



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**STUDI POTENSI BAKTERI AGEN BIOKONTROL
Paenibacillus polymyxa IH3Y3 dan *Streptomyces*
griseorubiginosus DH3AY19 DALAM PENGHAMBATAN
Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* Tropical Race 4 PADA
TANAMAN PISANG (*Musa acuminata*) GUNA MENDUKUNG
KETAHANAN PANGAN**

ANGELIA MELISA HUTAPEA 320210301002

**Skripsi yang Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER

PROGRAM STUDI BIOLOGI

BOGOR 2025

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Angelia Melisa Hutapea
NIM : 320210301002
Program Studi : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Militer
Judul Skripsi : Studi Potensi Bakteri Agen Biokontrol
Paenibacillus polymyxa IH3Y3 dan
Streptomyces griseorubiginosus DH3AY19
Dalam Penghambatan *Fusarium oxysporum* f.
sp. *cubense* Tropical Race 4 Pada Tanaman
Pisang (*Musa acuminata*) Guna mendukung
Ketahanan Pangan

Dosen Pembimbing I,



Nadya Farah, S.Si., M.Si., Ph.D.
PPPK NIP. 198111062023212020
Tanggal: 5 Agustus 2025

Dosen Pembimbing II,



Nur Laili, S.Si., M.Si., Ph.D.
Penata Tk I.III/d NIP. 198503162008012003
Tanggal: 5 Agustus 2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi,



Sukanto, S.Si., M.Sc.
Letkol Arh. NRP. 11970023040672
Tanggal: 9 Agustus 2025

Dekan Fakultas MIPA Militer,



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal: 12/8-2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Angelia Melisa Hutapea
 NIM : 320210301002
 Program Studi : Biologi
 Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
 Militer
 Judul Skripsi : Studi Potensi Bakteri Agen Biokontrol
Paenibacillus polymyxa IH3Y3 dan
Streptomyces griseorubiginosus DH3AY19
 Dalam Penghambatan *Fusarium oxysporum* f.
sp. cubense Tropical Race 4 Pada Tanaman
 Pisang (*Musa acuminata*) Guna mendukung
 Ketahanan Pangan

No	Nama/Pangkat/Gol/NIP/NIDN	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I: Nadya Farah, S.Si., M.Si., Ph.D. PPPK NIP. 198111062023212020		7 Juli 2025
2	Dosen Pembimbing II: Nur Laili, S.Si., M.Si., Ph.D. Penata Tk. I III/d NIP. 198503162008012003		5 Agustus 2025
3	Dosen Penguji I: Nurhadiyanta, S.Si., M.Si. Kolonel (Purn) Ckm NIDN. 4715036701		7 Juli 2025
4	Dosen Penguji II: Dr. Isna Arofatur Nikmah, S.Si., M.Si. Penda Tk. I III/b. NIP. 1992016112022032001		7 Juli 2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, 12 Agustus 2025



Angelia Melisa Hutapea

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Angelia Melisa Hutapea

NIM : 320210301002

Program Studi : Biologi

Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Studi Potensi Bakteri Agen Biokontrol *Paenibacillus polymyxa* IH3Y3 dan *Streptomyces griseorubiginosus* DH3AY19 Dalam Penghambatan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 Pada Tanaman Pisang (*Musa acuminata*) Guna Mendukung Ketahanan Pangan

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor
Pada tanggal : 12 Agustus 2025
Yang menyatakan



Angelia Melisa Hutapea
NIM. 320210301002

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat Rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi dengan judul Studi Potensi Bakteri Agen Biokontrol *Paenibacillus polymyxa* IH3Y3 dan *Streptomyces griseorubiginosus* DH3AY19 Dalam Menghambat *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 Pada Tanaman Pisang (*Musa acuminata*) Guna Mendukung Ketahanan Pangan. Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan RI atas segala kepercayaan, perizinan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama proses penelitian dan proses penyusunan skripsi;
2. Letkol Arh Sukanto, S.Si., M.Sc selaku Kaprodi Biologi, Universitas Pertahanan atas segala kepercayaan, dan dorongan yang diberikan kepada penulis selama proses penelitian dan penulisan skripsi;
3. Nadya Farah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Pembimbing I atas segala waktu, bimbingan, dorongan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama proses penelitian dan penulisan skripsi;
4. Nur Laili, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Pembimbing II atas segala waktu, kesempatan, kepercayaan, dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi;
5. Kolonel Ckm Nurhadiyanta, S.Si., M.Si. selaku penguji I yang telah meluangkan waktu dalam sidang skripsi penulis serta saran dan masukan yang diberikan dalam pengerjaan skripsi ini;
6. Dr. Isna Arofatus Nikmah, S.Si., M.Si. selaku penguji II yang telah meluangkan waktunya dalam sidang skripsi penulis serta saran dan masukan yang diberikan dalam pengerjaan skripsi ini;

