

IDENTIFIKASI MORFOLOGI BEBERAPA SPESIES JAMUR FUSARIUM

MORPHOLOGICAL IDENTIFICATION OF SEVERAL FUSARIUM SPECIES

Ade Mahendra Sutejo, Achmadi Priyatmojo, dan Arif Wibowo*

Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian,
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

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

ABSTRACT

The research was conducted to study the morphological difference based on macroscopic and microscopic appearance of several *Fusarium* spp. *Fusarium* spp. isolates were propagated onto Potato Dextrose Agar (PDA) by using single-spore method. All isolates were observed macroscopically and microscopically to determine colony appearance, colony growth diameter and formation of macroconidia, microconidia and conidiophores. The results showed that colony appearance of all isolates was similar. Therefore they could not clearly be differentiated by one to another. On the other hand, microscopic observation showed that there was different conidiophore morphology of *F. oxysporum* and other *Fusarium* spp. Microscopic morphology among *F. oxysporum* isolates were difficult to differentiate. Microconidia were produced in false-head which was the characteristic feature of most *F. oxysporum*. In conclusion, microscopic morphology observation could only be able to differentiate *Fusarium* spp. isolates at species level, but not to formae speciales.

Key words: *Fusarium* spp., morphology

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan morfologi berdasarkan morfologi makroskopis dan mikroskopis beberapa isolat *Fusarium* spp. Isolat *Fusarium* spp. diperbanyak pada medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) dengan menggunakan teknik monospora. Semua isolat ini kemudian diamati secara makroskopis dan mikroskopis untuk mengetahui morfologi koloni, pertumbuhan koloni, bentuk makrokonidium dan mikrokonidium serta konidioforanya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar isolat mempunyai morfologi koloni yang hampir sama, sehingga tidak bisa dibedakan dengan jelas satu dengan lainnya. Akan tetapi, pengamatan secara mikroskopis menunjukkan adanya perbedaan morfologi konidiofor pada isolat *F. oxysporum* dengan *Fusarium* spp., sementara morfologi mikroskopis antara isolat *Fusarium* spp. sulit untuk dibedakan. Mikrokonidium yang dibentuk pada *false-head* merupakan karakter utama *F. oxysporum*. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa morfologi mikroskopis hanya dapat digunakan untuk membedakan *Fusarium* spp pada tingkat spesies, tetapi tidak pada tingkat forma spesialis.

Kata kunci: *Fusarium* spp, morfologi

PENDAHULUAN

Fusarium merupakan salah satu genus jamur yang menimbulkan penyakit pada banyak tanaman (Boot, 1971; Hall, 1996; Kistler, 1997; Abd-Elsalam *et al.*, 2003; Leslie *et al.*, 2002). Kerugian ekonomi yang tinggi pada tanaman yang terserang menyebabkan perlunya perhatian, penanganan dan pengendalian khusus terhadap patogen ini (Hall, 1996; Leslie *et al.*, 2003; Djafaruddin, 2004; Groenewald, 2005). *Fusarium* spp. dimasukkan ke dalam famili *Turberculariaceae* karena di alam jamur ini membentuk tubuh buah pembentuk konidium yang disebut sporodokium (Gilman, 1996). *Fusarium* spp. membentuk tiga tipe spora aseksual yaitu mikrokonidium, makrokonidium dan klamidospora (Gilman, 1996; Booth, 1971; Marasas *et al.*, 1983; Nelson, 1990; Anderson *et al.*, 1993; Agrios, 1996; Leslie *et al.*, 2003; Agrios, 2005; Groenewald, 2005; Anonim, 2006; Anonim, 2008). Klamidospora merupakan spora tahan (Morre, 1998; Hanlin & Ulloa, 1999; Semangun 2000, 2001, 2004; Gandjar *et al.*,

2006). Genus ini memiliki banyak spesies (Gilman, 1996), di antaranya yang memiliki kisaran inang yang luas ialah *Fusarium oxysporum* (Gordon & Matyn, 1997; Leslie *et al.*, 2003).

Identifikasi *Fusarium* spp. secara sederhana dapat dilakukan dengan pengamatan secara morfologi (Hall, 1996; Leslie *et al.*, 2003; Anonim, 2006). Pengamatan secara morfologi sebenarnya tidak cukup akurat untuk mengklasifikasikan *Fusarium* spp., karena jamur ini memiliki variasi yang tinggi, baik pada medium yang sama maupun yang berbeda (Booth, 1971; Marasas *et al.*, 1983; Leslie *et al.*, 2003). Hal ini terjadi karena mudahnya terjadi mutasi pada jamur ini (Marasas *et al.*, 1983; Anonim, 2006). Akan tetapi, pengamatan secara sederhana dengan melihat karakter morfologi *Fusarium* spp. juga sangat diperlukan setidaknya untuk memberikan gambaran tentang variasi morfologi makroskopis dan mikroskopis (Marasas *et al.*, 1983; Leslie *et al.*, 2003). Morfologi *Fusarium* spp. hanya dapat digunakan untuk

membedakan pada tingkat genus dan dengan beberapa spesies lainnya. Tetapi untuk tingkat di bawah spesies, morfologi tidak bisa digunakan untuk membedakan masing-masing isolat (Gordon *et al.*, 1997; Daboussi *et al.*, 2001). Semua kultur yang digunakan untuk identifikasi sebaiknya diawali dari monospora (*single-spore*) (Booth, 1971; Marasas *et al.*, 1983; Fox, 1993; Anonim, 2006).

