

## Deteksi Penyakit Layu Fusarium pada Pisang-Pisang Lokal di Pandeglang

### Detection of Fusarium wilt on Local Bananas in Pandeglang

Nani Maryani<sup>1,2\*</sup>, Elmira Rayhan Oktaria Harahap<sup>1</sup>,

Rida Oktorida Khastini<sup>1,2</sup>, Fajarudin Ahmad<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten 42117

<sup>2</sup>PUI-PT Inovasi Pangan Lokal Untirta, Banten 42118

<sup>3</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong 16911

#### ABSTRAK

Pandemi layu fusarium pisang atau *Panama disease*, yang disebabkan oleh *tropical race 4* (TR4), menjadi ancaman budi daya pisang baik industri maupun skala kecil. Di Indonesia, layu fusarium menyerang varietas ekspor pisang Cavendish dan varietas lokal populer seperti Pisang Raja, Kepok, dan Barangan. Meskipun demikian, TR4 masih belum banyak diketahui keberadaannya pada pisang-pisang lokal di berbagai wilayah Indonesia. Penelitian ini bertujuan mendeteksi TR4 pada pisang-pisang lokal Pandeglang, yang merupakan wilayah terbesar penghasil pisang di Provinsi Banten. Survey dilakukan di sembilan lokasi yang tersebar di lima kecamatan: Banjar, Cadasari, Jiput, Labuan, dan Menes. Total 13 aksesori pisang lokal menunjukkan gejala internal dan eksternal layu fusarium. Sampel pseudostem bergejala ditumbuhkan pada medium agar-agar dekstrosa kentang. Kultur spora tunggal digunakan untuk identifikasi dan isolasi DNA. Berdasarkan karakter mikroskopisnya, 27 galur *Fusarium* yang terdiri atas 3 kompleks species berhasil diidentifikasi yaitu *F. cugenangense*, *F. foetens* dan *F. oxysporum* (*Fusarium oxysporum* species complex; FOSC), *F. equiseti* dan *F. incarnatum* (*Fusarium incarnatum-equiseti* species complex) dan *F. solani* (*Fusarium solani* species complex atau *Neocosmospora*). Deteksi molekuler duplex PCR menggunakan primer *translation elongation factor-1a* (*Tef-1a*) dan primer specific TR4, memberikan hasil positif hanya pada galur-galur yang merupakan TR4, anggota dari FOSC. Penelitian ini memperkaya pengetahuan keberadaan TR4 pada daerah yang belum teridentifikasi dan potensi ancaman TR4 yang menyerang pisang-pisang lokal di Pandeglang. Analisis molekuler lebih lanjut menggunakan sikuen gen penanda atau *whole genome sequencing* dapat memberikan pengetahuan akan diversitas genetik *Fusarium* asal Pandeglang sehingga metode penanganan yang tepat dapat dilakukan.

Kata kunci: Banten, diversitas, *Musa*, panama disease, tropical race 4

#### ABSTRACT

Fusarium wilt of bananas or Panama disease, caused by Tropical Race4 (TR4), threatens the global banana industry. In Indonesia, the disease devastated Cavendish, an export variety, and many local bananas, such as Pisang Raja, Kepok, and Barangan. Nonetheless, TR4 incidence is unknown in many parts of Indonesia. This study aimed to detect TR4 in local bananas from Pandeglang, the most banana-produced area in Banten Province. A survey was conducted in nine Kecamatan i.e., Banjar, Cadasari, Jiput, Labuan, and Menes. In total, 13 banana accessions showed symptoms of fusarium wilt. Symptomatic pseudostem samples were plated on potato dextrose agar. The monosporic culture was

\*Alamat penulis korespondensi: Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Jalan Raya Ciwaru No.25 Kota Serang, Banten 42117.  
Surel: [nani.maryani@untirta.ac.id](mailto:nani.maryani@untirta.ac.id)

derived from isolation and used for morphological identification and DNA extraction. Based on the morphological characteristics of *Fusarium*, 27 strains members of 3 species complexes were identified, i.e., *F. cugenangense*, *F. foetens* dan *F. oxysporum* (*Fusarium oxysporum* species complex; FOSC), *F. equiseti* dan *F. incarnatum* (*Fusarium incarnatum-equiseti* species complex) dan *F. solani* (*Fusarium solani* species complex, currently named as *Neocosmospora*). Molecular detection of TR4 was done using duplex PCR of translation elongation factor-1 $\alpha$  (*Tef-1 $\alpha$* ) and TR4 primer specific, giving positive results only on TR4 strains, members of FOSC. This study enhances our knowledge of the spreading of TR4 in an unidentified area in Indonesia. Many of the local bananas in Pandeglang is susceptible to TR4, thus threaten banana cultivation in this area. Further study on the molecular analysis using more genes will give insight into the expanding genetic diversity of *Fusarium* causing wilt in Banana in the Indonesian collection.

Key words: Banten, diversity, *Musa*, panama disease, tropical race 4

## PENDAHULUAN

Penyakit tanaman merupakan faktor pembatas produksi pangan yang dapat mengancam ketahanan pangan dan merubah tatanan sosial ekonomi suatu bangsa. *Panama disease* atau penyakit layu fusarium pisang (akhir 1960-an) tercatat dalam sejarah telah menyebabkan kebangkrutan ekonomi dan ketidakstabilan politik negara-negara pengekspor pisang di Amerika Latin (Ploetz 2015). Cavendish, varietas pisang yang tahan, akhirnya dapat menyelamatkan industri pisang dunia saat itu. Namun di akhir 1990-an galur baru *Fusarium* spp., terkenal dengan sebutan *tropical race 4* (TR4), mampu menyerang Cavendish (Su *et al.* 1986). Tidak hanya menjadi ancaman bagi industri pisang, TR4 juga mengkhawatirkan ribuan petani pisang skala kecil di Asia dan Afrika (Ploetz *et al.* 2015; Drenth dan Kema 2021). Di Indonesia, ratusan hektar perkebunan Cavendish di Lampung terserang TR4. Varietas lokal seperti pisang Ambon (*M. acuminata* var. Ambon), Raja Buluh, Pisang Tanduk (*Musa* sp. var. Tanduk), Uli (*M. acuminata* var. Ketan), Kepok (*Musa* sp. var. Kepok), dan Barangan juga sangat rentan terhadap TR4 (Hermanto *et al.* 2011).

