

**POTENSI AKTINOMISET ENDOFIT TANAMAN LILIACEAE
SEBAGAI AGENS PENGENDALI PENYAKIT
BUSUK PANGKAL UMBI (*Fusarium oxysporum f.sp. cepae*)
PADA BAWANG MERAH**

LISA MARIANAH



**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@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



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Potensi Aktinomiset Endofit Tanaman *Liliaceae* sebagai Agens Pengendali Penyakit Busuk Pangkal Umbi (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*) pada Bawang Merah” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun 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 disertasi ini.

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

Bogor, Agustus 2024

Lisa Marianah
A3602211001

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.

TPI MCUCP

LISA MARIANAH. Potensi Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae sebagai Agens Pengendali Penyakit Busuk Pangkal Umbi (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*) pada Bawang Merah. Dibimbing oleh ABDJAD ASIH NAWANGSIH, ABDUL MUNIF, GIYANTO dan EFI TODING TONDOK.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil bawang merah dan sudah mengeksport ke beberapa negara seperti Malaysia, Thailand dan Singapura. Produktivitas bawang merah di Indonesia masih rendah dan masih dapat ditingkatkan. Faktor penyebab rendahnya produksi bawang merah nasional di antaranya adalah serangan patogen penyebab busuk pangkal umbi yaitu *Fusarium* spp. spesies kompleks. Penyakit busuk pangkal umbi termasuk penyakit merugikan pada tanaman bawang merah di Indonesia maupun di dunia, karena menyebabkan kerusakan di lapangan dan juga di penyimpanan. Patogen penyebab penyakit ini di Indonesia juga belum teridentifikasi secara pasti, apakah hanya disebabkan oleh satu spesies atau lebih.

Upaya pengendalian di tingkat petani saat ini masih mengandalkan fungisida kimia sintetis. Aplikasi fungisida kimia yang bersifat sistemik dapat menyebabkan berkurangnya populasi mikroba bermanfaat, termasuk aktinomiset endofit pada tanaman. Berkurangnya kelimpahan mikroba bermanfaat pada tanaman menyebabkan tanaman lebih rentan terhadap patogen. Alternatif pengendalian yang diharapkan dapat mengurangi aplikasi fungisida dan aman bagi lingkungan adalah dengan pemanfaatan agens hayati. Beberapa agens hayati yang sudah diteliti mampu menekan perkembangan penyakit busuk pangkal umbi antara lain adalah bakteri *Bacillus velezensis*, *Trichoderma* sp., *Fusarium* non-patogen dan aktinomiset rizosfer.

Saat ini di Indonesia belum ada penelitian yang mengungkapkan potensi aktinomiset endofit tanaman Liliaceae untuk menekan perkembangan penyakit busuk pangkal umbi pada tanaman bawang merah. Aktinomiset endofit merupakan kelompok bakteri yang dilaporkan berpotensi sebagai agens biokontrol. Aktinomiset endofit juga penghasil metabolit sekunder terbesar yang mengandung antibiotik, memproduksi senyawa bioaktif yang bersifat antifungi, menginduksi ketahanan dan memacu pertumbuhan tanaman. Kemampuan dalam menghambat patogen secara langsung dan sebagai penginduksi ketahanan tanaman merupakan keunggulan aktinomiset endofit dibandingkan dengan agens biokontrol lainnya. Aktinomiset endofit hidup di dalam jaringan tanaman, sehingga memberi keuntungan berkurangnya faktor-faktor pengganggu dari luar. Tingginya intensitas aplikasi pestisida pada budi daya bawang merah dikhawatirkan menyebabkan berkurangnya kelimpahan mikroba bermanfaat, sehingga dibutuhkan tanaman lain kelompok famili Liliaceae sebagai sumber isolat aktinomiset endofit.

Penelitian ini bertujuan: 1) mengidentifikasi dan mempelajari morfologi cendawan *Fusarium* spp. spesies kompleks yang menyebabkan penyakit busuk pangkal umbi pada bawang merah di Jawa; 2) mempelajari gejala-gejala penyakit busuk pangkal umbi pada bawang merah akibat infeksi cendawan patogen *Fusarium* spp.; 3) mendapatkan isolat aktinomiset endofit potensial dalam menekan pertumbuhan cendawan *F. oxysporum* f.sp. *cepae*; 4) mengevaluasi mekanisme penghambatan aktinomiset endofit terhadap *F. oxysporum* f.sp. *cepae*.