Pada kasus jamur *Fusarium* spp., meskipun dapat diidentifikasi dengan karakter morfologi pada medium selektif, tetapi tipe patogenik atau forma spesialis serta ras pada *F. oxysporum* tidak dapat diidentifikasi secara morfologi (Marasas *et al.*, 1983; Gordon *et al.*, 1997; Schwart *et al.*, 2002). Uji dengan menggunakan tanaman indikator (Fuchs *et al.*, 1997; Gordon *et al.*, 1997; Gun *et al.*, 2001; Fragkiadakis *et al.*, 2004; Garibaldi, 1975 *cit.* Arie *et al.*, 2006) merupakan strategi yang sangat populer untuk identifikasi pada tingkat forma spesialis dan ras *F. oxysporum*. Pada pertengahan 1980-an, Puhalla menjadi orang pertama yang berusaha untuk membedakan dan mengklasifikasi isolat *F. oxysporum* secara genetik dan dibandingkan secara morfologi serta kisaran inangnya. Teknik yang digunakan oleh Puhalla ialah *vegetative compatibility groups* (VCG) (Kistler, 1997; Gunn *et al.*, 2001; Schwart *et al.*, 2002; Anonim, 2006). Tetapi metode ini membutuhkan waktu yang lama, sedangkan metode yang lebih cepat dan akurat sangat diperlukan pada saat ini (Alabouvette *et al.*, 1995; Choi *et al.*, 2001; Gun *et al.*, 2001; Abd-Elsalam *et al.*, 2003; Arie & Hirano, 2006; Bogale *et al.*, 2006).

BAHAN DAN METODE

Isolat yang digunakan. Dua puluh isolat *Fusarium* spp. yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan Klinik, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Adapun isolat yang digunakan adalah: (Tabel 1)

Perbanyakkan isolat jamur. Dua puluh isolat *Fusarium* spp. diperbanyak pada medium *potato dextrose agar* (PDA) sehingga diperoleh biakan jamur yang masih muda. Isolat jamur kemudian dimurnikan dengan teknik monospora. Teknik ini dimulai dengan membuat suspensi spora dari koloni jamur yang ditumbuhkan pada medium PDA. Suspensi spora sebanyak 100 µl dituangkan di atas permukaan gelas benda yang sebelumnya telah dituangi agar air 2%. Selanjutnya gelas benda diinkubasi di dalam petridis pada suhu kamar selama 6 jam sampai spora jamur tersebut berkecambah. Setelah 6 jam gelas benda ditempatkan di bawah mikroskop untuk mengamati spora yang berkecambah. Dengan bantuan jarum preparat, diambil satu spora yang berkecambah beserta agarnya. Spora selanjutnya diletakkan pada petridis yang berisi medium PDA. Jamur diinkubasikan pada suhu kamar selama 20 hari (Booth, 1971; Maramas *et al.*, 1983; Fox, 1993; Anonim, 2006).

Pengamatan warna koloni. Isolat yang telah diperbanyak dengan teknik monospora kemudian ditumbuhkan pada medium PDA. Setelah itu jamur diinkubasikan pada suhu kamar sampai miselium jamur memenuhi petridis.

Tabel 1. Isolat *Fusarium* spp. yang digunakan dalam penelitian

No.	Isolat	Kode isolat	Inang
1	<i>F. oxysporum</i>	Van-1	Vanili
2	<i>F. oxysporum</i>	Sem-2	Semangka
3	<i>F. oxysporum</i>	Lad-6	Lada
4	<i>F. oxysporum</i>	Str-7	Stroberi
5	<i>F. oxysporum</i>	Ang-8	Anggrek
6	<i>F. oxysporum</i>	Tom-9	Tomat
7	<i>F. oxysporum</i>	F-21	Jahe
8	<i>F. oxysporum</i>	F-22	Cabai
9	<i>F. oxysporum</i>	Peng-1	Pisang
10	<i>F. oxysporum</i>	Bnt-2	Pisang
11	<i>F. oxysporum</i>	Wsb-5	Pisang
12	<i>F. oxysporum</i>	Mgl-6	Pisang
13	<i>F. oxysporum</i>	A-13	Pisang
14	<i>Fusarium</i> sp.	Jah-3	Jahe
15	<i>Fusarium</i> sp.	Bm-4	Bawang merah
16	<i>Fusarium</i> sp.	Cab-5	Cabai
17	<i>F. solani</i>	Bnt-12	Pisang
18	<i>F. sacchari</i>	F-18	Tebu
19	<i>F. heterosporum</i>	A-1	Aphid
20	<i>F. verticillioides</i>	Fv-20	Jagung