Layu fusarium pisang disebabkan oleh sekelompok cendawan dari genus *Fusarium*. Tanaman yang terserang akan terlihat layu, daun berwarna kuning, dan bagian dalam batang semu (pseudostem) menunjukkan diskolorasi berwarna coklat kemerahan (Nelson *et al.* 1981; Ploetz 2015; Maryani 2018).

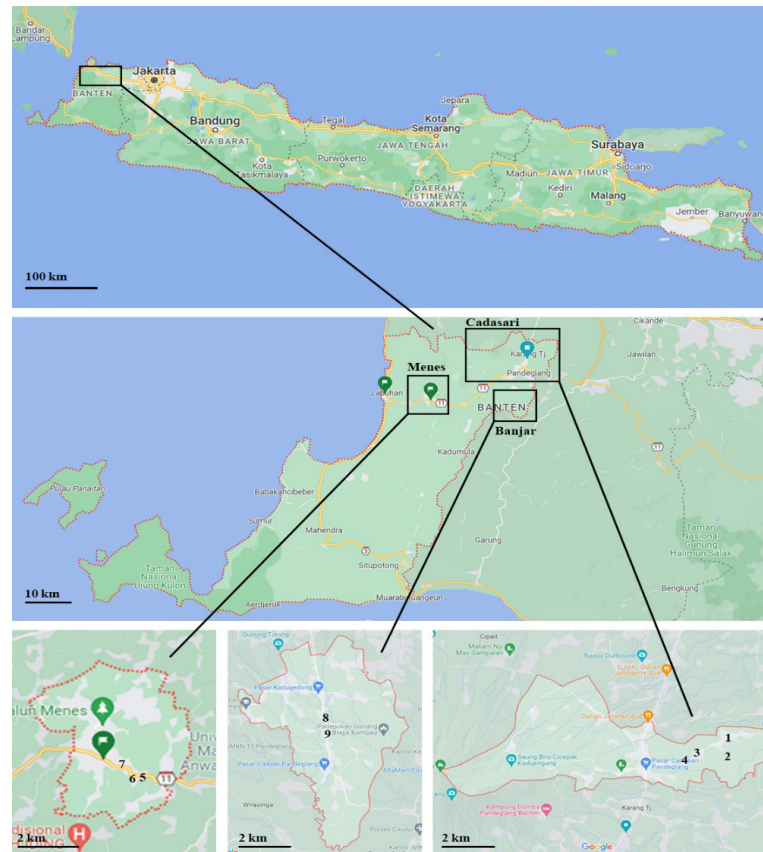
Pisang yang terserang layu fusarium menjadi tidak produktif menghasilkan buah dan lama kelamaan mati. Anakan pisang yang induknya terserang juga terinfeksi, sehingga tanaman tidak mampu menghasilkan anakan yang dapat ditanam kembali. *Fusarium* spp. merupakan cendawan tular tanah (*soilborne*) yang mudah menyebar melalui tanah, air, alat pertanian yang terkontaminasi, dan tanaman yang terinfeksi (Salacinas *et al.* 2022).

Hingga saat ini, penyakit layu fusarium telah menyebar luas di kepulauan Indonesia (Maryani *et al.* 2019) dengan diversitas yang sangat tinggi (O'Donneal 1998; Maryani 2018). Eksplorasi dan kajian mendalam layu fusarium yang menyerang di wilayah yang belum diteliti menjadi sangat penting untuk memperkaya pengetahuan akan diversitas dan patogenisitas *Fusarium*. Koleksi *Fusarium* yang beragam juga sangat berguna untuk menguji sumber genetik resisten pada plasma nutfah pisang Indonesia. Penelitian ini bertujuan mendeteksi penyakit layu fusarium pada pisang-pisang lokal di Kabupaten Pandeglang, provinsi Banten. Selain itu, deteksi molekuler juga dilakukan untuk mengidentifikasi TR4 yang merupakan ras paling berbahaya pada *Fusarium* penyebab penyakit layu pada pisang.

## BAHAN DAN METODE

### Koleksi

Sampel penyakit layu fusarium diambil di sembilan lokasi di Kecamatan Banjar, Cadasari, Jiput, Labuan, dan Menes (Gambar 1).



Gambar 1 Lokasi survey dan titik pengambilan sampel layu fusarium pisang di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Kecamatan Cadasari (1, Kp. Waas; 2, dan 3, Kel. Cigadung dan 4, Kp. Nyoreang); Kecamatan Menes (5, Kp. Cimalati; 6, Kp. Cipancur; dan 7, Kp. Pasir Waru); Kecamatan Banjar (8 dan 9, Kp. Gunung Putri). (peta dimodifikasi dari Google Map <https://www.google.com/maps>).

Lokasi ini merupakan penghasil utama pisang di Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten (Dinas Hortikultura Kabupaten Pandeglang 2019). Spesimen diambil dari batang semu pisang yang menunjukkan gejala eksternal: daun menguning dari bagian daun yang lebih tua, layu, dan terbelahnya batang semu, dan gejala internal: diskolorasi batang semu berwarna kecokelatan. Batang semu pada bagian garis vaskuler kecokelatan dipotong dengan ukuran  $2 \times 8$  cm. Potongan batang disimpan pada kertas saring dan dimasukkan dalam amplop untuk dikeringkan dalam kotak berisi *silica gel* di laboratorium. Koordinat lokasi dan parameter lingkungan seperti pH tanah, intensitas cahaya, dan vegetasi di sekitar area pengambilan sampel dicatat. Identifikasi tanaman inang menggunakan ciri-ciri morfologi pisang mengacu pada Valmayor (1999), Poerba *et al.* (2018) dan Dewi (2022).

