

KERAGAMAN *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae* YANG BERASAL DARI SULAWESI UTARA BERDASARKAN MEDIA POTATO DEXTORSE AGAR

DIVERSITY OF *Fusarium oxysporum f.sp. Vanillae* FROM NORTH SULAWESI BASED ON POTATO DEXTORSE AGAR MEDIA

Arthur Pinaria^{*)}, Max Ratulangi^{*)} dan Guntur Manengkey^{*)}

^{*)}Dosen Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi Manado, 95115

ABSTRACT

Indonesia is the second largest vanilla producer in the world. Vanillin produced from the drying process of vanilla fruit is the second most valuable commodity in the food and beverage industry in the world. The main obstacle for vanilla cultivation in Indonesia is the attack of vanilla stem rot (BBV). The cause of disease (pathogen) BBV in Indonesia is *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae*. Therefore, it is very important to obtain information about the population of the pathogen *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae* to support the successful assembly of vanilla varieties that are resistant to *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae*. Currently, information on the diversity of the pathogenic population of *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae* in North Sulawesi Province is unknown. This study reports the diversity of the pathogenic population of *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae* originating from North Sulawesi. Samples of stem rot were taken from several villages in Minahasa and Southeast Minahasa and South Minahasa districts. The stem rot samples were taken to the laboratory for isolation and identification. The variation observed was based on the appearance of the isolates on PDA (potato dextrose agar) media. The results showed that the appearance of the isolate *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae* varies based on PDA media.

Keywords: *vanilla, Fusarium Oxysporum f.sp. vanillae, potato dextrose agar*

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara penghasil vanili terbesar kedua di dunia. Vanillin yang dihasilkan dari proses pengeringan buah vanili merupakan komoditi kedua yang paling bernilai tinggi di industri makanan dan minuman di dunia. Kendala utama untuk budidaya tanaman di Indonesia adalah serangan penyakit busuk batang vanili (BBV). Penyebab penyakit (patogen) BBV di Indonesia yaitu *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae*. Cara yang paling efektif untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* adalah dengan menggunakan varietas yang tahan. Namun demikian penggunaan varietas yang tahan akan sia-sia apabila ternyata populasi patogen bervariasi. Apabila terdapat variasi dalam populasi patogen *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae* maka varietas vanili yang dihasilkan mudah dipatahkan ketahanannya. Sampai saat ini informasi tentang keragaman populasi patogen *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae* di Indonesia bahkan di dunia belum diketahui. Penelitian ini melaporkan keragaman populasi patogen *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae* yang berasal dari Sulawesi Utara. Sampel penyakit busuk batang diambil dari beberapa desa di Kabupaten Minahasa dan Minahasa Tenggara dan Minahasa Selatan. Sampel busuk batang dibawa ke laboratorium untuk diisolasi dan diidentifikasi. Keragaman yang diamati berdasarkan penampilan dari isolate pada media (potato dextrose agar) PDA. Hasil penelitian menunjukkan penampilan isolate *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae* beragam berdasarkan media PDA..

Kata kunci : *vanili, Fusarium Oxysporum f.sp. vanillae, potato dextrose agar*

PENDAHULUAN

Vanili termasuk dalam jenis tanaman anggrek. Buah vanili dijadikan bubuk untuk pengharum makanan dan sangat terkenal di pasar internasional sehingga menjadi tanaman yang bernilai ekonomis tinggi (Elizabeth, 2002). Vanillin yang dihasilkan dari proses pengeringan buah vanili merupakan komoditi kedua yang paling bernilai tinggi di industri makanan dan minuman di Dunia (Muheim dan Lerch, 1999). Di daerah asalnya Meksiko, vanili dimanfaatkan sebagai bahan pewangi minuman coklat, tetapi sekarang ini di seluruh dunia vanili digunakan untuk memberikan aroma pada kue-kue, manisan coklat, es krim dan campuran sirup (Rema dan Madan, 2001). Indonesia merupakan negara penghasil vanili terbesar kedua di dunia (Divakaran dkk. 2008) sehingga vanili menjadi komoditas ekspor non migas andalan di Indonesia.

