

PERAN *Fusarium oxysporum* ENDOFIT ASAL GULMA DI PERTANAMAN PISANG DALAM PATOSISTEM PENYAKIT LAYU

VINSEN WILLI WARDHANA



PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA*

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi “Peran *Fusarium oxysporum* Endofit Asal Gulma di Pertanaman Pisang dalam Patosistem Penyakit Layu” adalah karya saya dengan arahan komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau di kutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2021

Vinsen Willi Wardhana
NIM A362130041

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

VINSEN W. WARDHANA. Peran *Fusarium oxysporum* Endofit Asal Gulma di Pertanaman Pisang dalam Patosistem Penyakit Layu. Dibimbing oleh WIDODO, SRI HENDRASTUTI HIDAYAT dan SURYO WIYONO.

Fusarium oxysporum merupakan penyebab penyakit layu panama yang mengakibatkan kerusakan pertanaman pisang diseluruh dunia. Tanaman pisang yang terinfeksi akan menunjukkan penguningan yang dimulai dari daun paling bawah (tua) yang perlahan naik ke daun yang lebih muda. Intensitas penyakit yang parah terlihat dari terkulainya daun, menggantung pada pelepah, layu, dan kering. Apabila batang semu dan bonggolnya dibelah akan menunjukkan nekrosis berwarna cokelat kehitaman. Cendawan ini dapat menyebar melalui sisa jaringan tanaman sakit, alat pertanian, tanah yang terkontaminasi propagul dan propagul yang terbawa aliran air. Cendawan ini mampu bertahan selama 30 tahun dalam tanah tanpa inang dengan membentuk klamidospora. Beberapa gulma dilaporkan menjadi inang alternatif *F. oxysporum*.

Peran *F. oxysporum* endofit asal gulma yang tumbuh disekitar pertanaman pisang sangat penting diketahui. Akar gulma menjadi *reservoir F. oxysporum* untuk bertahan dan terus memperbanyak diri. Di dalam akar gulma *F. oxysporum* bertahan dalam kondisi yang minimum sebagai endofit. Pada saat gulma menua dan akhirnya mati *F. oxysporum* keluar dari jaringan akar menjadi saprofit, atau mengolonisasi akar gulma dan tanaman budi daya lainnya. Apabila lingkungan menjadi ekstrem, contohnya kekeringan *F. oxysporum* membentuk klamidospora. Pada beberapa penelitian di luar negeri sudah dilakukan kajian tentang peran gulma terhadap tanaman pisang. Namun, di Indonesia yang merupakan pusat keragaman pisang, peran gulma dalam patosistem penyakit layu belum pernah dikaji. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji *F. oxysporum* yang berasosiasi sebagai endofit pada akar gulma berdasarkan karakter morfologi, fisiologi, dan molekuler dalam perannya dalam patosistem penyakit layu. Penelitian ini juga menguji kemampuan *F. oxysporum* f.sp. *cubense* dalam mengolonisasi akar gulma. Diharapkan penelitian ini memberi pengetahuan tentang patosistem *F. oxysporum* yang berasosiasi sebagai endofit pada akar gulma. Pengetahuan dan wawasan yang diperoleh diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pencegahan dan pengelolaan penyakit layu Fusarium.

