

## **Patogenisitas *Fusarium oxysporum* Endofit asal Gulma dari Pertanaman Pisang terhadap Bibit Pisang Raja Bulu**

### **Pathogenicity of Endophytic *Fusarium oxysporum* Isolated from Weeds in Banana Plantations against Bananas Seedlings var. Raja Bulu**

Vinsen Willi Wardhana<sup>1,2</sup>, Suryo Wiyono<sup>1</sup>, Sri Hendrastuti Hidayat<sup>1</sup>, Widodo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

<sup>2</sup>Universitas Palangka Raya, Palangka Raya 73112

#### **ABSTRAK**

*Fusarium oxysporum* merupakan penyebab penyakit layu dan banyak mematikan tanaman pisang. Cendawan ini diketahui mampu hidup dan bertahan sebagai endofit pada gulma dan menjadi sumber inokulum yang nantinya menyebabkan penyakit pada tanaman pisang. Penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi *F. oxysporum* dari akar gulma yang tumbuh di sekitar pertanaman pisang di Bogor, Jawa Barat, kemudian menguji sifat patogenitasnya. Identifikasi morfologi dilakukan dengan mengamati koloni, konidium, dan klamidosporanya. Uji patogenisitas isolat endofit dilakukan di laboratorium menggunakan bibit pisang var. Raja Bulu. Sebanyak 9 isolat *F. oxysporum* berhasil diisolasi dari gulma yang tumbuh di sekitar pertanaman pisang. Semua isolat menunjukkan ciri morfologi sebagai *F. oxysporum*, yaitu koloni berwarna ungu, makrokonidium berbentuk kano dengan tiga sekat *false head* pendek, mikrokonidium berbentuk silindris atau ginjal, dan klamidospora umumnya tersusun tunggal. Semua isolat menyebabkan insidensi penyakit sebesar 100% pada bibit pisang var. Raja Bulu dengan keparahan gejala layu pada daun antara 58.33% sampai 77.78% dan nekrosis pada bonggolnya antara 50.00% sampai 69.44%.

Kata kunci: ciri morfologi, insidensi penyakit, nekrosis bonggol, penyakit layu, sumber inokulum

#### **ABSTRACT**

*Fusarium oxysporum* is known as the causal agent of wilt disease and caused severe damages in banana plantations around the world. It was reported earlier that weeds grown around banana plants harbor *F. oxysporum* as endophyte. These endophytes may become source of disease inoculum for banana plants. The research was carried out to isolate endophytic *F. oxysporum* from weed's roots growing around banana plants in Bogor, West Java and further determine its pathogenicity. Observation on morphological characteristic included colony, conidia and chlamydo-spores structures. Pathogenicity test of endophyte isolates in the laboratory was conducted using plantlets of banana var. Raja Bulu. *F. oxysporum* was successfully isolated from 9 weed species that grew around banana plants. All isolates showed morphological characteristics of *F. oxysporum*, i.e. purple colonies, three septate canoe macroconidia short false heads, cylindrical and kidney microconidia and often reveal chlamydo-spores singly. All of the isolates were pathogenic on var. Raja Bulu causing 100 % disease incidence and severity of 58.33% to 77.78 % and 50.00% to 69.44 % of leaf wilting and corm necrosis, respectively.

Key words: corm necrosis, disease incidence, morphological characteristic, source of inoculum, wilt disease

\*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.  
Tel. 0251-8629364, Faks: 0251-8629362, Surel: widodo@apps.ipb.ac.id.

## PENDAHULUAN

Salah satu patogen utama yang dilaporkan menjadi penyebab menurunnya produksi pisang di Indonesia ialah *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Monila *et al.* 2010; Hermanto *et al.* 2011; Dita *et al.* 2018). Tanaman yang terinfeksi *F. oxysporum* f. sp. *cubense* akan layu kemudian mati (Buddenhagen 2009; Ploetz 2015). Beragam usaha pengendalian penyakit layu *Fusarium* yang dilakukan belum memberikan hasil yang memuaskan (Rishbeth dan Naylor 1957; Bennett *et al.* 2011; McGovern 2015; Ploetz 2015). Klamidospora yang dibentuk oleh *F. oxysporum* f. sp. *cubense* ber dinding sel tebal yang cukup tahan terhadap perlakuan fisik dan kimia (Polo-López *et al.* 2010; Bennett *et al.* 2011). Rotasi tanaman juga kurang efektif karena spora istirahat *F. oxysporum* f. sp. *cubense* dapat bertahan di dalam tanah sampai puluhan tahun tanpa adanya tanaman inang (Stover 1962; Leslie dan Summerell 2006). Pemanfaatan agens hayati kadang memiliki kendala berkaitan dengan kondisi lingkungan yang kurang sesuai (Soesanto 2008).

