



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

PEMANFAATAN CENDAWAN ENDOFIT DALAM PENGENDALIAN BUSUK UMBI (*Fusarium oxysporum*) PADA BAWANG MERAH (*Allium cepa* var. *aggregatum*)

ZULAIKA



DEPARTEMEN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2014

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.

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



Hak Cipta Diliindungi 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



ABSTRAK

ZULAIKA. Pemanfaatan Cendawan Endofit dalam Pengendalian Penyakit Busuk Umbi (*Fusarium oxysporum*) pada Bawang Merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*). Dibimbing oleh EFI TODING TONDOK.

Penyakit busuk umbi yang disebabkan oleh *F. oxysporum* merupakan salah satu penyakit utama pada bawang merah dengan potensi kehilangan hasil mencapai 50%. Penyakit ini sulit untuk dikendalikan karena dapat bertahan lama di dalam tanah dan mudah menyebar luas terutama saat kondisi lembap. Potensi cendawan endofit sebagai agens pengendali hayati telah banyak dilaporkan dalam mengendalikan penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk menguji potensi cendawan endofit dalam menekan perkembangan penyakit busuk umbi pada bawang merah. Penelitian dilakukan dengan menguji patogenisitas cendawan endofit terhadap benih bawang merah di laboratorium dengan mengamati tingkat pertumbuhan bawang merah yang dikelompokkan berdasarkan kriteria sebagai berikut: persentase pertumbuhan 0%-95% cendawan patogenik, 95%-99% berpotensi patogenik, dan 100% nonpatogenik. Uji keefektifan di rumah kaca dengan merendam benih menggunakan suspensi cendawan endofit yang di seleksi berdasarkan hasil seleksi uji patogenisitas di laboratorium yaitu (isolat PUP1 (70%), HAP2, AAP1, MAT7 (97%), dan HAP1, AAP2, AAT, PAP4, PAT3 (100%)) dan menginokulasikan patogen *F. oxysporum* pada tanaman uji. Hasil uji keefektifan di rumah kaca menunjukkan persentase kejadian penyakit tertinggi terdapat pada perlakuan MAT7 (38.75%) dengan tingkat efikasi 34.04%. Sedangkan persentase kejadian penyakit terendah pada PUP1 (21.25%) dan PAP4 (22.50%) dengan tingkat efikasi 63.83% dan 61.70%. Perlakuan cendawan endofit memiliki kemampuan dalam menekan perkembangan penyakit busuk umbi yang disebabkan oleh *F. oxysporum* dengan perlakuan isolat PUP1 dan PAP4 memberikan hasil yang paling efektif dalam menekan perkembangan penyakit busuk umbi pada bawang merah.

Kata kunci: antagonisme, cendawan endofit, *Fusarium oxysporum*, pengendalian hayati, penyakit busuk umbi.

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.

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



Hak Cipta Diliindungi 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun 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.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ABSTRACT

ZULAIKA. Utilization of Endophytic Fungi to Control Yellow Disease (*Fusarium oxysporum*) of Shallot. Guided by EFI TODING TONDOK.

Yellow disease caused by *Fusarium oxysporum* is an important disease on shallot which may cause 50% yield loss. The ability to spread rapidly and to survive longer in a suitable soil condition are two main factors causing its difficult to control. Many report on potential of endophytic fungi as biological control agents has been published. The aim of this research was to study the ability of endophytic fungi to suppress the development of yellow disease. The pathogenicity test of endophytic fungi isolates to shallot seeds was carried out in the laboratory and grouped them into pathogenic (growth percentage of 0%-95%), potential pathogenic (95%-99%), and nonpathogenic (100%) isolates. The effectiveness of chosen isolates (PUP1 (70%), HAP2, AAP1, MAT7 (97%) and HAP1, AAP2, AAT, PAP4, PAT3 (100%)) was evaluated in greenhouse by dipping the germinated seeds in a suspension of each isolate and inoculating the testing plant with pathogenic *F. oxysporum* when it was 14 days old. The effectiveness test in greenhouse showed that all treatments of endophytic fungi had an ability to suppress the development of yellow disease, significantly different to control. The percentage of highest disease incidence was shown by MAT7 isolate (38.75%) with lowest efficacy rate (34.04%) whilst the lowest disease incidence showed by PAP4 (22.50%) and PUP1 (21.25%) isolates with the highest efficacy rate (61.70% and 63.83% respectively).

Keywords: antagonism, biological control, endophytic fungi, *Fusarium oxysporum*, yellow disease.



Hak Cipta Diliindungi 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



**PEMANFAATAN CENDAWAN ENDOFIT DALAM
PENGENDALIAN BUSUK UMBI (*Fusarium oxysporum*) PADA
BAWANG MERAH (*Allium cepa* var. *aggregatum*)**

ZULAIKA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian
pada
Departemen Proteksi Tanaman

**DEPARTEMEN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2014**

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.

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



Hak Cipta Diliindungi 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Judul Usulan : Pemanfaatan Cendawan Endofit dalam Pengendalian Busuk Umbi
(*Fusarium oxysporum*) pada Bawang Merah (*Allium cepa* var.
aggregatum)
Nama Mahasiswa : Zulaika
NIM : A34100094

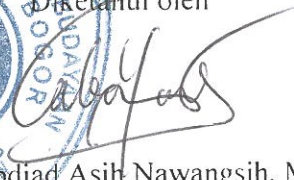
Disetujui oleh



Dr Efi Toding Tondok, SP MSc
Dosen Pembimbing



Diketahui oleh



Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, MSi
Ketua Departemen Proteksi Tanaman

Tanggal disetujui: 10 DEC 2014



Hak Cipta Diliindungi 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “Pemanfaatan Cendawan Endofit dalam Pengendalian Busuk Umbi (*Fusarium oxysporum*) pada Bawang Merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*)” dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada bulan November 2013 sampai Juni 2014 di Laboratorium Mikologi Tumbuhan Departemen Proteksi Tanaman dan *University Farm* Unit Lapangan Cikabayan Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana S1 Pertanian di Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Efi Toding Tondok, SP. MSc. selaku dosen pembimbing, Dr. Ir Swastiko Priyambodo, MSc. selaku dosen pembimbing akademik, staf laboran dan staf rumah kaca Cikabayan, *University farm* IPB yang telah memberikan saran, arahan, dukungan serta motivasinya kepada penulis dalam melaksanakan penelitian sampai penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada orang tua dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan secara penuh, serta teman-teman Proteksi Tanaman angkatan 47 yang telah banyak memberikan inspirasi, motivasi serta dukungannya dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan, maka kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dari pembaca agar laporan ini menjadi lebih baik. Demikian, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Bogor, Oktober 2014

Zulaika

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.

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

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



DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
Manfaat Penelitian	2
BAHAN DAN METODE	3
Waktu dan Tempat	3
Metode Penelitian	3
Peremajaan Isolat Cendawan Endofit	3
Uji Patogenesitas	3
Penyediaan Patogen <i>F. oxysporum</i>	4
Penyediaan Suspensi Cendawan Endofit	4
Uji Keefektifan Cendawan Endofit di Rumah Kaca	4
Uji Kolonisasi Cendawan Endofit	5
HASIL DAN PEMBAHASAN	6
Uji Patogenesitas	6
Uji Keefektifan Cendawan Endofit di Rumah Kaca	7
Uji Kolonisasi Cendawan Endofit	13
SIMPULAN DAN SARAN	15
DAFTAR PUSTAKA	16

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



Hak Cipta Diliindungi 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR TABEL

1	Isolat cendawan endofit yang diuji patognesitasnya terhadap benih bawang merah	3
2	Persentase pertumbuhan kecambah bawang merah pada biakan isolat cendawan endofit	7
3	Kejadian penyakit busuk umbi dan tingkat efikasi cendawan endofit	11