Pengamatan morfologi dilakukan dengan mengamati pertumbuhan dan warna koloni, ukuran dan bentuk konidia serta klamidospora. Uji patogenisitas isolat endofit dilakukan di laboratorium pada benih *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, dan *Cucumis sativus*. Pengujian patogenisitas terhadap pisang dilakukan menggunakan bibit pisang Raja Bulu. Pengelompokan cendawan endofit dengan *vegetative compatibility* groups (VCGs) dilakukan dengan saling memasang komplemen mutan antar isolat endofit. Identifikasi molekuler dilakukan dengan mengamplifikasi fragmen DNA menggunakan primer ITS1/4, dilanjutkan dengan sekuensing dan analisis homologi menggunakan *Basic Local Alignment Search Tool* (BLAST) dari situs GenBank. Uji kepekaan beragam isolat *F. oxysporum* terhadap senyawa kimia fungisida dilakukan dengan metode peracunan media menggunakan prokloraz dan propikonazol. Uji kolonisasi beberapa *F. oxysporum* dilakukan terhadap gulma *Commelina* sp., *Physalis* sp., dan *Peperomia* sp.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penelitian ini menunjukkan bahwa gulma *Spermacoce alata*, *Oxalis corniculata*, *Oxalis barrelieri*, *Synedrella nodiflora*, *Ageratum conyzoides*, *Cyrtococcum patens*, *Pennisetum purpureum*, *Caladium bicolor*, *Alternanthera sessilis*, *Cleome rutidosperma*, *Commelina benghalensis*, *Plectranthus rotundifolius*, *Mimosa invisa*, dan *Phyllanthus urinaria* akarnya dikolonisasi oleh *F. oxysporum* endofit. Semua *F. oxysporum* menunjukkan warna putih, ungu muda dan ungu tua, memiliki *false head* pendek, klamidospora yang umumnya tunggal berbentuk *globose* dan *subglobose*, mikrokonidia berbentuk oval, tabung atau seperti ginjal dengan sekat satu atau tanpa sekat. Makrokonidium umumnya memiliki 3 sekat dengan bentuk seperti kano dengan pangkal seperti takik dan ujung seperti kait. Makrokonidium tiap isolat *Fusarium* endofit memiliki keragaman ukuran. Uji VCGs menunjukkan isolat *F. oxysporum* endofit merupakan kelompok VCG yang berbeda. *F. oxysporum* endofit beragam dalam menyebabkan sakit pada jagung, namun semua isolat menyebabkan gejala layu pada tanaman pisang Raja Bulu dan mengakibatkan kematian benih buncis. Senyawa fungisida prokloraz dengan konsentrasi 0.2% diketahui paling baik menghambat pertumbuhan miselium berbagai isolat *F. oxysporum*. Identifikasi molekuler terhadap 9 isolat cendawan endofit dari akar gulma menunjukkan kemiripan dengan *F. oxysporum* sebesar 99%. Isolat *F. oxysporum* E3, *F. oxysporum* non-patogenik T14a, *F. oxysporum* f.sp. *cubense*, *F. oxysporum* f.sp. *vanillae*, dan *F. oxysporum* f.sp. *capsici* diketahui mampu mengolonisasi akar gulma *Commelina* sp. dan tidak mampu mengolonisasi *Peperomia* sp.

Kata kunci: fisiologi, genetika, morfologi, patogenisitas, pertumbuhan koloni

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

VINSEN W. WARDHANA. The Role of Endophytic *Fusarium oxysporum* of Weeds in the Pathosystem of Banana Wilt Disease. Supervised by WIDODO, SRI HENDRASTUTI HIDAYAT and SURYO WIYONO.

Fusarium oxysporum is known as the causal agent of Panama disease and caused great economic loss the world. *F. oxysporum* infected bananas will yellowing starting from the oldest leaves, which slowly rise to younger leaves. Severe symptoms can be seen from the drooping of the leaves, hanging on the midrib, wilted, and dried. This fungus can survive for 30 years in the land without a host by forming a chlamydospore. Some weeds are reported to be alternative hosts of *F. oxysporum*. Therefore, susceptible varieties cannot be replanted on a field that has been infested with *F. oxysporum* f.sp. *cubense* for decades.

Knowledge about the role of *F. oxysporum* endophytes from weeds that grow on banana plantations is of essential importance. Weed roots become a reservoir of *F. oxysporum* to survive. *F. oxysporum* leaves the root tissue to become saprophytic or colonizes the roots of weeds and other crops when weeds age and eventually die. When the environment becomes extreme, for example, the drought, *F. oxysporum* forms chlamydospore. In several studies, the role of weeds on banana plants has conducted. However, in Indonesia, which is the center of diversity of bananas, the role of weeds in the wilt disease pathosystem has never been studied. Therefore this study was aimed to examine *F. oxysporum* in weed roots based on morphological, physiological, and molecular characters in their role in the wilt disease pathosystem. This study also tested the ability of endophytic *F. oxysporum* f.sp. *cubense* colonized weed roots. The research will provide knowledge on the pathosystem of *F. oxysporum* endophyte of weed roots. Knowledge and insight obtained are will used as the basis for the prevention and management of Fusarium wilt.