Penerapan teknik budi daya, khususnya sanitasi lahan dari gulma menjadi penting dilakukan untuk mencegah terjadinya kenaikan potensi inokulum awal *F. oxysporum* f. sp. *cubense* di lapangan. Hennessy *et al.* (2005) melaporkan beberapa gulma yang tumbuh di perkebunan pisang yang terinfeksi berasosiasi positif dengan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* tropikal ras 4. Akar gulma yang dikolonisasi oleh *F. oxysporum* f. sp. *cubense* menyebabkan cendawan ini mampu bertahan, aktif dan terus meningkatkan sumber inokulum walau lahan tidak ditanami oleh pisang yang sesuai (Dita *et al.* 2018). Oleh sebab itu, gulma yang tumbuh di pertanaman pisang perlu dikelola untuk mencegah kejadian penyakit layu *Fusarium*.

Peran gulma terhadap insidensi penyakit layu *Fusarium* pada pertanaman pisang di Indonesia hingga saat ini belum banyak diketahui. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi, mengidentifikasi dan melakukan karakterisasi sifat patogenisitas *Fusarium* endofit asal gulma yang tumbuh di

sekitar pertanaman pisang di daerah Bogor, Jawa Barat.

## BAHAN DAN METODE

### Pengambilan Sampel Gulma

Sampel gulma diambil dari lahan pertanaman pisang yang sudah ditanami lebih dari 5 tahun, dengan populasi 100 rumpun tanaman dan berlokasi di Desa Babakan Lebak, Kabupaten Bogor. Sepuluh rumpun pisang yang banyak ditumbuhi gulma dipilih berdasarkan metode *purposive sampling*. Semua gulma yang tumbuh dalam radius 1 m disekitar rumpun pisang tersebut dicabut dengan menyertakan bagian akarnya. Secara komposit masing-masing jenis gulma disimpan dalam kantong plastik dan dibawa ke laboratorium untuk diisolasi cendawan endofitnya. Jenis gulma yang diperoleh diidentifikasi di Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

### Isolasi dan Identifikasi Cendawan Endofit

Cendawan endofit diisolasi menggunakan metode yang telah dimodifikasi (Hallmann *et al.* 2006). Isolasi cendawan endofit dari akar gulma diawali dengan tahap pembersihan, pencucian dan sterilisasi permukaan. Akar yang sudah bersih dari tanah, dipotong sampai pangkal batang, dicuci dengan air mengalir, direndam pada larutan sabun ( $2 \text{ mL L}^{-1}$ ) selama 5 menit dan dibilas dengan air mengalir lalu dikeringanginkan. Akar secara berurutan disterilkan permukaannya menggunakan alkohol 75% selama 1 menit, kloroks 1% selama 3 menit; alkohol 96% selama 30 detik dan dibilas menggunakan air steril sebanyak tiga kali. Akar selanjutnya dipotong-potong dengan panjang 0.5 cm dan ditanam pada medium agar-agar dekstroza kentang (ADK) yang mengandung kloramfenikol ( $0.05 \text{ mg mL}^{-1}$ ) lalu diinkubasi pada suhu ruang ( $25\text{--}30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Kontrol sebagai tanda keberhasilan sterilisasi permukaan dilakukan dengan membuat goresan pada medium AKD menggunakan akuades bilasan terakhir pada tahap sterilisasi. Pengamatan terhadap jaringan miselium *Fusarium* yang

tumbuh dilakukan setiap hari selama 14 hari. Hasil isolasi cendawan endofit tidak digunakan bila pada medium uji kesterilan ditemukan cendawan *Fusarium* yang tumbuh.

