

INDUKSI KETAHANAN PLANLET BAWANG MERAH BEBAS VIRUS TERHADAP *Fusarium oxysporum* MENGGUNAKAN MIKROB ENDOFIT

RAHMAH DIAN SARI



**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

- 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.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Induksi Ketahanan Planlet Bawang Merah Bebas Virus terhadap *Fusarium oxysporum* Menggunakan Mikrob Endofit” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

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

Bogor, Januari 2025

Rahmah Dian Sari
A3502211003

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.

RINGKASAN

RAHMAH DIAN SARI. Induksi Ketahanan Planlet Bawang Merah Bebas Virus terhadap *Fusarium oxysporum* Menggunakan Mikrob Endofit. Dibimbing oleh EFI TODING TONDOK, SRI HENDRASTUTI HIDAYAT dan DINY DINARTI.

Bawang merah merupakan salah satu komoditas sayuran penting di Indonesia yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat. Bawang merah memiliki nilai ekonomi yang tinggi, banyak dimanfaatkan sebagai bahan bumbu masakan serta memiliki fungsi sebagai bahan obat tradisional. Ada beberapa hal yang menjadi perhatian penting dalam budi daya bawang merah, salah satunya adalah gangguan penyakit. Dilaporkan bahwa penyakit yang menginfeksi tanaman bawang merah dapat menyebabkan kehilangan hasil sebesar 20%-100%. Salah satu penyakit utama pada bawang merah adalah penyakit busuk pangkal batang atau ‘moler’ yang disebabkan oleh cendawan dari genus *Fusarium*. Penyakit mosaik yang disebabkan oleh infeksi virus dari genus *Potyvirus*, *Carlavirus*, dan *Allexivirus* juga dilaporkan menjadi kendala dalam budi daya bawang merah.

Penyakit busuk pangkal batang dan penyakit mosaik bersifat tular benih dan memiliki kisaran inang yang luas. Selain itu, penyakit busuk pangkal batang memiliki sumber inokulum di lapangan karena *Fusarium* sp. bersifat *soil borne* sedangkan penyakit mosaik dapat ditularkan secara mekanis dan ditularkan oleh vektor. Salah satu strategi pengendalian terbaik yaitu memperoleh benih bebas virus dan yang tahan terhadap *Fusarium oxysporum*. Oleh karena itu penelitian dilakukan untuk memperoleh umbi bawang merah bebas virus dengan metode kultur *in vitro* dan menginduksi pertumbuhan dan ketahanan umbi menggunakan mikrob endofit (*Bacillus siamensis*, *Chaetomium* sp., *Curvularia lunata* dan *Trichoderma asperellum*) terhadap *F. oxysporum*.

Penelitian dilakukan melalui empat tahapan, yaitu (1) penapisan umbi terinfeksi virus melalui deteksi serologi yaitu metode ELISA menggunakan antibodi spesifik OYDV, SYSV, SLV, dan GCLV; (2) isolasi *Fusarium* menggunakan medium WA dan pemurnian menggunakan medium ADK, identifikasi *F. oxysporum* dilakukan dengan cara mengamati karakteristik morfologi dan secara molekuler menggunakan dua pasang primer (ITS1/ITS4 dan FOF1/FOR1), uji patogenesis menggunakan umbi bawang merah, seleksi mikrob endofit dilakukan secara *in vitro* (uji koloni ganda dan uji produksi SOV) dan secara *in vivo*; (3) propagasi umbi bawang merah dengan metode kombinasi kultur meristem dan termoterapi; (4) deteksi tunas dan umbi planlet bawang merah secara molekuler menggunakan primer spesifik OYDV SYSV, LYSV, SLV, dan GCLV serta induksi mikrob endofit pada umbi planlet dilakukan dengan pemberian mikrob endofit pada masa aklimatisasi.