Kendala utama untuk budidaya tanaman di Indonesia adalah serangan penyakit busuk batang vanili (BBV). Penyakit BBV dapat menggagalkan panen sekitar 80% Lestari dkk, (2001). Penyebab penyakit (patogen) BBV di Indonesia yaitu *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* Tombe dkk. (1993). Pinaria dkk (2010) melaporkan bahwa terdapat dua belas spesies *Fusarium* yang berasosiasi dengan penyakit BBV. Ke dua belas spesies tersebut adalah *F. decemcellulare*, *F. fujikuroi*, *F. graminearum*, *F. mangiferae*, *F. napiforme*, *F. oxysporum*, *F. polyphialidicum*, *F. proliferatum*, *F. pseudocircinatum*, *F. semitectum*, *F. solani* and *F. subglutinans*. Hasil uji patogenisitas yang dilakukan oleh Pinaria dkk.(2010) terhadap kedua belas *Fusarium* species tersebut ternyata hanya *F.oxysporum* yang patogen. Menurut (Louvet and Toutain 1981; Alabouvette dkk. (1996); Fouché and Jouve (1999); DiPietro dkk. (2003); Fravel dkk. (2003); Belabid dkk. (2004) cara yang paling efektif untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* adalah dengan menggunakan varietas yang tahan. Pemulia tanaman vanili di Indonesia telah menghasilkan beberapa klon vanili yang diunggulkan sebagai calon varietas yang tahan terhadap pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*. Klon-klon vanili ini

dihasilkan dari hasil variasi soma klonal dengan menggunakan kolkisin dan radiasi (Lestari dkk, 2001). Namun demikian penggunaan varietas yang tahan akan sia-sia apabila ternyata populasi patogen bervariasi atau terjadi perubahan gen tunggal dalam populasi (McDonald and Linde 2002). Apabila terdapat variasi dalam populasi patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* maka varietas vanili yang dihasilkan mudah dipatahkan ketahanannya. Untuk itu sangat penting diperoleh informasi tentang variasi populasi patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* guna menunjang keberhasilan perakitan varietas vanili yang tahan terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*.

Sampai saat ini informasi tentang variasi populasi patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* di provinsi Sulawesi Utara belum diketahui. Berdasarkan alasan yang dikemukakan diatas diperlukan penelitian tentang keragaman populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* yang berasal dari Sulawesi Utara

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui keragaman populasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* yang berasal dari Sulawesi Utara.

TINJAUAN PUSTAKA

Penyakit busuk batang vanili pertama kali dilaporkan oleh Zimmerman pada tahun 1902 (Soetono, 1962). Penyakit busuk batang vanili adalah faktor pembatas utama dalam peningkatan produksi vanili di dunia (Thomas dkk. 2002). Khusus di Indonesia penyebab utama penyakit ini adalah *Fusarium oxysporum* (Pinaria dkk. 2010). Di Indonesia penyakit ini telah tersebar di hampir seluruh pertanaman vanili di Jawa, Bali, Sulawesi Utara dan Lampung (Pinaria, 2010). Penyakit ini tidak musiman dan telah menyebar secara luas di seluruh daerah produksi vanili, daerah yang paling parah terkena dampak menjadi Jawa, Bali, Sumatera Utara dan Sulawesi Utara (Tombe dkk.. 1992).

Manengkey dkk. (2008) melakukan survey di beberapa kabupaten di propinsi Sulawesi Utara yaitu Minahasa Utara, Minahasa Tengah bagian Timur, dan Minahasa Selatan. Insidensi penyakit tertinggi terdapat di Minahasa Utara yakni 69,42%,

Minahasa tengah bagian Barat, dan Minahasa tengah bagian Timur; masing-masing 60,49; 49,94; dan 46,42%. Severitas penyakit tertinggi terdapat di Minahasa Utara (55,02%), menyusul Minahasa Selatan (53,63%), Minahasa tengah bagian timur (31,19%), dan Minahasa tengah bagian Barat (26,57%).

Penyakit ini menampakkan gejala awal berupa "memar" (water soaked). Pada keadaan optimum bagi perkembangan penyakit, yaitu kondisi kebun yang lembab, pembusukan batang berlangsung cepat meliputi seluruh bagian batang di antara nodus dan meninggalkan warna kehitaman. Bagian batang yang terserang itu mengkerut dan mengering, warnanya berubah menjadi coklat. Penyakit meluas ke atas dan ke bawah dari bagian internodus yang terserang. Pada keadaan yang tidak menguntungkan bagi perkembangan penyakit, yaitu keadaan kering dan kurang lembab, serangan patogen akan lebih ringan dan pembusukan yang terjadi hanya berupa becak memanjang yang berukuran 1 - 3 cm, disamping itu batas antara jaringan sakit dan sehat jelas. Bila bagian batang sakit dibelah membujur pada batas antara yang sakit dan sehat akan tampak perubahan warna, di sebelah dalam lebih cepat perkembangannya dibanding di luar. Pada permukaan becak sering dijumpai bintik-bintik putih ke kuning-kuningan yang merupakan kumpulan konidiofor dan konidia jamur (Pinaria dkk. 2010).