Koloni cendawan hasil isolasi dan pemurnian kemudian ditumbuhkan pada medium AKD, *Carnation Leaf-piece Agar* (CLA) dan *Spezieller Nährstoffarmer Agar* (SNA) dan diinkubasi pada suhu ruang. Pengamatan koloni, miselium, dan tipe konidiogenus spora dilakukan pada medium AKD hingga 10 hari setelah isolasi (HSI). Pengamatan terhadap warna koloni dilakukan pada medium AKD setelah 30 HSI. Pengamatan bentuk, dan susunan konidia serta klamidospora dilakukan pada medium CLA dan SNA. Pengamatan mikroskopis konidium dan klamidospora masing-masing isolat menggunakan metode *slide preparat* dan hasilnya didokumentasikan dengan kamera digital. Identifikasi cendawan *F. oxysporum* dilakukan dengan membandingkan ciri morfologi yang tampak dengan pustaka Booth (1971), Burgess *et al.* (1994), Domsch *et al.* (1980), dan Leslie dan Summerell (2006).

### Produksi Suspensi Konidium

Produksi konidium *F. oxysporum* mengacu pada metode yang diadaptasi dari Sari *et al.* (2017). Konidium diproduksi hanya dari cendawan endofit akar gulma yang teridentifikasi sebagai *F. oxysporum* dan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* yang diketahui patogenik terhadap pisang yang merupakan koleksi Laboratorium Mikologi IPB. Konidium diproduksi dengan menumbuhkan 3 potong koloni miselium (0.5 cm) pada 60 g medium beras steril dalam plastik tahan panas. Medium beras diinkubasi pada suhu ruang selama 21 hari. Pada akhir masa inkubasi, konidium dipanen dengan cara menambahkan 100 mL akuades steril, dihomogenkan dan disaring menggunakan kain kasa berlapis tiga. Suspensi konidium dikompositkan dari beberapa bungkus medium beras, dihitung kepadatan konidiumnya pada medium AKD dengan metode cawan sebar, dan selanjutnya digunakan dalam uji patogenisitas.

### Uji Patogenisitas Isolat *Fusarium oxysporum* Endofit

Uji patogenisitas *F. oxysporum* endofit dilakukan menggunakan metode yang telah diadaptasi dari Sari *et al.* (2017). Pengujian patogenisitas *F. oxysporum* pada bibit pisang disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan yang diujikan terdiri atas 9 isolat cendawan *F. oxysporum* endofit dari akar gulma, 1 isolat *F. oxysporum* f. sp. *cubense* yang sudah diketahui patogenik terhadap tanaman pisang sebagai kontrol positif, dan tanpa pemberian *Fusarium* sebagai kontrol negatif. Tiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali dan tiap ulangan terdiri atas enam tanaman. Uji patogenisitas dilakukan menggunakan bibit pisang var. Raja Bulu. Pisang Raja Bulu dipilih berdasar hasil uji penapisan sebelumnya (tidak ditampilkan pada tulisan ini). Bibit pisang yang digunakan dalam pengujian merupakan hasil kultur jaringan, sudah berumur 3 bulan setelah aklimatisasi, ditanam pada pot plastik pada medium campuran tanah dan kompos (2:1 b/b).

Sebanyak 100 mL suspensi konidium dengan konsentrasi  $10^6$  cfu mL<sup>-1</sup> disiramkan ke daerah perakaran tanaman pisang uji. Tanaman yang sudah diinokulasi ditempatkan pada rak inkubasi berpenerangan 4 lampu Philips TL 18 Watt yang terlindung dari hujan di laboratorium Mikologi Tumbuhan, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Lampu dinyalakan secara berkala selama 12 jam pada pagi hingga sore hari. Penyiraman dilakukan saat medium tanam terlihat kering.

Peubah yang diamati meliputi: insidensi penyakit (IP), periode inkubasi, keparahan penyakit bagian daun (layu daun), dan keparahan penyakit bagian bonggol (nekrosis bonggol). Periode inkubasi dihitung sejak inokulasi patogen sampai munculnya gejala layu daun yang pertama. Insidensi penyakit dihitung dengan rumus:

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n, jumlah tanaman yang terinfeksi dan N, jumlah tanaman yang diamati. Pengukuran

keparahan penyakit (KP) dilakukan menurut formula Cooke (1998):

$$KP = \frac{\sum_{i=0}^i (n_i \times v_i)}{N \times V} \times 100\%, \text{ dengan}$$