Enam isolat cendawan penyebab penyakit busuk pangkal batang yang berhasil diisolasi dari lapangan menunjukkan karakteristik morfologi yang sama dengan *Fusarium* sp. Berdasarkan identifikasi secara molekuler menunjukkan bahwa satu isolat merupakan spesies *F. oxysporum*, dua isolat *F. solani* dan tiga isolat *F. acutatum*. Uji patogenesis menunjukkan bahwa enam isolat tersebut

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.



bersifat patogen (virulens). Selanjutnya, isolat *F. oxysporum* digunakan sebagai bahan uji dalam seleksi mikrob endofit. Hasil uji koloni ganda menunjukkan bahwa *B. siamensis* mampu menyebabkan lisis dan pembengkakan pada hifa *F. oxysporum*, sementara *Chaetomium* sp., *C. lunata*, *T. asperellum* mampu menyebabkan lisis dan hiperparasit terhadap hifa *F. oxysporum*. Berdasarkan pengukuran tingkat hambatan pertumbuhan *F. oxysporum* pada uji koloni ganda diketahui bahwa perlakuan terbaik yaitu *T. asperellum*, sedangkan berdasarkan tingkat hambatan relatif (THR) pada uji produksi SOV perlakuan terbaik yaitu perlakuan *B. siamensis*. Pada uji secara *in vivo* menunjukkan bahwa perlakuan terbaik dalam menginduksi pertumbuhan tinggi dan jumlah daun yaitu *B. siamensis* dan *Chaetomium* sp. dan perlakuan terbaik dalam menginduksi pertumbuhan akar yaitu *T. asperellum*. Mikrob endofit yang mampu menekan insidensi penyakit busuk pangkal batang yaitu *Chaetomium* sp. dan *T. asperellum*.

Umbi bawang merah yang ditumbuhkan di laboratorium menunjukkan gejala malformasi, mosaik hijau, dan mosaik kuning. Hasil deteksi ELISA menunjukkan bahwa umbi bawang merah terinfeksi OYDV, SYSV, SLV, dan GCLV. Persentase infeksi virus pada kultivar Bima Brebes, Batu Ijo, dan Thailand yaitu berturut-turut sebesar 60%, 50%, 60% terinfeksi OYDV; 70%, 80%, 50% terinfeksi SYSV; 60%, 60%, 80% terinfeksi SLV, dan 40%, 80%, 90% terinfeksi GCLV. Rata-rata infeksi virus pada kultivar Bima Brebes, Batu Ijo, dan Thailand secara berturut-turut sebesar 57,5%, 67,5%, dan 70,0%.

Pada percobaan kultur *in vitro* menunjukkan bahwa kombinasi kultur meristem dan termoterapi memberikan hasil yang berbeda untuk masing-masing kultivar bawang merah. Perlakuan suhu yang terbaik untuk persentase tunas yang tumbuh adalah 25 °C untuk kultivar Bima Brebes dan Batu Ijo, dan 30 °C pada kultivar Thailand. Pengaruh suhu terhadap tinggi tunas terbaik yaitu pada suhu 37 °C untuk tiga kultivar bawang merah, sedangkan terhadap jumlah daun tunas bawang merah yang terbaik yaitu pada suhu 37 °C untuk kultivar Bima Brebes dan Batu Ijo, serta pada suhu 25 °C untuk kultivar Thailand. Perlakuan suhu yang terbaik untuk persentase tumbuh tunas bawang merah pada media perbanyakan adalah 37 °C untuk kultivar Bima Brebes dan Batu Ijo, serta 25 °C untuk kultivar Thailand.

Perlakuan kombinasi kultur meristem dan termoterapi mampu mengeliminasi beberapa virus pada umbi bawang merah. Pada kultivar Bima Brebes dan Thailand mampu mengeliminasi OYDV, LYSV, SLV dan GCLV; sedangkan pada kultivar Batu Ijo mampu mengeliminasi OYDV, LYSV, dan GCLV. Deteksi virus pada tunas bawang merah pada tahap pertumbuhan di media perbanyakan dan umbi planlet bawang merah menunjukkan bahwa OYDV, LYSV, dan GCLV tidak terdeteksi pada kultivar Bima Brebes, Batu Ijo, dan Thailand, namun SYSV dan SLV terdeteksi. Induksi mikrob endofit pada masa aklimatisasi umbi bawang merah menunjukkan bahwa perlakuan terbaik pada kultivar Bima Brebes dan Thailand adalah *T. asperellum*, yaitu berdasarkan tinggi dan jumlah daun pada umbi mikro. Perlakuan mikrob endofit pada kultivar Batu Ijo tidak memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol.