### Isolasi *Fusarium*

Sampel batang semu yang telah kering dipotong dengan ukuran  $2 \times 3$  cm, ditanam pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) dengan antibiotik, dan diinkubasi pada suhu ruang. Setelah 2 hari, koloni yang tumbuh menyerupai *Fusarium* kemudian dipindahkan ke medium ADK baru. Kultur spora tunggal dibuat dengan menggoreskan konidium pada medium *water agar* (WA) sehingga konidium-konidium terpisah pada medium. Setelah 24 jam inkubasi, perkecambahan konidium pada medium WA diamati di bawah mikroskop stereo dengan perbesaran  $50\times$ . Individu konidium yang sedang berkecambah kemudian di transfer ke medium ADK sebagai kultur murni. Kultur murni disimpan pada medium ADK suhu ruang sebagai stok jangka pendek dan larutan gliserol 20% (v/v) pada suhu  $-80^\circ\text{C}$  sebagai simpanan jangka panjang.

### Identifikasi Morfologi *Fusarium*

Induksi sporodokium dilakukan dengan cara menumbuhkan galur *Fusarium* pada medium *carnation leaf agar* (CLA), inkubasi suhu ruang, dan paparan cahaya lampu. Pembentukan formasi klamidospora menggunakan medium *synthetic low nutrient agar* (SNA) dan diinkubasi pada suhu ruang dalam gelap. Sedangkan identifikasi warna koloni dan pembentukan mikrokonidium pada medium ADK. Karakter morfologi mikroskopis *Fusarium* diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1000×. Identifikasi morfologi mengacu pada deskripsi *Fusarium* oleh Leslie dan Summerell (2006), Maryani *et al.* (2019a), dan nomenklatur data *Fusarium* pada database ([www.fusarium.org](http://www.fusarium.org)).

### Isolasi DNA dan PCR

Kultur stok ditumbuhkan pada medium ADK dan diinkubasi pada suhu ruang selama 4 hari. Miselium dipanen menggunakan jarum ose ujung lancip dan ditransfer ke tabung *eppi* 2 mL, dikering bekukan dengan menyimpannya pada suhu -80 °C semalam. DNA diisolasi menggunakan *phire plant direct* PCR Kit (ThermoFisher) dengan protokol pabrikan yang dianjurkan. Deteksi TR4, menggunakan duplex PCR dengan empat pasang primer, yaitu primer gen *translation elongation factor-1 $\alpha$*  (*Tef-1 $\alpha$* ); EF1 (5'-ATGGGTAAGGA(A/G)GACAAGAC-3'), EF2 (5'-GGA(G/A)GTACCAGT(G/C)ATCATGTT-3') (O'Donnell *et al.* 1998) dan primer spesifik TR4; TR4-F (5'-CACGTTTAAGGTGCCA TGAGAG-3') dan TR4-R (5'-CGCACGCCA GGACTGCCTCGTGA-3') yang mengamplifikasi area IGS (Dita *et al.* 2010). PCR master mix dan DNA direaksikan dengan kondisi mesin PCR: Pre-denaturasi 98 °C, 300 detik, denaturasi 98 °C, 5 detik, penempelan 60 °C, 5 detik, pemanjangan 72 °C, 60 detik, dan pemanjangan terakhir 72 °C, 60 detik. Amplikon PCR divisualisasikan secara elektroforesis pada gel agarosa 1.5% (100 mL TAE buffer, 1.5 g agarosa, dan 2  $\mu$ L EtBr) selama 45 menit. Hasil elektroforesis dibaca menggunakan *gel doc transilluminator*.

Kontrol positif TR4 menggunakan *typed strain* TR4, Indo8 (INaCC F822), *F. odoratissimum*, dan kontrol negatif menggunakan *typed strain* Ras1 Indo19 (InaCCF833), *F. gros-michelii* (Maryani *et al.* 2018).

