

VIRULENSI *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* ISOLAT BOYOLALI DAN TEMANGGUNG SETELAH DISIMPAN ENAM TAHUN DALAM TANAH STERIL

VIRULENCE OF *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* ORIGINATED FROM BOYOLALI AND TEMANGGUNG AFTER SIX YEARS PRESERVING IN STERILE SOILS

Andry Slamet Riyadi, Loekas Soesanto*, dan Kustantinah

Jurusan HPT, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

*Penulis untuk korespondensi. E-mail: lukassus26@gmail.com

ABSTRACT

This research aimed to study growth ability and virulence of several *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* isolates originated from Boyolali and Temanggung after being preserved for six years in sterile soils media. Completely Randomized Design was used with 12 treatments and 3 replications. *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* originated from Temanggung consisted of 7 isolates, i.e., TKO1, TKO3, TKO4, TKO6, TKO7, TPO1, TPO5; and from Boyolali consisted of 4 isolates, i.e., BAO2, BAO7, BAC, and BAP. Variables observed were growth on PDA, colony color, colony diameter, macroconidia and microconidia, mycelial dry weight, incubation period, attack area, and difference of fresh weight of rhizome. The result showed that all isolates of *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* both from Temanggung and Boyolali were able to grow well on PDA and fully covered the Petridish at 4.75–7.5 days. The most virulent isolate was TKO6 from Temanggung showing the fastest incubation period of 5 days after inoculation and the highest attack area of 420 mm² or increase for 107.6%.

Key words: *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi*, ginger rhizome, sterile soil, virulence

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui viabilitas dan virulensi beberapa isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* setelah disimpan selama enam tahun pada tanah steril. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan tiga ulangan dan 12 perlakuan. Isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* yang digunakan asal Temanggung terdiri atas tujuh isolat, yaitu TKO1, TKO3, TKO4, TKO6, TKO7, TPO1, dan TPO5; asal Boyolali terdiri atas empat isolat, yaitu BAO2, BAO7, BAC, dan BAP. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan isolat pada medium PDA, warna koloni, diameter koloni, makrokonidium dan mikrokonidium, berat kering miselium, masa inkubasi, luas serangan, dan selisih berat basah rimpang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* asal Temanggung dan Boyolali, yang telah disimpan dalam medium tanah steril selama enam tahun, masih tumbuh dengan baik pada medium PDA dan memenuhi cawan Petri pada umur 4,75–7,5 hari. Isolat yang paling virulen adalah TKO6 asal Temanggung dengan masa inkubasi tercepat yaitu 5 hari setelah inoculasi dan luas serangan pada rimpang sebesar 420 mm² atau ada peningkatan sampai 107,6%.

Kata kunci: *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi*, rimpang jahe, tanah steril, virulensi

PENGANTAR

Fusarium oxysporum f.sp. *zingiberi* merupakan jamur tular-tanah penyebab penyakit busuk rimpang jahe (Semangun, 2000; Soesanto *et al.*, 2003; 2005). *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* juga menyerang tanaman kencur, yang mengakibatkan tanaman layu dan mati (Arifah, 2004; Prabowo *et al.*, 2006). Jamur patogen membentuk struktur istirahat atau struktur tahan, yang mampu bertahan hidup dalam tanah sampai sepuluh tahun walaupun tanpa adanya ta-naman inang, sehingga sampai sekarang masih sukar dikendalikan (Agrios, 2005). Oleh karena jamur ini masih diperlukan untuk pengkajian lebih lanjut, maka dilakukan penyimpanan. Koleksi dan penyimpanan mikroba diperlukan untuk penelitian lebih lanjut, sebagai sumber biodiversitas dan

koleksi plasma nutfah mikroba. Penyimpanan *Fusarium* sp. dapat dilakukan dengan metode air dan parafin cair (Suciatmih & Rachmat, 2005), tetapi penyimpanan dengan cara tersebut membutuhkan sarana tambahan dan kurang praktis. Cara lain untuk menyimpan jamur patogen yang lebih praktis adalah dengan menggunakan tanah steril (Atkinson, 1954; Windels *et al.*, 1988; Baharuddin Salleh, 2003, komunikasi pribadi).