Hasil penelitian ini mengkonfirmasi *F. oxysporum*, *F. solani*, dan *F. acutatum* berasosiasi dengan penyakit busuk pangkal batang. Selain itu dibuktikan bahwa

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.



umbi benih bawang merah mengandung OYDV, SYDV, SLV, dan GCLV. Pengetahuan tersebut dapat digunakan untuk menentukan langkah pengendalian penyakit bawang merah, diantaranya melalui induksi ketahanan tanaman dan penyediaan umbi bebas patogen (virus). Mikrob endofit *B. siamensis*, *Chaetomium* sp., *C. lunata*, dan *T. asperellum* dapat direkomendasikan sebagai agens penginduksi ketahanan dan pertumbuhan tanaman. Perlakuan kombinasi kultur meristem dan termoterapi dapat direkomendasikan untuk produksi umbi bebas virus.

Kata kunci: busuk pangkal batang, identifikasi, kultur meristem, termoterapi

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.



SUMMARY

RAHMAH DIAN SARI. Inducing Resistance of Virus-Free Shallot Plantlets to *Fusarium oxysporum* Using Endophytic Microbes. Supervised by EFI TODING TONDOK, SRI HENDRASTUTI HIDAYAT and DINY DINARTI.

Shallots are an important vegetable commodity in Indonesia and widely cultivated across the country. Shallots have high economic value, are widely used as spices and have functions as traditional medicinal ingredients. It is reported that diseases on shallot plants can cause yield losses of 20%-100%. One of the main diseases in shallots is stem base rot or 'moler' caused by fungi of the genus *Fusarium*. Mosaic disease caused by viral infections of the *Potyvirus*, *Carlavirus*, and *Allexivirus* genus is also reported to be a constraint in shallot cultivation.

Stem base rot and mosaic disease are bulb-borne and have a wide host range. In addition, *Fusarium* sp. is soil borne, while viruses causing mosaic disease can be mechanically transmitted and vector-borne. One of the best control strategies is to obtain virus-free bulbs that are resistant to *Fusarium* sp. Therefore, a study was conducted to obtain virus-free shallot bulbs by *in vitro* culture method and to induce bulb growth and resistance using endophytic microbes (*Bacillus siamensis*, *Chaetomium* sp., *Curvularia lunata*, and *Trichoderma asperellum*) against *F. oxysporum*.

The research was conducted in four stages, (1) screening of virus-infected bulbs through serological detection, i.e. ELISA method using specific antibodies for OYDV, SYSV, SLV, and GCLV; (2) isolation of *Fusarium* using water agar and PDA medium, followed by identification of *F. oxysporum* based on morphological characteristics and molecular detection using two pairs of primers (ITS1/ITS4 and FOF1/FOR1); then pathogenicity tests was conducted by inoculation of bulbs and endophytic microbial selection was carried out by *in vitro* (double colony test and VOC production test) and *in vivo*; (3) propagation of shallot bulbs by a combination method of meristem culture and thermotherapy; (4) molecular detection of shoots and bulbs of shallot plantlets using specific primers OYDV, SYSV, LYSV, SLV, and GCLV and application of endophytic microbes during the acclimatization period.