7. Segenap dosen dan staf akademik Prodi Biologi Universitas Pertahanan yang telah membantu penulis dalam menimba ilmu yang menunjang penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi;
8. Papa, Mama, Angie, Clara dan segenap Opung Angel Family selaku keluarga Penulis atas doa, kasih sayang, serta segala bentuk dukungannya yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan proses penelitian dan penulisan skripsi;
9. Segenap peneliti dan teknisi Laboratorium Bakteriologi BRIN Cibinong, khususnya Achirul Nditasari, S.Si, M.Si, Agung Adi Nugroho, S.Si, Eko Darma Husada, S.P, M.P, Teh Nani, dan Bapak Mulyadi atas waktu, bimbingan, dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama proses penelitian;
10. Nielly R. Tarigan dan Belen Manurung selaku sahabat penulis yang selalu memotivasi, menemani, dan berbagi canda tawa kepada penulis dalam selama masa perkuliahan hingga penulisan skripsi ini;
11. Laura Ahshaina, Nadhira, Mahira, Amel, Nisa, dan teman-teman TA BRIN Lab Bakteriologi selaku teman seperjuangan yang telah memberikan waktu dan tenaga kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian;
12. Teman-teman Biologi Cohort 2 selaku teman prodi penulis yang telah berbagi canda, tawa, dan memberikan dukungan selama masa perkuliahan;
13. Saudara asuh dan Adik-adik asuh penulis, Keluarga Indra, Keluarga Paradisaea, dan Keluarga Cemara, atas dukungan yang diberikan kepada penulis;
14. Serta segala pihak lainnya yang sangat membantu penulis selama proses penelitian dan penulisan skripsi yang tidak dapat penulis tuliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih kurang sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini, akhir kata semoga skripsi ini

dapat memberikan manfaat terhadap pengembangan ilmu pertahanan dan bermanfaat bagi stakeholder terkair dalam upaya menghambat penyakit layu fusarium pada tanaman pisang.

Bogor, 12 Agustus 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Angela' with a stylized flourish at the end.

Angelia Melisa Hutapea

ABSTRAK

STUDI POTENSI BAKTERI AGEN BIOKONTROL *Paenibacillus polymyxa* IH3Y3 dan *Streptomyces griseorubiginosus* DH3AY19 DALAM PENGHAMBATAN *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 PADA TANAMAN PISANG (*Musa acuminata*) GUNA Mendukung KETAHANAN PANGAN

Pisang Cavendish (*Musa acuminata* kultivar Cavendish) merupakan salah satu komoditas penting yang rentan terhadap penyakit layu *Fusarium* akibat infeksi *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*), menyebabkan penurunan kualitas dan hasil panen. Penggunaan mikroorganisme seperti *Paenibacillus polymyxa* dan *Streptomyces griseorubiginosus* sebagai agen biokontrol berpotensi menjadi alternatif fungisida sintetis karena kemampuannya menghasilkan senyawa metabolit antifungi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji aktivitas antagonisme, mengkarakterisasi mekanisme biokontrol, mengidentifikasi isolat biokontrol, dan menguji efektivitas agen biokontrol pada tanaman pisang. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah identifikasi bakteri biokontrol secara molekuler mendeteksi gen 16s rRNA menggunakan primer universal 27F dan 1492R, dilanjutkan pengujian secara *in vitro* aktivitas antagonisme isolat IH3Y3 dan DH3AY19 terhadap *Foc*, karakterisasi mekanisme biokontrol yang meliputi uji aktivitas enzim protease, kitinase, selulase, siderofor, dan amonia, serta uji aktivitas pemacu pertumbuhan tanaman, yaitu aktivitas pelarut fosfat dan IAA. Selanjutnya dilakukan, pengujian efektivitas agen biokontrol pada tanaman pisang Cavendish klon CJ 20. Hasil identifikasi molekuler menunjukkan bahwa isolat IH3Y3 merupakan *Paenibacillus polymyxa*, sedangkan DH3AY19 adalah *Streptomyces griseorubiginosus*. Isolat tersebut mampu menghambat pertumbuhan *Foc* secara *in vitro* sebesar 70% dan 61%, serta memiliki aktivitas enzim protease, selulase dan menghasilkan senyawa amonia serta IAA yang berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Namun, pengujian efektivitas secara *in planta* menunjukkan bahwa kemampuan kedua agen biokontrol dalam menekan infeksi *Foc* pada tanaman pisang masih belum optimal dan tidak signifikan dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hasil ini menunjukkan perlunya optimalisasi formulasi atau pendekatan lain untuk meningkatkan efektivitasnya di lapangan.

