

Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Semangka di Karawang, Jawa Barat

Causal Agents of Wilting Disease on Watermelon in Karawang, West Java

Kartini Budiastuti, Efi Toding Tondok*, Suryo Wiyono
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Penyakit layu sudah menjadi penyakit penting pada pertanaman semangka di berbagai daerah di Indonesia, tetapi belum ada penelitian khusus tentang penyebab penyakit tersebut. Upaya identifikasi penyebab penyakit layu pada tanaman semangka dilakukan mengikuti tahapan Postulat Koch. Tanaman semangka bergejala layu dikumpulkan dari daerah Karawang, Jawa Barat. Isolasi cendawan dilakukan dari bagian akar dan batang tanaman, identifikasi isolat murni didasarkan karakter morfologi. Uji patogenisitas cendawan kandidat dilakukan menggunakan 2 metode, yaitu menggunakan media tanah dan kertas merang. Uji kisaran inang dilakukan menggunakan tanaman *Cucurbitaceae* lainnya yaitu melon, mentimun, dan paria. Tiga spesies cendawan *Fusarium* berhasil diisolasi dari tanaman semangka yang bergejala layu, yaitu *F. oxysporum*, *F. solani*, dan *F. semitectum*. Diantara ketiga cendawan tersebut, *F. oxysporum* secara konsisten menyebabkan layu yang parah pada tanaman semangka tetapi tidak menimbulkan gejala penyakit pada tanaman melon, mentimun, dan paria. Dua spesies lainnya, *F. solani* dan *F. semitectum*, juga menyebabkan layu pada semangka dengan cara menyebabkan nekrotik pada akar dan batang, namun gejalanya berbeda dengan gejala awal saat tanaman sakit diambil dari lapangan. Oleh karena itu, penyebab penyakit layu pada semangka disimpulkan sebagai *F. oxysporum* f.sp. *niveum*.

Kata kunci: *Cucurbitaceae*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*, identifikasi, layu

ABSTRACT

Wilt disease of watermelon is an important disease in Indonesia, but determination of the causal agent has not been reported yet. Postulat Koch based approach was conducted to determine the pathogen causing wilt of watermelon from Karawang, West Java. Fungi associated with wilt symptoms were isolated from stem and root, then the fungal colonies were identified based on their morphological characters. Pathogenicity tests were performed using soil media and wet paper. Host range study involved other *Cucurbitaceae* plants, i.e. cucumber, melon and paria. Three species of *Fusarium* were successfully isolated from plants showing wilt symptom, i.e. *F. oxysporum*, *F. solani*, and *F. semitectum*. The fungus *F. oxysporum* consistently caused the most severe wilt symptom on watermelon, but developed no symptom on other tested cucurbits. The two fungi, *F. solani* and *F. semitectum*, caused necrotic on roots and stem of watermelon followed by wilting of the plant. The symptom was different than those of the initial symptoms from the field. Therefore it concluded that wilt symptom of watermelon is caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*.

Key words: *Cucurbitaceae*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*, species identification, wilt

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jalan Kamper Kampus Darmaga, Bogor 16680
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8423048, Surel: efithpt@yahoo.com

PENDAHULUAN

Tanaman semangka (*Citrulus lanatus*) dibudidayakan terutama untuk dimanfaatkan buahnya. Buah semangka digemari masyarakat karena mengandung banyak air, aromanya yang khas, rasanya manis, juga mengandung vitamin A. Biji semangka dapat diolah menjadi makanan ringan seperti kwaci, serta kulit buah semangka dapat diolah menjadi asinan atau acar. Budi daya tanaman semangka perlu dikembangkan seiring peningkatan pola makan dan kesadaran akan perlunya buah-buahan dalam pemenuhan gizi sehari-hari di Indonesia. Gangguan dalam teknik budi daya, termasuk masalah hama dan penyakit tanaman harus dapat dikendalikan karena dapat menjadi faktor pembatas dan kendala keberhasilan usaha budi dayanya.