## HASIL

### Varietas Pisang Lokal Pandeglang Rentan Layu *Fusarium*

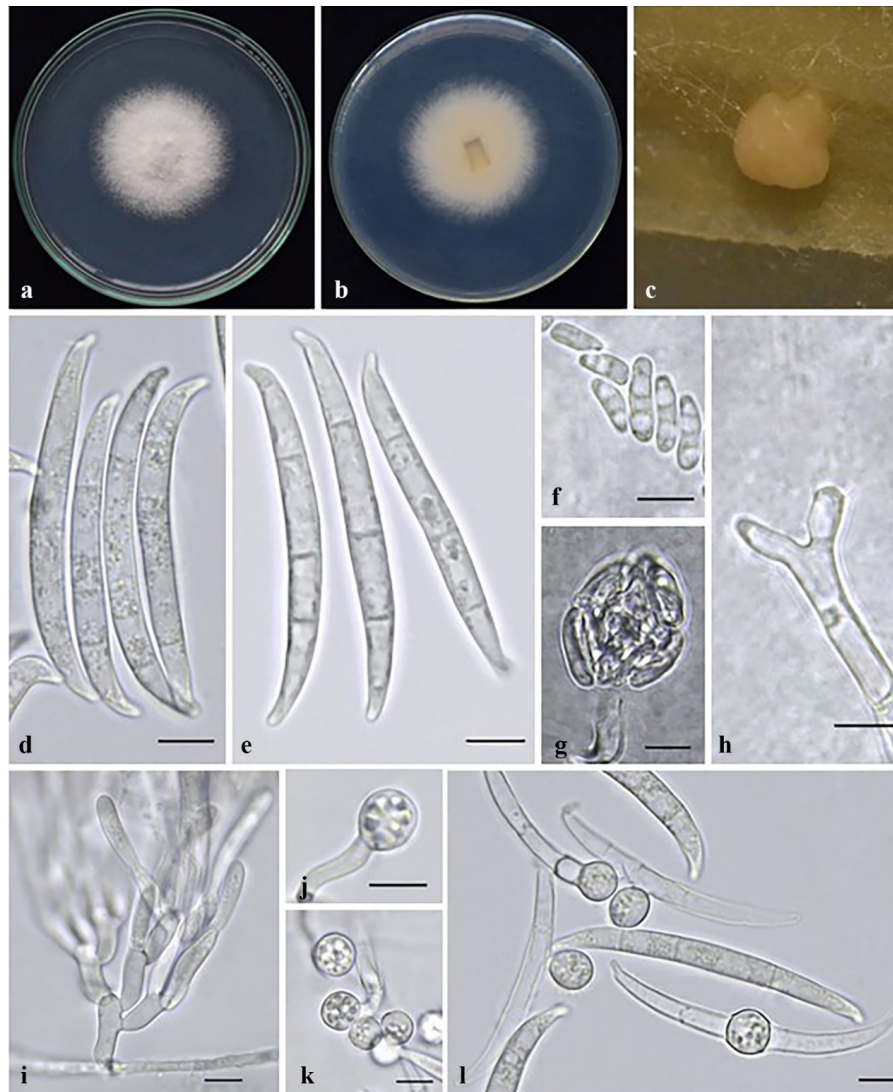
Penyakit layu *fusarium* pada pisang dapat diidentifikasi di semua lokasi eksplorasi. Penyakit ini tersebar di sembilan daerah di Kabupaten Pandeglang, yaitu empat lokasi di Kecamatan Cadasari, tiga lokasi di Kecamatan Menes, dan dua lokasi di Kecamatan Banjar (Tabel 1). Total 13 aksesori pisang lokal diidentifikasi memiliki gejala eksternal dan internal layu *fusarium*. Sebaran penyakit layu *fusarium* pada pisang lokal paling banyak ditemukan di Kecamatan Cadasari yaitu, Pisang Kepok, P. Ketan, P. Tanduk, P. Ambon, dan P. Batu (Tabel 1). Pisang Ambon ditemukan terserang penyakit di semua lokasi sampling. Pisang Batu yang umumnya lebih tahan menunjukkan gejala penyakit layu *fusarium* di Desa Cadasari. Pisang Sepet yang merupakan varietas lokal khas Pandeglang ditemukan terserang dengan gejala eksternal dan internal layu *fusarium*.

### Galur *Fusarium* spp.

Total 27 galur *Fusarium* spp. diisolasi dari 13 aksesori pisang lokal Pandeglang. *Fusarium* diidentifikasi dengan karakter utamanya, yaitu adanya makrokonidium berbentuk bulan sabit/perahu yang bersekat, dan mikrokonidium yang membentuk formasi *false head*. Selain itu, warna koloni yang berwarna terang pada ADK, formasi sporodokium, dan klamidospora pada medium CLA dan SNA juga menjadi ciri utama cendawan *Fusarium* (Gambar 2). Berdasarkan karakter utama *Fusarium* yang disebutkan diatas, 6 spesies *Fusarium* yang merupakan anggota dari 3 kompleks species *Fusarium* diidentifikasi *F. cugenangense*, *F. foetens*, *F. oxysporum* (*Fusarium oxysporum* species complex, FOSC), *F. equiseti*, *F. incarnatum* (*Fusarium incarnatum-equiseti*

Tabel 1 Sebaran lokasi dan data varietas pisang lokal Pandeglang yang rentan terhadap penyakit layu fusarium,

Nomor Aksesori	Varietas Pisang			Lokasi	GPS		
	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Genom		Long.	Lat.	Alt. (m)
Pd-1	Pisang Kepok	<i>Musa sp. var. Kepok</i>	ABB	Kp. Waas, Kec. Cadasari	106.119	-6.259	240
Pd-2	Pisang Ketan	<i>Musa acuminata</i> var. Ketan	AA	Kp. Waas, Kec. Cadasari	106.119	-6.259	240
Pd-3	Pisang Ketan	<i>Musa acuminata</i> var. Ketan	AA	Kel. Cigadung, Cadasari	106.121	-6.274	243
Pd-4	Pisang Tanduk	<i>Musa sp. var. Tanduk</i>	AAB	Kel. Cigadung, Cadasari	106.121	-6.274	243
Pd-5	Pisang Ambon	<i>M. acuminata</i> var. Ambon	AAA	Kel. Cigadung, Cadasari	106.121	-6.274	243
Pd-6	Pisang Tanduk	<i>Musa sp. var. Tanduk</i>	AAB	Kel. Cigadung, Cadasari	106.120	-6.271	243
Pd-7	Pisang Batu	<i>M. balbisiana</i>	BB	Kp. Nyoreang, Kec. Cadasari	106.132	-6.267	250
Pd-8	Pisang Ketan	<i>M. acuminata</i> var. Ketan	AA	Kp. Cimalati, Kec. Menes	105.937	-6.397	72
Pd-9	Pisang Ambon	<i>M. acuminata</i> var. Ambon	AAA	Kp. Cipancur, Kec. Menes	105.934	-6.392	35
Pd-10	Pisang Apu	<i>M. acuminata</i> x <i>M. balbisiana</i>	ABB	Kp. Pasir Waru, Kec. Menes	105.925	-6.389	75
Pd-11	Pisang Sepet	<i>Musa sp. var. Sepet</i>		Kp. Gunung Putri, Kec. Banjar	106.095	-6.360	107
Pd-12	Pisang Apu	<i>M. acuminata</i> x <i>M. balbisiana</i>	ABB	Kp. Gunung Putri, Kec. Banjar	106.095	-6.360	107
Pd-13	Pisang Kepok Siem/ Cau Gejloh	<i>M. acuminata</i> x <i>M. balbisiana</i>	ABB	Kp. Gunung Putri, Kec. Banjar	106.098	-6.361	120



Gambar 2 *Fusarium oxysporum* NMC 151-TR4. a-b, Kultur pada medium agar-agar dekstrosa kentang setelah 7 hari inokulasi (tampak atas dan bawah); c, Sporodokia pada medium CLA; d-e, Makrokonidium; f, Mikrokonidium; g, *False head*; h, Polifialid; I, Percabangan konidiofor; j-k, Klamidospora tunggal; l, Klamidospora berkembang dari makrokonidium. Semua gambar mikroskopik menggunakan skala = 10  $\mu\text{m}$ .

species complex, FIESC) dan *F. solani* (*Fusarium solani* species complex, FSSC) (Tabel 2).