Pengamatan makroskopis dilakukan setiap 2 hari sekali dengan mengukur diameter pertumbuhan koloni jamur. Pada hari pengamatan terakhir koloni jamur difoto untuk mengetahui perbedaan warna koloni pada masing-masing isolat.

Pengamatan morfologi mikroskopis. Agar air 2% sebanyak 700 μ l dituang pada permukaan gelas benda kemudian ditunggu sampai memadat. Setelah itu, isolat jamur diambil dengan bantuan jarum ent kemudian ditumbuhkan pada medium agar air tersebut dan diinkubasikan di dalam petridis selama 5 hari pada suhu kamar. Pengamatan morfologi secara mikroskopis dilakukan dengan bantuan mikroskop binokular yang dilengkapi dengan kamera digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan secara makroskopis menunjukkan adanya kesamaan morfologi warna koloni pada sebagian besar isolat *Fusarium* spp. (data tidak ditunjukkan). Sebagian besar isolat *Fusarium* spp. memiliki koloni yang berwarna putih atau disertai warna ungu atau merah muda pada pusat koloninya. Pada isolat yang membentuk sporodokium dalam jumlah yang banyak, koloni akan berubah dari putih menjadi oranye.

Hasil pengamatan secara makroskopis ini juga menunjukkan bahwa beberapa isolat mampu membentuk koloni dengan warna yang berbeda jika ditumbuhkan pada medium yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa jamur ini tidak stabil dan mudah sekali mengalami mutasi. Dengan demikian warna koloni tidak bisa digunakan sebagai parameter untuk identifikasi *Fusarium* spp.

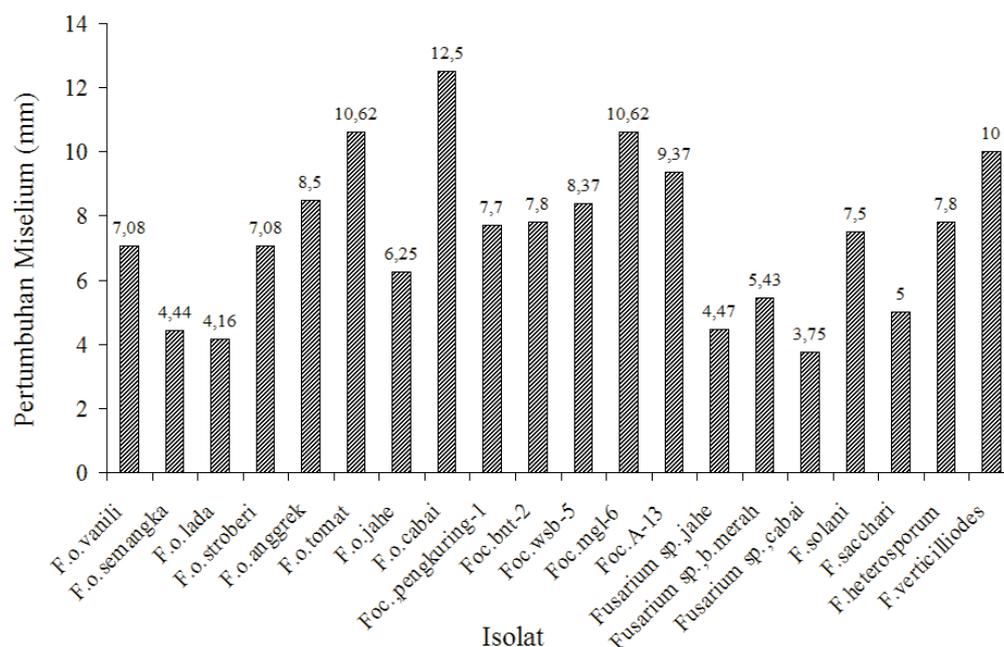
Mutasi juga akan meningkat ketika *Fusarium* spp. di-

tumbuhkan pada PDA dan medium pertumbuhan lainnya. Adanya mutasi akan mengubah deskripsi dari kultur, tipe spora yang diproduksi, serta terjadi variasi pada pembentukan dan morfologi makrokonidium. Mutasi dapat dihindari dengan subkultur sesedikit mungkin yaitu dengan menggunakan teknik monospora, metode ujung hifa serta dengan tidak melakukan subkultur atau penyimpanan jamur dalam medium yang kaya akan karbohidrat seperti PDA (Marasas *et al.*, 1983).