Beberapa penyakit pada tanaman semangka yang dilaporkan di Amerika dan Eropa di antaranya adalah *Colletotrichum lagenarium* penyebab antraknosa (Caruso dan Kuć 1977), *Pseudoperonospora cubensis* penyebab embun bulu (Palti 1980), *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* penyebab layu (Zhou dan Everts 2003), dan virus mosaik (Quemada *et al.* 1990). Penyakit layu *Fusarium* menjadi faktor pembatas utama produksi semangka di banyak wilayah karena menyebabkan kerusakan yang tinggi. Kerugian sebesar 20-30% produksi semangka terjadi di daerah endemik penyakit layu di China (Zhou *et al.* 2010). Patogen ini makin penting karena kemampuannya membentuk struktur istirahat (klamidospora) yang dapat bertahan lama sehingga tanah yang terinfestasi perlu diberakan dalam waktu lama (Suarez-Estrella *et al.* 2004; Vankalaunakis dan Chalkias 2004).

Penyakit layu pada tanaman semangka di Indonesia banyak ditemukan di lapangan. Identifikasi jenis patogen dan perkembangan penyakit perlu diketahui sebagai tindakan awal dalam menentukan cara pengendalian penyakit yang tepat. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi dan mempelajari kisaran inang patogen penyebab layu pada semangka.

BAHAN DAN METODE

Isolasi dan Identifikasi Patogen

Sampel tanaman semangka varietas 144 yang menunjukkan gejala layu dikumpulkan dari Kampung Kepuh, Desa Neglasari, Kecamatan Karawang, Kabupaten Karawang. Isolasi cendawan dilakukan dengan teknik tanam langsung bagian akar dan batang tanaman yang bergejala layu. Bagian ini dicuci dengan air mengalir, dipotong kecil berukuran 5 mm x 5 mm, direndam dalam natrium hipoklorit 1% selama 2 menit. Potongan tersebut kemudian dibilas dengan air steril dan dikeringanginkan. Sampel yang telah kering ditanam pada medium *potato dextrose agar* (PDA). Cendawan dimurnikan dan dibuat biakan spora tunggal pada medium agar-agar air dan selanjutnya disimpan sebagai koleksi biakan murni untuk keperluan lanjut.

Cendawan diidentifikasi dan dicatat warna koloninya, diameter koloni umur 7 hari, bentuk filialid (monofialid atau polifialid), ada tidaknya klamidospora, rangkaian mikrokonidium, ada tidaknya sel kaki pada makrokonidium, panjang sel basal, jumlah sel dan ukuran makrokonidium - mikrokonidium (Booth 1971; Gerlach 1982; Watanabe 2001).

Perbanyak Cendawan Kandidat Patogen

Cendawan diperbanyak menggunakan medium jerami. Sebanyak 200 g jerami yang dicuci bersih dan dikeringkan, dipotong-potong untuk kemudian dihaluskan. Jerami yang telah halus direndam dalam akuades selama 24 jam, diperas dan ditimbang ulang untuk mengetahui kadar airnya. Medium tumbuh ini disterilkan dalam autoklaf selama 20 menit pada suhu 121°C. Medium diinokulasi dengan koloni kandidat patogen berdiameter 5 mm yang berumur 10 hari selama 2-3 minggu. Propagul cendawan yang tumbuh pada medium jerami dihitung menggunakan teknik pengenceran.

Uji Patogenisitas Cendawan Kandidat Patogen

Uji patogenisitas cendawan kandidat patogen dilakukan dengan 2 cara, yaitu metode tanah terinvestasi dan metode kertas

merang dalam tabung reaksi. Uji tanah ter-investasi dilakukan dengan menanam benih semangka di dalam pot yang telah diisi dengan medium tumbuh yang terdiri atas campuran 2 kg tanah steril, 500 g pasir, dan 100 g biakan isolat dalam jerami. Sebagai kontrol medium tumbuh hanya diberikan 100 g jerami steril tanpa cendawan. Tiap perlakuan (jenis cendawan) terdiri atas 6 ulangan.

