

APLIKASI *IN PLANTA* *Streptomyces* sp. PENGHASIL ENZIM GLUKANASE DALAM MENGENDALIKAN *Fusarium oxysporum* DAN ANALISIS PROFIL MIKROBIOM RIZOSFER

DELLA INDAH MEDANI



**PROGRAM STUDI MIKROBIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

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



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Aplikasi *In Planta Streptomyces* sp. Penghasil Enzim Glukanase dalam Mengendalikan *Fusarium oxysporum* dan Analisis Profil Mikrobiom Rizosfer” 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 tesis ini.

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

Bogor, Juni 2026

Della Indah Medani
G3501241035

- 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

DELLA INDAH MEDANI. Aplikasi *In Planta Streptomyces* sp. Penghasil Enzim Glukanase dalam Mengendalikan *Fusarium oxysporum* dan Analisis Profil Mikrobiom Rizosfer. Dibimbing oleh ARIS TRI WAHYUDI, IVAN PERMANA PUTRA dan ABDJAD ASIH NAWANGSIH.

Fusarium oxysporum merupakan cendawan fitopatogen yang menginfeksi tanaman pertanian melalui tanah. Infeksi *Fusarium* pada tanaman kedelai mencapai 60% dan mengakibatkan kerugian ekonomi yang besar bagi petani kedelai setiap tahun di seluruh dunia. Dinding sel cendawan tersebut mengandung 88–90% β -glukan sehingga sulit untuk dihambat. Penggunaan fungisida sintetik dalam mengatasi infeksi tersebut dilaporkan berdampak buruk bagi lingkungan dan meningkatkan resisten patogen. Maka dari itu, untuk mengatasi hal tersebut dihadirkan *Streptomyces* sebagai mikrob rizosfer menjadi agens pengendali hayati bersifat ramah lingkungan yang memiliki kemampuan menghasilkan enzim β -1,3-glukanase. Enzim β -1,3-glukanase mampu menghidrolisis ikatan β -1,3-glikosidik pada glukan yang menyusun dinding sel cendawan. Penggunaan *Streptomyces* yang sudah diketahui potensinya pada penelitian sebelumnya sebagai penghasil enzim glukanase, menginisiasi penelitian ini untuk mengetahui aktivitas *Streptomyces* pada tanah perakaran (rizosfer) tanaman kedelai dalam menghambat aktivitas cendawan fitopatogen *F. oxysporum* melalui aplikasi *in planta*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan *Streptomyces* penghasil enzim glukanase dalam mengendalikan penyakit busuk akar yang disebabkan *F. oxysporum* dan menganalisis profil mikrobiom rizosfer kedelai.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa prosedur kerja meliputi peremajaan ulang koleksi *Streptomyces* spp. yang sudah berpotensi sebagai penghasil enzim glukanase. Uji verifikasi terhadap *Streptomyces* spp. terkait aktivitas glukanolitik dan antifungalnya. Evaluasi virulensi dari *F. oxysporum* terhadap benih kedelai. Pengamatan insidensi dan reduksi penyakit pada tanaman kedelai dilakukan secara *in planta* di rumah kaca, sedangkan untuk analisis metagenom ampikon 16S rRNA untuk mengetahui profil mikrobiom rizosfer dipilih sampel tanah rizosfer dari tanaman sakit dan sehat dari perlakuan yang sudah diberi formula terbaik. Data terkait insidensi penyakit, reduksi penyakit ditabulasi pada Microsoft Excel 2021, dilanjutkan uji Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% untuk uji di laboratorium. Analisis secara statistik dengan ANOVA *two-way* dan uji Tukey pada taraf nyata 5% untuk data dari pengamatan di rumah kaca dan visualisasi data menggunakan RStudio. Analisis metagenom menggunakan Dorado, NanoPlot, dan RStudio (R versi 4.3).

Streptomyces spp. dengan kode ARJ 32, ARJ 38, ARJ 42, dan ARJ 44 memiliki aktivitas glukanolitik dan antifungi dengan aktivitas tertinggi diamati pada isolat *Streptomyces* ARJ 32 dan ARJ 44. Media alternatif terpilih yang digunakan perbanyakkan biomassa sel *Streptomyces* ARJ 32 dan ARJ 44 sebagai bahan yang dicampur pada formula padat gambut adalah ekstrak ubi jalar dengan biomassa kering pada kisaran 4,11 - 4,48 mg/ml. Empat kemasan formula dengan kode F32G, F32NG, F44G, dan F44NG mampu mempertahankan viabilitas sel *Streptomyces* dengan konsentrasi $4,0 \times 10^6$ - $8,0 \times 10^7$ CFU g⁻¹ yang disimpan selama 38 minggu. Aplikasi *in planta* memperoleh dua formula terbaik yaitu



F32NG dan F44G yang efektif dan signifikan pada tanah non steril dalam menurunkan insidensi penyakit dengan tingkat infeksi sebesar 54% menjadi 4% yang diberi formula F32NG dan 12% yang diberi formula F44G, sehingga mampu mereduksi penyakit pada tanaman kedelai yang terinfeksi *F. oxysporum* 92% pada formula F32NG dan 77% pada formula F44G.