Gambar 1 menunjukkan bahwa pertumbuhan rata-rata koloni jamur ialah 7,4 mm/hari. Isolat *F. oxysporum* cabai memiliki laju pertumbuhan yang paling tinggi yaitu 12,5 mm/hari dan koloninya dapat memenuhi permukaan petridis pada umur 8 hari. Akan tetapi tidak semua isolat jamur memiliki laju pertumbuhan yang cepat. Sebagai contoh, isolat *F. oxysporum* semangka, *F. oxysporum* lada, *Fusarium* sp., pada jahe, bawang merah dan cabai memiliki laju pertumbuhan yang lambat dan koloninya baru dapat memenuhi seluruh permukaan petridis pada umur 20 hari.

Pengamatan morfologi jamur secara mikroskopis menunjukkan bahwa karakter morfologi yang paling banyak ditemui pada *Fusarium* spp. ialah mikro dan makrokonidium serta monofialid ataupun polifialid. Dari hasil pengamatan tersebut sangat jelas terdapat perbedaan morfologi antara isolat *F. oxysporum* dengan *Fusarium* spp. yang lain seperti *F. solani*, *Fusarium* sp., *F. sacchari*, *F. heterosporum*, dan *F. verticillioides* dalam hal tempat terbentuknya mikro dan makrokonidium (Gambar 1, 2, 3, 4 dan 5).

Pada isolat *F. oxysporum* terdapat konidiofor (monofialid) yang memiliki tangkai pendek yang pada bagian ujungnya terikat 3-5 mikrokonidium atau disebut *false*



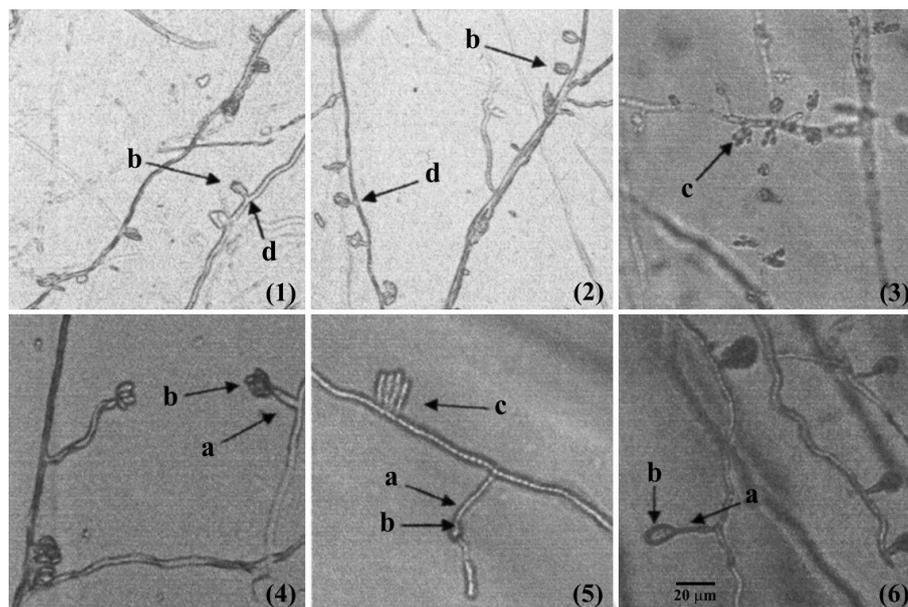
Gambar 1. Laju pertumbuhan miselium *Fusarium* spp. pada medium PDA

head (Gambar 2), sedangkan makrokonidiumnya dapat terbentuk pada aerial miselium seperti pada isolat *F. oxysporum* jahe (Gambar 3). Namun terdapat pengecualian pada isolat *F. oxysporum* yang menyerang pertanaman cabai menunjukkan bahwa konidium terbentuk pada konidiofor monofialid dengan tangkai yang sangat panjang mirip dengan konidiofor pada isolat *Fusarium* sp. (Gambar 4).