DAFTAR GAMBAR

1	Jumlah isolat cendawan endofit berdasarkan pengelompokkan sifat patogenik, berpotensi patogenik dan nonpatogenik	6
2	Uji patogenesitas cendawan endofit isolat (a) PAP4 dengan tingkat pertumbuhan 100%, (b) MAP4 dengan tingkat pertumbuhan 3%	6
3	Gejala penyakit yang ditimbulkan setelah inokulasi patogen <i>F. oxysporum</i> pada bawang merah (a) gejala menguning pada daun (b) gejala busuk pada akar, pangkal batang dan daun (c) tanaman kontrol	10
4	Keragaan tanaman bawang merah hasil uji keefektifan di rumah kaca pada hari ke-26 setelah inokulasi patogen dan dari semua perlakuan cendawan endofit (a) Kontrol (+) (b) MAT7 (c) HAP2 (d) AAP2 (e) AAP1 (f) PAT3 (g) AAT (h) PUP1 (i) HAP1 (j) HAT (tidak disertakan ke dalam hasil) (k) PAP4 (l) Kontrol (-)	10
5	Kejadian penyakit busuk umbi mulai dari hari ke-1 hingga hari ke-26 setelah inokulasi patogen	13
6	Tingkat kolonisasi pada setiap perlakuan isolat cendawan endofit	14

DAFTAR LAMPIRAN

1	Deskripsi benih bawang merah varietas Tuk-Tuk yang digunakan dalam uji patogenesitas dan uji keefektifan di rumah kaca	19
2	Hasil analisis ragam kejadian penyakit busuk umbi pada bawang merah yang disebabkan oleh <i>F. oxysporum</i>	20
3	Hasil analisis ragam tingkat efikasi penyakit busuk umbi pada bawang merah	20
4	Hasil reisolasi patogen <i>F. oxysporum</i> dari tanaman bawang merah yang menunjukkan gejala penyakit busuk umbi akibat <i>F. oxysporum</i>	20

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

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.

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

Hak Cipta Diliindungi 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) merupakan salah satu komoditas bumbu rempah unggulan di Indonesia yang sejak lama dibudidayakan secara intensif. Bawang merah memiliki nilai ekonomi yang tinggi serta harga yang fluktuatif sehingga bawang merah diproduksi secara merata di Indonesia. Produksi bawang merah tahun 2011 sebesar 893,124 juta ton, menurun dari tahun 2010 yaitu sebesar 155,810 juta ton (BPS 2011). Penurunan hasil produksi dapat disebabkan adanya faktor pembatas baik secara teknis maupun ekonomis. Salah satu faktor pembatas yang merugikan petani adalah adanya serangan hama dan penyakit yang dapat menurunkan produksi bawang merah.

Bawang merah cocok dibudidayakan di daerah beriklim kering, suhu tinggi dan penyinaran matahari minimum 70% lebih dari 10 jam (Sutarya dan Grubben 1995). Tanaman bawang merah sangat peka terhadap curah hujan dan kelembapan yang tinggi. Kondisi iklim yang lembap mendukung perkembangan penyakit bawang merah terutama dari golongan cendawan. Salah satu penyakit penting pada bawang merah adalah busuk umbi fusarium yang disebabkan oleh cendawan *F. oxysporum*. Arti penting dari penyakit ini adalah karena menyebabkan kerusakan langsung pada umbi dan menimbulkan kerusakan serta menurunkan hasil umbi lapis hingga 50% (Wiyatiningsih 2009). Tondok (2001) juga menyatakan bahwa kerusakan akibat *F. oxysporum* mencapai 100%.

F. oxysporum merupakan cendawan tular tanah yang memiliki fase patogenesis dan saprogenesis. Pada fase patogenesis, cendawan hidup sebagai parasit pada tanaman inang dan pada fase saprogenesis menjadi saprofit pada sisa tanaman. Agrios (2005) menyatakan bahwa cendawan yang menyerang tanaman semusim biasanya bertahan pada sisa-sisa tanaman inang, terinvestasi di dalam tanah dan organ perbanyak tanaman seperti biji, dan umbi dengan membentuk struktur bertahan.

Salah satu kesulitan pengendalian *F. oxysporum* adalah propagul dapat menyebar melalui air, tanah, terbawa oleh alat pertanian dan manusia, serta umbi bibit yang terinfeksi dan ditanam secara terus menerus (Djaenuddin dan Nurasiah 2011). Patogen yang terbawa umbi dapat menjadi sumber inokulum dalam sistem produksi selanjutnya. Hal ini menjadi masalah bagi petani di Indonesia yang banyak menanam bawang merah menggunakan umbi karena penyakit akan terus menerus terbawa di pertanaman.

Berbagai teknik pengendalian yang telah dikembangkan belum efektif dalam menekan perkembangan penyakit busuk umbi (Tondok 2001). Sistem pengendalian yang selama ini dilakukan melalui pendekatan agroekologis yaitu dengan rotasi tanaman atau tidak menanam bawang merah secara terus menerus di lahan yang sama. Selain itu, dengan penekanan populasi awal patogen salah satunya dengan solarisasi tanah. Menurut Agrios (2005) solarisasi tanah dapat menekan populasi berbagai jenis cendawan patogen tular tanah seperti *F. oxysporum*, nematoda dan bakteri tanah sehingga sehingga dapat mengurangi jumlah inokulum potensial.

Pengembangan teknik pengendalian hayati merupakan alternatif dalam pengendalian *F. oxysporum*. Keunggulan pengendalian hayati adalah mampu

menekan populasi patogen dan potensi virulensi. Menurut Cook and Baker (1983), salah satu syarat suatu organisme dapat dikatakan sebagai agens hayati adalah mempunyai kemampuan antagonisme dalam menghambat perkembangan atau pertumbuhan organisme lainnya. Perubahan virulensi cendawan dapat menginduksi ketahanan tanaman, dapat diaplikasikan baik di lapangan maupun di penyimpanan, serta keamanan terhadap manusia dan lingkungan. Beberapa kelebihan penggunaan agens hayati sebagai penghambat perkembangan penyakit menurut Suwanto dan Kaplan (1992) yaitu organisme yang digunakan aman, tidak terakumulasi pada rantai makanan, terjadi proses reproduksi sehingga mengurangi pemakaian secara berulang-ulang, tidak terjadi resistensi dan dapat diaplikasikan secara bersamaan.

Cendawan endofit merupakan salah satu agens hayati yang dapat dijadikan alternatif pengendalian penyakit busuk umbi bawang merah. Menurut Carroll (1995), cendawan endofit adalah cendawan yang dapat hidup pada bagian jaringan tanaman sehat tanpa menimbulkan gejala penyakit. Cendawan endofit dapat menginduksi respon metabolisme inang sehingga tanaman menjadi resisten terhadap patogen tanaman (Redline dan Carris 1996).

Penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui cendawan endofit yang berpotensi dalam menekan perkembangan penyakit busuk umbi bawang merah. Selain itu, belum pernah dilakukan pengujian potensi cendawan endofit dalam pengendalian penyakit busuk umbi bawang merah yang disebabkan oleh cendawan *F. oxysporum*.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji cendawan endofit dalam menekan perkembangan penyakit busuk umbi yang disebabkan oleh *F. oxysporum* pada bawang merah.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi dalam pengembangan strategi pengendalian hayati berupa cendawan endofit yang dapat menekan perkembangan penyakit busuk umbi pada bawang merah.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2013 hingga Juni 2014 di Laboratorium Mikologi Tumbuhan, Departemen Proteksi Tanaman, Rumah Kaca *University Farm* Unit Lapangan Cikabayan, Institut Pertanian Bogor.

Metode Penelitian

Peremajaan Cendawan Endofit

Isolat cendawan endofit merupakan isolat koleksi Laboratorium Mikologi Tumbuhan yang diperoleh dari hasil isolasi umbi bawang merah sehat dari bagian pangkal umbi (*basal plate*) dan akar. Umbi bawang merah berasal dari Pangalengan (Jawa Barat) dan Tegal (Jawa Tengah). Isolat diremajakan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan disimpan pada media jagung pecah, millet, dan media agar.