Kendala utama produksi vanili di Indonesia adalah busuk batang yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum f.sp. vanillae* (Tombe dkk.. 1993). *Fusarium oxysporum* adalah spesies jamur kosmopolitan dan dalam hal patogenisitas dan merupakan genus paling penting dari *Fusarium* (Booth 1975). Kisaran inang dari *F. oxysporum* sangat luas, termasuk hewan, arthropoda, manusia dan tanaman (Nelson dkk. 1994; O'Donnell dkk. 2004.).

Fusarium oxysporum menyebabkan penyakit pada inang yang berbeda lebih dari 100 inang tertentu (formae speciales) (Baayen dkk.. 2000). Patogen ini merusak dan bertanggung jawab untuk penyakit layu pada tanaman inang yang mempunyai nilai ekonomi. Contohnya termasuk penyakit Panama pada tanaman pisang disebabkan

oleh *F. oxysporum f.sp. cubense* dan layu Fusarium pada tanaman kapas yang disebabkan oleh *F. oxysporum f.sp. vasinfectum* (Moore dkk. 2001;.. Wang dkk. 2004). Penyakit layu vaskular disebabkan oleh berbagai *F. oxysporum* bertanggung jawab atas kerugian hasil panen yang cukup besar di Australia, Eropa, Amerika Serikat, Asia, Afrika, dan Amerika Selatan (Belbid dkk. 2004;.. Davis dkk. 1996;.. Ploetz 2001; Summerell dkk.. 2001).

Fusarium oxysporum juga digunakan dalam pengendalian biologis pada jentik nyamuk di lapangan (Hasan dan Vago 1972). Selain itu, ada beberapa bukti bahwa strain patogen non *F. oxysporum* berguna dalam mengendalikan patogen *F. oxysporum* (Fravel dkk.. 2003). Sebagai contoh, non-patogenik *F. oxysporum* dilaporkan untuk mengendalikan layu Fusarium pada semangka (Larkin dkk.. 1996). Juga, non-patogenik *F. oxysporum* efektif terhadap pengendalian tiga ras strain patogen yang menyebabkan layu Fusarium pada tanaman tomat (Larkin dan Fravel 1998). Endofit *F. oxysporum* telah dilaporkan digunakan untuk menginduksi resistensi sistemik terhadap *Radopholus similis* pada pisang (Vu dkk.. 2006) dan menekan reproduksi *R. similis* dalam akar inang (Athman dkk.. 2007). Oleh karena pentingnya jamur patogen ini maka studi ekstensif tentang *F. oxysporum* telah dilakukan sejak lama (Booth 1984).

METODE PENELITIAN

Isolat *Fusarium oxysporum f.p. vanillae* yang digunakan berasal sampel batang vanili yang memperlihatkan gejala penyakit busuk batang vanili. Sampel batang dibilas dalam air bersih. Setelah itu permukaan batang sampel disterilkan dengan cara mencelupkan sampel batang tersebut dengan etanol 70% kemudian dibakar sekitar 5 detik dengan api. Selanjutnya diambil dua potongan batang kecil (kira-kira tebal 5 mm) dari tepi jaringan nekrotik dan sehat dari sampel batang tersebut. Kemudian kedua potongan batang kecil tersebut diletakkan pada cawan petri yang berisi media selektif *Fusarium* yaitu Peptone Pentachloronitrobenzene Agar, (PPA) (Burgess dkk. 1994). Media PPA diinkubasi selama