Tanaman dipelihara dan gejala diamati setiap hari sampai hari ke-30 setelah tanam. Cendawan yang menyebabkan gejala layu dan nekrotik diisolasi dengan metode teknik tanam langsung. Patogen penyebab penyakit dapat ditentukan jika hasil isolasi ini sama dengan patogen yang diinokulasikan.

Uji menggunakan metode kertas merang dilakukan dengan menumbuhkan benih semangka di dalam tabung reaksi yang berisi kertas merang lembap steril yang diinokulasi dengan koloni cendawan berdiameter 5 mm. Sebagai kontrol, pada kertas saring tidak diberikan koloni cendawan. Gejala yang muncul diamati setiap hari selama 25 hari.

Uji Kisaran Inang Cendawan Patogen

Biakan murni isolat cendawan berumur 1-2 minggu pada medium PDA ditambah 10 mL air steril, diaduk dengan spatula untuk mendapatkan massa konidium cendawan. Konsentrasi akhir suspensi yang diinginkan ialah 10^4 konidium/mL. Sebanyak 10 mL suspensi konidium dicampur dengan 150 g medium tanah dan pasir. Setelah 2 hari, benih tanaman uji ditanam pada medium tumbuh yang telah disiapkan. Sebagai kontrol, benih ditanam pada medium tanpa suspensi cendawan. Sebanyak 4 jenis tanaman (semangka, melon, paria, dan mentimun) digunakan dalam uji kisaran inang. Setiap perlakuan diulang 6 kali. Pengamatan dilakukan setiap hari sejak benih ditanam selama 25 hari.

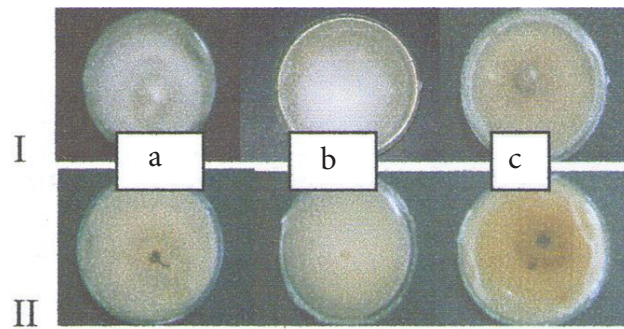
HASIL

Gejala Penyakit di Lapangan dan Identifikasi Cendawan

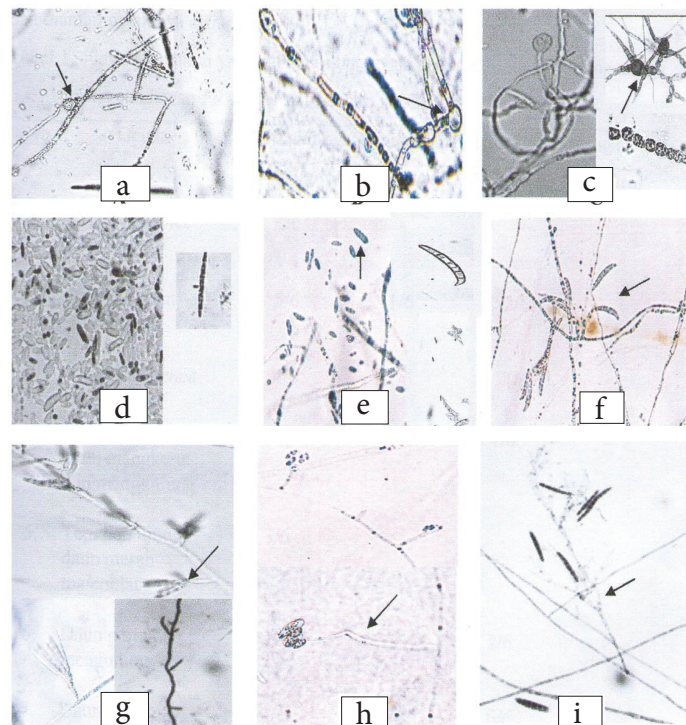
Gejala penyakit yang ditemui di lahan pertanaman semangka di Kampung Kepuh,