Uji Patogenisitas

Uji patogenisitas dilakukan sebagai penapisan untuk menentukan isolat yang bersifat patogenik dan nonpatogenik. Sebanyak 38 isolat cendawan endofit (Tabel 1) dibiakkan pada media *Malt Extract Agar* (MEA) 10% di dalam botol kaca bertutup. Benih bawang merah varietas Tuk-Tuk disterilisasi permukaan dengan menggunakan larutan NaOCl 1% selama 2 menit kemudian dibilas menggunakan air destilata sebanyak 3 kali dan dikeringanginkan. Benih dikedambahkan di dalam cawan petri yang dilapisi kertas merang steril. Benih bawang merah yang telah berkecambah (3 hari) ditumbuhkan di dalam media biakan cendawan endofit. Pengamatan persentase pertumbuhan kecambah bawang merah dilakukan pada hari ke-14 setelah sterilisasi. Kecambah bawang merah yang membusuk atau nekrosis menunjukkan bahwa cendawan bersifat patogenik sedangkan kecambah yang dapat tumbuh dan sehat tanpa ada gejala membusuk menunjukkan isolat cendawan endofit tersebut bersifat nonpatogenik. Persentase pertumbuhan kecambah bawang merah dikelompokkan menjadi 3 kriteria sebagai berikut: persentase pertumbuhan 0%-95% cendawan patogenik, 95%-99% berpotensi patogenik, dan 100% nonpatogenik. Uji patogenisitas terdiri dari 3 ulangan setiap perlakuan dan setiap ulangan terdapat 10 tanaman.

Tabel 1 Isolat cendawan endofit yang diuji patogenisitasnya terhadap benih bawang merah

Kode isolat				
HAP1	PUT3	PUT1	MUP	MAP1
PAP4	PAT1	MAP5	MAT8	PAP6
AAP2	PAP5	MAT6	MAT5	MAT7
AAT	MAT3	MAP2	PUP2	PAP7
PAT3	MAT2	PAP2	PUP3	PS3T6
PAP1	PUT4	PUP1	PUT2	HAP2
HAT	PAT2	MAT4	PAP3	
AAP1	MAT1	MAP3	MAP4	

Penyediaan Patogen *F. oxysporum*

Isolat patogen *F. oxysporum* merupakan koleksi Laboratorium Mikologi Tumbuhan hasil isolasi dari tanaman bawang merah yang memiliki gejala busuk. Umbi berasal berasal dari Tegal (Jawa Tengah). Isolasi *F. oxysporum* dilakukan media PDA dan perbanyakannya dilakukan dengan menumbuhkan isolat *F. oxysporum* pada media beras. Pembiakan massal dilakukan pada beras steril dengan cara merendam beras menggunakan air bersih selama ± 12 jam, kemudian dicuci dan dikeringanginkan. Beras sebanyak 300 g dimasukkan ke dalam plastik yang telah diberi ring yang terbuat dari pipa kemudian ditutup menggunakan kapas. Media beras disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm. Isolat *F. oxysporum* diambil menggunakan pelubang gabus sebanyak 5 potong dan ditumbuhkan ke dalam media tersebut. Proses perbanyak dilakukan di dalam *laminar flow* kemudian diinkubasi selama 30 hari pada suhu ruang. Pembuatan suspensi *F. oxysporum* dilakukan dengan cara mengambil isolat dari media biakan beras yang berumur 30 hari. Media beras sebanyak 100 g ditumbuk menggunakan mortar dan ditambahkan air destilata 100 ml kemudian disaring menggunakan saringan kain. Kerapatan propagul dihitung menggunakan haemositometer *neubeur-improved*. Suspensi propagul yang digunakan yaitu suspensi dengan kerapatan 10^5 propagul ml^{-1} .

Penyediaan Suspensi Cendawan Endofit

Cendawan steril. Isolat cendawan endofit ditumbuhkan ke dalam media PDB (*Potato Dextrose Broth*) 10 ml kemudian digojlok menggunakan *shaker* (Eyela Multishaker) dengan kecepatan 130 rpm selama 7 hari. Setelah menggumpal, dibilas menggunakan air destilata sebanyak 3 kali. Kemudian, cendawan dipindahkan ke dalam 100 ml air destilata dan dihancurkan menggunakan *homogenizer* (IKA ULTRA-TURRAX T18 Basic) dengan kecepatan 3.500-24.000 rpm selama 8 menit. Kerapatan dihitung dengan mengambil 0.1 ml suspensi dan dihitung menggunakan haemositometer *neubeur-improved*. Kerapatan suspensi yang digunakan yaitu 10^5 propagul ml^{-1} .

Cendawan fertil. Biakan isolat cendawan pada media PDA yang berumur 7 hari ditambahkan aquades steril 10 ml. Biakan isolat cendawan dipisahkan dari media menggunakan jarum ose. Kerapatan dihitung dengan mengambil 0.1 ml suspensi dan meletakkannya pada haemositometer *neubeur-improved*. Kerapatan suspensi yang digunakan yaitu 10^5 propagul ml^{-1} .

Uji Keefektifan Cendawan Endofit di Rumah Kaca

Uji keefektifan cendawan endofit dilakukan untuk menguji potensi isolat cendawan endofit dalam menekan kejadian penyakit yang disebabkan oleh *F. oxysporum*. Pengujian ini diawali dengan penanaman bawang merah menggunakan media tanam tanah dan pasir yang telah disterilisasi, serta pupuk kandang dengan perbandingan 2:1:1. Benih bawang merah yang telah disterilisasi permukaan, direndam dalam suspensi isolat cendawan endofit dengan konsentrasi 10^5 propagul ml^{-1} selama ± 12 jam. Pada perlakuan kontrol, perendaman benih dilakukan dengan menggunakan air destilata.

Tanaman bawang merah yang telah berumur 2 MST (minggu setelah tanam) kemudian diberikan perlakuan patogen dengan meneteskan suspensi patogen *F.oxysporum* sebanyak 1 ml dengan kerapatan 10^5 propagul ml^{-1} disetiap lubang

tanam. Pemeliharaan dilakukan dengan penyiraman yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Uji keefektifan cendawan endofit di rumah kaca menggunakan 9 isolat cendawan endofit hasil seleksi uji patogenesis di laboratorium yaitu HAP1, HAP2, AAP1, AAP2, AAT, PUP1, PAP4, PAT3, MAT7 serta kontrol (+) (dengan patogen, tanpa cendawan endofit) dan kontrol (-) (tanpa patogen, tanpa cendawan endofit).

Peubah yang diamati yaitu kejadian penyakit dan tingkat efikasi cendawan endofit yang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kejadian penyakit} = \frac{n}{N} \times 100\%$$

n = Jumlah tanaman terinfeksi

N = Jumlah tanaman yang diamati

$$\text{Tingkat efikasi} = \frac{KK-KP}{KK} \times 100\%$$

KK = Kejadian penyakit pada kontrol

KP = Kejadian penyakit pada perlakuan

Perlakuan setiap isolat terdiri dari 4 ulangan dan setiap ulangan terdapat 20 unit tanaman. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL). Data kemudian dianalisis ragam (ANOVA) dengan program *Statistical Analysis System* (SAS) versi 9.1. Perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan Uji Duncan pada taraf $\alpha=5\%$ (Mattjik dan Sumertajaya 2006)

Uji Kolonisasi Cendawan Endofit

Uji kolonisasi dilakukan untuk mengetahui cendawan endofit yang mengkoloni jaringan tanaman. Pengujian ini dilakukan dengan penanaman benih bawang merah menggunakan media tanam tanah steril, pasir steril dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1:1 pada baki semai (tray). Benih bawang merah direndam dalam suspensi cendawan endofit yang sama dengan perlakuan uji keefektifan yang dilakukan di rumah kaca yaitu dengan konsentrasi 10^5 propagul ml^{-1} selama ± 12 jam.