Observation of morphological characteristics involved the growth and color of each colony, support by shape, and size of conidia and chlamydospores. Pathogenicity test in the laboratory on *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, and *Cucumis sativus* were conducted using seeds, on plantlets of Raja Bulu bananas. Molecular identification was performed by DNA amplification using universal primer ITS1/4, followed by sequencing and sequence analysis used Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) on GenBank. The susceptibility tests of *F. oxysporum* isolates to fungicidal compounds were carried out by the media poison method using prochloraz and propiconazole. Colonization of several *F. oxysporum* tests was carried out on weeds *Commelina* sp., *Physalis* sp., *Peperomia* sp.

The result shows endophytic *F. oxysporum* colonized *Spermacoce alata*, *Oxalis corniculata*, *Oxalis barrelieri*, *Synedrella nodiflora*, *Ageratum conyzoides*, *Cyrtococcum patens*, *Pennisetum purpureum*, *Caladium bicolor*, *Alternanthera sessilis*, *Cleome ruidosperma*, *Commelina benghalensis*, *Plectranthus rotundifolius*, *Mimosa invisa*, and *Phyllanthus urinaria*. All *F. oxysporum* isolates developed purple colonies, have a short false head, frequently revealed singly globose and subglobose chlamydospores, oval, cylindrical, elliptical, or kidney shape of microconidia without or having one septum. Macroconidia, usually

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



produce with three septate, have canoe-shaped, with the base of the notch type and the end of the hook type. While macroconidia, each isolate differs in size. Vegetative Compatibility Groups analysis verified that some isolates did not belong to the same groups. Severity rate some of *F. oxysporum* isolates vary from moderate to high based on mortality. All of *F. oxysporum* isolates infected Raja Bulu bananas seedling and *P. vulgaris* seed. Prochloraz with a concentration of 0.2% is the best inhibiting the growth of various *F.oxysporum* mycelium isolates. Base sequence analysis of DNA band amplification using universal primers ITS1/4, based on the Basic Local Alignment Search Tool (BLAST), showed that all isolates were 99% identical to *F. oxysporum*. Isolate *F. oxysporum* E3, *F. oxysporum* non-patogenik T14a, *F. oxysporum* f.sp. *cubense*, *F. oxysporum* f.sp. *vanillae*, and *F. oxysporum* f.sp. *capsici* able to colonize the roots of *Commelina* sp. but unable to colonize *Peperomia* sp.

Keywords: colony, genetics, morphology, pathogenicity, physiology

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2023 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERAN *Fusarium oxysporum* ENDOFIT ASAL GULMA DI PERTANAMAN PISANG DALAM PATOSISTEM PENYAKIT LAYU

VINSEN WILLI WARDHANA

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Fitopatologi

PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Dwi Guntoro, SP, M.Si
- 2 Dr. Efi Toding Tondok, SP, M.Sc.Agr

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Sobir, M.Si.
- 2 Dr. Efi Toding Tondok, SP, M.Sc.Agr



Judul Disertasi: Peran *Fusarium oxysporum* Endofit Asal Gulma di Pertanaman Pisang dalam Patosistem Penyakit Layu

Nama : Vinsen Willi Wardhana
NIM : A362130041

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Widodo, MS

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc. Agr

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Sri Hendrastuti Hidayat, M.Sc



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Giyanto, M.Si.
NIP. 196707091993031002

Dekan Sekolah Pascasarjana:
Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng
NIP. 196004191985031002



Tanggal Ujian : 26 Juni 2020

Tanggal Lulus: 28 JUL 2020

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa sehingga disertasi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah mengkaji *Fusarium oxysporum* yang berasosiasi sebagai endofit dari akar gulma berdasarkan karakter morfologi, fisiologi, patogenisitas dan molekular. Judul yang telah ditetapkan yaitu “Peran *Fusarium oxysporum* Endofit Asal Gulma di Pertanaman Pisang dalam Patosistem Penyakit Layu”.