Penelitian terdiri 4 tahapan yaitu: 1) isolasi cendawan *Fusarium* spp. dan aktinomiset endofit tanaman Liliaceae; 2) uji potensi aktinomiset endofit sebagai agens biokontrol; 3) uji keefektifan isolat aktinomiset terhadap *F. oxysporum* f.sp. *cepae*; 4) uji kolonisasi dan identifikasi isolat aktinomiset endofit secara molekuler. Cendawan *F. oxysporum* f.sp. *cepae* diisolasi dari tanaman bawang merah bergejala penyakit busuk pangkal umbi dari Brebes. Isolat murni diamati morfologinya, dilakukan uji patogenisitas pada umbi dan tanaman bawang merah, lalu diidentifikasi secara molekuler menggunakan primer universal dan primer spesifik (SIX3, C5 dan CRX1).

Aktinomiset endofit diisolasi dari tanaman famili Liliaceae menggunakan media pertumbuhan WYA, CSA, dan YEMA. Isolat dipastikan benar-benar aktinomiset dengan pengamatan morfologi dan dimurnikan pada media ISP2. Isolat diuji keamanan hayati menggunakan uji reaksi hipersensitivitas dan uji hemolisis, dilanjutkan dengan uji potensinya seperti sifat antagonis terhadap *F. oxysporum* f.sp. *cepae*, analisis aktivitas enzim peroksidase, uji produksi enzim kitinase, uji produksi IAA dan uji daya hambat senyawa organik volatil. Lima isolat terbaik dipilih berdasarkan AHP. Isolat tersebut digunakan untuk uji keefektifan isolat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae terhadap *F. oxysporum* f.sp. *cepae* di rumah kaca. Pengujian di rumah kaca menggunakan rancangan acak kelompok dengan delapan perlakuan, tiga ulangan dan 22 tanaman tiap ulangan. Aplikasi aktinomiset menggunakan metode pelukaan dan perendaman, sedangkan aplikasi cendawan *F. oxysporum* f.sp. *cepae* dilakukan pada saat penanaman. Tanaman dipelihara dan diamati masa inkubasi dan dicatat kejadian dan keparahan penyakit, tinggi tanaman dan jumlah anakan. Tanaman juga dianalisis enzim peroksidase dan kitinasenya. Terakhir dilakukan uji kolonisasi dan identifikasi secara molekuler menggunakan primer universal aktinomiset 27F dan 16Sact1114R pada lima isolat terbaik isolat.

Hasil pengamatan di lapang, ditemukan tiga gejala tanaman busuk pangkal umbi yaitu daun klorosis dan memelintir, daun pipih dan tanaman layu serta ujung daun mengering dan umbi membusuk. Sebanyak delapan isolat cendawan *Fusarium* spp. berhasil diisolasi yang memiliki morfologi berbeda dan menyebabkan gejala yang berbeda. Hasil identifikasi dari delapan isolat *Fusarium* spp. tersebut adalah lima isolat adalah *F. solani*, dua isolat merupakan *F. oxysporum* dan satu isolat adalah *F. proliferatum*. Hasil aplikasi DNA menggunakan primer spesifik *F. oxysporum* f.sp. *cepae*, berhasil mendeteksi isolat BC4 dan BBS6 pada ketiga primer tersebut. Infeksi cendawan *F. solani* menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat (*stunting*) dan ujung daun mengering, *F. oxysporum* f.sp. *cepae* menyebabkan gejala daun klorosis dan memelintir, sedangkan *F. proliferatum* menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, daun memelintir dan ujung daun mengering. *F. oxysporum* f.sp. *cepae* memiliki tingkat virulensi yang lebih tinggi dibandingkan dua spesies lainnya.

Sebanyak 64 isolat aktinomiset endofit berhasil diisolasi dari 11 jenis tanaman Liliaceae dari 4 daerah. Sebanyak 27 isolat dari Brebes, 19 isolat dari Bengkulu, 11 isolat dari Cianjur dan 7 isolat dari Bogor. Sebanyak 24 isolat negatif uji keamanan hayati, 12 isolat mampu menghambat *F. oxysporum* f.sp. *cepae* secara *in vitro* diatas 50%, 6 isolat 30-49% dan 6 isolat kurang dari 10%. Mekanisme penghambatan berupa antibiosis, lisis dan induksi ketahanan. Aktinomiset endofit Liliaceae juga berpotensi sebagai pemacu pertumbuhan dengan memproduksi hormon IAA. Lima isolat terbaik yang diperoleh adalah isolat SGLK2 (dari

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

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

tanaman lili hujan dari Brebes), BOR1 (dari Bawang merah organik dari Bogor), SDLO6 dan SDLO9 (Lili laba-laba dari Brebes) dan SGLK1 (Lili hujan dari Brebes).