$n_i$ , jumlah tanaman terinfeksi pada skor ke-I;  $v_i$ , nilai skor ke-I; N, jumlah tanaman yang diamati; dan V, skor tertinggi yang terdapat pada acuan skoring. Pengamatan keparahan penyakit dilakukan menggunakan metode yang diadaptasi dari Molina *et al.* (2010). Keparahannya penyakit layu *Fusarium* pada pisang diukur berdasarkan keparahan gejala layu pada daun (LSI = *leaf symptom index*) dan keparahan diskolorisasi atau nekrosis jaringan pembuluh bonggol (RDI = *rhizome discoloration index*). Skor dan kategori yang digunakan pada pengukuran LSI, yaitu skor 0 dengan persentase luas gejala bagian daun (X) bernilai 0 atau tidak terdapat gejala penguningan; skor 1 dengan  $1 \leq X < 25$  atau tepi daun bawah mulai menguning; skor 2 dengan  $26 \leq X < 50$  atau daun terbawah menguning semua; skor 3 dengan  $51 \leq X < 75$  atau semua daun di pohon menguning; skor 4 dengan  $76 \leq X < 100$  atau tanaman mati. Kategori yang digunakan untuk mengukur RDI ialah, skor 0 dengan persentase luas gejala di bagian bonggol (Y) bernilai 0 atau tidak ada gejala nekrosis pada jaringan bonggol; skor 1 dengan  $1 \leq Y < 25$  atau ada sedikit nekrosis di jaringan di bonggol; skor 2 dengan  $26 \leq Y < 50$  atau cukup banyak nekrosis di jaringan bonggol; skor 3 dengan  $51 \leq Y < 75$  atau sebagian besar jaringan bonggol nekrosis; skor 4 dengan  $76 \leq Y < 100$  atau seluruh jaringan bonggol nekrosis.

### Analisis Data

Data dianalisis menggunakan piranti lunak SAS ver 9.1 dan diuji lanjut menggunakan uji NSK pada  $\alpha$  5%.

## HASIL

### Karakter Morfologi Isolat *Fusarium oxysporum* Endofit Asal Gulma

Sebanyak 9 isolat *F. oxysporum* berhasil diisolasi dari 9 jenis gulma yang tumbuh di sekitar pertanaman pisang (Tabel 1). Semua

isolat tersebut, yaitu; *F. oxysporum* E2, E3, E4, E7, E9, E13, E14, E21, dan E27 menunjukkan ciri dan karakter morfologi yang khas *F. oxysporum*, yaitu: koloni berwarna ungu, dan membentuk konidiofor monofialid pendek (Gambar 1). Makrokonidiumnya berbentuk kano dengan bagian pangkal bertipe takik dan bagian ujung bertipe kait, mikronidium tidak berantai, memiliki satu atau dua sekat berbentuk *oval*, *cylindrical*, *eliptical* atau mirip ginjal. Klamidospora berdinding halus atau kasar dan dibentuk tunggal atau dalam rangkaian, yaitu pada tengah atau ujung hifa.

### Patogenisitas *Fusarium oxysporum* pada Bibit Pisang

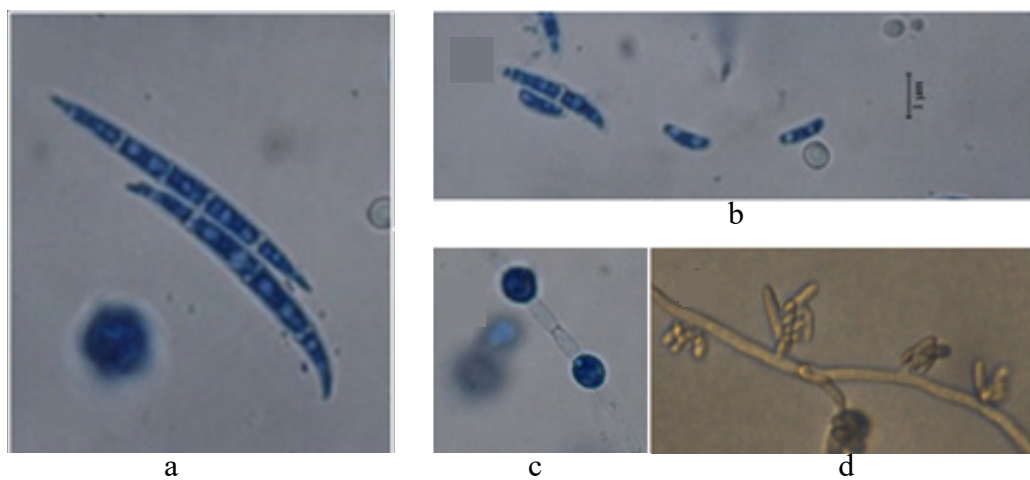
Semua isolat cendawan endofit asal gulma menyebabkan gejala pada bibit pisang var. Raja Bulu. Aplikasi isolat *F. oxysporum* f.sp. *cubense*, dan isolat *F. oxysporum* E9 menghasilkan periode inkubasi terpendek; periode inkubasi terpanjang terjadi pada perlakuan isolat *F. oxysporum* E21. Keparahannya gejala layu pada daun dan nekrosis bonggol tertinggi terjadi pada perlakuan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* dan *F. oxysporum* E9. Isolat *F. oxysporum* E21 dan E14 meskipun menunjukkan keparahan gejala layu daun yang sama, namun bibit pisang yang diinokulasi dengan isolat *F. oxysporum* E21 menunjukkan nekrosis bonggol yang lebih rendah. Meskipun begitu, perbedaan periode inkubasi, keparahan layu daun dan nekrosis bonggol dari semua perlakuan tidak berbeda nyata (Gambar 2 dan Tabel 2).