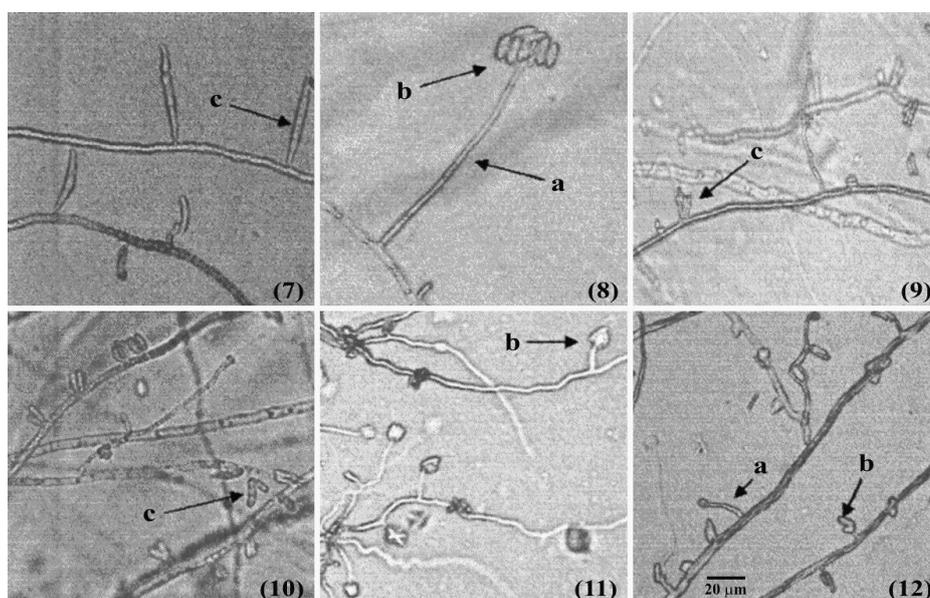
Dari hasil pengamatan morfologi secara mikroskopis juga dapat diketahui bahwa morfologi antar sesama isolat *F. oxysporum* tidak menunjukkan perbedaan yang jelas baik dari bentuk konidium (makro dan mikrokonidium)

maupun konidiofor. Semua isolat memiliki karakter yang sama seperti konidium yang terbentuk pada konidiofor monofialid dengan tangkai yang pendek (*false head*), mikrokonidium yang melimpah, dan makrokonidium yang terbentuk pada aerial miselium.

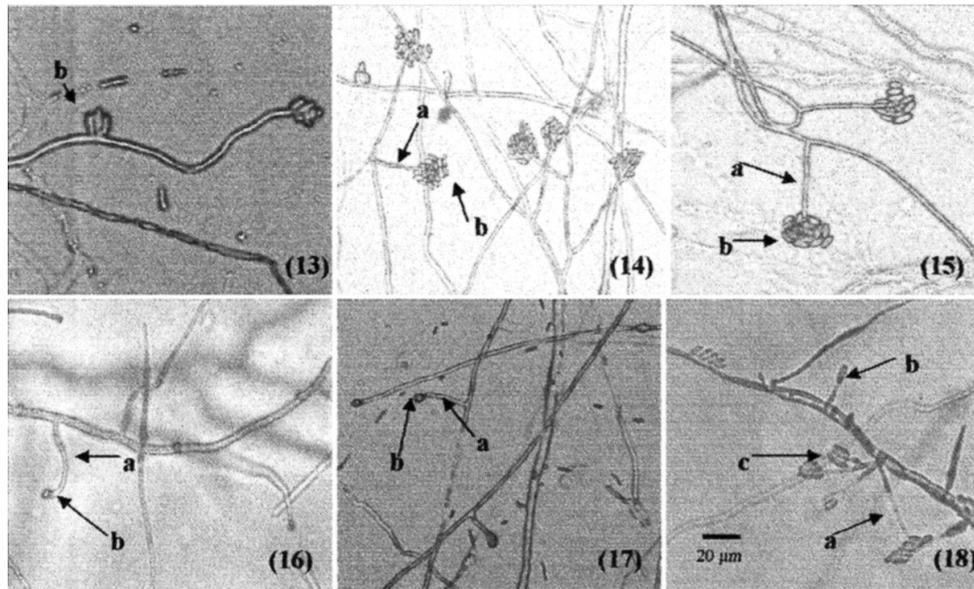
Pada *Fusarium* spp., konidium terbentuk pada konidiofor yang monofialid, panjang dan tidak bercabang seperti pada jamur *F. solani*, *F. sacchari*, *F. verticillioides* dan *Fusarium* sp., atau terbentuk pada konidiofor dengan monofialid yang bercabang seperti pada *F. heterosporum* (Marasas *et al.*, 1983). Pada *F. oxysporum*, mikrokonidium terbentuk sangat banyak, pada umumnya bersel



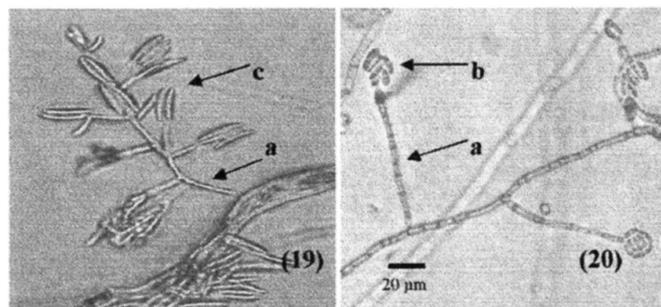
Gambar 2. Morfologi jamur: (1) *F. oxysporum* vanili, (2) *F. oxysporum* semangka, (3) *F. oxysporum* lada, (4) *F. oxysporum* stroberi, (5) *F. oxysporum* anggrek, (6) *F. oxysporum* tomat, dengan bagian morfologi : (a) konidiofor, (b) mikrokonidium, (c) makrokonidium dan (d) *false head*