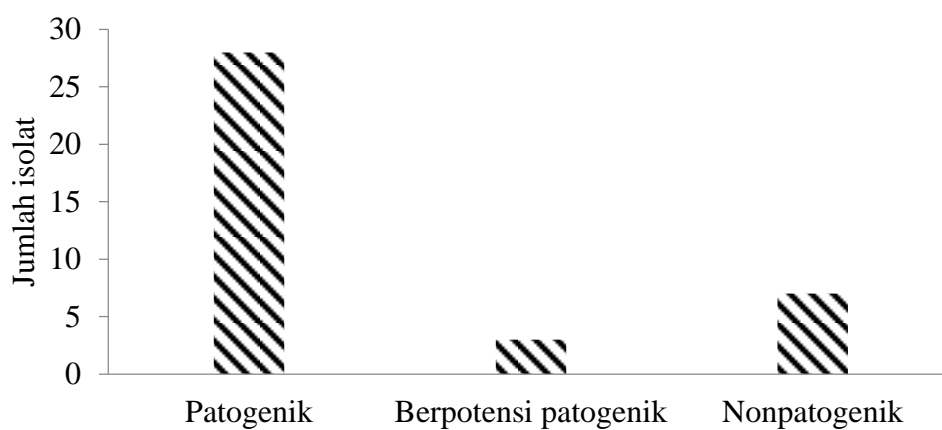
Benih bawang merah yang ditanam sebanyak 20 tanaman setiap perlakuan. Pada umur 4 minggu, setiap perlakuan diambil 5 tanaman secara acak. Setiap tanaman dipotong bagian akar dan pangkal batang (*basal plate*) menjadi 5 potongan. Potongan bagian tanaman tersebut kemudian disterililasi permukaan menggunakan NaOCl 1% selama 3 menit dan dibilas menggunakan air destilata sebanyak 3 kali, kemudian dikeringanginkan. Potongan akar dan pangkal batang kemudian diletakkan ke dalam media PDA untuk menumbuhkan cendawan. Pengamatan yang dilakukan yaitu dengan menghitung persentase cendawan yang tumbuh yang memiliki bentuk dan stuktur mikroskopis maupun makroskopis yang sama dengan cendawaan yang digunakan pada perlakuan uji keefektifan di rumah kaca. Persentase kolonisasi dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Tingkat kolonisasi} = \frac{\sum \text{Bagian tanaman yang terkoloni}}{\sum \text{Bagian tanaman yang diamati}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

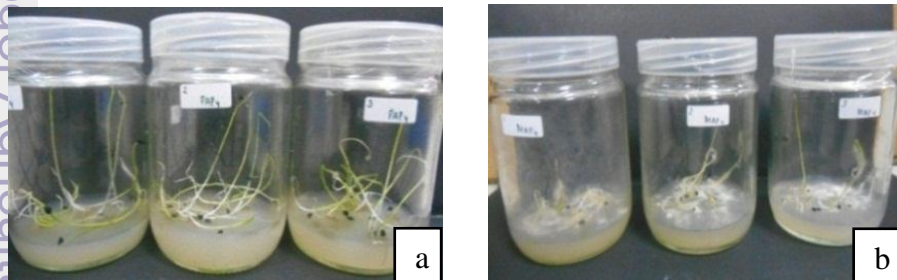
Uji Patogenisitas

Uji patogenisitas dilakukan untuk menyeleksi serta menguji sifat patogenisitas cendawan endofit. Seleksi dilakukan dengan melihat pertumbuhan dan performa kecambah bawang merah. Hasil pengujian dikategorikan menjadi 3 kriteria yaitu: persentase pertumbuhan bawang merah antara 0%-95% sebanyak 28 isolat cendawan patogenik, 95%-99% sebanyak 3 isolat berpotensi patogenik dan 100% sebanyak 7 isolat nonpatogenik (Gambar 1).



Gambar 1 Jumlah isolat cendawan endofit berdasarkan pengelompokan sifat patogenik, berpotensi patogenik dan nonpatogenik

Hasil uji patogenisitas dengan tingkat pertumbuhan tanaman bawang merah 100% yaitu isolat HAP1, AAP2, AAT, PAT3, PAPI, HAT dan PAP4. Isolat tersebut dapat tumbuh di dalam biakan cendawan endofit tanpa menimbulkan gejala busuk atau nekrosis. Berikut merupakan contoh hasil uji patogenisitas yang bersifat nonpatogenik pada perlakuan isolat PAP4 dengan tingkat pertumbuhan 100% (Gambar 2). Isolat MAP4 merupakan salah satu cendawan endofit yang bersifat patogenik dengan tingkat pertumbuhan 3% atau diantara 0-95% (Tabel 1). Perlakuan MAP4 menunjukkan sebagian besar kecambah bawang merah mengalami gejala busuk atau nekrosis. Gejala busuk atau nekrosis yang terjadi dapat disebabkan karena cendawan ini masih banyak mengambil nutrisi dari tanaman bawang merah sehingga mengganggu proses fisiologis tanaman.



Gambar 2 Uji patogenisitas cendawan endofit isolat (a) PAP4 dengan tingkat pertumbuhan 100%, (b) MAP4 dengan tingkat pertumbuhan 3%

Tabel 2 Persentase pertumbuhan kecambah bawang merah pada biakan isolat cendawan endofit

Kode Isolat	Pertumbuhan (%)	Kode Isolat	Pertumbuhan (%)
HAP1	100	PUT1	83
PAP4	100	MAP5	80
AAP2	100	MAT6	77
AAT	100	MAP2	77
PAT3	100	PAP2	73
PAP1	100	PUP1	70
HAT	100	MAT4	67
AAP1	97	MAP3	47
MAT7	97	PS3T6	43
HAP2	97	PAP6	33
PUT3	93	MUP	33
PAT1	93	MAT8	30
PAP5	93	MAT5	30
MAT3	93	PUP2	27
MAT2	93	PUP3	23
PUT4	90	PUT2	20
PAT2	90	PAP3	10
MAT1	87	MAP4	3
PAP7	83	MAP1	3

Uji patogenisitas dilakukan pada tanaman bawang merah fase perkecambahan. Pertumbuhan kecambah bawang merah yang sehat di dalam biakan cendawan endofit menunjukkan bahwa cendawan tersebut tidak mengganggu proses fisiologis tanaman sehingga tidak menimbulkan gejala penyakit. Hal ini merupakan salah satu kriteria cendawan endofit dan sesuai dengan pernyataan Carroll (1995) bahwa cendawan endofit merupakan cendawan yang hidup pada bagian jaringan tanaman sehat tanpa menimbulkan gejala penyakit pada tanaman inang.

Kriteria cendawan endofit nonpatogenik memiliki persentase pertumbuhan 100% pada pengujian ini, dimana semua tanaman dapat tumbuh sehat dan tidak menimbulkan gejala busuk atau nekrosis. Cendawan endofit yang menimbulkan gejala busuk atau nekrosis dalam jumlah yang sedikit (pertumbuhan 95%-99%) dikategorikan berpotensi patogenik. Sedangkan cendawan endofit yang dikategorikan patogenik adalah cendawan yang banyak menimbulkan gejala nekrosis atau busuk dengan persentase pertumbuhan antara 0%-95%.

Uji Keefektifan Cendawan Endofit di Rumah Kaca

Uji keefektifan di rumah kaca dilakukan untuk melihat kemampuan cendawan endofit dalam menghambat kejadian penyakit busuk umbi pada bawang merah. Isolat yang digunakan pada uji keefektifan cendawan endofit di rumah kaca berdasarkan pada uji patogenisitas di laboratorium dengan menguji semua kelompok kriteria yang sudah ditetapkan yakni: cendawan patogenik dengan

persentase pertumbuhan 70% (PUP1), berpotensi patogenik dengan persentase pertumbuhan 95%-99% (AAP1, HAP2, MAT7) dan nonpatogenik dengan persentase pertumbuhan 100% (AAP2, AAT, HAP1, PAPA4, PAT3) (Tabel 1) serta kontrol (+) (dengan patogen, tanpa cendawan endofit) dan kontrol (-) (tanpa patogen, tanpa cendawan endofit).

Mekanisme inokulasi cendawan endofit menggunakan metode perendaman benih. Hal ini dilakukan karena dimungkinkan masuknya propagul cendawan endofit ke dalam jaringan tanaman melalui lubang saat pemecahan dormansi atau inisiasi perkecambahan. Cendawan endofit yang masuk pada jaringan tanaman diharapkan akan menekan perkembangan penyakit pada tanaman dengan menginduksi ketahanan tanaman. Inokulasi agen penginduksi pada tanaman dapat mengaktifkan secara cepat berbagai mekanisme resistensi tanaman diantaranya akumulasi fitoaleksin dan meningkatkan aktivitas beberapa jenis enzim penginduksi seperti beta-1,4-glukosidase, chitinase dan beta-1,3 glukonase. Senyawa fitoaleksin adalah substansi antibiotik yang diproduksi oleh tanaman inang apabila ada infeksi patogen atau pelukaan. Senyawa fitoaleksin nampaknya lebih banyak terbentuk dalam tanaman jika menggunakan mikroorganisme non patogenik dibandingkan hypovirulen (Fuchs *et al.* 1997; Rahmini 2005). Sinyal penginduksi resisten dapat berupa agen penginduksinya atau sinyal yang disintesis tanaman akibat adanya agen penginduksi. Sinyal tersebut diproduksi pada suatu bagian tanaman, namun dapat berperan pada bagian lainnya. Transinduksi sinyal dapat ditransfer secara intraseluler sehingga menimbulkan sistem ketahanan tanaman secara sistemik.