Terima kasih dan penghargaan penulis ucapkan kepada Dr. Ir. Widodo, M.S., Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr, dan Prof. Dr. Ir. Sri Hendrastuti Hidayat, M.Sc. selaku komisi pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan arahan yang baik mulai dari awal sampai akhir studi di IPB. Ucapan yang sama juga penulis sampaikan kepada tim penguji pada sidang tertutup dan sidang promosi. Selanjutnya terimakasih disampaikan kepada pimpinan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, pimpinan SPS IPB, pimpinan Fakultas Pertanian, Ketua Program Studi Fitopatologi beserta staf pengajar, teknisi laboratorium dan tenaga administrasi Fakultas Pertanian IPB atas ilmu dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan S3 di IPB.

Terimakasih yang tak terhingga kepada keluarga terkasih, juga kepada Kepala Laboratorium Mikologi Tumbuhan, IPB Dr. Efi Toding Tondok, SP, M.Sc.Agr, dan Kepala Laboratorium Virologi Tumbuhan, IPB Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M.Agr. Terimakasih juga kepada sahabat di Laboratorium Mikologi Tumbuhan yang kompak melewati suka dan duka selama mengenyam pendidikan doktor di IPB.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Juni 2021

Vinsen Willi Wardhana

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Hipotesis	3
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Peran Gulma dalam Ekosistem Pertanian	4
2.2 Mikrob Endofit	5
2.3 <i>Fusarium oxysporum</i>	7
2.4 Insidensi Penyakit: Interaksi Inang dan Patogen	8
2.5 <i>Vegetative Compatibility Groups (VCGs)</i>	11
2.6 Fungisida dan <i>Fusarium oxysporum</i>	13
III EKSPLORASI <i>Fusarium oxysporum</i> ENDOFIT ASAL GULMA	16
3.1 Abstrak	16
3.2 Abstract	16
3.3 Pendahuluan	17
3.4 Bahan dan Metode	18
3.4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.4.2 Metode Penelitian	18
a Pengambilan Sampel Gulma	18
b Isolasi Cendawan Endofit <i>Fusarium oxysporum</i>	19
c Identifikasi Cendawan Endofit <i>Fusarium oxysporum</i>	19
d Analisis Data	19
3.5 Hasil dan Pembahasan	19
3.5.1 Gulma di Pertanaman Pisang	19
3.5.2 <i>Fusarium oxysporum</i> asal Akar Gulma	25
3.6 Kesimpulan	28
IV KARAKTERISASI MORFOLOGI, FISILOGI DAN MOLEKULER <i>Fusarium oxysporum</i> ENDOFIT ASAL GULMA	29
4.1 Abstrak	29
4.2 Abstract	29
4.3 Pendahuluan	30
4.4 Bahan dan Metode	31

4.4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	31
4.4.2 Metode Penelitian	31
a Karakterisasi Morfologi <i>Fusarium oxysporum</i>	31
b Karakterisasi Molekuler <i>Fusarium oxysporum</i>	32
c Karakterisasi Fisiologi <i>Fusarium oxysporum</i>	33
d Analisis Data	34
4.5 Hasil dan Pembahasan	34
4.5.1 Karakterisasi Morfologi <i>Fusarium oxysporum</i> Akar Gulma	34
4.5.2 Karakterisasi Molekuler <i>Fusarium oxysporum</i> dari Akar Gulma	37
4.5.3 Karakterisasi Fisiologi <i>Fusarium oxysporum</i> dari Akar Gulma	41
4.6 Kesimpulan	44
PERAN GULMA SEBAGAI <i>RESERVOIR Fusarium oxysporum</i> DALAM PATOSISTEM PENYAKIT LAYU	45
5.1 Abstrak	45
5.2 Abstract	45
5.3 Pendahuluan	46
5.4 Bahan dan Metode	47
5.4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	47
5.4.2 Metode Penelitian	47
a Uji Patogenisitas Isolat <i>Fusarium oxysporum</i>	48
b Uji Rekolonisasi <i>Fusarium oxysporum</i> terhadap Gulma	49
c Analisis Data	49
5.5 Hasil dan Pembahasan	49
5.5.1 Uji Patogenisitas Isolat <i>Fusarium oxysporum</i>	49
5.5.2 Uji Rekolonisasi <i>Fusarium oxysporum</i> terhadap Gulma	54
5.6 Kesimpulan	56
VI PEMBAHASAN UMUM	57
VII SIMPULAN DAN SARAN	60
7.1 Simpulan	60
7.2 Kebaharuan	60
7.3 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	69
RIWAYAT HIDUP	78