Desa Nagasari, Karawang sangat beragam, di antaranya ialah tanaman kerdil, layu, dan mengering serta buah semangka tidak berkembang. Informasi yang didapatkan dari petani setempat ialah sekitar 25% dari tanaman mereka menunjukkan gejala layu dan produksi berkurang. Bila batang tanaman yang bergejala layu dibelah, akan terlihat gejala nekrotik berwarna cokelat pada pembuluhnya yang menjadi ciri infeksi *Fusarium*. Tanaman bergejala layu ini diuji lebih lanjut di laboratorium.

Isolasi cendawan dari bagian yang bergejala didapatkan 3 spesies, yaitu *Fusarium oxysporum*, *F. semitectum*, dan *F. solani* (Gambar 1 dan 2). Cendawan *F. oxysporum* dicirikan oleh warna koloni ungu-putih, koloni berdiameter 6 cm setelah 7 hari pada medium PDA, monofialid, membentuk klamidospora. Klamidospora berbentuk bulat, dibentuk pada hifa dan konidium secara terminal atau interkaler. Mikrokonidium berlimpah, berbentuk oval, berukuran $(3-12) \times (1.5 \times 3) \mu\text{m}$. Makrokonidium hampir lurus, sel basal pendek, bersekat 3-7, dan berukuran $(18-36) \times 1.65 \mu\text{m}$. Makrokonidium dan mikrokonidium terbentuk pada konidiofor yang pendek. Cendawan *F. semitectum* dicirikan dengan warna koloni putih-kuning dan koloni tua berubah menjadi cokelat pada medium PDA. Diameter koloni sepanjang 7.5 cm setelah berumur tujuh hari pada medium PDA, polifialid (*polyblastic*). Klamidospora terbentuk, berbentuk bulat, interkaler, dan berantai. Mikrokonidium jarang ditemukan, berbentuk oval berukuran $(6-12) \times 1.5 \mu\text{m}$. Makrokonidium berbentuk seperti bulan sabit, bersekat 3-5, dan dengan ukuran $(15-22.5) \times 2.25 \mu\text{m}$. Cendawan *F. solani* dicirikan dengan koloni berwarna putih dan yang sudah tua akan berwarna kuning tua, koloni berdiameter 7.5 cm setelah 7 hari pada medium PDA, monofialid, membentuk klamidospora. Klamidospora berbentuk bulat, dibentuk pada hifa dan konidium, terminal dan interkaler. Mikrokonidium berbentuk oval, berukuran $(7.5-15) \times 1.5 \mu\text{m}$, makrokonidium bersekat 3-5, berukuran $30 \times 3 \mu\text{m}$. Makrokonidium dan mikrokonidium terbentuk pada konidiofor yang panjang.



Gambar 1 Morfologi koloni: a, *Fusarium oxysporum*; b, *F. solani*; dan c, *F. semitectum* berumur 7 hari pada media PDA. I: permukaan atas, II: permukaan bawah.



Gambar 2 Karakter morfologi mikroskopis dari *Fusarium oxysporum* (a, d, g), *F. solani* (b, e, h), dan *F. semitectum* (c, f, i). a,b,c, klamidospora; d,e,f, makrokonidium dan mikrokonidium; g,h,i, konidiofor.

