemudian diinokulasi *F. solani*, (P2) bibit diinokulasi *F. solani* dan 1 minggu kemudian diinokulasi *M. incognita*, (P3) bibit diinokulasi *M. incognita* dan *F. solani* bersama-sama, (P4) bibit diinokulasi *M. incognita*, (P5) bibit diinokulasi *F. solani* dengan perlakuan pelukaan akar, (P6) bibit diinokulasi *F. solani* tanpa perlakuan pelukaan akar

tidak hanya sekedar sebagai pembuka jalan bagi *Fusarium solani*, sehingga interaksi antara *M. incognita* dan *F. solani* dikategorikan bersifat sinergis. Penetrasi *Meloidogyne* ke dalam akar akan menghasilkan enzim-enzim seperti selulase dan hemiselulase untuk menghidrolisir selulose dan hemiselulose yang merupakan penyusun dinding sel, sehingga mengakibatkan sel tanaman menjadi rusak dan plasma sel keluar. Plasma sel tanaman akan berperan sebagai kemoatraktan bagi *F. solani* untuk menginfeksi akar tanaman inang. Serangan *Meloidogyne* juga mengakibatkan terbentuknya sinitia yang mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh patogen untuk tumbuh dan berkembang (Mulyadi, 2009).

Fusarium solani telah dilaporkan oleh Jin *et al.* (1996) mampu memproduksi berbagai senyawa fitotoksin yang ditranslokasikan ke daun, sehingga mengakibatkan gejala berupa klorosis. Toksin yang dihasilkan oleh *F. solani* antara lain adalah isomarticin dan dihydrofusarubin yang mengakibatkan terganggunya pembentukan kloroplas dan terjadinya gejala *vein banding* pada jeruk (Nemec *et al.*, 1989); asam fusarat menyebabkan gejala klorosis dan keriting pada daun bibit melon (Wu *et al.*, 2008). Serangan *Meloidogyne* spp. akan menyebabkan terjadinya penghambatan penyerapan dan translokasi nutrisi serta air dari akar, sehingga terjadi defisiensi nutrisi pada daun dan terjadi akumulasi nutrisi dalam akar, terjadi hambatan translokasi nutrisi ke daun, serta mobilisasi nutrisi ke dalam akar (Mulyadi, 2009).

Pengamatan gejala pada akar menunjukkan bahwa tingkat kerusakan akar yang terjadi akibat infeksi *F. solani* dan *M. incognita* secara bersamaan juga lebih parah dibandingkan infeksi secara tunggal oleh *F. solani* atau *M. incognita* saja. Bibit lada yang diinokulasi dengan kombinasi *F. solani* dan *M. incognita* menghasilkan akar serabut yang lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Serangan nematoda puru akar akan menyebabkan terjadinya pengurangan panjang maupun jumlah akar, dan diduga juga menghambat pembentukan gibberelin dan sitokinin yang berperan sebagai zat tumbuh (Mulyadi, 2009).

Gambar 2 menunjukkan bahwa kerusakan yang ditimbulkan akibat infeksi kedua patogen secara bersama-sama lebih tinggi dibandingkan apabila masing-masing patogen menginfeksi secara terpisah. Infeksi *F. solani* dan *M. incognita* mengakibatkan terjadinya kerusakan pada akar dengan tingkat kerusakan yang bervariasi. Perlakuan inokulasi *M. incognita* bersama-sama dengan *F. solani* mengakibatkan persentase tanaman sakit yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diinokulasi dengan *F. solani* atau *M. incognita* secara tunggal. Inokulasi lada dengan *F. solani* atau *M. incognita* secara tunggal juga mengakibatkan gejala penyakit kuning, tetapi persentase tanaman sakit lebih rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa infeksi kedua jenis patogen secara bersama-sama akan mengakibatkan tingkat keparahan penyakit yang lebih tinggi dibandingkan dengan infeksi patogen secara tunggal.