Gambar 3. Morfologi jamur : (7) *F. oxysporum* jahe, (8) *F. oxysporum* cabai, (9) Foc Pengkuring-1, (10) Foc Bnt-2, (11) Foc Wsb-5 dan (12) Foc Mgl-6, dengan bagian morfologi: (a) konidiofor, (b) mikrokonidium dan (c) makrokonidium



Gambar 4. Morfologi jamur: (13) Foc A-13, (14) *Fusarium* sp., jahe, (15) *Fusarium* sp., bawang merah, (16) *Fusarium* sp., cabai, (17) *F. solani*, dan (18) *F. sacchari*, dengan bagian morfologi: (a) konidiofor, (b) mikrokonidium dan (c) makrokonidium.



Gambar 5. Morfologi jamur: (19) *F. heterosporum* dan (20) *F. verticillioides*, dengan bagian morfologi: (a) konidiofor, (b) mikrokonidium dan (c) makrokonidium

tunggal, berbentuk oval sampai ginjal dan terbentuk pada *false head*. Makrokonidium sangat melimpah, berbentuk sabit yang ramping, dinding tebal dan halus, dengan apikal sel yang runcing dan *foot-shaped* (menukik) pada bagian sel bawahnya. Monofialid bercabang atau tidak bercabang. Monofialid yang mengikat mikrokonidium sangat pendek jika dibandingkan dengan *F. solani* atau *F. moniliforme*. Klamidospora terbentuk secara terpisah atau berpasangan. Pada medium PDA, koloni jamur tumbuh dengan cepat dan aerial miselium yang berwarna putih mungkin dengan cepat menjadi berwarna kemerahan, ungu atau muncul warna biru pada sklerotium ketika terbentuk dalam jumlah yang banyak atau dengan warna krem menjadi coklat kekuning-kuningan kemudian berubah menjadi oranye jika sporodokium melimpah (Booth, 1971; Marasas *et al.*, 1983; Nelson, 1990; Anderson *et al.*, 1993; Kistler, 1997; Semangun, 2000; Leslie *et al.*, 2003; Fragkiadakis *et al.*, 2004; Anonim, 2006).

Pada *F. heterosporum*, mikrokonidium tidak terbentuk. Makrokonidium berbentuk sabit, pada bagian ujung-

nya mengecil atau meruncing, serta terdapat *pedicellate* yaitu adanya bekas tangkai koniofor pada bagian ujung makrokonidium (Hanlin *et al.*, 1999). Konidiofornya terdiri dari monofialid yang bercabang atau tidak bercabang. Fase seksualnya dikenal dengan nama *Gibberella gordonii*. Pertumbuhan koloni jamur ini pada medium PDA sangat cepat, dengan warna putih yang tebal sampai warna merah muda pada aerial miseliumnya. Sporodokium berwarna oranye berkembang saat umur kultur sudah tua (Marasas *et al.*, 1983).

Pada *F. solani*, mikrokonidium terbentuk bervariasi mulai dari tersebar pada kultur sampai terbentuk dalam jumlah yang melimpah, secara umum bersel tunggal, oval sampai berbentuk ginjal. Mikrokonidium memiliki bentuk yang mirip dengan yang ditemukan pada *F. oxysporum*, tetapi lebih besar dan memiliki dinding yang tebal. Makrokonidium terbentuk dalam jumlah yang melimpah, gemuk dan ber dinding tebal. Secara umum berbentuk silindris dengan bagian ujung dorsal dan ventral sejajar. Sel apikalnya tumpul dan bulat, serta sel bagian bawah-

nya bulat atau menakik (*foot-shape*) (Marasas *et al.*, 1983; Anderson *et al.*, 1993).

Konidiofor pada *F. solani* berupa monofialid yang bercabang atau tidak bercabang. Monofialidnya mengikat monokonidium dengan ukuran fialid lebih panjang jika dibandingkan dengan *F. oxysporum*. Klamidospora terbentuk satu per satu secara berpasangan. Fase seksualnya dikenal dengan nama *Nectria haematococca*. Kultur yang ditumbuhkan pada medium PDA sangat cepat pertumbuhannya, sering membentuk aerial miselium yang melimpah dengan warna permukaan koloni krem, hijau biru atau biru. *F. solani* stabil pada kultur tetapi dapat mengalami mutasi menjadi tipe miselium dengan pembentukan aerial miselium yang melimpah, tidak terbentuk sporodokium dan berwarna pucat (Marasas *et al.*, 1983).