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Karakteristik interaksi cendawan sebagai endofit pada akar tanaman (Schulz dan Boyle 2006)	6
2	Jenis gulma yang tumbuh di pertanaman pisang dan asosiasinya dengan <i>Fusarium oxysporum</i> endofit	20
3	Jenis gulma yang tumbuh di pertanaman pisang dan asosiasinya dengan <i>Fusarium oxysporum</i> endofit	26
4	Kunci determinasi tipe strain dari mutan yang tumbuh setelah ditumbuhkan pada medium minimum mengandung klorat (Leslie dan Summerell 2006)	34
5	Ciri morfologi <i>Fusarium oxysporum</i> endofit asal gulma	35
6	Homologi sekuen nukleotida isolat-isolat <i>Fusarium oxysporum</i> endofit asal akar gulma dengan sekuen nukleotida <i>Fusarium oxysporum</i> di GeneBank	39
7	Peluang terbentuknya mutan dan jenis fenotipe mutan yang terbentuk	41
8	VCGs antar isolat <i>Fusarium oxysporum</i> endofit	42
9	Pengaruh senyawa kimia fungisida terhadap <i>Fusarium</i> secara in vitro	43
10	Mortalitas benih buncis, timun, dan jagung yang direndam beragam suspensi spora <i>Fusarium oxysporum</i>	49
11	Mortalitas <i>planlet</i> pisang yang diperalakukan <i>Fusarium oxysporum</i> endofit saat masih di dalam botol kultur	52
12	Insidensi penyakit, periode inkubasi, dan keparahan penyakit layu <i>Fusarium</i> pada bibit pisang Raja Bulu yang diinokulasi dengan beberapa isolat endofit	53
13	Koloni <i>Fusarium oxysporum</i> hasil reisolasi dari akar gulma pada medium PDA (a), dan hifa <i>Fusarium</i> yang mengkolonisasi jaringan akar yang nampak setelah diwarnai (b)	55

DAFTAR GAMBAR

1	Alur kegiatan penelitian “Peran <i>Fusarium oxysporum</i> Endofit Asal Gulma di Pertanaman Pisang dalam Patosistem Penyakit Layu”	3
2	Mikrob endofit mungkin saja memiliki lebih dari satu peran selama siklus hidupnya yang dipengaruhi respons tanaman dan lingkungan (Alfaro dan Bayman 2011)	5
3	Tanaman pisang yang menunjukkan gejala penguningan dari daun paling tua yang khas akibat <i>Fusarium oxysporum</i>	7
4	Keseimbangan antagonisme antara endofit dan respons ketahanan (<i>defence response</i>) tanaman menghasilkan kolonisasi asymtomatic (Schulz dan Boyle 2006)	10
5	Insidensi anastomosis antara dua hifa (tanda panah) cendawan (Rosales dan Pietro 2008)	12
6	Koloni <i>Fusarium verticillioides</i> pada medium minimum dengan klorat pada awalnya (A) dan membentuk daerah mutasi (<i>sectoring</i>) tanda ketahanan ClO ₃ , dan tidak mampu memanfaatkan NO ₃ (Leslie dan Summerell 2006)	12