## PEMBAHASAN

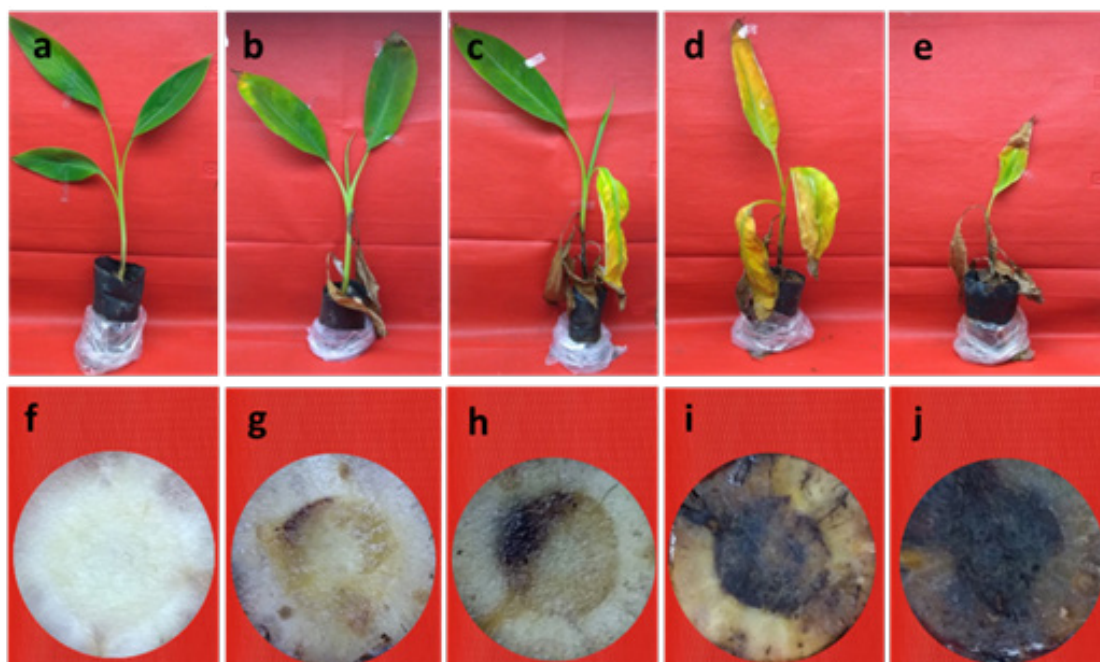
Hasil penelitian menunjukkan bahwa *F. oxysporum* endofit dari gulma *A. sessilis*, *A. conyzoides*, *C. rutidosperma*, *C. benghalensis*, *C. patens*, *S. alata*, *S. nodiflora*, *O. corniculata*, dan *O. barrelieri* yang tumbuh di pertanaman pisang bersifat patogenik dan menyebabkan penyakit layu pada bibit pisang. Bibit pisang menunjukkan gejala penguningan pada bagian daunnya dan nekrosis berwarna cokelat pada bagian bogolnya, kemudian mati sama seperti gejala yang ditunjukkan pada perlakuan