Six isolates of stem base rot-causing fungi isolated from the field showed the same morphological characteristics as *Fusarium* sp. Based on molecular identification, it was confirmed that the isolates are *F. oxysporum*, *F. solani* and *F. acutatum*. Pathogenicity tests showed that the six isolates were pathogenic (virulent). Furthermore, double colony test showed that *B. siamensis* was able to cause lysis and swelling of *F. oxysporum* hyphae, while *Chaetomium* sp., *C. lunata*, *T. asperellum* were able to cause lysis and hyperparasite of *F. oxysporum* hyphae. Based on the measurement of the growth inhibition rate of *F. oxysporum* in the double colony test, it is known that the best treatment is *T. asperellum*, while based on the relative inhibition rate (THR) in the VOC production test, the best treatment is *B. siamensis*. The *in vivo* test showed that the best treatment in inducing the growth of height and number of leaves was *B. siamensis* and *Chaetomium* sp. and

the best treatment in inducing root growth was *T. asperellum*. Endophytic microbes that can best suppress the incidence of stem base rot disease are *Chaetomium* sp. and *T. asperellum*.

Shallot bulbs grown in the laboratory showed symptoms of malformation, green mosaic, and yellow mosaic. ELISA detection results indicated that shallot bulbs were infected with OYDV, SYSV, SLV, and GCLV. The percentage of OYDV infection in 'Bima Brebes', 'Batu Ijo', and 'Thailand' was 60%, 50%, 60%; SYSV was 70%, 80%, 50%; SLV was 60%, 60%, 80%, and GCLV was 40%, 80%, 90%, respectively. The overall average of virus infection in 'Bima Brebes', 'Batu Ijo', and 'Thailand' was 57.5%, 67.5%, and 70.0%, respectively.

The *in vitro* propagation experiment showed that the combination of meristem culture and thermotherapy gave different results for each shallot cultivar. The best temperature treatment for the percentage of shoots that grow is 25 °C for cultivars Bima Brebes and Batu Ijo, and 30 °C on Thailand cultivars. The best effect of temperature on shoot height was at 37 °C for the three shallot cultivars, while the best number of shallot shoot leaves was at 37 °C for the Bima Brebes and Batu Ijo cultivars, and at 25 °C for the Thailand cultivar. The best temperature treatment for the percentage of shallot shoot growth on propagation media is 37 °C for Bima Brebes and Batu Ijo cultivars, and 25 °C for Thailand cultivar.

The combined treatment of meristem culture and thermotherapy was able to eliminate several viruses in shallot bulbs. Bima Brebes and Thailand cultivars were able to eliminate OYDV, LYSV, SLV and GCLV; while the Batu Ijo cultivar was able to eliminate OYDV, LYSV and GCLV. Virus detection in shallot shoots at the growth stage in propagation media and shallot planlet bulbs showed that OYDV, LYSV, and GCLV were not detected in Bima Brebes, Batu Ijo, and Thai cultivars, but SYSV and SLV were detected. Application of endophytic microbes during the acclimatization period of shallot bulbs showed that the best treatment for Bima Brebes and Thailand cultivars was *T. asperellum*, based on the height and number of leaves on the micro bulbs. Endophytic microbial treatment on the Batu Ijo cultivar did not give a better effect than the control treatment.

The results of this study confirm that *F. oxysporum*, *F. solani*, and *F. acutatum* are associated with basal stem rot disease. In addition, it is proven that shallot seed bulbs contain OYDV, SYSV, SLV, and GCLV. This knowledge can be used to determine steps to control shallot diseases, including through induction of plant resistance and provision of pathogen-free (virus) bulbs. Endophytic microbes *B. siamensis*, *Chaetomium* sp., *C. lunata*, and *T. asperellum* can be recommended as agents that induce plant resistance and growth. Combination treatment of meristem culture and thermotherapy can be recommended for the production of virus-free bulbs.

Keywords: identification, meristem culture, stem base rot, thermotherapy

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.

Judul Tesis : Induksi Ketahanan Planlet Bawang Merah Bebas Virus terhadap *Fusarium oxysporum* Menggunakan Mikrob Endofit

Nama : Rahmah Dian Sari

NRP : A3502211003

Disetujui oleh

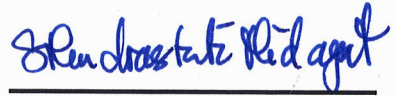
Pembimbing 1:

Dr. Efi Toding Tondok, S.P., M.Sc. Agr.



Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Sri Hendrastuti Hidayat, M.Sc.



Pembimbing 3:

Dr. Ir. Diny Dinarti, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

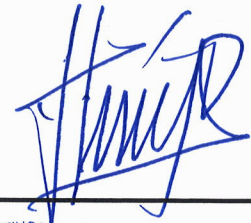
Dr. Ir. Giyanto, M.Si.

NIP. 196707091993031002

Dekan Fakultas Pertanian:

Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc. Agr.

NIP. 196902121992031003



Tanggal Ujian: 20 Desember 2024

Tanggal Lulus:

31 JAN 2025



@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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir tesis yang berjudul “Induksi Ketahanan Planlet Bawang Merah Bebas Virus terhadap *Fusarium oxysporum* Menggunakan Mikrob Endofit” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Fitopatologi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Efi Toding Tondok, S.P., M.Sc. Agr., Prof. Dr. Ir. Sri Hendrastuti Hidayat, M.Sc., dan Dr. Ir. Diny Dinarti, M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Ir. Giyanto, M.Si. sebagai penguji luar komisi pada seminar proposal, Prof. Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M. Agr. Sebagai penguji pada sidang ujian tesis, dan Dr. Ir. Nina Maryana, M. Si. Sebagai perwakilan program studi pada sidang ujian tesis.

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang mendalam orang tua, Bapak Nuksyan dan Ibu Raodah, serta saudara kembar saya Rahmah Budiansyah atas kasih sayang, do'a, dukungan, dan motivasi yang tiada henti selama penyusunan tesis ini. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada seluruh keluarga besar Laboratorium Virologi Tumbuhan, Mikologi Tumbuhan, Kultur Jaringan 3, rekan-rekan Fitopatologi 2021, dan teman-teman saya, terkhususnya Ega Katriana, Novia Sarah Safira, Fransiska Natalia Purba, Herlina Raharja Putri, Khansa Amara, Vidya Imaniasita, Alisya Talita Papon, dan Fitra Parlindo.

Demikian rasa syukur dan ucapan terima kasih penulis sampaikan. Dalam keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan pengembangan lanjut agar benar-benar bermanfaat. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar dapat menjadi koreksi untuk menjadi lebih baik lagi serta masukan bagi penulis untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang. Semoga tesis ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2025

Rahmah Dian Sari



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Bawang Merah	4
2.2 Penyakit pada Tanaman Bawang Merah	5
2.2.1 Virus pada Tanaman Bawang Merah	5
2.2.2 Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Bawang Merah	7
2.3 Metode Deteksi Virus pada Bawang Merah	7
2.4 Eliminasi Virus dengan Metode Propagasi Tanaman	8
2.5 Eliminasi Virus dengan Metode Termoterapi	9
2.6 Mikrob Endofit	9
2.7 Induksi Ketahanan	10
III DETEKSI DAN IDENTIFIKASI PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG DAN PENYAKIT MOSAIK	12
3.1 Abstrak	12
3.2 Abstract	12
3.3 Pendahuluan	13
3.4 Bahan dan Metode	14
3.4.1 Pengumpulan Sampel Busuk Pangkal Batang	14
3.4.2 Isolasi Patogen	14
3.4.3 Uji Patogenesitas <i>Fusarium</i> sp.	14
3.4.4 Identifikasi dan Karakterisasi Morfologi	15
3.4.5 Identifikasi Molekuler	15
3.4.6 Identifikasi Virus dari Umbi Bawang Merah	16
3.5 Hasil dan Pembahasan	17
3.5.1 Gejala Penyakit Busuk Pangkal Batang	17
3.5.2 Patogenesitas <i>Fusarium</i> sp.	18
3.5.3 Ciri Morfologi Koloni <i>Fusarium</i> sp.	19
3.5.4 Identifikasi <i>Fusarium</i> sp. secara Molekuler	22
3.5.5 Ciri Morfologi dan Identifikasi <i>Fusarium oxysporum</i>	24
3.5.6 Frekuensi Umbi yang Terinfeksi Virus	26
3.6 Kesimpulan	29

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.