5-7 hari dan ditumbuhkan di bawah kondisi yang dijelaskan oleh Burgess dkk. (1994). Filamen jamur yang tumbuh dari potongan-potongan jaringan selanjutnya disubkultur ke media Carnation Leaf-piece Agar (CLA) untuk diidentifikasi. Cawan petri yang mengandung media CLA diinkubasi cahaya / gelap bergantian selama 7 hari seperti yang dijelaskan oleh Burgess dkk. (1994). Setelah diinkubasi dilakukan proses identifikasi morfologi menggunakan media CLA dan Potato Dextrose Agar (PDA). Isolat *Fusarium* yang teridentifikasi selanjutnya dimurnikan dengan melakukan proses spora tunggal (Burgess dkk. 1994). Media PDA digunakan sebagai alat untuk melihat keragaman dari isolat *Fusarium oxysporum* f.p *vanillae*. Apabila warna isolat-isolat *Fusarium oxysporum* f.p *vanillae* pada media PDA sama maka di isolat-isolat yang digunakan dikategorikan seragam (tidak berbeda) dan sebaliknya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampilan isolat-isolat *Fusarium oxysporum* f.sp *vanillae* populasi asal Sulawesi Utara pada media PDA menunjukkan adanya keragaman. Keragaman tersebut dapat dilihat pada munculnya variasi warna isolate yang berbeda pada media PDA. Keragaman ini diduga disebabkan adanya perbedaan genetic dari isolat-isolat *Fusarium oxysporum* f.sp *vanillae* yang berasal dari Sulawesi Utara sehingga menimbulkan perbedaan warna dalam media PDA. Studi dengan menggunakan penanda molekuler menunjukkan bahwa terdapat pola keanekaragaman yang berbeda yang ditunjukkan pada berbagai spesies khusus Formae dari *F. oxysporum*. Beberapa spesies Formae memiliki pola keragaman yang sederhana dengan struktur populasi klonal monofiletik, seperti *F. oxysporum* f.sp. *Albedinis*, *F. oxysporum* f.sp. *konglutinans*, *F. oxysporum* f.sp. *canariensis*. Yang lain memiliki pola keragaman yang juga konsisten dengan klonalitas, tetapi dicirikan oleh dua atau lebih garis keturunan yang berbeda dalam spesialisasi Formae, seperti *F. oxysporum* f.sp. *cubense*, *F. oxysporum* f.sp. *melonis*, *F. oxysporum* f.sp. *lycoersici* (Kistler 2001). Selain penanda molekuler, sudah dilakukan studi menggunakan penanda non-molekuler yaitu

kelompok kompatibilitas vegetatif (VCGs) dan telah digunakan secara ekstensif untuk menilai keragaman *F. oxysporum* selama beberapa dekade. Studi tentang VCG diprakarsai oleh Puhalla (1984). Ia mengamati pertumbuhan mutan auksotrofik heterokaryon dari *F. oxysporum* f.sp *apii*. Hasil studinya mengarah pada hipotesis bahwa forma speciales tertentu mungkin merupakan kelompok heterogen dari isolat yang beraneka ragam secara genetik. Ini adalah alat yang berguna untuk mempelajari keragaman dalam spesialisasi Formae tertentu (Klein dan Correll 2001). Kelompok kompatibilitas vegetatif dicirikan oleh strain yang dapat berfusi dan membentuk heterokaryon satu sama lain dan mungkin identik untuk semua alel pada setiap lokus het (atau vic) (Kistler dan Benny 1989; Leslie dan Zeller 1996). Keuntungan dari analisis VCG adalah bahwa hal itu mungkin menyiratkan strategi reproduksi (Kistler 1997). Namun, kelemahan VCG adalah tidak bermanfaat untuk mengukur kesamaan dan diferensiasi populasi, dan beberapa isolat tidak akan membentuk mutan non-pemanfaatan (nit) nitrogen (Leslie 1993; McDonald 1997). Juga, VCG tidak diindikasikan dari keterkaitan genetik antara VCG yang berbeda atau dari isolat dalam VCG (Bentley et al, 1998). Untuk membuktikan bahwa keragaman isolate-isolat *Fusarium oxysporum* f.sp *vanillae* populasi asal Sulawesi Utara pada media PDA disebabkan oleh genetic yang berbeda dari isolat-isolat tersebut maka harus dilakukan analisis genetic dengan menggunakan penanda molekuler.

KESIMPULAN

Populasi *Fusarium oxysporum* f.sp *vanillae* asal Sulawesi Utara beragam pada media PDA.

DAFTAR PUSTAKA

Alabouvette C, Lemanceau P, Steinberg C (1996) Biological control of *Fusarium* wilts: opportunities for developing a commercial product. In ' Principles and practice of managing soilborne plant pathogens.' (Ed R. Hall) pp.192-212. (American Phytopathology Society Press).