Kata kunci: Agen biokontrol; *Foc*; Layu *Fusarium*; *Paenibacillus polymyxa*; Pisang Cavendish; *Streptomyces griseorubiginosus*

ABSTRACT

STUDY OF THE POTENTIAL OF BACTERIA OF BIOCONTROL AGENTS *Paenibacillus polymyxa* IH3Y3 and *Streptomyces griseorubiginosus* DH3AY19 IN INHIBITION of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 ON BANANA PLANTS (*Musa acuminata*) TO SUPPORT FOOD SECURITY

Cavendish bananas (*Musa acuminata* Cavendish cultivar) is one of the important commodities that is susceptible to *Fusarium* wilt disease due to *Fusarium oxysporum* f. sp. infection. *cubense* (Foc), causing a decrease in quality and yield. The use of microorganisms such as *Paenibacillus polymyxa* and *Streptomyces griseorubiginosus* as biocontrol agents has the potential to be an alternative to synthetic fungicides due to their ability to produce antifungal metabolite compounds. The purpose of this study was to test the antagonistic activity, characterize the biocontrol mechanism, identify biocontrol isolates, and test the effectiveness of biocontrol agents in banana plants. The method carried out in this study is the identification of biocontrol bacteria molecularly detecting the 16s rRNA gene using the universal primer 27F and 1492R, followed by in vitro testing of the antagonistic activity of IH3Y3 and DH3AY19 isolates to Foc, characterization of biocontrol mechanisms which includes the activity test of protease enzymes, chitinases, cellulase, siderophores, and ammonia, as well as plant growth stimulation activity tests, namely the activity of plant growth promoters, namely the activity of phosphate solvents and IAA. Next, testing the effectiveness of biocontrol agents on Cavendish banana plants cloned CJ 20 was carried out. The molecular identification results showed that the IH3Y3 isolate was *Paenibacillus polymyxa*, while the DH3AY19 was *Streptomyces griseorubiginosus*. The isolate is able to inhibit the growth of Foc in vitro by 70% and 61%, and has the activity of protease enzymes, cellulase and produces ammonia compounds and IAA which act as a stimulator of plant growth. However, in plant effectiveness testing showed that the ability of the two biocontrol agents in suppressing Foc infection in banana plants was still not optimal and insignificant compared to the control treatment. These results indicate the need for formulation optimization or other approaches to increase their effectiveness in the field.

Keywords: Biocontrol agents; Foc; *Fusarium* wilt; *Paenibacillus polymyxa*; Cavendish bananas; *Streptomyces griseorubiginosus*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori	5
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	21
2.3 Kerangka Berpikir	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Metode dan Desain Penelitian	24
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.3 Alat dan Bahan	25
3.4 Populasi dan Sampel Penelitian	26
3.5 Prosedur Penelitian.....	27
3.6 Analisis Data	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil	40
4.2 Pembahasan	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	64

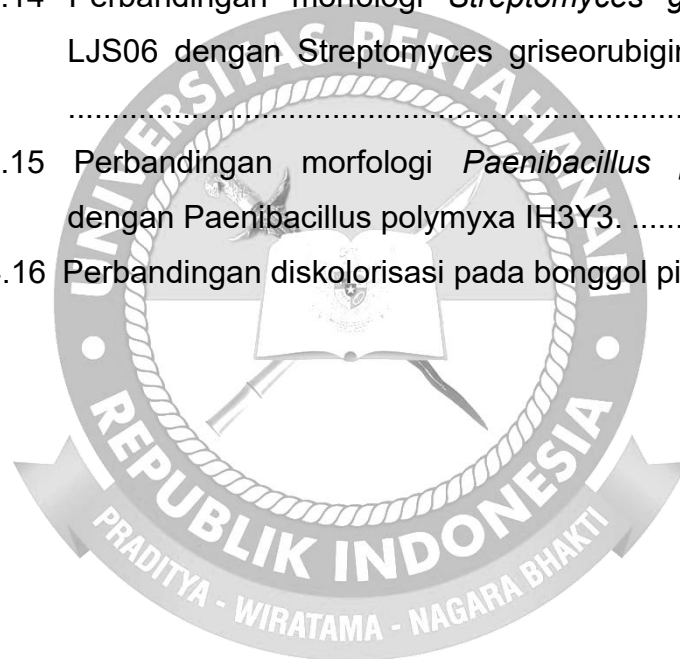
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....		66
LAMPIRAN		76