IV	POTENSI MIKROB ENDOFIT DALAM MENEKAN INSIDENSI PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG	30
4.1	Abstrak	30
4.2	Abstract	30
4.3	Pendahuluan	31
4.4	Bahan dan Metode	32
4.4.1	Uji Antagonis Cendawan	32
4.4.2	Uji secara <i>In vivo</i> pada Bawang Merah	33
4.5	Hasil dan Pembahasan	34
4.5.1	Mekanisme Antagonisme Mikrob Endofit terhadap <i>Fusarium oxysporum</i>	34
4.5.2	Kemampuan Mikrob Endofit dalam Menginduksi Pertumbuhan pada Umbi Bawang Merah	38
4.5.3	Kemampuan Mikrob Endofit dalam Menekan Infeksi <i>Fusarium oxysporum</i> pada Umbi Bawang Merah	39
4.6	Kesimpulan	40
V	KULTUR MERISTEM DAN TERMOTERAPI UNTUK ELIMINASI VIRUS DARI BIBIT BAWANG MERAH	41
5.1	Abstrak	41
5.2	Abstract	41
5.3	Pendahuluan	42
5.4	Bahan dan Metode	43
5.4.1	Perlakuan Kombinasi Kultur Meristem dan Termoterapi untuk Perbanyak <i>In vitro</i>	43
5.4.2	Deteksi Virus dengan RT-PCR	43
5.4.3	Induksi Pertumbuhan Planlet Bawang Merah	44
5.5	Hasil dan Pembahasan	45
5.5.1	Pengaruh Termoterapi dalam Kultur Meristem pada Umbi Bawang Merah	45
5.5.2	Frekuensi Infeksi Virus pada Tunas dan Umbi Mikro Bawang Merah	47
5.5.3	Kemampuan Mikrob Endofit pada Umbi Mikro Bawang Merah	49
5.6	Kesimpulan	50
VI	PEMBAHASAN UMUM	51
VII	SIMPULAN DAN SARAN	54
7.1	Simpulan	54
7.2	Saran	54
	DAFTAR PUSTAKA	55
	LAMPIRAN	69
	RIWAYAT HIDUP	81

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.



DAFTAR TABEL

@Hak cipta milik IPB University

3.1	Primer untuk deteksi cendawan penyebab penyakit busuk pangkal batang pada bawang merah	15
3.2	Karakter morfologi <i>Fusarium</i> sp. penyebab penyakit busuk pangkal batang pada bawang merah	20
3.3	Karakter morfologi <i>Fusarium</i> sp. penyebab penyakit busuk pangkal batang pada bawang merah (lanjutan)	21
3.4	<i>Fusarium</i> sp. yang teridentifikasi penyebab penyakit busuk pangkal batang pada bawang merah	22
3.5	Frekuensi infeksi virus pada beberapa kultivar umbi bawang merah berdasarkan hasil ELISA	28
4.1	Pengaruh mikrob endofit terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah (2 - 9 HSI mikrob endofit)	38
5.1	Primer untuk deteksi virus target pada planlet bawang merah dengan metode RT-PCR	44
5.2	Frekuensi infeksi virus pada tunas bawang merah setelah perlakuan termoterapi berdasarkan deteksi RT-PCR	47
5.3	Frekuensi infeksi virus pada tunas bawang merah di media perbanyakan berdasarkan deteksi RT-PCR	48
5.4	Frekuensi infeksi virus pada umbi mikro bawang merah berdasarkan deteksi RT-PCR	48
5.5	Pengaruh mikrob endofit terhadap pertumbuhan umbi mikro pada masa aklimatisasi 2 MST	49

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.