Menurut Wahyu (2008), *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* isolat asal Temanggung dan Boyolali masih mampu tumbuh dengan baik dalam medium buatan maupun pada rimpang jahe sebagai inangnya, setelah disimpan dalam tanah steril selama tiga tahun. Tingkatan virulensi jamur patogen tersebut paling tinggi berdasarkan luas

serangan rimpang pada perlakuan TKO3 asal Temanggung dan perlakuan BAO6 asal Boyolali, masing-masing sebesar 67,67 dan 56,67 mm². Isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* tersebut sudah disimpan dalam medium tanah steril selama enam tahun, akan tetapi virulensi isolat jamur tersebut belum diketahui. Penyimpanan isolat mikroba umumnya dikaitkan dengan daya tahan hidup dan kemampuan tumbuh pada medium buatan dan jarang yang dihubungkan dengan virulensi pada tanaman inang masing-masing (Dahmen *et al.*, 1983; Pasarell & McGinnis, 1992; Diogo *et al.*, 2005; Perez-Garcia *et al.*, 2006). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui viabilitas dan virulensi beberapa isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* setelah disimpan selama enam tahun pada medium tanah steril.

BAHAN DAN METODE

Penyiapan Inokulum Jamur Patogen

F. oxysporum f.sp. *zingiberi* yang telah disimpan dalam tanah steril di dalam botol selama enam tahun ditumbuhkan pada medium PDA yang telah disiapkan pada cawan Petri dan diinkubasi selama lima hari. Apabila *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* mampu tumbuh, isolat kemudian dimurnikan pada medium PDA yang diperkaya dengan streptomisin (Leslie *et al.*, 2006), dan siap digunakan untuk penelitian lebih lanjut. Isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* yang digunakan berasal dari Temanggung terdiri atas tujuh isolat, yaitu TKO1, TKO3, TKO4, TKO6, TKO7, TPO1, dan TPO5; dan berasal dari Boyolali terdiri atas empat isolat, yaitu BAO2, BAO7, BAC, dan BAP (Soesanto *et al.*, 2003).

Penyiapan dan Inokulasi Rimpang Jahe

Rimpang jahe dipilih dengan ukuran dan umur seragam, kemudian disterilkan permukaannya dengan cara direndam dalam larutan NaOCl 1% selama 3 menit. Selanjutnya, dibilas dengan air steril hingga beberapa kali, ditiriskan pada kertas saring steril dan siap digunakan. Permukaan rimpang jahe steril dilukai dengan jarum preparat steril (diameter luka 0,8–1,0 cm) dengan kedalaman 1 mm sebanyak ± 30 luka tusukan dalam luasan 25 mm², kemudian diinokulasi dengan satu tetes (kerapatan 10⁷ konidium/ml larutan) suspensi *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* dan ditutup dengan kapas lembap. Rimpang selanjutnya dimasukkan ke dalam kantong plastik, diikat, dan diinkubasi. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 3 ulangan dengan 12 perlakuan.

Parameter yang diamati adalah pertumbuhan isolat pada medium PDA, pengamatan morfologi isolat terdiri atas warna koloni, diameter koloni, makro-konidium, mikrokonidium (Domsch *et al.*, 1993; Leslie *et al.*, 2006), dan berat kering miselium. Pengukuran berat kering dilakukan dengan menambahkan 10 ml HCl 1%, lalu dipanaskan pada *water bath* hingga mencair, kemudian dituang pada kertas saring yang telah diketahui beratnya, dan disemprot dengan air steril untuk menghilangkan agar dan HCl yang masih melekat. Koloni jamur yang tertinggal pada kertas saring dikeringkan dalam inkubator pada suhu 300°C selama 24 jam kemudian ditimbang dua kali (Amalia *et al.*, 2004). Pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* diketahui dengan mengukur diameter koloni jamur. Masa inkubasi dihitung sejak inokulasi patogen sampai munculnya gejala pertama dalam satuan hari setelah inokulasi (hsi). Luas serangan *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* pada rimpang diukur dengan menggunakan kertas millimeter blok dengan interval pengamatan lima hari selama satu bulan. Selisih berat basah rimpang diperoleh dari berat rimpang sebelum inokulasi dikurangi berat rimpang di akhir pengamatan.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari uji daya tumbuh dianalisis secara deskriptif, sedangkan dari uji *in vivo* dianalisis dengan menggunakan uji F untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan. Apabila berbeda nyata, dilanjutkan dengan DMRT pada tingkat kesalahan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Tumbuh Isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi*