Aplikasi isolat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae mampu mengurangi masa inkubasi dan efektif mengurangi perkembangan penyakit busuk pangkal umbi pada tanaman bawang merah. Tiga isolat (SGLK2, BOR1 dan SGLK1) mampu menekan perkembangan penyakit busuk pangkal umbi bawang merah di rumah kaca. Aplikasi aktinomiset endofit tanaman Liliaceae lebih efektif menghambat pertumbuhan cendawan *F. oxysporum* f.sp. *cepa* dibandingkan dengan aplikasi fungisida kimia sintetik berbahan aktif mankozeb 80% dengan konsentrasi 2 g/L. Keefektifan penekanan tertinggi pada perlakuan SGLK2+Foc sebesar 21,88% dan terendah pada perlakuan BOR1+Foc sebesar 6,26%. Inokulasi aktinomiset endofit tanaman Liliaceae mampu meningkatkan ketahanan tanaman bawang merah dilihat dari aktivitas enzim peroksidase dan kitinase, namun tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan bawang merah. Lima terbaik isolat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae diidentifikasi sebagai *Streptomyces* sp.

Kata kunci: Brebes, *Fusarium*, identifikasi molekuler, induksi ketahanan, primer spesifik, *Streptomyces*

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.



UWO O CT[

LISA MARIANAH. Potential of Endophytic Actinomycetes of Liliaceae as Biocontrol Agents of Basal Plate Rot Diseases (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*) on Shallots. Supervised by ABDJAD ASIH NAWANGSIH, ABDUL MUNIF, GIYANTO, and EFI TODING TONDOK.

Indonesia is one of the shallot-producing countries and has exported it to several countries, such as Malaysia, Thailand, and Singapore. Shallot productivity in Indonesia is still low and can still be increased. Factors causing the low national shallot production include attacks by pathogens that cause basal plate rot, namely *Fusarium* spp. complex species. Basal plate rot is a detrimental disease in shallot plants in Indonesia and worldwide because it causes damage in the field and storage. The pathogen that causes this disease in Indonesia has yet to be identified with certainty, whether it is only caused by one species or more.

Control efforts at the farmer level currently still rely on synthetic chemical fungicides. Systemic application of chemical fungicides can cause a reduction in the population of beneficial microbes, including endophyte actinomycetes in plants. Reduced abundance of beneficial microbes in plants makes plants more susceptible to pathogens. Biological agents are an alternative control that is expected to reduce fungicide applications and be environmentally safe. Several biological agents that have been studied can suppress the development of basal plate rot, including *Bacillus velezensis*, *Trichoderma* sp., non-pathogenic *Fusarium*, and rhizosphere actinomycetes.

Currently, in Indonesia, no research reveals the potential of endophytic actinomycetes of Liliaceae plants to suppress the development of basal plate rot disease on shallot plants. Endophytic actinomycetes were a group of bacteria reported to have potential as biocontrol agents. Endophytic actinomycetes were the largest producers of secondary metabolites containing antibiotics, producing antifungal bioactive compounds that induce resistance and stimulate plant growth. Compared to other biocontrol agents, the ability to directly inhibit pathogens and induce plant resistance is an advantage of endophytic actinomycetes. Endophytic actinomycetes live in plant tissue, thus providing the benefit of reducing external disturbing factors. It is feared that the high intensity of pesticide application in shallot cultivation will cause a reduction in the abundance of beneficial microbes so that other plants in the Liliaceae family group are needed as a source of endophytic actinomycete isolates.

This research aimed to 1) identify and study the morphology of *Fusarium* spp. complex species causes of basal plate rot disease on shallots of Java; 2) examine the symptoms of basal plate rot disease on shallots due to infection by the pathogenic fungus *Fusarium* spp.; 3) obtain potential endophytic actinomycete isolates in suppressing the growth of the fungus *F. oxysporum* f.sp. *cepae*; 4) evaluate the mechanism of endophytic actinomycetes inhibition against *F. oxysporum* f.sp. *cepae*.

The research consisted of 4 stages: 1) isolation of the fungus *Fusarium* spp. and endophytic actinomycetes of Liliaceae plants; 2) testing the potential of endophytic actinomycetes as biocontrol agents; 3) testing the effectiveness of actinomycete isolates against *F. oxysporum* f.sp. *cepae*; 4) colonization test and

molecular identification of endophytic actinomycete isolates. The fungus *F. oxysporum* f.sp. *cepaie* was isolated from shallot plants and had basal plate rot disease symptoms from Brebes. The pure isolate was observed for its morphology, tested for pathogenicity on shallot bulbs and plants, and then identified molecularly using universal primers and specific primers (SIX3, C5, and CRX1).