Gambar 2. Gejala kerusakan pada akar lada yang diinokulasi dengan *Fusarium solani* dan *Meloidogyne incognita* pada berbagai kombinasi perlakuan; tanda panah menunjukkan gejala puru akar yang terbentuk; (P0) bibit tidak diinokulasi (kontrol), (P1) bibit diinokulasi *M. incognita* dan 1 minggu kemudian diinokulasi *F. solani*, (P2) bibit diinokulasi *F. solani* dan 1 minggu kemudian diinokulasi *M. incognita*, (P3) bibit diinokulasi *M. incognita* dan *F. solani* secara bersama-sama, (P4) bibit diinokulasi *M. incognita*, (P5) bibit diinokulasi *F. solani* dengan perlakuan pelukaan akar, (P6) bibit diinokulasi *F. solani* tanpa perlakuan pelukaan akar

Puru akar terbentuk pada perlakuan kombinasi *F. solani* dengan *M. incognita* dan juga perlakuan *M. incognita* secara tunggal. Gejala puru pada akar merupakan gejala khas yang disebabkan oleh infeksi nematoda *Meloidogyne*. *Meloidogyne* mampu menghasilkan protease yang dapat mengubah protein di dalam jaringan tanaman menjadi asam-asam amino. Salah satu asam amino yang dihasilkan yaitu triptofan yang berperan sebagai prekursor pembentukan fitohormon auksin atau *Indol Acetic Acid* (IAA). Fitohormon tersebut akan merangsang terjadinya hipertofi (pertambahan ukuran sel yang berlebih) dan hiperplasia (pertambahan jumlah sel yang berlebih), sehingga menyebabkan terbentuknya puru akar. Puru akar atau sel raksasa yang terbentuk, merupakan sumber

makanan bagi nematoda. Selama terbentuknya sel raksasa dan puru akar, larva stadium 2 akan mengalami perubahan bentuk membesar seperti “botol”, dan setelah mengalami pergantian kulit kedua, ketiga, dan keempat, nematoda betina akan berbentuk seperti buah pir atau alpukat (Curtis, 2008; Mulyadi, 2009).

Nematoda parasit tumbuhan mempunyai arti penting bagi pertanian yaitu sebagai hama, vektor penyebab penyakit, dan pembuka jalan masuknya patogen lain. Selain itu, keberadaan nematoda juga dapat menyebabkan keadaan lingkungan menjadi sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan patogen lain (Mulyadi, 2009). Lamondia (1992) menyatakan bahwa infeksi *M. hapla* pada tembakau mampu menjadi faktor predisposisi, karena infeksi *M. hapla* meng-

akibatkan terjadinya akumulasi berbagai mineral dan hasil metabolisme yang akan menjadi daya tarik bagi *Fusarium*, sehingga akan menyebabkan tingkat keparahan penyakit layu fusarium yang lebih tinggi. Infeksi *M. incognita* menyebabkan terjadinya perubahan fisiologi dan anatomi pada tanaman buncis, dan sel raksasa pada akar yang terjadi akibat infeksi *M. incognita* juga mengakibatkan tingginya infeksi akar oleh patogen yang lain (France & Abawi, 1994). Infeksi *M. incognita* menyebabkan terjadinya penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap beberapa nutrisi seperti P, K, Zn, Mn, dan Cu, sehingga tanaman inang menjadi lebih lemah dan mudah terinfeksi oleh patogen lainnya (Ferraz *et al.*, 1988 *cit.* Koshy *et al.*, 2005). Kadar asam-asam amino di dalam puru akar jauh lebih tinggi dibandingkan pada sel normal, dan asam amino bebas seperti arginin, glisin, histidin, metionin, prolin, treonin dan triptofan merupakan nutrisi berenergi tinggi bagi jamur (Hanounik & Osborne, 1975).

Tingkat keparahan penyakit kuning lada dapat ditentukan berdasarkan jumlah puru yang terbentuk serta skor kerusakan akar. Hasil pengamatan persentase tanaman sakit dan skor kerusakan pada akar oleh *M. incognita*, serta populasi *M. incognita* di dalam tanah dan akar ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tanaman yang diinokulasi dengan *M. incognita* dan *F. solani* dengan berbagai kombinasi perlakuan, memiliki intensitas kerusakan akar yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diinokulasi dengan *F. solani* atau *M. incognita* secara tunggal. Pada perlakuan

P5 dan P6, tanaman tidak diinokulasi dengan *M. incognita*, sehingga gejala puru akar tidak terlihat pada perlakuan P5 dan P6. Namun pada perlakuan P5 ditemukan adanya nematoda yang menginfeksi pada akar meskipun populasinya cukup rendah yaitu 1,69/g akar. Hal ini kemungkinan terjadi karena pada umur 20 minggu, akar bibit lada sudah menembus polibag, sehingga ada kemungkinan terjadi penularan dari tanaman yang lain.