F32NG yang mengandung kultur dari *S. tendae* ARJ 32 menjadi formula terbaik yang mampu memperbaiki pertumbuhan rambut akar kedelai tanpa menunjukkan tilosis pada pembuluh xilem akar melalui pengamatan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Pemberian formula F32NG sebagai agens biokontrol *F. oxysporum* mampu berinteraksi secara sinergis dengan mikrobiom rizosfer asli dan membentuk struktur mikrobiom. Modulasi ini meningkatkan kelimpahan bakteri pemacu tumbuh tanaman (PGPR), sehingga mendukung ketahanan dan kesehatan tanaman secara keseluruhan. Temuan tersebut menegaskan bahwa formula *S. tendae* ARJ 32 berpotensi sebagai agens biokontrol cendawan fitopatogen *F. oxysporum* yang efektif, berkelanjutan, sinergis, dan stabil di tanah alami melalui aktivitas antifungi dan memengaruhi struktur profil komunitas mikrobiom rizosfer.

Kata kunci: biokontrol, formula, pertumbuhan, kedelai, tanah

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.



SUMMARY

DELLA INDAH MEDANI. *In Planta* Application of *Streptomyces* sp. Glucanase Enzyme in Controlling *Fusarium oxysporum* and Analysis of Rhizosphere Microbiome Profiles. Supervised by ARIS TRI WAHYUDI, IVAN PERMANA PUTRA, and ABDJAD ASIH NAWANGSIH.

Fusarium oxysporum is a phytopathogenic fungus that infects agricultural crops through the soil. *Fusarium* infections in soybean crops reach 60% and result in significant economic losses for soybean farmers worldwide each year. The fungal cell wall contains 88–90% β -glucan, making it difficult to inhibit. The use of synthetic fungicides to control this infection has been reported to negatively impact the environment and increase pathogen resistance. Therefore, to overcome this issue, *Streptomyces*, a rhizosphere microbe, is introduced as an environmentally friendly biocontrol agent capable of producing the enzyme β -1.3-glucanase. The β -1.3-glucanase enzyme is capable of hydrolyzing the β -1.3-glycosidic bonds in glucans in these cendawan. The use of *Streptomyces*, whose potential as a glucanase producer has been recognized in previous research, prompted this study to determine the activity of *Streptomyces* in the rhizosphere of soybean plants in inhibiting the phytopathogenic fungus *F. oxysporum* through in-plant application. This study aimed to evaluate the ability of glucanase-producing *Streptomyces* to control root rot caused by *F. oxysporum* and analyze the soybean rhizosphere microbiome profile.

This research was conducted through several work procedures, including rejuvenation of a collection of *Streptomyces* spp. that already have potential as glucanase enzyme producers. Verification tests on *Streptomyces* spp. for their glucanolytic and antifungal activities were conducted on *Streptomyces* spp., and evaluation of the virulence of *F. oxysporum* on soybean seedlings. Observations of disease incidence and reduction in soybean plants were conducted in planta in a greenhouse. 16S rRNA amplicon metagenome analysis for knowing rhizosphere microbiome profiles included rhizosphere soil samples from diseased and healthy plants treated with the best formula. Data related to disease incidence and disease reduction tabulated in Microsoft Excel 2021. Duncan's test with a 95% confidence level for laboratory testing. Statistical analysis was performed using two-way ANOVA and Tukey's test at a 5% significance level for greenhouse observations and the visualization of data used RStudio. Dorado, NanoPlot, and RStudio (R version 4.3) were used for metagenome analysis.

Streptomyces spp. with codes ARJ 32, ARJ 38, ARJ 42, and ARJ 44 had glucanolytic and antifungal activities with the highest activity observed in *Streptomyces* isolates ARJ 32 and ARJ 44. The selected alternative medium used to produce high yields of *Streptomyces* ARJ 32 and ARJ 44 cell biomass which was then mixed into a peat-based solid formulation was sweet potato extract, yielding dry biomass in the range of 4.11–4.48 mg/mL. Four formula packages with codes F32G, F32NG, F44G, and F44NG were able to maintain the viability of *Streptomyces* cells with a concentration of 4.0×10^6 – 8.0×10^7 CFU g⁻¹ which was stored for 38 weeks. In planta application obtained two best formulas: F32NG and F44G. Both were effective and significant in non-sterile soil at reducing disease incidence. The F32NG formula reduced disease incidence from 54% to 4%, while



- 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.

the F44G formula reduced it to 12%, so that it was able to reduce disease in soybean plants infected with *F. oxysporum* 92% in the F32NG formula and 77% in the F44G formula.