- Baayen RP, O'Donnell K, Bonants PJM, Cigelnik E, Kroon LPNM, Roebroek EJA, Waalwijk C (2000) Gene genealogies and AFLP analyses in the *Fusarium oxysporum* complex identify monophyletic and nonmonophyletic formae speciales causing wilt and rot disease. *Phytopathology* 90, 891-900.
- Belabid L, Baum M, Fortas Z, Bouznad Z, Eujayl I (2004) Pathogenic and genetic characterization of Algerian isolates of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lentis* by RAPD and AFLP analysis. *African Journal of Biotechnology* 3, 25-31.
- Booth C (1975) The present status of *Fusarium* taxonomy. *Annual Review Phytopathology* 13, 83-93.
- Booth C (1984) The *Fusarium* problem: historical, economic and taxonomic aspects. In 'The applied mycology of *Fusarium*'. Symposium of the British Mycological Society Held at Queen Mary College London, September 1982. (Eds MO Moss and JE Smith) pp. 1-13. (Cambridge University Press)
- Burgess LW, Summerell BA, Bullock S, Gott KP, Backhouse D (1994) Laboratory manual for *Fusarium* research (3rd Edition) University of Sydney, Sydney
- Davis RD, Moore NY, Kochman JK (1996) Characterisation of a population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* causing wilt of cotton in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 47, 1143-1156.
- DiPietro A, Madrid MP, Caracuel Z, Delgado-Jarana J, Roncero MIG (2003) *Fusarium oxysporum*: exploring the molecular arsenal of a vascular wilt fungus. *Molecular Plant Pathology* 4, 315-325.
- Divakaran M, Pillai GS, Nirmal BaBu K, Peter KV (2008) Isolation and fusion protoplast in *Vanilla* species. *Current Science* 94, 115-120.
- Elizabeth KG (2002) *Vanilla*: an orchid spice. *Indian Journal of Arecanut, Spices and Medicinal Plants* 4, 96-98.
- Fravel D, Olivain C, Alabouvette C (2003) *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. *New Phytologist* 157, 493-502
- Hasan S, Vago C (1972) The pathogenicity of *Fusarium oxysporum* to mosquito larvae. *Journal of Invertebrata Pathology* 20, 268-271.
- Kistler HC (1997) Genetic diversity in the plant-pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology* 87, 474-479.
- Kistler HC (2001) Evolution of host specificity in *Fusarium oxysporum*. In 'Fusarium, The Paul E. Nelson Memorial Symposium'. (Eds BA Summerell, JF Leslie, D Backhouse, WL Bryden, LW Burgess) pp.70-81. (APS: St Paul, USA)
- Kistler HC, Benny U (1989) The mitochondrial genome of *Fusarium oxysporum*. *Plasmid* 22, 86-89.
- Klein KK, Correll JC (2001) Vegetative compatibility group diversity. In 'Fusarium, The Paul E. Nelson Memorial Symposium'. (Eds BA Summerell, JF Leslie, D Backhouse, WL Bryden, LW Burgess) pp. 83-95. (APS: St Paul, USA)
- Larkin RP, Fravel DR (1998) Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of *Fusarium* wilt of tomato. *Plant Disease* 82, 1022-1028.
- Larkin RP, Hopkins DL, Martin FN (1996) Suppression of *Fusarium* wilt of watermelon by non-pathogenic *Fusarium*