Hasil pengamatan gejala pada akar ini semakin menguatkan bahwa interaksi antara *M. incognita* dan *F. solani* pada lada bersifat sinergis, sehingga kerusakan akar pada lada baik yang berupa persentase tanaman sakit maupun intensitas penyakit pada lada yang terinfeksi oleh *M. incognita* dan *F. solani* secara bersama-sama lebih tinggi dibandingkan pada lada yang terinfeksi *M. incognita* atau *F. solani* secara tunggal.

Menurut De Boer *et al.* (2002), penetrasi *M. incognita* ke dalam akar tanaman akan menghasilkan luka yang terjadi secara mekanis, serta luka yang terjadi secara kimiawi. *M. incognita* mampu memproduksi enzim-enzim, antara lain selulase dan pektinase yang dapat menghidrolisis dinding sel tanaman, sehingga akan mempermudah *F. solani* untuk menginfeksi tanaman inang. Aktivitas enzim dalam merombak dinding sel tanaman, juga akan menyebabkan sel tanaman rusak, sehingga plasma sel keluar, dan akan berperan sebagai khemotropi bagi *F. solani*. *F. solani* akan menginfeksi tanaman inang melalui luka yang dihasilkan oleh *M. incognita* atau luka mekanik dan berkembang di dalam jaringan

Tabel 1. Pengaruh inokulasi *Fusarium solani* dan *Meloidogyne incognita* terhadap jumlah puru akar, populasi *M. incognita*, dan intensitas kerusakan akar pada perakaran lada 20 minggu setelah inokulasi

No.	Perlakuan	Jumlah Puru	Nilai skoring gall	Intensitas kerusakan akar (%)	Populasi nematoda/g substrat	
					Tanah	Akar
1.	P0	0,0 b	0	0	0 b	0 b
2.	P1	15,0 a	6,2	62	15,99ab	59,14a
3.	P2	13,2 a	4,4	44	0 b	83,5a
4.	P3	17,4 a	5,2	52	26,67a	79,23a
5.	P4	12,2 a	5,4	54	29,87a	49,22a
6.	P5	0,0 b	0	0	0 b	1,69 b
7.	P6	0,0 b	0	0	0 b	0 b

Keterangan: P0: Bibit tidak diinokulasi (kontrol)

P1: Bibit diinokulasi *M. incognita* dan 1 minggu kemudian diinokulasi *F. solani*

P2: Bibit diinokulasi *F. solani* dan 1 minggu kemudian diinokulasi *M. incognita*