Uji Patogenisitas Cendawan

Tanaman semangka yang ditumbuhkan pada medium tanah yang terinvestasi masing-masing spesies *Fusarium* menunjukkan gejala yang bervariasi dengan masa inkubasi yang berbeda pula (Tabel 1). Gejala yang diakibatkan oleh *F. oxysporum* diawali dengan pertumbuhan tanaman yang kerdil pada hari ke-8 setelah tanam, batang berwarna pucat, menggenting dan rebah pada hari ke-10. Daun pertama menguning dimulai pada hari ke-9, kemudian gejala layu terjadi pada hari ke-17 setelah tanam (Gambar 3). Tanaman semangka yang ditumbuhkan pada medium

terinfestasi *F. semitectum* menimbulkan gejala nekrotik cokelat pada batang dan daun layu pada hari ke-16 setelah tanam (Gambar 4a). Perlakuan media dengan *F. solani* menimbulkan gejala yang tidak terlalu parah bila dibandingkan dengan dua jenis *Fusarium* lainnya, yaitu nekrotik kecokelatan pada daun pertama yang terjadi pada hari ke-27 setelah tanam (Gambar 4b). Reisolasi cendawan yang dilakukan terhadap tanaman semangka yang menunjukkan gejala layu dan nekrotik menghasilkan cendawan yang sama, yaitu *F. oxysporum*, *F. solani* dan *F. semitectum*.

Dalam tabung yang berisi kertas merang lembap, benih semangka diinokulasi dengan tiga spesies cendawan *Fusarium* secara terpisah memperlihatkan gejala yang berbeda-beda. Pada hari ke-22 setelah inokulasi, *F. oxysporum* menginfeksi batang dan akar sehingga terjadi nekrosis berwarna cokelat, tetapi pada *F. semitectum* gejala terlihat lebih parah dibandingkan dengan *F. oxysporum*. Gejala berwarna cokelat tampak di seluruh bagian akar dan batang. Cendawan *F. solani*

membentuk miselium putih yang menutupi permukaan seluruh tanaman, tetapi akar dan batang belum mengalami nekrosis. Setelah hari ke-24, ketiga spesies *Fusarium* tersebut membentuk miselium dan menutupi seluruh bagian tanaman. *F. oxysporum* menyebabkan nekrosis cokelat pada batang, perlahan-lahan batang membusuk, daun layu dan akhirnya tanaman mati dan kering. Gejala yang disebabkan oleh *F. semitectum* dan *F. solani* masih terbatas nekrotik pada batang dan akar,

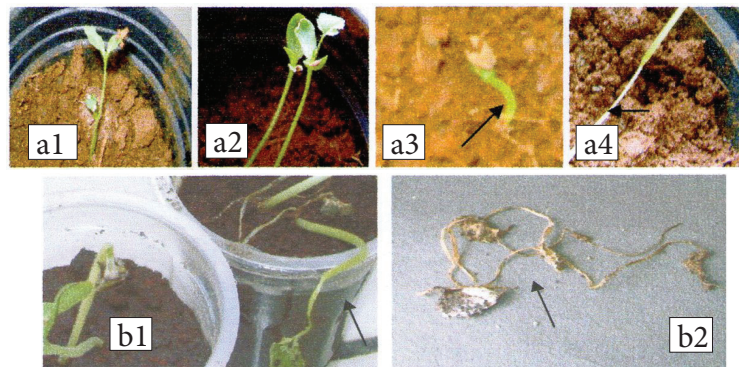
Tabel 1 Jumlah tanaman yang menunjukkan gejala setelah diinokulasi dengan tiga jenis cendawan *Fusarium* hingga hari ke-30 dan masa inkubasi/kemunculan pertama kali tiap gejala