#### Deteksi Molekuler Layu Fusarium

Semua galur yang diidentifikasi sebagai *Fusarium* diekstraksi DNANYa untuk deteksi PCR TR4. Kualitas dan kuantitas DNA yang diperoleh sangat bagus meskipun teknik isolasi DNA yang digunakan ialah langsung dari koloni tanpa melalui tahapan-tahapan ekstraksi seperti yang biasa dilakukan pada isolasi DNA cendawan. Galur *Fusarium*—yang merupakan TR4—menghasilkan dua

pita PCR dengan ukuran  $\sim 650$  pb (*Tef-1a*) dan  $\sim 460$  pb (area spesifik TR4) (Gambar 3). Semua galur *Fusarium* menghasilkan pita *Tef-1a*. Galur TR4 merupakan anggota dari FOOSC, yaitu 2 galur *F. foetens* yang diisolasi dari pisang Ambon dan Ketan, dan 5 galur *Fusarium oxysporum* yang diisolasi dari Pisang Kepok, Apu, Tanduk, dan Ketan (Tabel 1).

#### PEMBAHASAN

Indonesia merupakan penghasil pisang ke-7 terbesar di dunia, 80% produksinya dihasilkan dari petani skala kecil dan

Tabel 2 Daftar *Fusarium* spp. yang berhasil diisolasi, kode galur, nama spesies, inang, dan respons terhadap set primer spesifik TR4

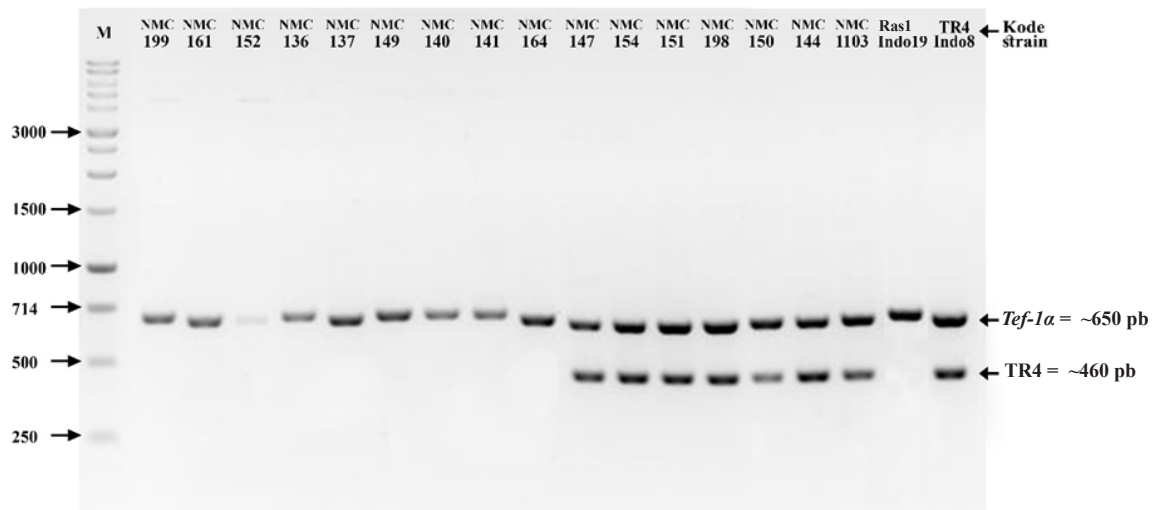
Nama Spesies	Kompleks spesies	Kode galur	Karakter utama spesies	Inang	Pita PCR	
					<i>Tef-1α</i>	TR4
<i>F. cugenangense</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> species complex (FOSC)	NMC-199	Makrokonidium bentuk sabit kelengkungan sisi dorsal lebih melengkung dibandingkan sisi ventral, 3-septa; mikrokonidium oval, tak bersepta - 1 septa; konidiofor monofialid; klamidospora tunggal, berantai	Pisang Tanduk	+	-
<i>F. equiseti</i>	<i>Fusarium incarnatum equiseti</i> species complex (FIESC)	NMC-143	Makrokonidium bentuk sabit kelengkungan dorsiventral, 5-7 septa; mikrokonidium absen; konidiofor bercabang, monofialid; klamidospora tunggal, berpasangan dan berantai	Pisang Kepok	+	-
		NMC-161		Pisang Sepet	+	-
<i>F. foetens</i>	<i>F. oxysporum</i> species complex (FOSC)	NMC-152	Makrokonidium bentuk ramping, lurus, seperti jarum, 3-5 septa; mikrokonidium bentuk oval, tak bersepta; konidiofor bercabang, monofialid, polifialid; klamidospora tunggal, berpasangan, dan berantai	Pisang Ketan	+	-
		NMC-154			+	+
		NMC-147		Pisang Ambon	+	+
<i>F. oxysporum</i>	<i>F. oxysporum</i> species complex (FOSC)	NMC-136	Makrokonidium bentuk sabit kelengkungan sisi dorsal lebih melengkung dibandingkan dengan sisi ventral, 3-4 septa; mikrokonidium, bentuk oval, reniform, tak bersepta- 2 septa; konidiofor bercabang monofialid; klamidospora tunggal, berpasangan, dan berantai	Pisang Kepok	+	-
		NMC-137			+	-
		NMC-144			+	+
		NMC-150		Pisang Ketan	+	+
		NMC-151		Pisang Ketan	+	+
		NMC-153			+	-
		NMC-158		Pisang Ambon	+	-
		NMC-198		Pisang Tanduk	+	+
		NMC-1101		Pisang Batu	+	-
		NMC-1102			+	-
		NMC-1103		Pisang Apu	+	+
		NMC-1104			+	-
		NMC-1105			+	-
		NMC-1106			+	-
NMC-1107	Pisang Kepok Pisang Siem	+	-			