Tabel 1 *Fusarium oxysporum* endofit dari akar gulma yang tumbuh di sekitar pertanaman pisang

| Isolat                        | Nama Inang Gulma                               |
|-------------------------------|--|
| <i>Fusarium oxysporum</i> E2  | <i>Ageratum conyzoides</i> L                   |
| <i>Fusarium oxysporum</i> E3  | <i>Oxalis barrelieri</i> L                     |
| <i>Fusarium oxysporum</i> E4  | <i>Commelina benghalensis</i> L                |
| <i>Fusarium oxysporum</i> E7  | <i>Synedrella nodiflora</i> (L) Gaertn         |
| <i>Fusarium oxysporum</i> E9  | <i>Cyrtococcum patens</i> (L) A. Camus         |
| <i>Fusarium oxysporum</i> E13 | <i>Oxalis corniculata</i> L                    |
| <i>Fusarium oxysporum</i> E14 | <i>Cleome rutidosperma</i> DC                  |
| <i>Fusarium oxysporum</i> E21 | <i>Spermacoce alata</i> Aubl (H)               |
| <i>Fusarium oxysporum</i> E27 | <i>Alternanthera sessilis</i> (L) R. BR. Ex DC |



Gambar 1 Karakter morfologi *Fusarium oxysporum*. a, makrokonidium; b, mikrokonidium; c, kladidospora; d, konidiogenus dengan konidiofor (*false head*) pendek.



Gambar 2 a dan f, bibit pisang yang tidak terinfeksi penyakit layu *Fusarium* bagian daunnya nampak hijau segar, tidak ada kelayuan atau penguningan daun, dan bagian bonggolnya berwarna putih tidak berubah cokelat atau nekrosis; b-e, bibit pisang yang menunjukkan gejala bagian daunnya nampak kuning; dan g-j, bagian bonggol bibit pisang yang berubah warna menjadi cokelat atau nekrosis.

Tabel 2 Insidensi penyakit, periode inkubasi, dan keparahan penyakit layu pada bibit pisang var. Raja Bulu yang diinokulasi dengan isolat *Fusarium oxysporum* endofit

| Isolat          | Insidensi penyakit (%) | Periode inkubasi (hari) <sup>a</sup> | Keparahan penyakit (%) <sup>a</sup> |                  |
|-----------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
|                 |                        |                                      | Layu daun                           | Nekrosis bonggol |
| Kontrol negatif | 0                      | -                                    | -                                   | -                |
| Kontrol positif | 100                    | 67.78 a                              | 77.78 a                             | 69.44 a          |
| E2              | 100                    | 71.11 a                              | 61.11 a                             | 52.78 a          |
| E3              | 100                    | 68.89 a                              | 72.22 a                             | 63.89 a          |
| E4              | 100                    | 73.33 a                              | 63.89 a                             | 58.33 a          |
| E7              | 100                    | 73.33 a                              | 61.11 a                             | 55.56 a          |
| E9              | 100                    | 67.78 a                              | 77.78 a                             | 69.44 a          |
| E13             | 100                    | 71.11 a                              | 63.89 a                             | 58.33 a          |
| E14             | 100                    | 73.33 a                              | 58.33 a                             | 55.56 a          |
| E21             | 100                    | 75.56 a                              | 58.33 a                             | 50.00 a          |
| E27             | 100                    | 71.11 a                              | 63.89 a                             | 55.56 a          |

<sup>a</sup>Angka selanjur yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada uji NSK pada  $\alpha$  5%. (-), Tidak ada periode inkubasi, layu, atau nekrotik. Kontrol negatif (tanpa inokulasi *Fusarium oxysporum*). Kontrol positif (diinokulasi *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*).

menggunakan *F. oxysporum* f. sp. *cubense*. Buddenhagen (2009) melaporkan bagian dalam batang dan batang semu tanaman yang terinfeksi *F. oxysporum* f. sp. *cubense* akan mengalami perubahan warna menjadi cokelat. Kelayuan pada tanaman yang terinfeksi *F. oxysporum* f. sp. *cubense* dimulai dari daun paling bawah (tua), yang umumnya disertai dengan lamina daun berubah menjadi kuning akibat fitotoksin. Namun, kelayuan tidak selalu disertai dengan perubahan warna lamina, apabila disebabkan oleh adanya gangguan sistem transportasi air dan juga nutrisi akibat pembentukan tilosis dan gum yang berlebihan oleh tanaman inang. Oleh sebab itu, pengamatan gejala pada bagian daun disertai pengamatan nekrosis pada bonggolnya. Selanjutnya, bila gejala sudah sampai pada ujung daun atau daun yang muda, maka tidak lama tanaman akan roboh dan mati (Buddenhagen 2009; Ploetz 2015).