F. verticillioides atau pada beberapa pustaka sering dikenal dengan nama *F. moniliforme*, mempunyai stadium sempurna yang disebut *Gibberella fujikuroi* atau *G. moniliforme* (Holliday, 1980 *cit.* Semangun, 2004). Morfologi koloni *F. moniliforme* pada medium PDA mirip dengan *F. oxysporum*, yaitu memiliki warna aerial miselium putih serta memiliki pertumbuhan yang cepat dan sering berubah menjadi warna merah sampai ungu, tampak bertepung karena terbentuknya mikrokonidium. Mikrokonidium terbentuk dalam struktur rantai, biasanya bersel satu, kadang-kadang bersel 2. Makrokonidium juga terbentuk, kadang jarang ditemukan (Bacon *et al.*, 2004; Marasas *et al.*, 1983). Klamidospora tidak dibentuk, baik pada miselium maupun pada konidium. Sering kali miselium membentuk sklerotium berwarna biru tua, bulat tidak teratur (Semangun, 2004).

Konidiofor *F. verticillioides* merupakan monofialid yang bercabang atau tidak bercabang. Sporodokium mungkin terbentuk atau tidak terbentuk, ketika terbentuk, koloninya mungkin dapat berwarna coklat kekuning-kuningan sampai oranye. Sklerotium mungkin berkembang dan biasanya berwarna biru gelap. Pada bagian bawah kenampakannya yang mirip dengan *F. oxysporum* menyebabkan jamur ini dapat mengacaukan dalam identifikasi secara sederhana (Marasas *et al.*, 1983). Keragaman genetik di antara *F. moniliforme* telah dianalisis menggunakan *vegetative compatibility group* (VCG) dan teknik *random amplified polymorphic DNA* (RAPD) (Galperin *et al.*, 1997).

F. sacchari memiliki bentuk seksual yang dikenal dengan nama *Gibberella sacchari*. *F. sacchari* pertama kali dideskripsikan sebagai *Cepholosporum sacchari* yang diisolasi dari pertanaman tebu di India. Selanjutnya Wollenweber & Reinking mendeskripsikan spesies ini berdasarkan morfologi makrokonidiumnya sebagai *F. neoceras*. Mereka menggunakan nama *G. Fujikuroi* var. *subglutinans* untuk teleomorf dari *F. sacchari*. Morfologi anamorf *F. sacchari* memiliki makrokonidium dengan 3-

4 sekat dan memiliki makrokonidium yang berbentuk oval yang terikat monofialid dan *false head* pada monofialid dan polifialidnya (Doe *et al.*, 2005).

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa isolat *Fusarium* spp. tidak dapat dibedakan secara jelas pada tingkat spesies maupun forma spesialisnya berdasarkan warna koloninya. Sedangkan pengamatan secara mikroskopis hanya dapat membedakan isolat *Fusarium* spp. pada tingkat spesies saja sedangkan untuk tingkat forma spesialis tidak dapat dibedakan. Identifikasi *Fusarium* spp. selanjutnya lebih ditekankan ke arah molekuler yaitu berdasarkan sekuen DNA spesifik sehingga identifikasi menjadi lebih akurat dan dapat digunakan sebagai metode pembandingan dari metode pengamatan morfologi yang dilakukan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-Elsalam, K.A., M.A. Abdel-Satar, & I.N. Aly. 2003. PCR Identification of *Fusarium* Genus Based on Nuclear Ribosomal-DNA Sequence Data. *African Journal of Biotechnology* 2: 82-85.
- Agrios, G.N. 1996. *Ilmu Penyakit Tumbuhan* (Alih Bahasa: M. Bunzina). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 713 p.
- Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology* 5th ed. Elsevier Academic Press, New York. 947 p.
- Alabouvette, C., I. Avelange, V. Edel, G. Laguerre, & C. Steinberg. 1995. Comparison of Three Molecular Methods for the Characterization of *Fusarium oxysporum* Strain. *Phytopathology* 85: 579-585.
- Anderson, T.H., K.H. Domsch, & W. Gams. 1993. *Compendium of Soil Fungi* vol. I. IHW-Verlag, Regensburg. 806 p.
- Anonim. 2006. International Banana *Fusarium* Wilt Diagnosis and Characterization Training Workshop. Methodologies for Molecular Studies. Malaysian Agricultural Research and Development Institute Serdang, Malaysia, Kuala Lumpur. 24-28 April 2006.
- Anonim. 2008. *Fusarium oxysporum*. (http://www.doctorfungus.org/thefungi/Fusarium_oxysporum.htm).
- Arie, T. & Y. Hirano. 2006. PCR-based Differentiation of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* and *radicis-lycopersici* and Races of *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *The Phytopathological Society of Japan* 72: 273-283.
- Bacon, C.W., A.E. Glenn, & E.A. Richardson. 2004. Genetic and Morphological Characterization of a *Fusarium verticillioides* Conidiation Mutant. *Mycologia* 95: 968-980.
- Bogale, M., E.T. Steenkamp, B.D. Wingfield, & M.J. Wingfield. 2006. Characterization of *Fusarium oxyspo-*