DAFTAR GAMBAR

1.1	Alur penelitian Induksi ketahanan planlet bawang merah bebas virus terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> menggunakan mikroba endofit	3
3.1	Inokulasi cendawan pada umbi bawang merah	14
3.2	Penanaman sampel umbi di baki plastik menggunakan media air	16
3.3	Gejala penyakit busuk pangkal batang	18
3.4	Hasil uji patogenesitas beberapa isolat <i>Fusarium</i> sp pada umbi bawang merah	19
3.5	Hasil PCR penyebab busuk pangkal batang pada tanaman bawang merah menggunakan primer ITS1/ITS4	22
3.6	Pohon filogenetik <i>Fusarium oxysporum</i> berdasarkan analisis <i>Neighbor-Joining</i> menggunakan primer ITS1/ITS4	23
3.7	Pohon filogenetik <i>Fusarium solani</i> berdasarkan analisis <i>Neighbor-Joining</i> menggunakan primer ITS1/ITS4	23
3.8	Pohon filogenetik <i>Fusarium acutatum</i> berdasarkan analisis <i>Neighbor-Joining</i> menggunakan primer ITS1/ITS4	24
3.9	Koloni dan morfologi mikroskopis <i>Fusarium oxysporum</i>	25
3.10	Hasil PCR penyebab penyakit busuk pangkal batang pada bawang merah menggunakan primer FOF1/FOR1	26
3.11	Pohon filogenetik spesies <i>Fusarium oxysporum</i> berdasarkan analisis <i>Neighbor-Joining</i> menggunakan primer FOF1/FOR1	26
3.12	Gejala penyakit mosaik pada penapisan umbi bawang merah	27
3.13	Frekuensi infeksi virus kompleks pada umbi bawang merah berdasarkan hasil ELISA	28
4.1	Ilustrasi pengujian koloni ganda antara mikroba endofit terhadap <i>Fusarium oxysporum</i>	32
4.2	Interaksi antara <i>Fusarium oxysporum</i> dengan mikroba endofit	34
4.3	Mekanisme antagonistik dan perubahan morfologi <i>Fusarium oxysporum</i> oleh mikroba endofit	35
4.4	Tingkat hambatan pertumbuhan <i>Fusarium oxysporum</i> akibat berinteraksi dengan mikroba endofit	36
4.5	Laju tingkat hambatan relatif (THR) terhadap <i>Fusarium oxysporum</i>	37
4.6	Pengaruh mikroba endofit terhadap pertumbuhan bawang merah	39
4.7	Pengaruh mikroba endofit dalam menekan insidensi penyakit yang disebabkan oleh <i>Fusarium oxysporum</i>	39
4.8	Persentase hambatan relatif oleh beberapa mikroba endofit terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> pada bawang merah	40
5.1	Persentase eksplan bawang merah yang hidup pada media <i>in vitro</i>	45
5.2	Pengaruh perlakuan termoterapi terhadap pertumbuhan tinggi tunas bawang merah	46
5.3	Pengaruh perlakuan termoterapi terhadap pertumbuhan daun tunas bawang merah	46
5.4	Jumlah tunas bawang merah pada berbagai media pertumbuhan <i>in vitro</i>	46

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.



5.5 Umbi mikro bawang merah yang diaklimatisasi

49

@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.



DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil sekuensing DNA <i>Fusarium</i> sp. menggunakan Primer ITS1/ITS4 dan <i>Fusarium oxysporum</i> FOF1/FOR1	70
2	Hasil deteksi umbi bawang merah berdasarkan uji metode ELISA	72
3	Hasil deteksi umbi bawang merah berdasarkan uji metode ELISA (lanjutan)	73
4	Hasil PCR setelah perlakuan termoterapi pada bawang merah	74
5	Hasil PCR setelah perlakuan termoterapi pada bawang merah (lanjutan)	75
6	Hasil PCR tunas bawang merah pada media perbanyakan	76
7	Hasil PCR tunas bawang merah pada media perbanyakan (lanjutan)	77
8	Hasil PCR pada umbi mikro bawang merah	78
9	Hasil PCR pada umbi mikro bawang merah (lanjutan)	79
10	Tahapan propagasi bawang merah secara <i>in vitro</i>	80
11	Hasil aklimatisasi umbi bawang merah	80

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.