Endophytic actinomycetes were isolated from Liliaceae family plants using WYA, CSA, and YEMA growth media. Isolates were confirmed by morphological observation and purified on ISP2 media. The isolate was tested for biosafety using a hypersensitivity reaction and hemolysis test, followed by a potency test such as antagonistic properties against *F. oxysporum* f.sp. *cepaie*, peroxidase enzyme activity analysis, chitinase enzyme production test, IAA production test, and volatile organic compound inhibition test. The five best isolates were selected based on AHP. These isolates were used to test the effectiveness of endophytic actinomycete isolates from Liliaceae plants against *F. oxysporum* f.sp. *cepaie* in the greenhouse. The Experiment in the greenhouse used a randomized block design with eight treatments, three replications, and 22 plants a replication. The actinomycete application uses wounding and soaked methods, while the application of the fungus *F. oxysporum* f.sp. *cepaie* inoculated at the time of planting. Observation parameters consist of the incubation period, the disease incidence and severity, plant height, number of tillers, and analysis of peroxidase and chitinase enzymes recorded. Finally, colonization and molecular identification tests were carried out using universal actinomycete primers 27F and 16Sact1114R on the five best isolates.

As a result of observations in the field, three symptoms of basal plate rot disease were found, namely chlorotic and twisted leaves, flat leaves, wilted plants, and dry leaf tips and rotting tubers. Eight isolates of *Fusarium* spp. have been isolated, and they have different morphologies and cause various symptoms. The identification results of eight isolates of *Fusarium* spp. of these, five isolates were *F. solani*, two isolates were *F. oxysporum*, and one isolate was *F. proliferatum*. The results of DNA application using specific primers for *F. oxysporum* f.sp. *cepaie* succeeded in detecting BC4 and BBS6 isolates using the three primers. *F. solani* fungus infection causes stunted plant growth and dry leaf tips, *F. oxysporum* f.sp. *cepaie* causes symptoms of chlorosis and twisting of leaves, while *F. proliferatum* causes stunted plant growth, twisting of leaves, and drying of leaf tips. *F. oxysporum* f.sp. *cepaie* has a higher level of virulence than the other two species.

Sixty-four endophytic actinomycete isolates were isolated from 11 types of Liliaceae plants from 4 regions. There were 27 isolates from Brebes, 19 from Bengkulu, 11 from Cianjur, and seven from Bogor. A total of 24 isolates were negative for the biosafety test; 12 isolates could inhibit *F. oxysporum* f.sp. *cepaie* in vitro was above 50%, six isolates 30-49%, and six isolates less than 10%. Inhibitory mechanisms include antibiosis, lysis, and resistance induction. Liliaceae endophytic actinomycetes also have the potential to stimulate growth by producing the hormone IAA. The five best isolates obtained were SGLK2 and SGLK1 from rain lilies from Brebes, BOR1 from organic shallots from Bogor, SDLO6 and SDLO9 from orange lilies from Brebes.

Application of Liliaceae endophytic actinomycete isolates can reduce the incubation period and effectively reduce the development of basal plate rot disease in shallot plants. Three isolates (SGLK2, BOR1, and SGLK1) could suppress

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.



greenhouse basal plate rot disease growth. The application of endophytic actinomycetes on Liliaceae plants was more than adequate in inhibiting the fungus *F. oxysporum* f.sp. *cepae* growth compared with applying a synthetic chemical fungicide containing the active ingredient 80% mancozeb at a concentration of 2 g/L. The highest suppression effectiveness was in the SGLK2+Foc treatment at 91.88%, and the lowest was in the BOR1+Foc treatment at 6.26%. Inoculation of endophyte actinomycetes of Liliaceae plants can increase plant resistance, as seen from the activity of peroxidase and chitinase enzymes, but did not affect plant height and number of shallot seedlings. The five isolates best of endophyte actinomycetes from Liliaceae plants identified as *Streptomyces* sp.

Keywords: Brebes, *Fusarium*, molecular identification, resistance induction, specific primers, *Streptomyces*.

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, Tahun 2024
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk 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 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.

**POTENSI AKTINOMISET ENDOFIT TANAMAN LILIACEAE
SEBAGAI AGENS PENGENDALI PENYAKIT
BUSUK PANGKAL UMBI (*Fusarium oxysporum f.sp. cepae*)
PADA BAWANG MERAH**

LISA MARIANAH

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

**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Prof. Dr. Ir. Widodo, M.S.
2. Dr. Ir. Diny Dinarti, M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

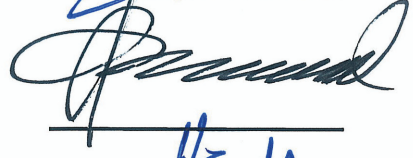
1. Prof. Dr. Dedi Nursyamsi, M. Agr.
2. Prof. Dr. Ir. Widodo M.S.

Judul Disertasi : Potensi Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae sebagai Agens Pengendali Penyakit Busuk Pangkal Umbi (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*) pada Bawang Merah
Nama : Lisa Marianah
NIM : A3602211001

Disetujui oleh

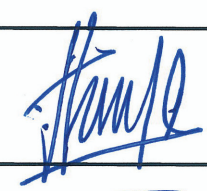
Pembimbing 1:
Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M.Si.






Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Abdul Munif, M.Sc. Agr.