..... lanjutan

Tabel 2 Daftar *Fusarium* spp. yang berhasil diisolasi, kode galur, nama spesies, inang, dan respons terhadap set primer spesifik TR4

Nama Spesies	Kompleks spesies	Kode galur	Karakter utama spesies	Inang	Pita PCR	
					<i>Tef-1a</i>	TR4
<i>F. incarnatum</i>	<i>F. incarnatum equiseti</i> species complex (FIESC)	NMC-149	Makrokonidium bentuk sabit kelengkungan sisi dorsal	Pisang Ketan	+	-
		NMC-139	lebih melengkung dibandingkan dengan sisi ventral,		+	-
		NMC-164	3-5 septa; mikrokonidium bentuk oval, reniform, obovoid, 0-2 septa; konidiofor monofialid, polifialid; klamidospora tunggal, berpasangan, dan berantai	Pisang Apu	+	-
<i>F. solani</i>	<i>Fusarium solani</i> species complex (FSSC)	NMC-140	Makrokonidium bentuk sabit kelengkungan sisi dorsal lebih melengkung dibandingkan sisi ventral,	Pisang Ketan	+	-
		NMC-141	3 septa; mikrokonidia bentuk oval, napiform, 0-2 septa; konidiofor monofialid; klamidospora tunggal, berpasangan, dan berantai	Pisang Ketan	+	-
		NMC-146		Pisang Tanduk	+	-





Gambar 3 Amplifikasi galur *Fusarium* menggunakan primer *Tef-1α* dan primer spesifik TR4 dan membandingkannya dengan kontrol positif (TR4 Indo8) serta kontrol negatif (Ras1 Indo19). Penanda DNA ialah DNA ladder 1000 pb (M).

rumahan ([www.fao.org](http://www.fao.org)). *Fusarium* menyerang pisang-pisang lokal populer Pandeglang, yang juga rentan ditemukan di daerah lain di Indonesia. Varietas lokal populer seperti Pisang Kepok, Ambon, Tanduk dilaporkan rentan layu fusarium di Sumatra, Kalimantan, Jawa, dan Sulawesi (Hermanto *et al.* 2011; Maryani *et al.* 2019). Peneliti menemukan varietas Sepet merupakan khas Pandeglang dan belum ditemui selama eksplorasi di wilayah lain. Pisang Ketan yang rentan penyakit di Pandeglang adalah sinonim Pisang Uli di Bogor atau “Oli” di Sukabumi. Nama lokal pisang bisa berbeda dari satu daerah dengan daerah lain. Sebaliknya, nama varietas yang sama bisa mengacu pada dua varietas yang berbeda di daerah lain. Kompleksitas ini juga bisa terjadi di negara yang berbeda (Valmayor 2000). Karakter morfologi dan genetik menjadi standar acuan identifikasi tanaman pisang (Ruas *et al.* 2017).

Pisang umumnya ditanam masyarakat Kabupaten Pandeglang sebagai tanaman pekarangan, tanaman sela atau perkebunan skala kecil dan menengah dengan komposisi varietas yang beragam. Pada lokasi juga ditemukan tanaman penutup berupa umbi-umbian, paku-pakuan, dan rumput-rumputan. Hasil produksi pisang umumnya dikonsumsi dan sebagian lainnya dijual sebagai sumber

pendapatan sampingan masyarakat. Petani sadar akan ancaman penyakit layu fusarium, namun belum ada tindakan pencegahan, penanggulangan, dan karantina yang baik saat insiden penyakit terjadi di kebunnya. Praktik yang dilakukan saat ada tanaman yang terserang dan mati hanyalah menebang tanaman induk, sedangkan anakan dibiarkan tumbuh yang pada akhirnya akan mati. Saat varietas yang sama terserang penyakit terus menerus, petani mengganti varietas rentan dengan varietas lain yang diketahui lebih tahan. Metode pengendalian yang paling efektif untuk mengatasi patogen tular tanah seperti *Fusarium* spp. ialah menggunakan tanaman resisten. Pengendalian layu fusarium pada pisang saat ini terbatas pada penggunaan lahan perkebunan yang belum terkontaminasi, penggunaan bibit tanaman bebas patogen dari kultur jaringan, dan strategi karantina yang ketat pada kebun atau wilayah yang diketahui telah termanifestasi *Fusarium* spp. (Ordonez *et al.* 2019; Kema *et al.* 2021). Namun, ketersediaan tanaman resisten sepertinya belum ada dalam waktu dekat (Dale *et al.* 2017; Ahmad *et al.* 2020). Metode pengendalian tersebut umumnya dilakukan oleh perkebunan komersial besar, tetapi tidak bagi petani pisang skala kecil yang menanam pisang di halaman belakang rumahnya. Tersedianya

beragam varietas pisang lokal populer membuat petani hanya mengganti varietas rentan dengan yang tahan tanpa adanya upaya karantina lahan yang terkontaminasi. Praktik ini memungkinkan evolusi tanaman inang dan patogennya (ko-evolusi) yang menyebabkan keragaman genetik sangat tinggi pada patogen (O'Donnell *et al.* 1998; Maryani *et al.* 2019a).