Gejala	<i>F. oxysporum</i>		<i>F. solani</i>		<i>F. semitectum</i>		Kontrol	
	Frek*	HST**	Frek	HST	Frek	HST	Frek	HST
<i>Pre-emergence damping off</i>	1/6	7	0/6	-	0/6	-	0/6	-
Pertumbuhan terhambat	5/6	8-14	1/6	25	2/6	14-23	0/6	-
<i>Post-emergence damping off</i>	4/6	10-15	1/6	26	4/6	15-25	0/6	-
Layu	1/6	16-18	5/6	16-26	2/6	16-26	1/6	18

*Frekuensi: perbandingan tanaman bergejala dari 6 ulangan

**HST: hari setelah tanam

-, tidak muncul gejala



Gambar 3 Gejala penyakit yang terjadi pada tanaman semangka setelah inokulasi dengan *Fusarium oxysporum* pada perlakuan pertama (a) dan kedua (b). a1, a2, pertumbuhan terhambat; a3, a4, pemucatan dan kematian batang; b1, layu; b2, kematian seluruh tanaman.



Gambar 4 Gejala penyakit yang terjadi pada tanaman semangka setelah inokulasi dengan *Fusarium semitectum* (a), *Fusarium solani* (b) dan kontrol (c). a, rebah kecambah; b, penguangan daun sebagai gejala awal nekrosis pada batang.

daun belum terlihat layu. Tanaman kontrol tidak memperlihatkan adanya pembusukan pada semua bagian tanaman dan tetap berwarna hijau. Perkembangan gejala pada tanaman membuktikan bahwa ketiga isolat *Fusarium* merupakan patogen.

Uji Kisaran Inang

Cendawan *F. oxysporum* dan *F. semitectum* tidak menyebabkan gejala pada tanaman melon, mentimun, dan paria sampai hari ke-25 setelah inoculasi. Cendawan *F. solani* menyebabkan nekrotik pada tanaman mentimun pada hari ke-19 dan akhirnya tanaman layu, tetapi tidak menyebabkan gejala pada tanaman melon dan paria (Tabel 2). Gejala pada tanaman semangka hanya muncul pada perlakuan dengan *F. oxysporum* berupa gejala layu yang sangat parah dan akhirnya tanaman ditutupi oleh miselium cendawan berwarna putih. *F. solani* dan *F. semitectum* tidak menyebabkan gejala penyakit pada tanaman semangka, tidak seperti pada uji patogenisitas sebelumnya.

PEMBAHASAN

Penentuan penyebab layu pada semangka dilakukan dengan uji biologi mengikuti Postulat Koch. Identifikasi cendawan yang berhasil diisolasi dari tanaman ialah *F. oxysporum*, *F. semitectum*, dan *F. solani*. Hasil uji patogenisitas pada semangka yang

dilakukan sebanyak tiga kali menunjukkan bahwa *F. oxysporum* secara konsisten menginfeksi dan menimbulkan gejala layu pada semangka, sedangkan *F. semitectum* dan *F. solani* menimbulkan gejala pada uji pertama dan ketiga. Konsentrasi cendawan uji cukup tinggi dalam medium tumbuh tanaman pada pengujian pertama, sekitar 5×10^5 propagul g^{-1} medium jerami atau 2×10^4 propagul g^{-1} medium tumbuh; sedangkan pada pengujian kedua, konsentrasinya 10^4 spora mL^{-1} suspensi atau hanya 6.7×10^2 spora g^{-1} medium tumbuh tanaman. Konsentrasi ini mimik kondisi alami di lapangan, ketika konsentrasi cendawan di dalam tanah bekas pertanaman *Cucurbitaceae* sekitar 10^2 cfu g^{-1} tanah (Nordahliawate 2012). Selain karena konsentrasi cendawan yang rendah, pada uji kedua digunakan spora sebagai sumber inokulum sehingga diduga spora memiliki keefektifan yang rendah dalam menginfeksi tanaman. Walaupun demikian, dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa ketiga spesies *Fusarium* tersebut adalah patogen