P3: Bibit diinokulasi *M. incognita* dan *F. solani* secara bersama-sama

P4: Bibit diinokulasi *M. incognita*

P5: Bibit diinokulasi *F. solani* dengan perlakuan pelukaan pada akar

P6: Bibit diinokulasi *F. solani* tanpa perlakuan pelukaan pada akar

Data dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95%

tanaman inang. Meena *et al.* (2016) melaporkan bahwa anyelir yang terinfeksi *M. incognita* dan *F. oxysporum* secara bersama-sama menunjukkan tingkat kelayuan yang lebih tinggi dibandingkan anyelir yang terinfeksi oleh *M. incognita* atau *F. solani* secara terpisah. Infeksi kedua patogen secara bersamaan menyebabkan terjadinya perubahan komposisi biokimiawi pada tanaman inang seperti peningkatan kandungan gula dan protein yang menyebabkan patogen berkembang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Naskah ini merupakan bagian dari disertasi penulis pertama berjudul “Kajian Interaksi Inang-Patogen dan Peranan Jamur Mikoriza Arbuskular pada Perkembangan Penyakit Kuning Lada”.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1993. *Baku Operasional Pengendalian Terpadu Penyakit Kuning pada Lada*. Direktorat Bina Perlindungan Tanaman Perkebunan. Dirjen Perkebunan. Departemen Pertanian, Jakarta. 14 p.
- Anonim. 2012. *Pedoman Teknis Rehabilitasi dan Perluasan Tanaman Lada*. Direktorat Jenderal Perkebunan. Kementerian Pertanian RI, Jakarta. 45 p.
- Anonim. 2013. *IPC Market Review 2012*. <http://www.peppertrade.com>, diakses 30/05/2014.
- Anonim. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia Lada*. Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia, Jakarta. 48 p.
- Byrd, D.W., Jr., T. Kirkpatrick, & K.R. Barker. 1983. An Improved Technique for Clearing and Staining Plant Tissue for Detection of Nematodes. *Journal of Nematology* 15: 142–143.
- Castagnone-Sereno, P. & A. Kermarrec. 1991. Invasion of Tomato Roots and Reproduction of *Meloidogyne incognita* as Affected by Raw Sewage Sludge. *Supplement to Journal of Nematology* 23: 724–728.
- Curtis, R.H.C. 2008. Plant-Nematode Interactions: Environmental Signals Detected by the Nematode’s Chemosensory Organs Control Changes in the Surface Cuticle and Behaviour. *Parasite* 15: 310–316.
- De Boer, J.M., E. L. Davis, R. S. Hussey, H. Popeijus, G. Smant, & T. J. Baum. 2002. Cloning of a Putative Pectate Lyase Gene Expressed in the Subventral Esophageal Glands of *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology* 34: 9–11.
- Desaeger, J.A. & A.S. Csino. 2006. Root-knot Nematode Management in Double-cropped Plasticulture Vegetables. *Journal of Nematology* 38: 59–67.
- El- Khallal, S.M. 2007. Induction and Modulation of Resistance in Tomato Plants against Fusarium Wilt Disease by Bioagent Fungi (Arbuscular Mycorrhiza) and/or Hormonal Elicitors (Jasmonic Acid & Salicylic Acid): 1- Changes in Growth, Some Metabolic Activities and Endogenous Hormones Related to Defence Mechanism. *Australian Journal of Basic & Applied Science* 1: 691–705.
- France, R.A., & G.S. Abawi. 1994. Interaction between *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* on Selected Bean Genotypes. *Journal of Nematology* 26: 467–474.
- Hanounik, S.B. & W.W. Osborne. 1975. Influence of *Meloidogyne incognita* on the Content of Amino Acids and Nicotine in Tobacco Grown under Gnotobiotic Conditions. *Journal of Nematology* 4: 332–336.
- Hooper, D.J., 1985. Extraction of Free-living Stages from Soil, p. 5–30. In J.F. Southey (ed.), *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London.
- Jin, H., G.L. Hartman, C.D. Nickell & J.M. Widholm. 1996. Characterization and Purification of a Phytotoxin Produced by *Fusarium solani*, Causal Agent of Soybean Sudden Death Syndrome. *Phytopathology* 86: 277–282.
- Koshy, P.K., S.J. Eapen & R. Pandey. 2005. Nematode Parasites of Spices, Condiments and Medicinal Plants, p. 751–792. In M. Luc, R.A. Sikora, & J. Bridge (eds.), *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. 2nd ed. CABI Publ. Wageningen, Netherland.
- Lamondia, J.A. 1992. Predisposition of Broadleaf Tobacco to Fusarium Wilt by Early Infection with *Globodera tabacum tabacum* or *Meloidogyne hapla*. *Journal of Nematology* 24: 425–431.
- Meena, K.S., S.A. Ramyabharathi, T. Raguchander, & E.I. Jonathan. 2016. Interaction of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* in Carnation and Physiological Changes Induced in Plants Due to the Interaction. *SAARC Journal of Agriculture* 14: 59–69.
- Mulyadi. 2009. *Nematologi Pertanian*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 339 p.
- Mustika, I. 1990. Studies on the Interactions of *Meloidogyne incognita*, *Radopholus similis* and *Fusarium solani* on Black Pepper (*Piper nigrum* L.) Disertation. Landbouwuniversitet, Wageningen. (Unpublished).

- Nemec, S., D. Phelps, & R. Baker. 1989. Effects of Dihydrofusarubin and Isomarticin from *Fusarium solani* in Carbohydrate Status and Metabolism of Rough Lemon Seedlings. *Phytopathology* 79: 700–705.
- Suryanti, B. Hadisutrisno, Mulyadi, & J. Widada. 2013. Survei Sebaran Penyakit Kuning Lada dan Patogen yang Berasosiasi. *Jurnal Budidaya Pertanian* 9: 54–57.
- Suryanti, B. Hadisutrisno, Mulyadi, & J. Widada. 2015. Identifikasi Fusarium dan Nematoda Parasitik yang Berasosiasi dengan Penyakit Kuning Lada di Kalimantan Barat. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 19: 19–26.
- Wintermans, J. F. G. M. & A. DeMots. 1965. Spectrophotometric Characteristics of Chlorophyll 'a' and 'b' and their Pheophytins in Ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta* 109: 448–453.
- Wu, H., X. Yin, D. Liu, N. Ling, W. Bao, R. Ying, Y. Zhu, S. Guo, & Q. Shen. 2008. Effect of Fungal Fusaric Acid on the Root and Leaf Physiology of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Seedlings. *Plant Soil* 308: 255–266.