*Fusarium* yang diisolasi dari sampel bergejala menunjukkan diversitas yang cukup tinggi. Namun, hanya galur dari kelompok FOCS yang terdeteksi sebagai TR4. Berdasarkan interaksi *Fusarium* dengan pisang, *Fusarium* dikelompokkan sebagai Ras1, Ras2, dan Tropical Race4 (TR4). Ras1 virulen terhadap jenis pisang Gros Michel (*syn.* Ambon Kuning), Ras2 virulen terhadap Bluggoe (*syn.* Pisang Kepok), dan TR4 virulen terhadap Cavendish termasuk varietas pisang yang diserang Ras1 dan Ras2 (Stover 1962; Su *et al.* 1986; Maryani 2018). Semua Ras *Fusarium* yang dapat menginfeksi pisang merupakan anggota dari FOCS (Ordonez *et al.* 2015; Maryani *et al.* 2019a). Sampai saat ini, masih terjadi perbedaan pendapat tentang batasan spesies dalam *Fusarium*, namun bukti molekuler dan analisis *whole genome sequencing* menunjukkan bahwa TR4 merupakan klonal spesies yang dinamakan *Fusarium odoratissimum* yang berasal dari Indonesia (Ordonez *et al.* 2015; Maryani *et al.* 2019a; Garcia-bastidas *et al.* 2019; Westerhoven *et al.* 2023). Selain itu, galur *Fusarium* yang terdeteksi sebagai TR4 juga memiliki ciri mengeluarkan aroma yang khas (Maryani *et al.* 2019).

*Fusarium* merupakan cendawan asal tanah yang melimpah diversitasnya dan hidup kosmopolitan. *Fusarium incarnatum*, *F. equiseti* dan *F. solani* (*Neocosmospora*) yang tidak menyebabkan penyakit pada pisang dilaporkan diisolasi dari pseudostem bergejala (Maryani *et al.* 2019b; Lombard *et al.* 2019; Crous *et al.* 2021). Asosiasi yang terjadi antara *Fusarium* non patogen dengan tanaman dapat berupa saprotrof, endofit atau sebagai *secondary invaders* (Leslie dan summerell 2006). Selain itu, komunitas tanaman yang beragam ditemukan di lokasi pisang bergejala

merupakan tanaman tropis yang cocok sebagai inang pada banyak spesies *Fusarium* (Ploetz 2006; Zakaria 2023).

Deteksi TR4 telah dikembangkan menggunakan marka molekuler spesifik untuk tujuan praktis dan cepat (Dita *et al.* 2010). Metode ini sangat bermanfaat untuk deteksi TR4 di kebun-kebun pisang sehingga manajemen penyakit dan karantina dapat dilakukan secara sigap (Ordonez *et al.* 2019; Salacinas *et al.* 2021). Deteksi molekuler TR4 menunjukkan bahwa pisang-pisang lokal Pandeglang rentan penyakit layu fusarium. TR4 merupakan ancaman bagi keberlanjutan budi daya pisang lokal yang banyak dilakukan masyarakat baik skala kecil maupun rumahan. Kesadaran masyarakat akan pentingnya manajemen penyakit layu fusarium di kebunnya menjadi kunci utama penanggulangan TR4 dan persebarannya di daerah yang masih steril.

Penyakit layu fusarium dapat dideteksi pada pisang-pisang lokal Pandeglang. TR4 yang merupakan jenis paling virulen pada banyak varietas ekspor dan lokal merupakan ancaman nyata bagi keberlanjutan budi daya pisang di Pandeglang, kabupaten penghasil pisang terbesar di provinsi Banten. Penelitian ini memperkaya pengetahuan terkait keragaman *Fusarium* penyebab layu pisang di Indonesia khususnya Pandeglang. Analisis molekuler lebih lanjut menggunakan sikuens DNA marka spesifik tingkat species seperti *Tef-1 $\alpha$* , *RPB1* (*RNA polymerase II largest subunit*) dan *RPB2* (*RNA polymerase II second largest subunit*) (Maryani *et al.* 2019; Crous *et al.* 2021) dapat memberikan pengetahuan akan keragaman genetik *Fusarium* asal Pandeglang. Uji patogenisitas menggunakan pisang Ambon Kuning dan Kepok dapat memberikan pengetahuan adanya Ras1 dan Ras2 (Ploetz 2015).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari *Banana Research Project* di Untirta “*Exploring local bananas and its associated Fusarium in Banten, Indonesia*”. Penulis mengucapkan terima kasih kepada GHJ Kema, Laboratorium