Semua isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* yang telah disimpan dalam medium tanah steril selama enam tahun masih tumbuh dengan baik pada medium PDA. Hal ini menunjukkan bahwa isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* tersebut masih viabel. Waktu yang dibutuhkan oleh jamur tumbuh memenuhi cawan Petri adalah antara 4,75–7,5 hari (Tabel 1).

Semua isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* yang telah disimpan dalam tanah steril selama enam tahun memperlihatkan kemampuan bertahan hidup yang tinggi. Tanah steril merupakan medium penyimpan isolat *Fusarium* yang baik, jika ditinjau dari daya tahan hidupnya (Windels *et al.*, 1988; Nakasone *et al.*, 2004). Lebih lanjut Windels *et al.* (1988) mengatakan bahwa daya hidup isolat *Fusarium* yang disimpan dalam gel silika selama 3,

Tabel 1. Ciri morfologi beberapa isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* yang telah disimpan dalam tanah steril selama enam tahun

| Isolat | Kecepatan tumbuh (hari) | Warna koloni | Berat kering miselium (g) | Kerapatan konidium (konidium/ml) | |
|--------|-------------------------|--------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------|
| | | | | Makrokonidium | Mikrokonidium |
| TKO1 | 4,75 | Putih | 0,05 | 4,0.10 ³ | 1,6.10 ⁵ |
| TKO3 | 7,50 | Putih | 0,05 | 1,8.10 ⁴ | 4,6.10 ⁵ |
| TKO4 | 7,75 | Putih | 0,05 | 2,6.10 ⁴ | 9,1.10 ⁵ |
| TKO6 | 7,25 | Putih | 0,05 | 3,8.10 ⁴ | 7,0.10 ⁵ |
| TKO7 | 7,50 | Putih | 0,05 | 8,0.10 ³ | 1,1.10 ⁵ |
| TPO1 | 7,50 | Putih | 0,05 | 3,2.10 ⁴ | 4,1.10 ⁵ |
| TPO5 | 7,25 | Putih | 0,05 | 5,2.10 ⁴ | 2,1.10 ⁵ |
| BAO2 | 7,50 | Putih | 0,05 | 8,8.10 ⁴ | 1,4.10 ⁶ |
| BAO7 | 7,00 | Ungu | 0,05 | 8,0.10 ³ | 1,2.10 ⁶ |
| BAC | 7,25 | Putih | 0,05 | 5,0.10 ⁴ | 7,4.10 ⁵ |
| BAP | 7,00 | Putih | 0,05 | 3,8.10 | 1,4.10 ⁶ |

Tabel 2. Masa inkubasi, luas serangan *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi*, dan selisih berat basah rimpang

| Perlakuan | Masa Inkubasi (hsi) | Luas Serangan (mm ²) | Selisih Berat Basah Rimpang |
|-----------|---------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Kontrol | 17,7a | 35,7d | 0,517 |
| TKO1 | 5,7b | 290,0bc | 1,733 |
| TKO3 | 5,7b | 318,7b | 0,933 |
| TKO4 | 5,0b | 281,3bc | 1,033 |
| TKO6 | 5,0b | 420,0a | 0,700 |
| TKO7 | 5,7b | 224,3c | 0,300 |
| TPO1 | 5,7b | 348,0b | 1,500 |
| TPO5 | 5,0b | 334,0b | 0,567 |
| BAO2 | 5,0b | 281,7bc | 0,650 |
| BAO7 | 5,7b | 288,7bc | 0,943 |
| BAC | 5,7b | 311,0b | 0,450 |
| BAP | 5,0b | 296,7bc | 1,450 |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

4, dan 5 tahun menurun masing-masing 94, 90, dan 89%; sedangkan yang disimpan di dalam tanah steril nampak stabil, masing-masing yaitu 95, 93, dan 94%.

Isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* yang ditumbuhkan pada medium PDA mempunyai viabilitas yang berbeda (Tabel 1). Pada hari ketiga, daya tumbuh jamur semakin meluas atau meningkat. Pertumbuhan paling cepat nampak pada isolat TKO1 dengan diameter koloni sebesar 4,75 cm, sedangkan daya tumbuh paling lambat terjadi pada isolat TKO4, yaitu sebesar 7,75 cm (Tabel 1).

Apabila dilihat dari warna koloni, isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* pada umumnya berwarna putih, tetapi pada BAO7 mempunyai warna ungu (Tabel 1). Kistler (1997) dan Leslie *et al.* (2006) menyatakan bahwa pada medium PDA koloni isolat *Fusarium* dapat berwarna putih, yang semakin tua warna menjadi krem atau kuning pucat, atau dalam keadaan tertentu berwarna merah muda agak ungu. Hal ini diduga kemungkinan terjadi pertukaran gen

dalam satu spesies, yang menyebabkan tingginya keragaman genetik (Elmer, 1991; Kistler, 1997; Ahn & Lee, 2000).

Isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* memiliki berat kering miselium yang sama, yaitu sebesar 0,05 g (Tabel 1). Sementara itu, kerapatan konidium isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* dibedakan antara makrokonidium dan mikrokonidium. Kerapatan makrokonidium paling tinggi terdapat pada isolat BAO2 sebesar 8,8.10⁴ konidium/ml, sedangkan kerapatan makrokonidium paling rendah terdapat pada isolat TKO1 sebesar 4.10³ konidium/ml. Kerapatan mikrokonidium paling tinggi terdapat pada isolat BAO2 dan BAP masing-masing sebesar 1,4.10⁶ konidium/ml, sedangkan kerapatan mikrokonidium terendah terdapat pada isolat TKO7 sebesar 1,1.10⁵ konidium/ml.

Adanya kerapatan konidium yang berbeda tersebut menunjukkan tingginya keragaman genetik *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi*. Selain disebabkan oleh sifat genetik, perbedaan antar-isolat juga

ditentukan oleh kondisi lingkungan (Elmer, 1991; Kistler, 1997; Ahn & Lee, 2000; Agrios, 2005)

Masa Inkubasi dan Gejala Serangan

Masa inkubasi patogen busuk rimpang dalam penelitian ini antara 5–5,7 hari setelah inokulasi (hsi) terlihat pada Tabel 2.

Pengamatan secara visual terhadap rimpang jahe yang diperlakukan menunjukkan gejala keriput, cekung yang semakin lama semakin melebar dan dalam, dan terjadi busuk kering. Soesanto *et al.* (2003, 2005) menunjukkan bahwa gejala yang nampak dari penyakit busuk rimpang yang disebabkan oleh *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* adalah perubahan bentuk rimpang jahe menjadi berkeriput, berwarna keputihan, dan mengering. Hal ini membuktikan bahwa masing-masing isolat yang digunakan dalam penelitian ini masih mampu menimbulkan gejala pada rimpang dan dengan demikian masih bersifat virulen. Umumnya penyimpanan isolat jamur patogen tumbuhan hanya dikaitkan dengan viabilitasnya dan jarang yang dihubungkan dengan virulensi pada tanaman inang (Dahmen *et al.*, 1983; Pasarell & McGinnis, 1992; Diogo *et al.*, 2005; Perez-Garcia *et al.*, 2006).

Pada penelitian ini, masa inkubasi *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* adalah 5–5,7 hari. Masa inkubasi *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* pada rimpang jahe adalah 2–4 hari (Pancasiwi, 2004). Perbedaan ini menunjukkan bahwa kemampuan patogen dalam melakukan proses infeksi telah mengalami penurunan. Penurunan virulensi ini mungkin terjadi karena isolat yang digunakan telah lama disimpan dalam medium tanah steril. Hal ini sesuai dengan pendapat Agrios (2005), yang menyatakan bahwa virulensi patogen terhadap satu atau semua inangnya akan mengalami penurunan apabila patogen tersebut dipelihara dalam biakan dalam jangka waktu yang cukup lama.

Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa masa inkubasi masing-masing perlakuan, baik isolat yang ber-asal dari Temanggung dan Boyolali, tidak berbeda nyata. Masa inkubasi tercepat pada isolat TKO4, TKO6, TPO5, BAO2, dan BAP yaitu 5 hsi, sedangkan masa inkubasi terlama pada isolat TKO1, TKO3, TKO7, TPO1, BAO7, dan BAC yaitu masing-masing 5,7 hsi (Tabel 2). Perbedaan masa inkubasi pada masing-masing perlakuan diduga terjadi karena adanya perbedaan proses adaptasi yang dibutuhkan oleh masing-masing isolat serta adanya berbagai faktor lain yang dapat memengaruhi proses infeksi dan perkembangan penyakit, seperti keadaan lingkungan yang mendukung untuk munculnya gejala (Agrios, 2005;

Soesanto *et al.*, 2003). Isolat yang berbeda akan menyebabkan laju pertumbuhan, virulensi, dan kolonisasi yang berbeda (Elmer, 1991; Kistler, 1997) dan akan menentukan keberhasilan penyimpanan isolat (Nagai *et al.*, 2000).

Luas Serangan pada Rimpang

Hasil analisis statistika terhadap luas serangan menunjukkan beda nyata. Rerata luas serangan terbesar ditunjukkan oleh isolat TKO6 sebesar 420,0 mm² atau terjadi peningkatan sebesar 107,6% (Tabel 2). Diduga isolat TKO6 memiliki virulensi paling tinggi dibandingkan dengan isolat lainnya, yang ditandai dengan masa inkubasi lebih cepat, yaitu 5 hsi dan serangan terhadap rimpang paling luas. Winarni *et al.* (2004) menyatakan bahwa patogen yang memiliki masa inkubasi tercepat akan menyebabkan kerusakan yang berat. Rerata luas serangan terendah diperoleh pada isolat TKO7 sebesar 224,3 mm² atau terjadi peningkatan sebesar 52,8% (Tabel 2).

Perbedaan besarnya luas serangan yang ditimbulkan dari masing-masing perlakuan dalam menimbulkan gejala pada rimpang diduga terjadi karena adanya perbedaan kemampuan dalam melakukan tekanan mekanis terhadap inang. Besarnya tekanan mekanis sangat beragam dengan tingkat pra-pelunakan permukaan tumbuhan oleh sekresi enzim patogen (Agrios, 2005). *Fusarium* sp. juga menghasilkan toksin yang memengaruhi kelenturan selaput sel dan merusak metabolisme sel (Jullien, 1988; Megnegneau & Branchard, 1988).

Keberhasilan proses infeksi suatu patogen tidak hanya disebabkan oleh adanya kontak antara inang dengan patogen itu sendiri, tetapi juga kondisi lain yang mendukung seperti keadaan lingkungan dan tingkat patogenisitasnya. Apabila patogen dengan tingkat patogenisitas tinggi menyerang pada inang rentan pada saat kondisi lingkungan menguntungkan, maka hal tersebut akan memperluas gejala serangan yang ditimbulkan. Akan tetapi apabila salah satu faktor tersebut tidak sesuai maka terjadinya penyakit akan terhambat. Agrios (2005) menyatakan bahwa untuk keberhasilan suatu infeksi tidak cukup hanya dengan terjadinya kontak antara patogen dengan tumbuhan inang, tetapi beberapa kondisi lain harus juga memenuhi syarat, salah satunya patogen harus dalam tingkat patogenisitasnya tinggi.

Infeksi yang terjadi pada rimpang jahe menunjukkan bahwa semua isolat *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* yang telah disimpan selama enam tahun di dalam medium tanah steril masih bersifat virulen. Perbedaan luas serangan yang ditunjukkan

oleh masing-masing isolat disebabkan oleh tingkat virulensi yang berbeda (Elmer, 1991; Kistler, 1997).