F32NG containing culture of *S. tendae* ARJ 32 was the best formula that was able to improve the growth of soybean root hairs without showing tyloses in the root xylem vessels through Scanning Electron Microscope (SEM) observation. The application of *S. tendae* F32NG as a *F. oxysporum* biocontrol agent synergistically interacts with the indigenous rhizosphere microbiome and shapes the rhizosphere microbiome structure. This modulation promotes the abundance of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), thereby supporting overall plant resistance and health. The findings confirm that the *S. tendae* ARJ 32 has the potential to be an effective, sustainable, synergistic, and stable biocontrol agent for the phytopathogenic fungus *F. oxysporum* in natural soil through antifungal activity and influencing the structure of the rhizosphere microbiome community profile.

Keywords: biocontrol, formula, growth, soybean, soil



@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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

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

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

APLIKASI *IN PLANTA* *Streptomyces* sp. PENGHASIL ENZIM GLUKANASE DALAM MENGENDALIKAN *Fusarium oxysporum* DAN ANALISIS PROFIL MIKROBIOM RIZOSFER

DELLA INDAH MEDANI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Mikrobiologi

**PROGRAM STUDI MIKROBIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
Dr. Efi Toding Tondok, S.P, M.Sc



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.

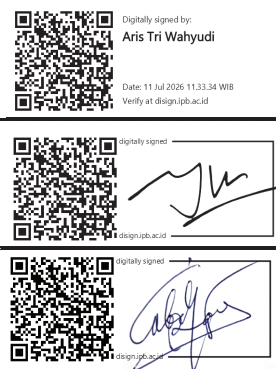
Judul Tesis : Aplikasi *In Planta Streptomyces* sp. Penghasil Enzim Glukanase dalam Mengendalikan *Fusarium oxysporum* dan Analisis Profil Mikrobiom Rizosfer
Nama : Della Indah Medani
NIM : G3501241035

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Aris Tri Wahyudi, M.Si.

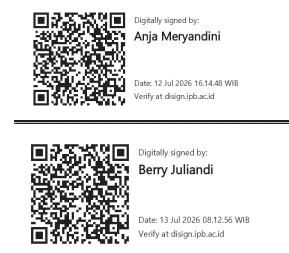
Pembimbing 2:
Dr. Ivan Permana Putra, M.Si.

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S.
NIP. 196203271987032001
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP. 197807232007011001



Tanggal Ujian: 10 Juni 2026

Tanggal Lulus:



@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 karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2025 sampai bulan Februari 2026 ini ialah peran *Streptomyces* penghasil enzim glukonase sebagai biokontrol cendawan fitopatogen, dengan judul “Aplikasi *In Planta Streptomyces* sp. Penghasil Enzim Glukonase dalam Mengendalikan *Fusarium oxysporum* dan Analisis Profil Mikrobiom Rizosfer”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Aris Tri Wahyudi M.Si., Dr. Ivan Permana Putra, M.Si., dan Prof. Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M.Si yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Efi Toding Tondok, S.P, M.Sc. sebagai penguji luar komisi pembimbing dan Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S. sebagai Kepala Program Studi Mikrobiologi atas saran dan masukan dalam tesis ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia melalui skema Penelitian Fundamental Riset (PFR) Tahun 2025 yang diberikan pada Prof. Dr. Aris Tri Wahyudi, M.Si. atas pendanaan penelitian ini dan pemberi beasiswa Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP). Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Genomik Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) (Dr. Ni Putu Ratna Ayu Krishanti, M.Si.) yang telah memberi izin penelitian. Ucapan terima kasih tidak lupa penulis sampaikan kepada seluruh dosen di Program Studi Magister Mikrobiologi, staf Pelayanan Akademik Departemen Biologi, staf Laboratorium Mikrobiologi dan staf Laboratorium Mikologi, staf Laboratorium Terpadu IPB, Pengelola Kebun Pendidikan Cikabayan IPB, dan Tenaga Kependidikan Departemen Biologi serta rekan Mikrobiologi (Orhinta Mutiara Jati M.Si.) yang telah banyak membantu selama penelitian dan pengumpulan data tesis ini.

Ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orang tuaku tercinta (Bapak Ilham dan Ibu Jumiati), kakak tercinta (Yessi Ruslila, S.Kep., Ilyati Marhana Putri, A.Md.Keb., Eriek Wahyudi, Febri Irianto), keponakan tercinta (Hanifah Salsabila, Adzkiana Syifa, Adam Zayyandra), orang-orang tersayang (Bayu Adhim, Maulana, Nadya Rosianti, Nadya Juliati, Selly, Titin, Venny, Alin, Tesya, Tata, Ocini), teman-teman seperjuangan di program Pascasarjana Mikrobiologi (Shafira, Mba Pratika, Risya, Rere, Adis, Anfaus, Nisa Shafa, Ka Sari, Ka Mimi, Ruhma, Sarah, Ka Riris, Ka Janah, Ka Lili, Aca, Ka Rahil, Ka Ega, Nadila, Nabila, Arlan, Bang Rahman) yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya selama menempuh perkuliahan di IPB.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Della Indah Medani



@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 ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Streptomyces</i> Sebagai Antifungi	4
2.2 Enzim Glukanase pada <i>Streptomyces</i>	4
2.3 Penyakit Busuk Akar pada Tanaman Kedelai	6
2.4 Mikrobiom Rizosfer dan Analisis Metagenomik	8
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Alur Penelitian	10
3.3 Alat dan Bahan	10
3.4 Prosedur Kerja	11
3.5 Analisis Data	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Hasil	16
4.1.1 Karakter <i>Streptomyces</i> spp sebagai isolat Uji	16
4.1.2 Virulensi <i>F. oxysporum</i> pada Benih Kedelai	16
4.1.3 Aktivitas Glukanolitik secara Kualitatif pada <i>Streptomyces</i>	17
4.1.4 Aktivitas Antifungal <i>Streptomyces</i> spp. secara <i>In Vitro</i>	18
4.1.5 Media Kultur untuk Biomassa sel <i>Streptomyces</i>	19
4.1.6 Viabilitas Sel <i>Streptomyces</i> spp. dalam Formula	19
4.1.7 Insidensi dan Reduksi Penyakit	21
4.1.8 Pengamatan Akar dengan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	23
4.1.9 Mikrobiom Rizosfer Berbasis Metagenom Amplikon 16S rRNA	23
4.2 Pembahasan	28
V SIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Simpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	41
RIWAYAT HIDUP	42



DAFTAR TABEL

1	Optimalisasi media alternatif produksi biomassa <i>Streptomyces</i>	13
2	Jenis media produksi biomassa <i>Streptomyces</i> untuk formulasi	13
3	Jenis perlakuan pemberian formula untuk tanaman di rumah kaca	14
4	Nilai indeks glukanolitik pada isolat <i>Streptomyces</i> spp.	17
5	Persentase hambatan <i>Streptomyces</i> spp. terhadap miselia <i>F. oxysporum</i>	18
6	Kadar air dan pH formula <i>Streptomyces</i> disimpan pada suhu ruang	20
7	Viabilitas empat jenis formula <i>Streptomyces</i> disimpan selama 24 minggu	20
8	Viabilitas empat jenis formula <i>Streptomyces</i> yang menempel pada benih	21
9	Indeks keragaman komunitas Alpha	24

DAFTAR GAMBAR

1	Pemodelan molekular protein β -1,3-glukanase (Edison <i>et al.</i> 2020)	5
2	Siklus infeksi <i>F. oxysporum</i> menginfeksi perakaran (Bhar <i>et al.</i> 2021)	7
3	Alur penelitian	10
4	Skema metode uji antifungi <i>dual culture</i>	12
5	Isolat <i>Streptomyces</i> yang diisolasi dari rhizosfer jagung	16
6	Perbandingan pertumbuhan kecambah kedelai	17
7	Zona bening yang terbentuk di sekitar koloni isolat	18
8	Penghambatan pertumbuhan <i>F. oxysporum</i>	18
9	Biomassa <i>S. tendae</i> ARJ 32 dan <i>Streptomyces</i> sp.	19
10	Formula <i>Streptomyces</i> rizosfer jagung	20
11	Gejala penyakit yang disebabkan <i>F. oxysporum</i>	21
12	Persentase insidensi penyakit dan reduksi penyakit	22
13	Persentase reduksi penyakit	22
14	Morfologi akar menggunakan SEM	23
15	Distribusi jumlah OTUs bakteri pada sampel tanah rizosfer	24
16	Perbandingan plot sepuluh kelimpahan relatif teratas	25
17	Perbandingan profil kelimpahan relatif pada heatmap	26
18	Kelimpahan bakteri rizosfer kedelai sakit (P2_K) pada Krona plot	27
19	Kelimpahan bakteri rizosfer kedelai sehat (P2_S) pada Krona plot	27

DAFTAR LAMPIRAN

1	Komposisi media <i>International Streptomyces Project</i> 4	41
2	Komposisi media uji kualitatif glukukanase	41
3	Komposisi media <i>Water Agar</i> untuk evaluasi virulensi	41