Inokulasi patogen pada uji keefektifan di rumah kaca dilakukan 2 minggu setelah perlakuan cendawan endofit. Hal ini dikarenakan pada 2 minggu setelah perlakuan, cendawan endofit yang diinokulasikan dianggap sudah dapat hidup stabil di dalam jaringan tanaman.

a) Gejala Penyakit Busuk Umbi pada Bawang Merah yang Disebabkan oleh *F. oxysporum*

Gejala yang ditimbulkan akibat penyakit ini adalah tanaman layu, ukuran daun memanjang, berwarna kuning, rebah dan kemudian mati (Gambar 3). Uji keefektifan cendawan endofit ini tidak menggunakan kriteria tinggi tanaman atau cendawan endofit sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) karena salah satu gejala yang disebabkan oleh patogen *F. oxysporum* menyebabkan daun bawang merah memanjang.

Gejala lain penyakit ini adalah daun berwarna kuning dan memucat. Gejala ini mulai muncul pada hari ke 3 setelah inokulasi patogen. Gejala menguningnya daun bawang merah ini diikuti oleh gejala layu. Perubahan warna ini dapat disebabkan oleh adanya kemunduran kloroplas akibat gangguan yang disebabkan oleh patogen yang menyebabkan kandungan klorofil pada daun menurun (Agrios 2005). Hasil penelitian Nuryani *et al* (2001) menunjukkan *Fusarium* sp. menghasilkan senyawa metabolik yang toksik pada tanaman dan tidak spesifik pada inang yang disebut asam fusarat (*fusarid acid*) yang menyebabkan warna kuning pada daun.

Gejala layu terjadi pada tanaman bawang merah yang menguning diduga merupakan gejala sekunder yang diakibatkan karena terganggunya sistem transportasi air dari akar ke seluruh tanaman. Alexopoulos *et al.* (1996)

menyatakan, miselium menginvasi jaringan pembuluh, menghambat jaringan xilem, menghalangi translokasi air, serta menghasilkan toksin yang menyebabkan layu dengan mempengaruhi kelenturan selaput sel dan merusak metabolisme sel. Gejala layu akibat *F. oxysporum* juga dilaporkan oleh Walker (1957). Berdasarkan hasil penelitiannya mikrokonidium dari *F. oxysporum* dapat terbawa oleh aliran air ke atas atau berhenti dan berkecambah membentuk miselium baru. Akibatnya, terjadi penyumbatan pada pembuluh xilem oleh miselium dan gum, serta terjadinya pengerutan pada sel pembuluh sehingga tanaman tampak kekurangan air dan layu. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa transportasi air yang terganggu juga diduga karena kerusakan akar dan pangkal batang (membusuk dan berair) pada tanaman bawang merah akibat infeksi dari patogen, sehingga penyerapan air dari tanah ke tanaman menjadi terganggu.

Gejala lanjut yang ditunjukkan adalah bawang merah rebah, membusuk pada bagian akar, pangkal batang dan daun (keseluruhan tanaman). Gejala busuk ini pertama kali terlihat pada beberapa daun bawang yang sudah menguning yaitu pada hari ke-5 setelah inokulasi. Gejala busuk diawali dengan perubahan ukuran bagian pangkal batang bawang merah yang mengecil dan menjadi lunak. Hal ini disebabkan adanya toksin dan enzim yang dihasilkan oleh patogen yang mengangkut cairan dari jaringan di sekitarnya (Nuryani *et al.* 2012). Toksin utama yang diproduksi cendawan tersebut yaitu *fumosinin* dan *trichotenes* (Leslie dan Summerell 2006).

Gejala yang sama juga ditunjukkan oleh penelitian Indiani *et al.* (2013) yaitu *Fusarium* sp. pada tanaman bawang merah menyebabkan daun tampak menguning, layu, semakin lama akan mengering, batang semu menjadi lunak, umbi membusuk dan berwarna kecoklatan serta penampakan seluruh bagian tanaman layu. Hasil penelitian Nuryani *et al.* (2012) juga melaporkan bahwa gejala yang ditimbulkan akibat infeksi *Fusarium* sp. pada tanaman krisan berupa daun menguning, terpelintir dan pangkal batang membusuk.

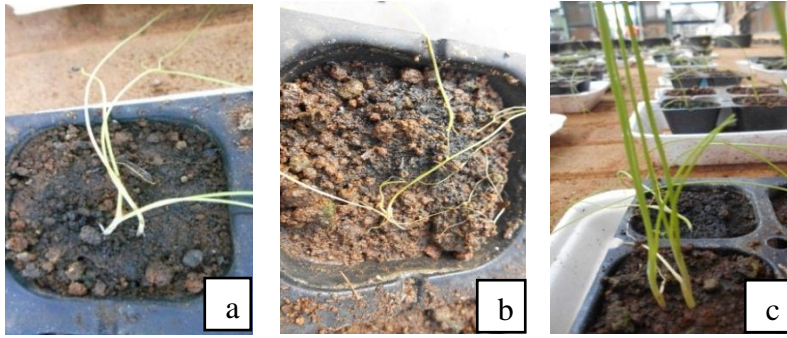
Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan gejala penyakit yang ditimbulkan *F. oxysporum* mulai tampak pada hari ke-3 setelah inokulasi patogen. Tanaman yang diinokulasi patogen berumur 14 hari setelah tanam. Kondisi tanaman yang masih muda sangat rentan dengan infeksi patogen, karena pada tanaman muda memiliki jaringan dan dinding sel yang masih lunak sehingga patogen mudah melakukan penetrasi. Tondok (2001) melaporkan periode munculnya gejala penyakit akibat *F. oxysporum* isolat crb 13 pada bibit bawang merah dengan pengujian di Bogor dan Cirebon membutuhkan waktu 5-6 hari. Pengujian isolat yang dilakukan di University Göttingen Jerman pada varietas lokal shalloten, gejala pertama kali muncul pada 34 hari setelah inokulasi. Sedangkan Nuryani *et al.* (2012) melaporkan hasil pengamatan gejala layu fusarium pada tanaman krisan (*Fusarium oxysporum* f.sp *tacheiphyllum*) pertama kali muncul pada umur 2-14 MST. Perbedaan waktu munculnya gejala pertama ini mungkin dipengaruhi oleh inang, strain patogen yang diuji serta kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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



Gambar 3 Gejala penyakit yang ditimbulkan setelah inokulasi patogen *F. oxysporum* pada bawang merah (a) gejala menguning pada daun (b) gejala busuk pada akar, pangkal batang dan daun (c) tanaman kontrol

Pengamatan pada hari ke-26 setelah inokulasi dimana pada masing-masing perlakuan cendawan endofit memiliki keragaan yang tidak jauh berbeda, namun tampak berbeda nyata bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol (+) (dengan patogen, tanpa cendawan endofit) (Gambar 4). Pada kontrol (+) tanaman tampak menguning, layu, dan rusak pada bagian akar. Sedangkan tanaman bawang merah dengan perlakuan cendawan endofit mengalami pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan tanpa cendawan endofit. Menurut Sinclair dan Cercukas (1996) selain mekanisme penghambatan patogen, simbiosis mutualisme antara tanaman dengan cendawan endofit juga menyebabkan berkurangnya kerusakan pada sel atau jaringan tanaman, meningkatkan kemampuan bertahan hidup dan fotosintesis sel jaringan tanaman yang terinfeksi patogen. Cendawan endofit juga mampu mempengaruhi fungsi fisiologis tanaman seperti tahan terhadap stres air atau kekeringan (Ryner 1991).