Pembimbing 3:
Dr. Ir. Giyanto, M.Si.





Pembimbing 4:
Dr. Efi Toding Tondok, S.P. M.Sc. Agr.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M. Si.
NIP. 196506211989102001







Dekan Fakultas Pertanian
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc. Agr.
NIP. 196902121992031003

Tanggal Ujian:
30 Juli 2024

Tanggal Lulus: 14 AUG 2024

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.

PRAKATA

Syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas nikmat yang Allah *subhanaahu wa ta'ala* berikan, sehingga disertasi ini berhasil diselesaikan. Penelitian sudah dilaksanakan sejak bulan Agustus 2022 sampai dengan bulan Juni 2024 dengan tema Eksplorasi agens biokontrol, dengan judul “Potensi Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae sebagai Agens Pengendali Penyakit Busuk Pangkal Umbi (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*) pada Bawang Merah”.

Penulis sampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis terutama kepada Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M.Si., Prof. Dr. Ir. Abdul Munif, M.Sc. Agr., Dr. Ir. Giyanto, M. Si dan Dr. Efi Toding Tondok, SP, MSc. Agr. selaku dosen pembimbing disertasi yang telah memberikan banyak saran, masukan kepada penulis dalam setiap tahapan penelitian dan penulisan disertasi, serta memberikan bimbingan dan motivasinya selama menempuh pendidikan di Program Doktor Fitopatologi. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada dosen penguji luar komisi Prof. Dr. Dedy Nursyamsi Plt. Kepala Badan SDM Pertanian, Kementerian Pertanian, Prof. Dr. Ir. Widodo, M.S., Dosen Departemen Proteksi Tanaman IPB dan Dr. Ir. Diny Dinarti, M.Si. Dosen Departemen Agronomi dan Hortikultura, yang telah berkenan menjadi dosen penguji luar komisi pada sidang tertutup dan sidang terbuka. Terima kasih telah memberikan saran masukan dalam penyempurnaan laporan Disertasi ini.

Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian (BPPSDMP), Kementerian Pertanian atas fasilitas beasiswa Program Doktor di Institut Pertanian Bogor (IPB) yang telah diberikan, serta kepada IPB, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) yang telah memfasilitasi biaya penelitian melalui Program Skema Penelitian Kolaborasi Nasional (Ri-Na) tahun anggaran 2023-2024 di lingkup IPB. Terima kasih kepada Dekan Sekolah Pascasarjana, Dekan Fakultas Pertanian, dan Ketua Program Studi Fitopatologi IPB beserta staf yang telah memberikan kemudahan dalam proses administrasi akademik dan penggunaan fasilitas selama studi terutama pada saat pelaksanaan penelitian.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Kepala Balai Pelatihan Pertanian (BPP) Jambi yang telah memberikan izin tugas belajar Program Doktor di IPB, terima kasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman Widyaiswara dan para staf BPP Jambi yang telah banyak memberikan dukungan, serta motivasi. Penulis menyampaikan terima kasih atas dukungan dan motivasi yang tiada henti dari teman-teman tim sukses penelitian (Alisya, Karisma, Mas Sobi, dan Jihan), sahabat-sahabat seperjuangan S3 FIT 21 (Pak Hari, Pak Deden MbK Khaerati dan Pak Wawan) serta teman-teman dari Laboratorium Mikologi, Bakteriologi dan Nematologi,

Ungkapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada Suamiku Etmon Juliansyah S.KM. M.Si., Ibunda tercinta Sihamni, Saudaraku Ninsi Harni, S. Hut., Yesi Wisatina, SH, MH., Subhan Wicaksono, S.Pd. dan Indah Fitriana, S.Pd. serta seluruh keluarga besarku dan keluarga besar suamiku yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah mendukung, mendoakan, dan memberikan kasih sayangnya. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Bapak/Ibu dan teman-teman serta semua pihak yang berperan dan tidak bisa saya sebutkan satu perastu

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.

atas doa, bantuan dan dukungan tenaga dan waktu selama penulis menempuh Pendidikan di Program Doktor. Semoga Allah SWT membalas kebaikan Bapak/Ibu dan teman-teman semua. Semoga disertasi ini memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2024