- oxysporum and other microorganisms recovered from a disease-suppressive soil. *Phytopathology* 86, 812-819.
- Leslie JF (1993) Fungal vegetative compatibility. *Annual Review Phytopathology* 31, 127-150.
- Leslie JF, Zeller KA (1996) Heterokaryon incompatibility in fungi-more than just another way to die. *Journal Genetics* 75, 415-424.
- Lestari EG, Sukmadjaja D, Mariska I, Hobir, Tombe M, Kosmiatin, Rusyadi Y, Rahayu S (2001). Perbanyak in vitro dan pengujian lanjutan pada nomor-nomor harapan Panili dan Lada yang tahan penyakit. In 'Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman'. pp. 109-118. Bogor
- Louvet J, Toutain G (1981) Bayoud, *Fusarium* wilt disease. In 'Fusarium: Diseases, Biology, and Taxonomy.'(Eds PE Nelson, TA Toussoun, RJ Cook) pp.13-20. (The Pennsylvania State University Press)
- Manengkey GSJ, Rondonuwu FB, Paath JM, Montong VB, Pinaria A, Assa BH, Arunde C, Sembel DT, Liew ECY (2008). Insidensi dan Severitas Penyakit Busuk Batang Panili (*vanilla planifolia andrews*) di Minahasa. *Eugenia* 14 (3) : 300-305
- McDonald BA (1997) The population genetics of fungi: tools and techniques. *Phytopathology* 87, 448-453.
- McDonald BA, Linde C (2002) Pathogen population genetics, evolutionary potential and durable resistance. *Euphytica* 124, 163-180.
- Moore NY, Pegg KG, Buddenhagen IW, Bentley S (2001) *Fusarium* wilt of banana: a diverse clonal pathogen of a domesticated clonal host. In 'Fusarium: Paul E. Nelson Memorial Symposium'. (Eds BA Summerell, JF Leslie, D Backhouse, WL Bryden and LW Burgess) pp. 212-224. (APS Press: St. Paul, Minnesota)
- Muheim A, Lerch K (1999) Towards a high-yield bioconversion of ferulic acid to Vanillin. *Applied Microbiology Biotechnology* 51, 456-461.
- Nelson PE, Dignani MC, Anaissie EJ (1994) Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. *Clinical Microbiology Reviews* 7, 479 - 504.
- O'Donnell K, Sutton DA, Rinaldi MG, Magnon KC, Cox PA, Revankar SG, Sanche S, Geiser DM, Juba JH, H. van Burik JA, Padhye A, Anaissie EJ, Francesconi A, Walsh TJ, Robinson JS (2004) Genetic diversity of human pathogenic members of the *Fusarium oxysporum* complex inferred from multilocus DNA sequence data and amplified fragment length polymorphism analyses: evidence for the recent dispersion of a geographically widespread clonal lineage and nosocomial origin. *Journal of Clinical Microbiology* 42, 5109-5120.
- Pinaria AG, 2010. *Vanilla Stem Rot in Indonesia: Pathogen Diversity, Population Structure and Origin*. Sydney, Australia: University of Sydney, PhD thesis.
- Pinaria AG, Burgess LW, Liew ECY (2010) *Fusarium* species associated with vanilla stem rot in Indonesia. *Australasian Plant Pathology* 39, 176-183.
- Ploetz RC (2001) Significant diseases in the tropics that are caused by species of *Fusarium*. In 'Fusarium, The Paul E. Nelson Memorial Symposium'. (Eds BA Summerell, JF Leslie, D Backhouse, WL Bryden and LW Burgess) pp. 295-309. (APS: St Paul, USA)

- Puhalla JE (1984) Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii* on California and their genetic interrelationships. *Canadian Journal of Botany* 62, 546-550.
- Rema. J and M. S. Madan. 2001. *Vanilla*. Agricultural Technology Information Centre. Calicut, Kerala.
- Soetono S (1962) A new disease of *Vanilla*. Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional Yogyakarta 24pp
- Summerell BA, Kistler HC, Gunn LV (2001) *Fusarium* wilt of *Phoenix canariensis* caused by *Fusarium oxysporum* f.sp *canariensis*. In 'Fusarium, The Paul E. Nelson Memorial Symposium'. (Eds BA Summerell, JF Leslie, D Backhouse, WL Bryden and LW Burgess) pp. 263-270. (APS: St Paul, USA)
- Thomas J, Vijayan AK, Bhai RS (2002) *Vanilla* disease in India and their management. *Indian Journal of Arecanut Spices & Medical Plants* 4, 143-149.
- Tombe M, Komoto Y, Tezuka N (1993) Identification and Cultural Types of *Fusarium* Isolates from *Vanilla* in Indonesia. *Industrial Crop Research Journal* 6, 1-5.
- Tombe M, Tsuchiya K, Nurawan A, Nazarudin SB, Oniki M, Matsumoto K (1992) Experiments on the introduction of biological and cultural control of stem rot disease of *Vanilla*. *Industrial Crop Research Journal* 4, 20-26.
- Vu T, Hauschild R, Sikora RA (2006) *Fusarium oxysporum* endophytes induced systemic resistance against *Radopholus similis* on banana. *Nematology* 8, 847-852.
- Wang B, Brubaker CL, Burdon JJ (2004) *Fusarium* species and *Fusarium* wilt pathogens associated with native *Gossypium* populations in Australia. *Mycological Research* 108, 35-4