Gambar 4 Keragaan tanaman bawang merah hasil uji keefektifan di rumah kaca pada hari ke-26 setelah inokulasi patogen dari semua perlakuan cendawan endofit (a) Kontrol (+) (b) MAT7 (c) HAP2 (d) AAP2 (e) AAP1 (f) PAT3 (g) AAT (h) PUP1 (i) HAP1 (j) HAT (tidak disertakan ke dalam hasil) (k) PAP4 (l) Kontrol (-)

b) Kemampuan Penghambatan Cendawan Endofit terhadap *F. oxysporum*

Tabel 3 Kejadian penyakit busuk umbi dan tingkat efikasi cendawan endofit

Kode isolat	Kejadian penyakit (%) ^a	Tingkat efikasi (%) ^a
K(+)	58.75 ± 4.79 a	0.00 d
HAP1	35.00 ± 14.14 bc	40.43 bc
HAP2	35.00 ± 12.91 bc	40.43 bc
AAP1	32.50 ± 6.45 bc	44.68 bc
AAP2	32.50 ± 8.66 bc	44.68 bc
AAT	31.25 ± 13.15 bc	46.81 bc
PAT3	36.25 ± 8.54 bc	38.30 bc
MAT7	38.75 ± 11.81 b	34.04 c
PAP4	22.50 ± 8.66 c	61.70 b
PUP1	21.25 ± 6.29 c	63.83 b
K(-)	7.50 ± 7.50 d	-

^aNilai tengah yang memiliki huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Duncan pada $\alpha=5\%$

Hasil uji keefektifan di rumah kaca menunjukkan kejadian penyakit pada perlakuan cendawan endofit berbeda nyata terhadap kontrol (Tabel 2). Kejadian penyakit terendah pada perlakuan PAP4 dan PUP1 (22.50% dan 21.25%) berbeda nyata dengan kontrol (58.75%), sedangkan kejadian penyakit tertinggi pada perlakuan MAT7 (38.75%) berbeda nyata dengan PAP4 dan PUP1 dan juga berbeda nyata dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa cendawan endofit ini berpotensi dalam menekan perkembangan penyakit busuk umbi pada bawang merah.

Tingkat efikasi patogen tertinggi yaitu isolat PAP4 dan PUP1 (61.70% dan 63.83%). Sedangkan tingkat efikasi terendah yaitu MAT7 (34.04%). Isolat PAP4 pada pengujian sebelumnya di laboratorium (Tabel 1), telah menunjukkan kemampuan dalam mempertahankan pertumbuhan tanaman sebesar 100% masuk dalam kriteria cendawan nonpatogenik, sedangkan PUP1 tingkat pertumbuhan 70% (patogenik) ternyata mampu menghambat perkembangan penyakit tanaman pada uji keefektifan di rumah kaca. Tingkat kerusakan sebesar 30% yang ditimbulkan PUP1 pada uji patogenesitas di laboratorium menjadi berkurang saat uji keefektifan di rumah kaca. Hal ini dapat terjadi karena kondisi lingkungan di rumah kaca yang mendukung isolat cendawan endofit PUP1 untuk melangsungkan hidupnya dengan baik tanpa banyak mengambil nutrisi dari inang. Sebaliknya cendawan endofit ini memberikan manfaat yang lebih besar dengan menekan atau menghambat perkembangan penyakit busuk umbi pada bawang merah.

Kemungkinan lain yang dapat terjadi adalah cendawan endofit merupakan cendawan dengan tingkat patogenesitas rendah (patogen lemah) yang apabila diinokulasikan pada jaringan tanaman menimbulkan sedikit kerusakan tetapi dapat melindungi inang dari infeksi cendawan patogen yang lebih kuat atau sering disebut induksi resistensi. Mekanisme induksi resistensi menyebabkan kondisi fisiologis yang mengatur sistem ketahanan menjadi aktif atau menstimulasi mekanisme resisten yang dimiliki tanaman. Teknologi imunisasi atau proteksi silang merupakan salah satu cara pengendalian penyakit tanaman melalui

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang (Institut Pertanian Bogor) Bogor Agricultural University

stimulasi aktivitas mekanisme resistensi melalui inokulasi mikroorganisme nonpatogenik atau patogen avirulen maupun strain hipovirulen, serta perlakuan substansi dari mikroorganisme (Tuzun dan Kuc 1991; Kloper 1997).

Hal ini memungkinkan untuk cendawan endofit lainnya yang memiliki potensi pertumbuhan tanaman terhadap cendawan endofit pada persentase $\leq 95\%$ untuk diuji keefektifannya dalam menekan perkembangan penyakit pada tanaman. Namun, hasil uji patogenesitas dengan tingkat pertumbuhan yang rendah juga memiliki kemungkinan untuk menimbulkan kerusakan yang besar saat uji di rumah kaca. Petrini (1996) menyebutkan, sifat patogenesitas cendawan cenderung tidak stabil dan sangat bergantung pada kondisi inang dan lingkungan. Oleh sebab itu perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut salah satunya terkait faktor lingkungan yang mendukung bagi cendawan endofit dalam menekan perkembangan penyakit pada tanaman.

Mekanisme perlindungan cendawan endofit ini dapat berupa kompetisi, antagonisme, mikoparasit dan induksi resistensi (CABI 2004). Penghambatan terjadinya penyakit oleh cendawan endofit yang lainnya yaitu dengan mengaktifkan sistem ketahanan tanaman. Mekanisme ketahanan tanaman terhadap patogen secara umum merupakan kombinasi dari dua sistem pertahanan yaitu ketahanan struktural dan ketahanan biokimia (Agrios 2005). Yedida *et al* (1996, 2000) mengatakan bahwa interaksi antara cendawan endofit dan akar kemungkinan mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen yang berada pada bagian atas tanaman. Cendawan endofit ini juga menyebabkan terinduksinya metabolit sekunder yang mampu menghambat cendawan lain yang hidup pada inang yang sama (Ryner 1991).

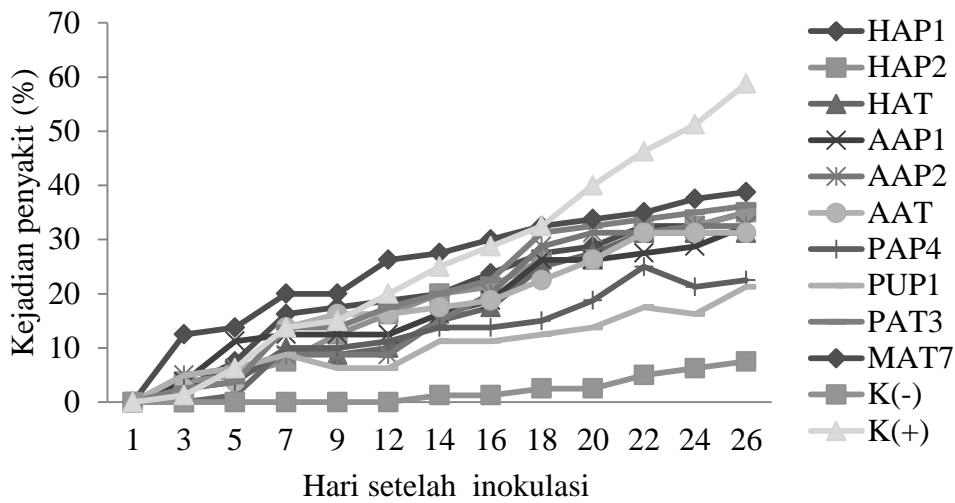
Agrios (2005) menyebutkan bahwa agens biokontrol dapat melemahkan atau mematikan patogen tanaman dengan perlawanan memarasit patogen secara langsung, kemampuannya dalam kompetisi ruang dan nutrisi, produksi enzim untuk melawan komponen sel patogen, produksi metabolisme tanaman dalam menstimulasi perkecambahan spora patogen dan memproduksi antibiotik. Petrini (1992), melakukan seleksi pada 80 spora cendawan endofit, dan hasilnya menunjukkan bahwa 75% cendawan endofit mampu menghasilkan antibiotik.

Menurut Xu *et al.* (2011) adanya kombinasi antara beberapa agens hayati dapat bersifat independen, sinergis, maupun antagonis. Hal ini menjelaskan bahwa antara cendawan endofit yang mengkolonisasi jaringan tanaman dan patogen yang diinokulasikan dapat menyebabkan berbagai kemungkinan seperti: keduanya tidak saling mempengaruhi, saling berkompetisi, sinergis dalam menimbulkan gejala penyakit atau menekan kejadian penyakit.

c) Perkembangan Penyakit Busuk Umbi dengan Aplikasi Cendawan Endofit

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada hari ke-3 setelah inokulasi beberapa tanaman memunculkan gejala daun yang mulai menguning. Hari ke 5 setelah inokulasi beberapa tanaman yang menguning menunjukkan gejala busuk, berair dan mati.