Hasil penelitian ini sejalan dengan laporan sebelumnya bahwa *F. oxysporum* asal gulma *Chloris inflata*, *Euphorbia heterophylla*, *Tridax procumbens*, *Cyanthilium cinereum*, *Commelina diffusa*, *Paspalum fasciculatum*, *Panicum purpureum*, *Ixophorus unisetus* dan *Amaranthus* spp. merupakan patogen tanaman pisang (Hennessy *et al.* 2015; Pérez-Vicente dan Dita 2014; Dita *et al.*

2018). Gulma dijadikan sebagai inang oleh *F. oxysporum* patogenik terhadap pisang tanpa menyebabkan kerugian atau gejala penyakit pada gulma. Hal tersebut dapat terjadi karena cendawan hidup sebagai endofit di dalam jaringan gulma. Cendawan yang hidup sebagai endofit pada tanaman secara umum membentuk hubungan yang tidak merugikan (Faeth dan Fagan 2002; Gao *et al.* 2010; Alfaro dan Bayman 2011). Oleh sebab itu, gulma dapat tetap tumbuh sehat tanpa mengalami gangguan fisiologis berkelanjutan meskipun dikolonisasi oleh cendawan endofit. Namun, peran endofit sangatlah plastis dan dipengaruhi banyak faktor yang menyertainya (Schulz dan Boyle 2006). Mikroba endofit mungkin menjadi agens yang menguntungkan pada suatu tanaman, tetapi merugikan pada tanaman lain (Alfaro dan Bayman 2011).

Beberapa mikroba endofit diketahui berpotensi menjadi saprofit, dan bahkan mungkin menjadi patogen (Schulz dan Boyle 2006; Alfaro dan Bayman 2011). Oleh sebab itu, sangat mungkin *F. oxysporum* yang mulanya endofit pada gulma dapat aktif menjadi mikroba saprofitik dengan tetap tumbuh dan berkembang memperbanyak diri di luar jaringan setelah inang gulmnya mati. Apabila terdapat tanaman pisang yang sesuai maka *Fusarium* tersebut akan mulai

menginfeksi ujung serabut-serabut akar (akar lateral) yang halus, masuk melalui luka atau lubang alami di akar, dan invasi berlanjut menuju bonggol. Proses multiplikasi akan terus berlangsung sampai toksin terakumulasi dan terdistribusi pada jaringan daun tua, atau kolonisasinya menghambat sistem transportasi air sehingga menyebabkan gejala penyakit layu (Buddenhagen 2009; Molina *et al.* 2010; Pérez-Vicente dan Dita 2014).

Kejadian pindah inang atau menjadikan tanaman lain sebagai inang alternatif merupakan sesuatu yang mungkin saja terjadi pada *F. oxysporum*. Rahayu *et al.* (2019) melaporkan *F. oxysporum* yang diisolasi dari inang nonpisang dari beragam ekologi terdeteksi secara molekular sebagai *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4. Oleh sebab itu, spesies gulma yang tumbuh ditempat yang sama dengan pisang sangat mungkin menjadi reservoir bagi *F. oxysporum* patogenik terhadap pisang. Gulma dijadikan sebagai inang untuk bertahan, dan menjadi pendukung dalam peningkatan jumlah potensial inokulum sebelum mampu menyebabkan penyakit layu pada tanaman pisang. Oleh karena itu, gulma yang diketahui menjadi reservoir *F. oxysporum* patogenik perlu dikendalikan sebagai usaha menghilangkan potensi propagul inokulum awal.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai melalui Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) untuk penulis pertama.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfaro AP, Bayman P. 2011. Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. *Ann Rev Phytopathol.* 49:291–315. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081831>.
- Bennett RS, O'Neill W, Smith L, Huttmacher RB. 2011. Activity of commercial detergents against conidia and chlamydospores of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. *J Cotton Sci.* 15:162–169.
- Booth C. 1971. *The Genus Fusarium*. Kew (UK): Commonwealth Mycological Institute.
- Burgess LW, Summerell BA, Bullock S, Gott KP, Backhouse D. 1994. *Laboratory Manual for Fusarium Research*. Sydney (AU): University of Sydney.
- Buddenhagen I. 2009. Understanding strain diversity in *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* and history of introduction of “tropical race 4” to better manage banana production. *Act Hort.* 828:193–204. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.828.19>.
- Cooke BM. 1998. Disease assessment and yield loss. Di dalam: *The Epidemiology of Plant Disease*. Dordrecht (NL): Kluwer Publishers. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-017-3302-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-017-3302-1_3).
- Dita M, Barquero M, Heck D, Mizubuti ESG, Staver CP. 2018. Fusarium wilt of banana: current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Front Plant Sci.* 9: 1468. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>.
- Domsch KH, Gams W, Anderson TH. 1980. *Compendium of Soil Fungi. Volume 1*. London (UK): Academic Press.
- Faeth SH, Fagan WF. 2002. Fungal endophytes: common host plant symbionts but uncommon mutualists. *Integ Comp Biol.* 42(2):360–368. DOI: <https://doi.org/10.1093/icb/42.2.360>.
- Gao F-k, Dai C-c, Liu X-z. 2010. Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens. *Afr Microbiol Res.* 4(13):1346–1351.
- Hallmann J, Berg G, Schulz B. 2006. Isolation procedures for endophytic microorganisms. Di dalam: Schulz BJE, Boyle CJC, Sieber TN (Editor). *Microbial Root Endophytes*. Berlin (DE): Springer. hlm 299–319. DOI: <https://doi.org/10.1007/3-540-33526-9>.
- Hermanto C, Sutanto A, Jumjunidang, Edison HS, Daniells JW, O'Neill WT, Sinohin VGO, Taylor P. 2011. Incidence and distribution of fusarium wilt disease of banana in Indonesia. *Act Hort.* 897: 313–322. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.897.43>.