Gejala yang muncul karena inoculasi tanaman semangka dengan *F. oxysporum* ialah rebah kecambah, kerdil, penguningan daun diikuti oleh layu. Rebah kecambah terjadi pada pengujian pertama karena populasi patogen yang cukup tinggi sehingga dengan mudah mematikan benih yang akan berkecambah ataupun menyerang bibit yang baru saja tumbuh. Pertumbuhan tanaman terhambat

Tabel 2 Uji kisaran inang *Fusarium* spp. asal semangka sampai hari ke-25

Gejala	<i>F. oxysporum</i>		<i>F. solani</i>		<i>F. semitectum</i>	
	Frek*	HST**	Frek	HST	Frek	HST
Semangka						
Pertumbuhan terhambat	2/6	15	0/6	-	0/6	-
Layu	3/6	17	0/6	-	0/6	-
Mentimun						
Layu	0/6	-	3/6	19	0/6	-
Melon	0/6	-	0/6	-	0/6	-
Paria	0/6	-	0/6	-	0/6	-
Kontrol	0/6	-	0/6	-	0/6	-

*Frekuensi: perbandingan tanaman bergejala dari 6 ulangan

**HST: hari setelah tanam, pertama kali muncul gejala

-, tidak muncul gejala

dan menjadi kerdil karena kerusakan pada akar atau pada jaringan pembuluh tanaman. Penguningan pada daun terjadi karena cendawan memproduksi toksin di parenkim dan xilem yang lalu dibawa ke daun yang merusak membran sel daun. Tanaman akhirnya layu oleh karena rusaknya pembuluh xilem sehingga tidak mampu mengangkut air dan nutrisi yang dibutuhkan tanaman.

Inokulasi tanaman semangka dengan *F. semitectum* dan *F. solani* menghasilkan gejala nekrotik, batang berwarna cokelat dan akhirnya tanaman layu. Menurut Zitter *et al.* (1998) kedua spesies cendawan ini menyebabkan lesio internal yang berwarna cokelat pada bagian yang diinfeksi. *F. semitectum* sebenarnya merupakan patogen sekunder, jarang berperanan sebagai patogen bila sendiri (Booth 1971). *F. solani* dapat menyebabkan gejala layu pada *Cucurbitaceae* yang sering dikacaukan dengan gejala layu yang disebabkan oleh *F. oxysporum*. Perbedaan keduanya ialah *F. solani* tidak bersifat sistemik seperti halnya *F. oxysporum* yang lebih dikenal sebagai penyebab penyakit jaringan pembuluh (Snyder dan Hansen 1941; Cumagun *et al.* 2010). *F. solani* f.sp. *cucurbitae* diketahui menginfeksi *Cucurbitaceae* secara umum, menyebabkan busuk buah dan pangkal batang tanaman (Boughalleb dan El Mahjoub 2006).

Berdasarkan hasil uji kisaran inang pada melon, mentimun, paria, dan semangka diketahui bahwa spesifikasi *F. oxysporum* cukup tinggi pada semangka sehingga dapat disimpulkan bahwa cendawan tersebut adalah *F. oxysporum* f.sp. *niveum*. Cendawan ini hanya menyerang tanaman semangka dan tidak menyerang *Cucurbitaceae* lainnya (Snyder dan Hansen 1941). Forma spesiales didefinisikan sebagai cendawan (khususnya *F. oxysporum*) yang hanya menyerang satu spesies tanaman. *F. oxysporum* f.sp. *niveum* terdiri atas tiga ras, yaitu ras 0, 1, dan 2 (Egel *et al.* 2005; Lin *et al.* 2009; Zhou *et al.* 2010). Tiap kultivar semangka memiliki ketahanan yang bervariasi terhadap ras 0 dan 1 dari *F. oxysporum* f.sp. *niveum*, namun hingga saat ini belum ada yang tahan terhadap ras 2 (Wechter *et al.* 2012).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIKTI melalui Proyek Hibah Bersaing tahun 2006 dengan nomor kontrak 317/SP3/PP/DP2M/II/2006.