Kejadian penyakit pada kontrol (+) (dengan patogen, tanpa cendawan endofit) sebesar 58.75% menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan semua perlakuan cendawan endofit yang hanya sekitar 20-38%. Hal ini menunjukkan bahwa cendawan endofit yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kemampuan dalam menekan perkembangan penyakit busuk umbi.



Gambar 5 Kejadian penyakit busuk umbi mulai dari hari ke-1 hingga hari ke-26 setelah inokulasi patogen *F. oxysporum*

Uji Kolonisasi Cendawan Endofit pada Bawang Merah

Penelitian mengenai cendawan endofit sudah mulai berkembang dan banyak dilaporkan karena potensinya dalam mengendalikan penyakit tanaman. Uji kolonisasi dilakukan untuk mengetahui keberhasilan cendawan endofit dalam mengkolonisasi jaringan tanaman.

Menurut Bills (1996) cendawan endofit yang baik mampu mengkolonisasi jaringan tanaman, berkembang biak dan mampu berkompetisi dengan mikroorganisme lain. Sinaga (2006) menyatakan kolonisasi cendawan dapat terjadi di permukaan atau di dalam jaringan inang. Sebagian cendawan patogen masuk ke dalam sel (intraselular) dan cendawan patogen lain tetap berada diantara sel (interselular). Cendawan penyebab busuk mengkolonisasi inangnya secara interseluler dan intraselular.

Kemampuan cendawan endofit dalam mengkolonisasi jaringan tanaman bawang merah ditunjukkan berdasarkan hasil pengujian di rumah kaca sebagai berikut; kolonisasi 3 isolat cendawan endofit tertinggi yaitu AAP2, PAT3 dan MAT7 (24%, 20% dan 20%) (Gambar 6) dengan tingkat efikasi masing-masing 44.68%, 38.30% dan 34.04%. Persentase kolonisasi cendawan endofit pada tanaman cukup tinggi, namun memiliki tingkat efikasi yang rendah jika dibandingkan dengan isolat PAP4 dan PUP1 (61.57% dan 63.52%). Persentase kolonisasi isolat PAP4 dan PUP1 hanya sekitar 12% dan 8%. Menurut Irmawan (2007) Hal ini dapat terjadi karena penyebaran kolonisasi cendawan endofit memiliki persentase kelimpahan yang berbeda dan menyebar di setiap organ tanaman, sehingga uji kolonisasi cendawan endofit yang diambil pada bagian akar dan pangkal batang saja belum tentu mewakili keseluruhan keberadaan cendawan endofit di suatu tanaman.

Tingkat kolonisasi tidak berasosiasi dengan tingkat efikasi cendawan endofit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa persentase kolonisasi yang tinggi memiliki tingkat efikasi yang rendah. Kerapatan populasi cendawan endofit yang tinggi belum tentu dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

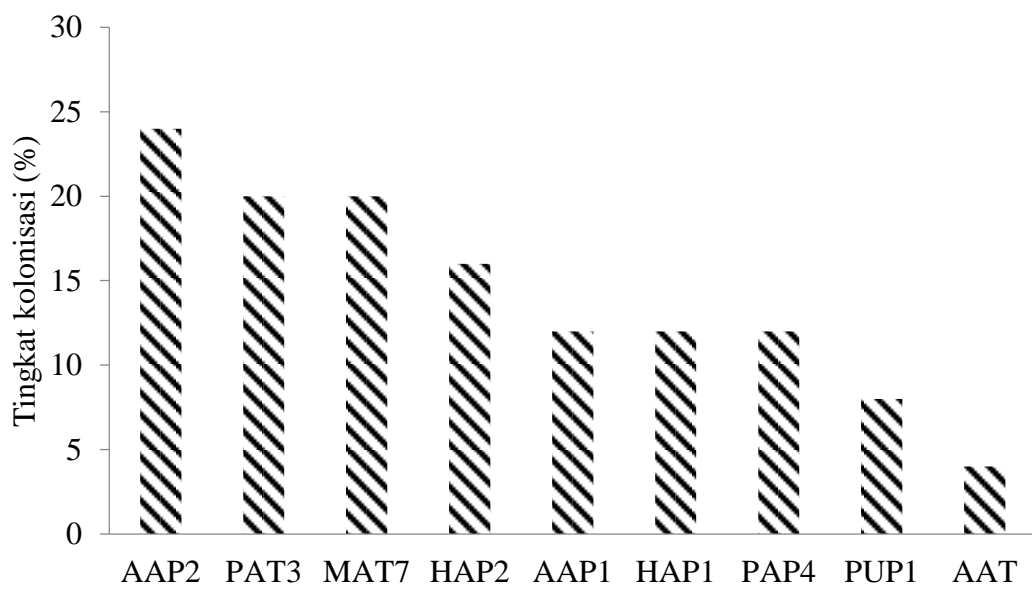
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

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.

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

Tingkat kolonisasi cendawan endofit yang tinggi justru dikhawatirkan akan mengganggu proses fisiologis tanaman, karena tingginya populasi cendawan endofit di dalam suatu jaringan tanaman akan memerlukan nutrisi yang lebih banyak untuk memenuhi kelangsungan hidupnya dan dapat bersifat patogenik. Cendawan endofit yang baik adalah cendawan yang jumlahnya di dalam jaringan tanaman sedikit tetapi dapat berpengaruh besar dalam menekan perkembangan penyakit. Clay (1993) juga menjelaskan bahwa interaksi antara cendawan endofit dan inang tanaman dapat bersifat mutualisme fakultatif tergantung dari keseimbangan antara hasil yang diterima oleh tanaman dengan apa yang diambil oleh cendawan endofit. Persentase kolonisasi dalam jaringan tanaman juga dapat dipengaruhi oleh adanya patogen yang diinokulasikan pada tanaman.



Gambar 5 Tingkat kolonisasi pada setiap perlakuan isolat cendawan endofit



SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Semua isolat cendawan endofit yang diuji di rumah kaca memiliki kemampuan dalam menekan perkembangan penyakit busuk umbi. Isolat cendawan endofit yang paling baik menekan perkembangan penyakit adalah PAP4 dan PUP1.

Saran

Perlu dilakukan evaluasi sifat patogenisitas cendawan endofit pada kondisi lingkungan yang berbeda dan pada inang yang lain sebelum diuji secara *in planta* di lapangan. Perlu ada uji kombinasi antara dua atau lebih cendawan endofit untuk mengetahui keefektifan dalam aplikasi pengendalian hayati menggunakan cendawan endofit.

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.

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

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology. Ed ke-5*. NL: Elsevier Academic Press.
- Alexopoulos CJ, Blackwell M, Mims CW. 1996. *Introductory Mycology. Ed ke-5*. New York (US): John Wiley & Sons, Inc.
- Bills GF. 1996. Isolation and analysis of endophytic fungal communities from wood plants: Systematic, Ecology, and Evolution. APS Press. pp 31-36.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2011. *Produksi Bawang Merah* [internet]. [diunduh pada 2014 Agustus 10]. Tersedia pada: <http://www.bps.go.id>.
- [CABI] Commonweal Agricultural Bureaux International. 2004. *Crop Protection Compedium*. GB: CABI.
- Caroll 1995. Forest endophytes of grasses: a defensive mutualism between plants and fungi. *Ecology*. 69(4):1-16.
- Clay K 1993. The evolution of endophytes. *Agr Ecosist Environ* 44:39-64.
- Cook RJ, Baker KF. 1996. *The Nature and Paracitic of Biological Control of Plant Pathogens*. St. Paul (US): The American Phytopathological Society.
- Djaenuddin, Nurashiah. 2011. Bioekologi penyakit layu *Fusarium* [abstrak]. *Seminar dan Pertemuan Tahunan XXI Perhimpunan Fitopatologi Indonesia (PFI)*; 2011 Juni 07: Makassar. Makassar (ID): PFI. hlm 67-69.
- Fuch JG, Loccoos YM, Defago G. 1997. Nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Fo47 induces resistance to fusarium wilt in tomato. *Plant Disease*. 81:492-496.
- Indiani NK, Lakani I, Rosmini. 2013. Efektifitas tanaman naungan dan pupuk bioprotektan kompos (*Trichoderma sp*) untuk mengendalikan penyakit busuk umbi pada anaman bawang merah. *Agrotekbis*. 1(1):30-36.
- Irmawan DE. 2007. Kelimpahan dan keragaman cendawan endofit pada beberapa varietas padi di Kuningan, Tasikmalaya dan Subang, Jawa Barat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Leslie JF, Summerell BA. 2006. *The Fusarium laboratory manual*. America (US): Blackwell Publishing.
- Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2006. *Perancangan Percobaan*. Bogor (ID): IPB Press.
- Nuryani W, Badriyah DS, Djatnika I, Loffler HJM. 2001. Skrining kultivar gladiol terhadap patogenesis tiga Isolat *F. oxysporum* f. sp. *gladioli*. *J. Hort*. 11(2):119-124.
- Nuryani W, Djatnika I, Rahardjo IB, Yusuf SE. 2012. Penggunaan *gliocompost* untuk mengendalikan penyakit layu fusarium dan meningkatkan produktivitas bunga krisan potong. *J. Hort*. 22(3):285-291.
- Petrini O. 1996. Ecological and physiological aspect of host-specificity in endophytic fungi. Di dalam: Redlin SC Carris LM editor. *Endophytic Fungi in Grasses and Woody Plants: Systemics, Ecology, and Evolution*. St. Paul (US): APS Press. hlm 87-99.
- Rahmini I. 2005. Evaluasi *Fusarium oxysporum* nonpatogenik dan *Pseudomonas fluorescens* sebagai penginduksi ketahanan tomat terhadap layu fusarium[skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rayner ADM. 1991. The challenge of the indivisidualistic mycelium. *Mycologia*. 83:48.71