Lisa Marianah

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	5
1.7 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Bawang Merah (<i>Allium cepa</i> var. <i>aggregatum</i>)	7
2.1.1 Morfologi	7
2.1.2 Syarat Tumbuh	8
2.1.3 Hama dan Penyakit Utama Tanaman Bawang Merah	9
2.2 Penyakit Busuk Pangkal Umbi (<i>Basal plate rot disease</i>) Bawang Merah	9
2.2.1 Gejala Penyakit Busuk Pangkal Umbi Bawang	9
2.2.2 Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Umbi Bawang	10
2.2.3 Siklus Penyakit Busuk Pangkal Umbi Bawang Merah	11
2.2.4 Penyakit Busuk Pangkal Umbi Bawang dan Faktor yang Memengaruhi Perkembangan Penyakit	11
2.3 Aktinomiset	12
2.3.1 Aktinomiset dan Taksonominya	12
2.3.2 Pemanfaatan Aktinomiset Endofit sebagai Agens Biokontrol	13
III. CENDAWAN PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL UMBI BAWANG MERAH	15
3.1 Pendahuluan	15
3.2 Bahan dan Metode	16
3.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2.2 Isolasi dan Karakterisasi Cendawan <i>Fusarium</i> spp. Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Umbi pada Bawang Merah	16
3.2.3 Identifikasi Cendawan <i>Fusarium</i> spp. Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Umbi pada Bawang Merah Secara Molekuler	16
3.2.4 Uji Patogenisitas Cendawan <i>Fusarium</i> spp. pada Umbi Bawang Merah	18
3.2.5 Uji Patogenisitas Cendawan <i>Fusarium</i> spp. pada Tanaman Bawang Merah di Rumah Kaca	19
3.3 Hasil dan Pembahasan	19
3.3.1 Cendawan <i>Fusarium</i> spp. Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Umbi pada Bawang Merah	19
3.3.2 Identitas Cendawan <i>Fusarium</i> spp. Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Umbi pada Bawang Merah	23



3.3.3	Patogenisitas Isolat <i>Fusarium</i> spp. pada Umbi Bawang Merah	25
3.3.4	Patogenisitas Isolat <i>Fusarium</i> spp. pada Tanaman Bawang Merah	26
3.3.5	Variasi Gejala Penyakit Busuk Pangkal Umbi Bawang Merah di Rumah Kaca	27
3.4	Simpulan	30
IV.	POTENSI AKTINOMISET ENDOFIT TANAMAN LILIACEAE SEBAGAI AGENS BIOKONTROL CENDAWAN <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL UMBI	31
4.1	Pendahuluan	31
4.2	Bahan dan Metode	32
4.2.1	Tempat dan Waktu Penelitian	32
4.2.2	Eksplorasi Aktinomiset Endofit	32
4.2.3	Uji Keamanan Hayati	33
4.2.4	Analisis Aktivitas Enzim Peroksidase (PO)	34
4.2.5	Uji Antagonisme Isolat Aktinomiset Endofit Terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	35
4.2.6	Uji Kemampuan Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae dalam Memproduksi Enzim Kitinase	35
4.2.7	Uji Kemampuan Memproduksi IAA	36
4.2.8	Uji Senyawa Volatil Organik (VOC) Terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	36
4.2.9	Analitical Hierarchy Process (AHP)	37
4.3	Analisis Data	38
4.4	Hasil dan Pembahasan	38
4.4.1	Kelimpahan Aktinomiset Endofit pada Tanaman Liliaceae	38
4.4.2	Isolat Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae yang Aman untuk Diaplikasikan	41
4.4.3	Kemampuan Isolat Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae Cendawan Patogen <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	42
4.4.4	Kemampuan Daya Hambat Volatile Organic Compound (VOC) Isolat Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae Terhadap <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	45
4.4.5	Kemampuan Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae dalam Menginduksi Ketahanan dengan Berdasarkan Aktivitas Enzim Peroksidase (PO)	46
4.4.6	Kemampuan Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae Memproduksi Enzim Kitinase	46
4.4.7	Kemampuan Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae dalam Memproduksi IAA	47
4.4.8	Isolat Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae Potensial Berdasarkan Hasil <i>Analitical Hierarchy Process</i> (AHP)	49
4.5	Simpulan	50
V.	KEEFEKTIFAN AKTINOMISET ENDOFIT TANAMAN LILIACEAE SEBAGAI AGENS BIOKONTROL PATOGEN PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL UMBI BAWANG MERAH	51
5.1	Pendahuluan	51
5.2	Bahan dan Metode	52

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

5.2.1	Tempat dan Waktu Penelitian	52
5.2.2	Uji Keefektifan Isolat Aktinomiset Endofit terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> di Rumah Kaca	52
5.2.3	Analisis Aktivitas Enzim Peroksidase (PO) dan Kitinase	55
5.2.4	Uji Kolonisasi Isolat Aktinomiset Endofit pada Tanaman Bawang Merah	56
5.2.5	Identifikasi Isolat Aktinomiset Endofit Secara Molekuler	57
5.3	Analisis Data	57
5.4	Hasil dan Pembahasan	57
5.4.1	Gejala Penyakit Busuk Pangkal Umbi Bawang Merah	57
5.4.2	Keefektifan Aktinomiset Endofit terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> di Rumah Kaca	58
5.4.3	Pengaruh Isolat Aktinomiset Endofit terhadap Pertumbuhan Bawang Merah	62
5.4.4	Mekanisme Induksi Ketahanan Isolat Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae	64
5.4.5	Kemampuan Kolonisasi Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae pada Bawang Merah	65
5.4.6	Identitas Isolat Aktinomiset Endofit Tanaman Liliaceae Potensial	66
5.5	Simpulan	69
VI.	PEMBAHASAN UMUM	71
VII.	SIMPULAN DAN SARAN	74
7.1	Simpulan	74
7.2	Saran	74
	DAFTAR PUSTAKA	77
	LAMPIRAN	91