DAFTAR PUSTAKA

- Booth C. 1971. *The Genus Fusarium*. Surrey (UK): CMI.
- Boughalleb N, El Mahjoub M. 2006. In vitro determination of *Fusarium* spp. infection on watermelon seeds and their localization. *Pant Pathol J.* 5(2):178-182. doi: 10.3923/ppj.2006.178.182.
- Caruso, FL, Kuć J. 1977. Protection of watermelon and muskmelon against *Colletotrichum lagenarium* by *Colletotrichum lagenarium*. *Phytopathology.* 67:1285-1289.
- Cumagun CJR, Aguirre JA, Relevante CA, Balatero CH. 2010. Pathogenicity and aggressiveness of *Fusarium oxysporum* Schl. in bottle gourd and bitter gourd. *Plant Protect Sci.* 46(2):51-58.
- Egel DS, Harikrishnan R, Martyn R. 2005. First report of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* race 2 as causal agent of *Fusarium* wilt of watermelon in Indiana. *Plant Dis.* 89(1):108. doi: 10.1094/PD-89-0108A.
- Gerlach W, Nirenberg H. 1982. *The Genus Fusarium: a Pictorial Atlas*. Berlin (DE): Institut für Microbiologie.
- Lin YH, Chen KS, Liou TD, Huang JW, Chang PFL. 2009. Development of a molecular method for rapid differentiation of watermelon lines resistant to *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*. *Bot Stud.* 50:273-280.
- Nordahliawate S, Izzati NA, Azlin N, Baharudin S. 2012. Diversity of *Fusarium* species isolated from soil cultivated with cucurbits within east coast, Peninsular Malaysia. *Pertanika J Trop Agric Sci.* 35(2):381-386.
- Palti JY. 1980. Downy mildew of cucurbits (*Pseudoperonospora cubensis*): the fungus and its hosts, distribution, epidemiology and control. *Phytoparasitica.* 8(2):109-147. doi: 10.1007/BF02994506.

- Quemada H, Sieu LC, Siemieniak DR, Gonsalves D, Slightom JL. 1990. Watermelon mosaic virus II and zucchini yellow mosaic virus: cloning of 3'-terminal regions, nucleotide sequences, and phylogenetic comparisons. *J Gen Virol.* 71:1451-1460.
- Snyder WC, Hansen HN. 1941. The species concept in *Fusarium* with reference to Section Martiella. *Am J Bot.* 28(9):738-742.
- Suarez-Estrella F, Vargas-Garcia MC, Lopez MJ, Moreno J. 2004. Survival of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* on plant waste. *Crop Protection.* 23(2):127-133. doi: 10.1016/j.cropro.2003.07.006.
- Vakalounakis DJ, Chalkias J. 2004. Survival of *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-cucumerinum* in soil. *Crop Protection.* 23(9):871-873. doi: /10.1016/j.cropro.2004.01.011.
- Watanabe T. 2001. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultures Fungi and Key to Species.* Boca Raton (US): Crc Pr.
- Wechter WP, Kousik C, McMillan M, Levi A. 2012. Identification of resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* race 2 in *Citrulus lanatus* var. *citroides* plant introduction. *HortScience.* 47(3):334-338.
- Zhou XG, Everts KL. 2003. Races and inoculum density of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* in commercial watermelon fields in Maryland and Delaware. *Plant Dis.* 87(6):692-698. doi: 10.1094/PDIS.2003.87.6.692.
- Zhou XG, Everts KL, Bruton BD. 2010. Race 3, a new and highly virulent race of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum* causing *Fusarium* wilt in watermelon. *Plant Dis.* 94(1):92-98. doi: 10.1094/PDIS-94-1-0092.
- Zitter TA, Hopkins DL, Thomas CE. 1998. *Compendium of Cucurbit Diseases.* Minnesota (US): APS Press.