- Redline SC, Carris LM. 1996. Endophytic fungi in grasses and woody plant systematic, ecology and evolution. Minnesota: American Phytopathological Society (US): APS press.
- Sinaga, MS. 2006. *Dasar-dasar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Sinclair JB, Cerkauskas RF. 1996. Latent infection vs. endophytic colonization by fungi. Di dalam. Redlin SC, Carris LM. editor. *Endophytic Fungi in Grasses and Woody Plant*. St. Paul (US): The American Phytopathological Society. hlm 3-29.
- Sutarya R, Grubben G. 1995. *Pedoman Bertanam Sayuran Dataran Rendah*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Suwanto A, Kaplan S. 1992. Chromosom transfer rhodhobacter spaeroides Hrf. formation and genetic evidence for two unique circular chromosome. *J Bacteriol*. 174(2):1135-1145.
- Tondok ET. 2001. Twisting disease caused by *Fusarium oxysporum* on shallot (*Allium cepa* L. var. *aggregatum* G. Don.) in Indonesia [thesis]. Germany (GE): George-August-University Goettingen.
- Tuzun S, Kuc J. 1991. Plant immunization: An alternative to pesticides for control of Plant Disease. The Biological control of plant Diseases. Proceeding of Seminar on Biological Control of Plant Diseases and Virus Vectors: Food and Fertilizer technology Center for the Asian and pacific Region. New York (US). P.30-40.
- Walker JC. 1957. *Plant Pathology*. London (GB): McGraw. Hill Book Company, INC.
- Wiyatiningsih S. 2009. Kajian asosiasi *Phytophthora sp.* dan *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* penyebab moler pada bawang merah. *Maperta* 5(4):1-6.
- Xu XM, Jeffries P, Pautasso M, Jegger MJ. 2011. Combined use of biocontrol agent to manage plant disease in theory and practice. *Phytopathology* 1001(9): 1024-1031.
- Yedida I, Benhamou N, Chet I. 1999. Induction of defense responses in cucumber plant (*Cucumis sativus* L) by the biocontrol agents *Trichoderma harzianum*. *Appl. Environ. Microbial*. 65:1061-1070.
- Yedida I, Benhamou N, Chet I. 2000. Induction and accumulation of PR (protein activity) during early stages of root colonization by the mycoparasite *Trichoderma harzianum* strain T-203. *Plant physiol. Biochem*. 38:863-873.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta Milik IPB Institut Pertanian Bogor

Bogor Agricultural University

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.

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



LAMPIRAN

Untuk Cipta Diliindungi 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.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1 Deskripsi benih bawang merah varietas Tuk-Tuk yang digunakan dalam uji patogenesis dan uji keefektifan di rumah kaca

Asal	: PT East west Seed philiphina
Silsilah	: Rekombinan 5607 (F) x 5607 (M)
Tipe tumbuhan	: Tegak
Umur panen	: ±85 hari setelah benih ditanam
Tinggi tanaman	: 50 cm
Jumlah daun per umbi	: 4-7 helai
Jumlah daun per rumpun	: 7-14 helai
Warna daun	: Hijau
Panjang daun	: ± 40-45 cm
Diameter batang	: 0.7-1.0 cm
Bentuk penampang daun	: Bulat berongga
Warna bunga	: Putih
Bentuk karangan bunga	: Berbentuk payung
Warna umbi	: Merah muda-merah kecoklatan
Bentuk umbi	: Bulat
Ukuran umbi	: Tinggi 3.5-5.0 cm, diameter 1.9-4.2 cm
Berat per umbi kering	: ±12-18 g
Berat per umbi basah	: ±20-40 kg
Susut bobot (basah-kering simpan)	: 34.4%
Bentuk benih	: Biji
Warna benih	: Hitam
Bentuk biji	: Bulat pipih berkeriput
Berat 1000 biji	: ±2.7 g
Jumlah anakan	: 1-2 anakan
Hasil umbi basah	: ±32 ton/ha
Keterangan	: Beradaptasi dengan baik di dataran rendah dengan ketinggian 20-220 mdpl, sangat baik di tanam pada musim kemarau
Pengusul	: PT East West Seed Indonesia
Peneliti	: Karina M. Leuween (PT East West Seed Philipina) Sunardi dan Adrianita adin

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

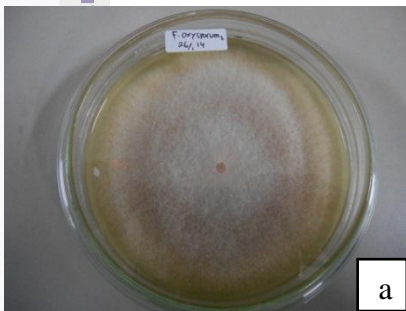
Lampiran 2 Hasil analisis ragam kejadian penyakit busuk umbi pada bawang merah yang disebabkan oleh *F. oxysporum*

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F-hitung	Pr > F
Perlakuan	6418.75	11	583.523	6.64	0.0001
Galat	3162.50	36	87.847		
Total	27559.98	47			

Lampiran 3 Hasil analisis ragam tingkat efikasi penyakit busuk umbi pada bawang merah

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F-hitung	Pr > F
Perlakuan	18596.65	11	1690.60	6.79	0.0001
Galat	8963.33	36	248.98		
Total	9581.25	47			

Lampiran 4 Hasil reisolasi patogen *F. oxysporum* dari tanaman bawang merah yang menunjukkan gejala penyakit busuk umbi akibat *F. oxysporum*



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.

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



RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir tanggal 25 Juli 1992 di Lampung Selatan, Lampung. Penulis merupakan anak ke-4 dari 4 bersaudara dari ayah bernama Prayitno dan Ibu Sulasmi. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah lanjutan atas di SMA N 7 Bandar Lampung, Kota Bandar Lampung pada tahun 2010. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 2010 melalui jalur Ujian Talenta Masuk (UTM) IPB. Penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian IPB, dan mengikuti program Tingkat Persiapan Bersama (TPB) selama 1 tahun. Selanjutnya, penulis mengikuti perkuliahan dengan Mayor Proteksi Tanaman. Penulis menerima beasiswa Cendikia dari Bank Muamalat dan Beasiswa Aktivis Nusantara 4. Penulis menjadi asisten praktikum mata kuliah Entomologi Umum pada tahun 2013, Asisten mata kuliah Pengantar Agama Islam (PAI) pada tahun 2013, dan Dasar-dasar Proteksi Tanaman tahun 2014. Penulis juga aktif berorganisasi di Lembaga Dakwah Kampus Al-Hurriyyah pada tahun (2010-2011), Anggota Badan Pekerja Nasional FSLDK (Forum Silaturahmi Lembaga Dakwah Kampus Indonesia) Wilayah Jawa Barat (2011-2012) dan Kordinator Pusat Komunikasi Nasional (Puskomnas FSLDK Indonesia) sebagai sekretaris komisi ke-LDK-an (2012-2014).

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