- Hennessy C, Walduck G, Daly A, Padovan A. 2005. Weed hosts of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in northern Australia. *Aust Plant Pathol.* 34(1):115. DOI: <https://doi.org/10.1071/AP04091>.
- Leslie JF, Summerell BA. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. Ames (US): John Wiley and Sons. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470278376>.
- Molina AB, Williams RC, Hermanto C, Suwanda M, Komolong B, Kokoa P. 2010. Final Report: Mitigating The Threat of Banana Fusarium Wilt: Understanding The Agroecological Distribution of Pathogenic Forms and Developing Disease Management Strategies. Australia (AU): ACIAR.
- McGovern RJ. 2015. Management of tomato diseases caused by *Fusarium oxysporum*. *J Crop Prot.* 73:78–92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.02.021>.
- Pérez-Vicente L, Dita M. 2014. *Fusarium* wilt of banana or panama disease by *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*: a review on history, symptoms, biology, epidemiology and management. Di dalam: Pérez-Vicente L, Dita M, Martinez de la Parte E (Editor). *Technical Manual: Prevention and diagnostic of Fusarium Wilt (Panama disease) of banana caused by Fusarium oxysporum f. sp. cubense Tropical Race 4 (TR4)*. Rome [IT]: FAO. hlm 74.
- Ploetz RC. 2015. Management of fusarium wilt of banana: a review with special reference to tropical race 4. *Crop Prot.* 73:7–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.007>.
- Polo-López MI, Fernández-Ibáñez P, García-Fernández I, Oller I, Salgado-Tránsito I, & Sichel C. 2010. Resistance of *Fusarium* sp. spores to solar TiO<sub>2</sub> photocatalysis: influence of spore type and water (scaling-up results). *J Chem Tech & Biotech.* 85(8):1038–1048. DOI: <https://doi.org/10.1002/jctb.2397>.
- Rahayu G, Mahasari NPW, Widodo. 2019. Identifikasi infraspesifik *Fusarium oxysporum* asal substrat nonpisang dan kemampuan pindah inangnya ke tanaman pisang. *J Fitopatol Indones.* 15(1):27–35. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.15.1.27>.
- Rishbeth J, Naylor AG. 1957. *Fusarium* wilt of bananas in Jamaica. *Annals Bot.* 21(4):599–609. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083587>.
- Sari W, Wiyono S, Nurmansyah A, Munif A, Poerwanto R. 2017. Keanekaragaman dan patogenisitas *Fusarium* spp. asal beberapa kultivar pisang. *J Fitopatol Indones.* 13(6):216–228. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.13.6.216>.
- Soesanto L. 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman Edisi Kedua*. Jakarta (ID): Rajawali Press.
- Stover RH, Waite BH. 1960. Studies on fusarium wilt of bananas: pathogenicity and distribution of *F. oxysporum* f. *cubense* races 1 and 2. *Can J Bot.* 38(1):51–61. DOI: <https://doi.org/10.1139/b60-005>.
- Schulz B, Boyle C. 2006. What are endophytes? Di dalam: Schulz BJE, Boyle CJC, Sieber TN (Editor). *Microbial Root Endophytes*. Berlin (DE): Springer. hlm 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1007/3-540-33526-9>.