@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 TABEL

3.1	Gen target, primer, runutan basa, suhu annealing dan produk PCR yang digunakan untuk identifikasi cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi <i>pada</i> bawang merah	18
3.2	Karakteristik morfologi <i>Fusarium</i> spp. isolat BC	20
3.3	Karakteristik morfologi <i>Fusarium</i> spp. isolat BBS	23
3.4	Penyelarasan hasil sekuensing isolat <i>Fusarium</i> spp. dengan data di <i>Genebank</i>	24
4.1	Kriteria dan pembobotan seleksi aktinomiset endofit berdasarkan <i>Analytical Hierarchy Process</i>	37
4.2	Isolat aktinomiset endofit asal tanaman Liliaceae yang aman untuk digunakan sebagai agens biokontrol	39
4.3	Kemampuan aktinomiset endofit dalam menghasilkan aktivitas enzim peroksidase (PO), indeks kitinolitik dan konsentrasi IAA dalam filtrat	48
5.1	Perlakuan uji keefektifan aktinomiset endofit terhadap penyakit busuk pangkal umbi bawang merah di rumah kaca	53
5.2	Skala skoring gejala penyakit busuk pangkal umbi bawang merah	55
5.3	Masa inkubasi, AUDPC kejadian penyakit, AUDPC keparahan penyakit dan tingkat hambatan relatif aktinomiset endofit tanaman Liliaceae terhadap <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	59
5.4	Kejadian dan keparahan penyakit busuk pangkal umbi terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan bawang merah dengan perlakuan aktinomiset endofit tanaman Liliaceae	63
5.5	Aktivitas enzim peroksidase dan enzim kitinase pada tanaman bawang merah yang diinokulasi dengan <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> dan aktinomiset endofit tanaman Liliaceae	64
5.6	Hasil pensejajaran urutan basa DNA aktinomiset endofit tanaman Liliaceae dengan data di <i>Genebank</i>	67
5.7	Identitas isolat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae berdasarkan analisis hubungan kekerabatan	69

DAFTAR GAMBAR

1.1	Diagram alur penelitian	5
1.1	Morfologi bawang merah	7
1.1	Gejala penyakit busuk pangkal umbi pada bawang merah hasil pengamatan di lapangan	20
1.2	Karakteristik makroskopis dan mikroskopis cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi bawang merah isolat BC.	21
1.3	Karakteristik makroskopis dan mikroskopis cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi bawang merah isolat BBS.	22
1.4	Hasil amplifikasi DNA cendawan <i>Fusarium</i> spp.	24
1.5	Pohon filogenetik isolat cendawan <i>Fusarium</i> spp. menggunakan Mega X dengan metode <i>Neighbor-Joining 1000 bootstrap replications</i>	25
3.6	Tingkat virulensi isolat <i>Fusarium</i> spp pada umbi bawang merah varietas ‘Bima Brebes’	26
3.7	Variasi gejala penyakit busuk pangkal umbi pada bawang merah akibat infeksi cendawan <i>Fusarium</i> spp. di rumah kaca	28
4.1	Penempatan isolat aktinomiset endofit dan cendawan <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> pada uji antagonis	35
4.2	Tanaman kelompok famili Liliaceae yang berhasil dikumpulkan dari 4 daerah (Brebes, Cianjur, Bogor dan Bengkulu)	38
4.3	Kelimpahan populasi isolat aktinomiset endofit asal tanaman Liliaceae berdasarkan lokasi pengambilan sampel dan jenis tanaman Liliaceae asal isolat serta jumlah isolat memenuhi keamanan hayati	40
4.4	Karakteristik koloni 24 isolat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae yang aman digunakan sebagai agens biokontrol.	41
4.5	Hasil amplifikasi DNA 24 isolat aktinomiset endofit asal tanaman Liliacea menggunakan primer universal aktinomiset	42
4.6	Kemampuan penghambatan isolat aktinomiset endofit tanaman liliaceae terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> secara <i>in vitro</i>	43
4.7	Daya hambat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	44
4.8	Pengaruh aktinomiset endofit asal tanaman Liliaceae terhadap hifa <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> pada uji antagonisme	45
4.9	Kemampuan senyawa organik volatil isolat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae dalam menghambat pertumbuhan cendawan <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	46
4.10	Kemampuan isolat aktinomiset endofit asal tanaman Liliaceae dalam produksi enzim kitinase pada media agar kitin umur isolat 5 hari.	47
4.11	Kemampuan isolat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae dalam memproduksi IAA secara kolorimetrik.	49
4.12	Isolat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae terbaik berdasarkan hasil <i>analical hierarchy process</i> (AHP).	50
5.1	Skala gejala penyakit busuk pangkal umbi yang disebabkan <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> pada bawang merah umur 14 hari di rumah kaca	58