Selisih Berat Basah Rimpang

Penyakit busuk kering pada jahe yang disebabkan oleh *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* menyebabkan rimpang mengerut dan berkeriput yang dapat mengakibatkan terjadinya penurunan berat basah rimpang serta perubahan morfologi (Semangun, 2000; Soesanto *et al.*, 2003). Semua perlakuan menunjukkan terjadinya penurunan berat basah rimpang. Akan tetapi, analisis statistika terhadap selisih berat basah rimpang menunjukkan pada semua perlakuan tidak berbeda nyata. Rerata selisih berat tertinggi ditunjukkan oleh isolat TKO1 sebesar 1,733 g dan terendah ditunjukkan oleh isolat TKO7 sebesar 0,300 g (Tabel 2). Masing-masing perlakuan menunjukkan adanya perbedaan selisih berat. Perbedaan ini diduga disebabkan oleh perbedaan genetika masing-masing isolat, yang disebabkan oleh perbedaan kemampuan tiap-tiap isolat dalam memperbanyak diri dan proses infeksi pada jaringan inang (Elmer, 1991; Ahn & Lee, 2000).

Pengurangan berat pada semua perlakuan relatif sedikit. Hal ini diduga karena pada semua perlakuan terjadi peningkatan laju respirasi dan penguapan dari rimpang yang menghasilkan uap air, sehingga merangsang pertumbuhan tunas. Agrios (2005) menyatakan bahwa pada saat tumbuhan diinfeksi patogen, umumnya laju respirasinya meningkat, yang berarti bahwa jaringan terserang menggunakan cadangan karbohidratnya lebih cepat dibandingkan jaringan yang sehat. Apabila patogen mengganggu pengangkutan hara anorganik dan air ke atas, atau pergerakan ke bawah zat organik, maka akan mengakibatkan keadaan sakit pada bagian tumbuhan sehingga tidak mendapatkan bahan makanan dan akhirnya terjadi penyusutan (Agrios, 2005).

KESIMPULAN

Isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* asal Temanggung dan Boyolali yang telah disimpan dalam medium tanah steril selama enam tahun masih tumbuh dengan baik pada medium PDA dan memenuhi cawan Petri setelah 7–8 hari. Semua isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* masih virulen dan isolat yang paling virulen adalah TKO6 asal Temanggung dengan masa inkubasi tercepat yaitu 5 hsi dan luas serangan pada rimpang sebesar 420 mm².

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology*, 5th edition. Academic Press, New York. 922 p.
- Ahn, I.P. & Y.H. Lee. 2000. Vegetative Compatibility Groups and Pathogenicity Variation among Isolates *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*. *Plant Pathology Journal* 16: 227–230.
- Amalia, R., H.A. Djatmiko, & L. Soesanto 2004. Potensi Beberapa Antagonis dalam Menekan *Fusarium oxysporum* Schlecht f.sp. *zingiberi* Trujillo pada Tanaman Jahe. p. 301–312. In L. Soesanto (ed.), *Prosiding Simposium Nasional I tentang Fusarium*, Purwokerto 26–27 Agustus 2004.
- Arifah, N. 2004. Kisaran Inang *Fusarium oxysporum* Schlecht. f.sp. *zingiberi* Trujillo in Planta. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. (Tidak dipublikasikan).
- Atkinson, R.G. 1954. Quantitative Studies on the Survival of Fungi in Five-year Old Dried Soil Cultures. *Canadian Journal of Botany* 32: 673–678.
- Dahmen, H., Th. Staub, & F.J. Schwinn. 1983. Technique for Longterm Preservation of Phytopathogenic Fungi in Liquid Nitrogen. *Phytopathology* 73: 241–246.
- Diogo, H.C., A. Sarpieri, & M.C. Pires. 2005. Fungi Preservation in Distilled Water. *Anais Brasileiros de Dermatologia* 80: 591–594.
- Domsch, K.H., W. Gams, & T-H. Anderson. 1993. *Compendium of Soil Fungi*. IHW-Verlag, Eching. 859 p.
- Elmer, W.H. 1991. Vegetative Compatibility Groups of *Fusarium proliferatum* from Asparagus and Comparisons of Virulence, Growth Rate, and Colonization of Asparagus Residues among Groups. *Phytopathology* 81: 852–857.
- Jullien, M. 1988. Effect of the *Fusarium* spp. Toxins and Selection of Crude Toxin Resistant Strains in Mesophyll Cell Cultures of *Asparagus officinalis*. *Plant Physiology & Biochemistry* 26: 713–722.
- Kistler, H.C. 1997. Genetic Diversity in the Plant-pathogenic Fungus *Fusarium oxysporum*. *Pythopathology* 87: 474–479.
- Leslie, J.F., B.A. Summerell, & S. Bullock. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing Professional, Iowa. 385 p.
- Megnégneau, B. & M. Branchard. 1988. Toxicity of Fusaric Acid Observed on Callus of Various *Cucumis melo* Genotypes. *Plant Physiology and Biochemistry* 26: 585–588.