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



7	Pengujian kesesuaian <i>Fusarium verticillioides</i> . Terbetuknya heterokarion (A) dan tidak terbentuknya heterokarion (B) pada medium minimum mengandung NaNO ₃ (Leslie dan Summerell 2006)	12
8	Struktur kimia dari Benomil, mankozeb, tiram, propikonazol dan prokloraz	14
9	Gulma yang tumbuh diantara rumpun tanaman pisang	18
10	Perbandingan populasi spesies gulma yang tumbuh di pertanaman pisang	24
11	Koloni dan morfologi <i>Fusarium oxysporum</i> endofit dari akar gulma. Koloni cendawan (a), makrokonidium (b), mikrokonidium (c), kladospora (d), dan kondidiospora yang dihasilkan dari fialid pendek (e)	25
12	Visualisasi pita DNA hasil amplifikasi menggunakan pasangan primer ITS 1 dan ITS4 (a). Visualisasi pita DNA hasil amplifikasi menggunakan pasangan primer ITS-Fu (b). Penanda DNA 1 kb ladder (M), kontrol negatif (K-), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E2 (1), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E3 (2), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E4 (3), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E7 (4), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E9 (5), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E13 (6), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E14 (7), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E21 (8), dan isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E27 (9)	37
13	Hasil penjajaran daerah ITS <i>Fusarium oxysporum</i> endofit yang mengindikasikan perbedaan basa (blok kuning)	39
14	Pohon filogenetik menggambarkan kekerabatan antara <i>Fusarium oxysporum</i> endofit dengan jenis terkait berdasarkan analisis sekuen DNA pada daerah amplifikasi ITS menggunakan primer ITS1/4. Nilai bootstrap yang digunakan adalah 1000. Skala korespondenya adalah 0.02 Knuc dan out grup yang digunakan adalah <i>Fusarium solani</i> EF117321	40
15	Hubungan kompatibel yang menandakan terbentuknya anastomosis dan heterokariosis yang stabil ditandai dengan menebalnya miselium (panah merah)	42
16	Benih Timun var Paseo (A), benih Jagung Manis var. Bimmo (Jawara) (B), benih buncis var Ladju (C), yang telah diperlakukan dengan cendawan <i>Fusarium</i> endofit. Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E2 (a), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E3 (b), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E4 (c), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E7 (d), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E9 (e), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E13 (f), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E14 (g), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E21 (h), isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E27 (i), <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cubense</i> (j), <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>vanillae</i> (k), <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> (l), <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>capsici</i> (m), <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> (n) dan kontrol (o)	50
17	Bibit pisang yang sudah diperlakukan dengan <i>Fusarium</i> endofit asal gulma saat masih di botol kultur dan yang masih hidup kemudian diaklimatisasi. Kontrol tanpa pemberian <i>Fusarium</i> (a), Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E2 (b), Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E3 (c), Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E4 (d), Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E7 (e), Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E9 (f), Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E13 (g), Isolat <i>Fusarium</i>	

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

	<i>oxysporum</i> E14 (h), Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E21 (i), dan Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> E27 (j). Beberapa isolat menyebabkan pegunungan, kelayuan dan kematian menyeluruh semua <i>planlet</i> pisang (gambar c, f dan h)	51
18	Bibit pisang yang tidak terinfeksi penyakit layu <i>Fusarium</i> bagian daunnya nampak hijau segar, tidak ada kelayuan atau pegunungan daun, dan bagian bonggolnya berwarna putih atau tidak berubah cokelat (nekrosis) (a dan e), bibit pisang yang menunjukkan gejala bagian daunnya nampak kuning (b-e) dan bagian bonggolnya berubah warna menjadi cokelat atau nekrosis (g-j)	53
19	Koloni <i>Fusarium</i> hasil reisolasi dari akar gulma pada medium PDA (a), dan hifa <i>Fusarium</i> yang mengolonisasi jaringan akar yang nampak setelah diwarnai (b)	55

DAFTAR LAMPIRAN

1	Surat hasil identifikasi gulma dari Pusat Penelitian Biologi-LIPI Bogor	70
2	Jenis gulma yang tumbuh di pertanian pisang	72
3	Penampakan warna koloni cendawan endofit setelah 21 hari pada medium PDA	73
4	Urutan DNA isolat <i>Fusarium</i> endofit yang sudah disejajarkan dan di potong pada kedua ujung	74
5	Penghambatan pertumbuhan <i>Fusarium oxysporum</i> akibat senyawa kimia	77



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.