- rum* Isolates from Ethiopia Using AFLP, SSR, and DNA Sequence Analyses. *Fungal Diversity* 23: 5-66.
- Booth, C. 1971. *The Genus Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew. Surrey, England. 237 p.
- Choi, Y.K., H.J. Kim, & B.R. Min. 2001. Variation of Intergenic Spacer (IGS) Region of Ribosomal DNA among *Fusarium oxysporum* formae speciales. *The Journal of Microbiology* 39: 265-272.
- Daboussi, M.J., A. Hua-Van., & T. Langin. 2001. Evolutionary History of the *impala* Transposon in *Fusarium oxysporum*. *Molecular Biology & Evolution* 18: 1959-1969.
- Djafaruddin. 2004. *Dasar-Dasar Pengendalian Penyakit Tanaman*. Bumi Aksara, Jakarta. 282 p.
- Doe, F.J., S. Bullock, J.F. Leslie, & B.A. Summerell. 2005. Description of *Gibberella sacchari* and Neotypification of its Anamorph *Fusarium sacchari*. *Mycologia* 97: 718-724.
- Fox, R.T.V. 1993. *Principles of Diagnostic Techniques in Plant Pathology*. CAB International, Bristol (UK). 213 p.
- Fragkiadakis, G.A., D.B. Li, G.N. Skaracis, & Z. Wang. 2004. Characterization of *Fusarium oxysporum* Isolates Obtained from Cucumber in China by Pathogenicity, VCG, and RAPD. *Plant Disease* 88: 645-649.
- Fuchs, J.G., Y. Moenne-Loccoz, & G. Defago. 1997. Nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Strain Fo47 Induces Resistance to Fusarium Wilt in Tomato. *Plant Disease* 81: 492-496.
- Galperin, M., R. Huang, & R. Perl-Treves. 1997. Genetic Diversity of *Fusarium moniliforme* Compatibility Groups and Random Amplified Polymorphic DNA Markers. *Plant Pathology* 46: 871-881.
- Gandjar, I., W. Sjamsuridzal, & A. Oetari. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta. 238 p.
- Gilman, J.C. 1996. *A Manual of Soil Fungi*. The Iowa State University Press, Iowa. 392 p.
- Gordon, T.R. & R.D. Matyn. 1997. The Evolutionary Biology of *Fusarium oxysporum*. *Annual Review of Phytopathology*. 35: 111-128.
- Groenewald, S. 2005. Biology, Pathogenicity and Diversity of *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense*. Thesis. University of Pretoria. South Africa. 158 p
- Gunn, L.V., J.L. Smith-White, & B.A. Summerell. 2001. Analysis of Diversity within *Fusarium oxysporum* Populations Using Molecular and Vegetative Compatibility Grouping. *APPS* 30: 153-157.
- Hall, R. 1996. *Principles and Practice Managing Soilborne Plant Pathogens*. APS Press, Minnesota. 330 p.
- Hanlin, R.T., & M. Ulloa. 1999. *Illustrated Dictionary of Mycology*. The American Phytopathological Society, Minnesota. 448 p.
- Kistler, H.C. 1997. Genetic Diversity in the Plant-pathogenic Fungus *Fusarium oxysporum*. Symposium Population Genetic of Soilborne Fungal Plant Pathogens. *Phytopathology* 87: 474-479.
- Leslie, J.F., B. Salleh, & B.A. Summerell. 2003. A Utilitarian to Fusarium Identification. *Plant Disease* 87: 117-128.
- Marasas, W.F.O., P.E. Nelson, & T.A. Tuossoun. 1983. *Fusarium Species: An Illustrated Manual for Identification*. The Pennsylvania University Press, University Park London. 226 p.
- Morre, D. 1988. *Fungal Morphogenesis*. Cambridge University Press, Edinburgh. 469 p.
- Nelson, P.E. 1990. Taxonomy of Fungi in the Genus *Fusarium* with Emphasis on *Fusarium oxysporum*. p. 27-35. In R.C. Ploetz (ed.), *Fusarium Wilt of Banana*. The American Phytopathological Society, Minnesota.
- Schwartz, H.F., C.E. Swift, & E.R. Wickliffe. 2002. Vegetative Compatibility Groups of *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* from Onion in Colorado. *Plant Disease* 86: 606-610.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 850 p.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 835 p.
- Semangun, H. 2001. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 754 p.
- Semangun, H. 2004. *Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 449 p.