- Nagai, T., A. Ideno, M. Tsuge, C. Oyanagi, M. Oniki, K. Kita, M. Horita, T. Aoki, T. Kobayashi, & K. Touchiya. 2000. Preservation of Fungi in an Atmosphere Over Liquid Nitrogen after Uncontrolled Freezing. *Microbiology Culture Collection* 16: 13–22.
- Nakasone, K.K., S.W. Peterson, & S.C. Jong. 2004. Preservation and Distribution of Fungal Cultures. p. 37–47. In G.M. Mueller, G.F. Bills, & M.S. Foster (eds.), *Biodiversity of Fungi, Inventory and Monitoring Methods*. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Pancasiwi, D. 2004. Uji Ketahanan Beberapa Varietas Jahe terhadap *F. oxysporum* f.sp. *zingiberi* Secara *In Vitro* dan *In Planta*. Skripsi. Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman.
- Pasarell, L. & M.R. McGinnis. 1992. Viability of Fungal Cultures Maintained at -70°C. *Journal of Clinical Microbiology* 30: 1000–1004.
- Perez-Garcia, A., E. Mingorance, M.E. Rivera, D. del Poso, D. Romero, J.A. Tores, & A. de Vicente. 2006. Longterm Preservation of *Podosphaera fusca* Using Silica Gel. *Journal of Phytopathology* 154: 190–192.
- Prabowo, A.K.E., N. Prihatiningsih, & L. Soesanto. 2006. Potensi *Trichoderma harzianum* dalam Mengendalikan Sembilan Isolat *Fusarium oxysporum* Schlecht. f.sp. *zingiberi* Trujillo pada Kencur. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 8: 76–84.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 850 p.
- Soesanto, L., Soedharmono, N. Prihatiningsih, A. Manan, E. Iriani, & J. Pramono. 2003. Penyakit Busuk Rimpang Jahe di Sentra Produksi Jahe Jawa Tengah: 1. Identifikasi dan Sebaran. *Tropika* 11: 178–185.
- Soesanto, L., Y.P. Dewi, & N. Prihatiningsih. 2005. Pengenalan Dini Penyakit Busuk Rimpang Jahe. *Jurnal Penelitian Pertanian Agrin* 8: 76–83.
- Suciatmih & Rachmat. 2005. Pengujian Survival Jamur yang Dipreservasi dalam Air dan Parafin Cair. *Berita Biologi* 7: 241–248.
- Wahyu, H.S.N. 2008. Uji Keagresifan *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* Beberapa Isolat Temanggung dan Boyolali pada Jahe Gajah setelah Disimpan Tiga Tahun. Skripsi. Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Winarni, W., E. Pramono, Soedarmono, & L. Soesanto. 2004. Uji Kepatogenan Beberapa Isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *zingiberi* pada Tanaman Jahe Gajah. p. 128–136. In L. Soesanto (ed.), *Prosiding Simposium Nasional I tentang Fusarium*, Purwokerto 26–27 Agustus 2004.
- Windels, C.E., P.M. Burnes, & T. Kommendahl. 1988. Five-year Preservation of *Fusarium* Species on Silica Gels and Soil. *Phytopathology* 78: 107–109.