Fitopatologi Wageningen University and Research (WUR), Belanda atas kebaikannya untuk deteksi molekuler TR4. Ucapan terima kasih kepada PIU-IsDB UNTIRTA untuk *travel grant* ONDT yang diberikan kepada N. Maryani.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad F, Maryani N, Poerba YS, de Jong H, Schouten H, Kema GHJ. 2020. Genetic mapping of *Fusarium* wilt resistance in a wild banana *Musa acuminata* ssp. *malaccensis* accession. *Theoretical and Applied Genetics*. 133:3409–3418. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03677-y>.
- Crous PW, Lombard L, Sandoval-Denis M, Seifert KA, Schroers HJ, Chaverri P, Gene J, Guarro J, Hirooka Y, Bensch K, Kema GHJ, Lamprecht SC, Cai L, Rossman AY, Stadler M, Summerbell RC, Taylor JW. 2021. *Fusarium*: more than a node or a foot-shaped basal cell. *Studies in Mycology*. 98(4):1–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2021.100116>.
- Dale J, James A, Paul JY, Khanna H, Smith M, Peraza-Echeverria S, Garcia-Bastidas F, Kema G, Waterhouse P, Mengersen K, Harding R. 2017. Transgenic cavendish bananas with resistance to *Fusarium* wilt tropical race 4. *Nature Communication*. 8(1):1–8. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01670-6>.
- Dewi S. 2022. Diversitas plasma nutfah pisang (*Musa* spp.) di Pandeglang (sebagai sumber belajar alternatif berupa ensiklopedia bagi siswa sma pada konsep keanekaragaman hayati). [tesis]. Serang: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Drenth A, Kema G. 2021. The vulnerability of bananas to globally emerging disease threats. *Phytopathology*. 111(12):2146–2161. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHTO-07-20-0311-RVW>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Countries by Commodity: Top 10 country production of banana. [https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity). [diakses 16 Maret 2023].
- Garcia-Bastidas FA, Vargas-Quintero JC, Ayala-Vasquez M, Schermer T, Seidl MF, Santos-Paiva M, Noguera AM, Aguilera-Galvez C, Wittenberg A, Hofstede R, Sorensen A, Kema GHJ. 2019. First report of *Fusarium* wilt tropical race 4 in cavendish bananas caused by *Fusarium odoratissimum* in Colombia. *Plant Disease*. 104(3): 994–994. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-19-1922-PDN>.
- Hermanto C, Sutanto A, Jumjunidang, Edison HS, Daniells JW, Neill WTO, Sinohin VGO, Molina AB, Taylor P. 2011. Incidence and distribution of *Fusarium* wilt disease of banana in Indonesia. *Acta Horticulturae*. 897:313–322. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.897.43>.
- Kema GHJ, Drenth A, Dita M, Jansen K, Vellema S, Stoorvogel JJ. 2021. Editorial: *Fusarium* wilt of banana, a recurring threat to global banana production. *Frontiers in Plant Science*. 11:1–6. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.628888>.
- Maryani N. 2018. A complex relationship: Banana and *Fusarium* wilt in Indonesia [tesis]. Belanda: Wageningen University and Research (WUR).
- Maryani N, Lombard L, Poerba YS, Subandiyah S, Crous PW, Kema GHJ. 2019a. Phylogeny and genetic diversity of the banana *Fusarium* wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in the Indonesian centre of origin. *Studies in Mycology*. 92:155–194. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.06.003>.
- Maryani N, Sandoval-Denis M, Lombard L, Crous PW, Kema GHJ. 2019b. New endemic *Fusarium* species hitch-hiking with pathogenic *Fusarium* strains causing panama disease in small-holder banana plots in Indonesia. *Persoonia*. 43(1):48–69. DOI: <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.02>.
- Nelson PE, Toussoun TA, Cook RJ. 1981. *Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy*. USA: The Pennsylvania State University Press.

- O'Donnell K, Kistler CH, Cigelnik E, Ploetz RC. 1998. Multiple evolutionary origins of the fungus causing panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proceedings of The National Academy of Sciences*. 95(5):2044–2049. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.95.5.2044>.
- Ordonez N, Seidl MF, Waalwijk C, Drenth A, Kilian A, Thomma BPHJ, Ploetz RC, Kema GHJ. 2015. Worse comes to worst: bananas and panama disease—when plant and pathogen clones meet. *PLoS Pathogens*. 11(11):1–7. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005197>.
- Ordonez N, Salacinas M, Mendes O, Seidl MF, Meijer HJG, Schoen CD, Kema GHJ. 2019. A loop-mediated isothermal amplification assay based on unique markers derived from genotyping by sequencing data for rapid *in-planta* diagnosis of panama disease caused by tropical race 4 in banana. *Plant Pathology*. 68:1682–1693. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13093>.
- Ploetz RC 2006. Fusarium-induced diseases of tropical, perennial crops. *Phytopathology* 96(6): 648–652. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHTO-96-0648>.
- Ploetz RC. 2015. Fusarium wilt of banana. *The American Phytopathological Society*. 105(12):1512–1521. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHTO-04-15-0101-RVW>.
- Ploetz RC, Kema GHJ, Ma LJ. 2015. Impact of diseases on export and smallholder production of banana. *Annual Review of Phytopathology*. 53(1):269–288. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080614-120305>.
- Ruas M, Guignon V, Sempere G, Sardos J, Hueber Y, Duvergey H, Andrieu A, Chase R, Jenny C, Hazekamp T, Irish B, Jelali K, Adeka J, Ayala-Silva T, Chao CP, Daniells J, Dowiya B, Effa effa B, Gueco L, Herradura L, Ibobondji L, Kempenaers E, Kilangi J, Muhangi S, Xuan PN, Paofa J, Pavis C, Thiemele D, Sandoval J, Sutanto A, Paka GV, Yi G, Houwe IVD, Roux N, Rouard M. 2017. MGIS: Managing banana (*Musa* spp.) genetic resources information and high-throughput genotyping data. *The Journal of Biological Database and Curation*. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1093/database/bax046>.
- Salacinas M, Meijer HJG, Mamora SH, Corcolon B, Gohari AM, Ghimire B, Kema GHJ. 2022. Efficacy of disinfectants against tropical race 4 causing Fusarium wilt in cavendish bananas. *Plant Disease*. 106(3):966–974. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-20-1814-RE>.
- Sandoval-Denis M, Lombard L, Crous PW. 2019. Back to the roots: A reappraisal of *Neocosmospora*. *Persoonia*. 43(1):90–185. DOI: <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.04>.
- Su HJ, Hwang SC, Ko WH. 1986. Fusarial wilt of cavendish bananas in Taiwan. *Plant Disease*. 70(9):814–818. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-70-814>.
- Valmayor RV, Jamaluddin SH, Silayoi B, Kusumo S, Danh LD, Pascua OC, Espino RRC. 1999. *Banana Cultivar Names and Synonyms in Southeast Asia*. Prancis: INIBAP-Montpellier France.
- Valmayor RV, Jamaluddin SH, Silayoi B, Kusumo S, Danh LD, Pascua OC, Espino RRC. 2000. *Banana Cultivar Names and Synonyms in Southeast Asia*. Philippines: INIBAP-Asia and the Pacific Office.
- Van Westerhoven AC, Meijer HJG, Houdijk J, Parte EMDL, Matabuana EL, Seidl MF, Kema GHJ. 2023. Dissemination of Fusarium wilt of banana in Mozambique caused by *Fusarium odoratissimum* tropical race 4. *Plant Disease*. 107(3): 628–632. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-22-1576-SC>
- Zakaria L. 2023. Fusarium species associated with diseases of major tropical fruit crops. *Horticulturae*. 9(3):1–32. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030322>.