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



5.2	Gejala penyakit busuk pangkal umbi pada tanaman bawang merah berdasarkan umut tanaman.	58
5.3	Kurva perkembangan kejadian penyakit busuk pangkal umbi tanaman bawang merah di rumah kaca.	61
5.4	Kurva perkembangan keparahan penyakit busuk pangkal umbi tanaman bawang merah di rumah kaca.	61
5.5	Tingkat hambatan relatif aktinomiset endofit tanaman Liliaceae terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> penyakit bususk pangkal umbi bawang merah	62
5.6.	ertumbuhan koloni mutan rifampisin isolat aktinomiset endofit asal tanaman Liliaceae pada uji kolonisasi.	66
5.7	Pohon filogenetik isolat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae berdasarkan MEGA X dengan metode <i>Neighbor-Joining</i> dan 1000 <i>bootstrap replications</i>	68

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.	Sekuen nukleotida cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi bawang merah isolat BC1	91
2.	Sekuen nukleotida cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi bawang merah isolat BC2	91
3.	Sekuen nukleotida cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi bawang merah isolat BC3	91
4.	Sekuen nukleotida cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi bawang merah isolat BC4	92
5.	Sekuen nukleotida cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi bawang merah isolat BBS1	92
6.	Sekuen nukleotida cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi bawang merah isolat BBS4	92
7.	Sekuen nukleotida cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi bawang merah isolat BBS5	93
8.	Sekuen nukleotida cendawan <i>Fusarium</i> spp. penyebab penyakit busuk pangkal umbi bawang merah isolat BBS6	93
9.	Tingkat keparahan penyakit busuk pangkal umbi pada umbi bawang merah	93
10.	Gejala penyakit busuk pangkal umbi akibat infeksi cendawan <i>Fusarium</i> spp. di awal fase pertumbuhan, dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat (<i>stunting</i>).	94
11.	Gejala penyakit busuk pangkal umbi akibat infeksi cendawan <i>Fusarium</i> spp. setelah tanaman tumbuh dapat menyebabkan ujung daun mengering, daun memelintir, jumlah anakan berkurang, tanaman layu dan mati.	94
12.	Keanekaragaman morfologi isolat aktinomiset endofit tanaman Liliaceae pada media ISP2 12 hsi	95
13.	Persentase penghambatan aktinomiset endofit tanaman Liliaceae dan VOC terhadap cendawan <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	96
14.	Penempatan polybag di rumah kaca menggunakan rancangan acak kelompok (RAK).	97
15.	Sidik ragam pengaruh aktinomiset endofit tanaman Liliceae terhadap masa inkubasi penyakit busuk pangkal umbi bawang merah di rumah kaca	97
16.	Sidik ragam AUDPC kejadian penyakit busuk pangkal umbi bawang merah di rumah kaca	97
17.	Sidik ragam AUDPC keparahan penyakit busuk pangkal umbi bawang merah di rumah kaca	97
18.	Sidik ragam pengaruh aktinomiset endofit tanaman Liliceae terhadap kejadian penyakit busuk pangkal umbi bawang merah di rumah kaca	98
19.	Sidik ragam pengaruh aktinomiset endofit tanaman Liliceae terhadap keparahan penyakit busuk pangkal umbi bawang merah di rumah kaca	98
20.	Sidik ragam pengaruh aktinomiset endofit tanaman Liliceae terhadap tinggi tanaman umbi bawang merah di rumah kaca	98
21.	Sidik ragam pengaruh aktinomiset endofit tanaman Liliceae terhadap jumlah anakan bawang merah di rumah kaca	98

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

22. Sekuen nukleotida gen 16S rRNA aktinomiset endofit tanaman Liliaceae isolat SGLK2	99
23. Sekuen nukleotida gen 16S rRNA aktinomiset endofit tanaman Liliaceae isolat BOR1	99
24. Sekuen nukleotida gen 16S rRNA aktinomiset endofit tanaman Liliaceae isolat SDLO6	100
25. Sekuen nukleotida gen 16S rRNA aktinomiset endofit tanaman Liliaceae isolat SDLO9	100
26. Sekuen nukleotida gen 16S rRNA aktinomiset endofit tanaman Liliaceae isolat SGLK1	101

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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