DAFTAR GAMBAR

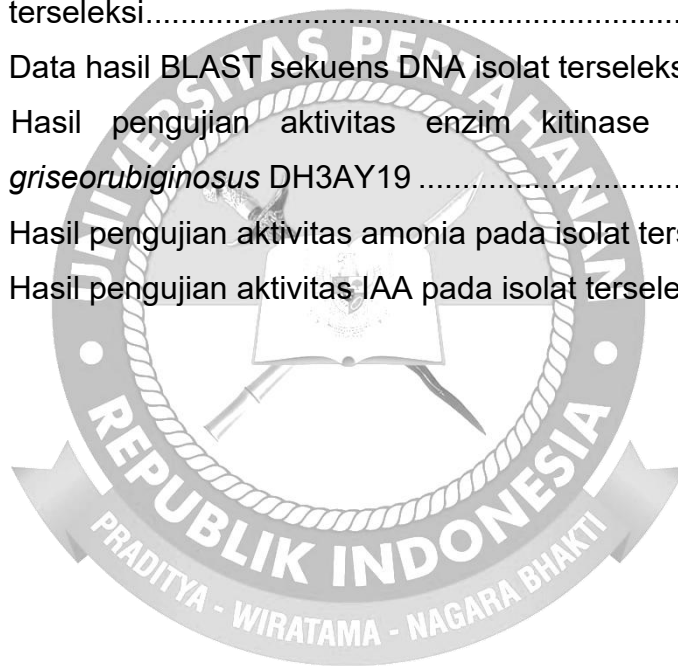
Gambar 2. 1 Morfologi tanaman pisang cavendish.....	8
Gambar 2. 2 Gejala penyakit akibat terserang PLF.	9
Gambar 2. 3 Mekanisme infeksi <i>Foc</i> pada tanaman pisang	10
Gambar 2. 4 <i>Fusarium oxysporum</i> TR-4	12
Gambar 2. 5 Mekanisme mikrobioma tanaman terhadap interaksi tanaman dengan mikroba yang menguntungkan.....	16
Gambar 2. 6 Kerangka berpikir	23
Gambar 3. 1 Metode pengujian antagonisme agen biokontrol secara in vitro.....	32
Gambar 4. 1 Hasil elektroforesis sampel DNA amplifikasi 16s rRNA isolat terseleksi.....	40
Gambar 4. 2 Hasil konstruksi pohon filogenetik	42
Gambar 4. 3 Dokumentasi dan grafik daya hambat aktivitas antagonisme kedua isolat terhadap <i>Foc</i> pada media PDA inkubasi 10 hsi	43
Gambar 4. 4 Hasil pengamatan miselia <i>Foc</i> normal dan pengaruh perlakuan antagonisme <i>Streptomyces griseorubiginosus</i> DH3AY19 terhadap <i>Foc</i>	44
Gambar 4. 5 Hasil pengamatan miselia <i>Foc</i> normal dan pengaruh perlakuan antagonisme <i>Paenibacillus polymyxa</i> IH3Y3 terhadap <i>Foc</i> .44	
Gambar 4.6 Hasil pengujian aktivitas enzim protease kedua isolat terseleksi pada waktu inkubasi 72 jam pada media <i>Skim Milk Agar</i> . ..	45
Gambar 4. 7 Hasil pengujian aktivitas enzim kitinase isolat terseleksi pada media agar kitin inkubasi 7 hari.....	46
Gambar 4. 8 Hasil pengujian aktivitas enzim selulase kedua isolat terseleksi pada media CMC agar	47
Gambar 4. 9 Dokumentasi pengujian aktivitas siderofor kedua isolat terseleksi pada media CAS agar.....	48
Gambar 4.10 Grafik pengujian konsentrasi IAA terlarut pada IH3Y3.....	50

Gambar 4.11 Dokumentasi pengujian pelarut fosfat pada kedua isolat terseleksi	51
Gambar 4.12 Hasil pengujian <i>in planta</i> isolat terseleksi pada tanaman pisang minggu ke-5.....	51
Gambar 4.13 Grafik pengukuran uji <i>in planta</i> isolat terseleksi pada tanaman pisang minggu ke-5.....	52
Gambar 4.14 Perbandingan morfologi <i>Streptomyces griseorubiginosus</i> LJS06 dengan <i>Streptomyces griseorubiginosus</i> DH3AY19	55
Gambar 4.15 Perbandingan morfologi <i>Paenibacillus polymyxa</i> E681 dengan <i>Paenibacillus polymyxa</i> IH3Y3.	55
Gambar 4.16 Perbandingan diskolorisasi pada bonggol pisang.....	63



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bakteri endofit yang digunakan pada pisang untuk mengendalikan PLF.....	14
Tabel 2.2 Penelitian terdahulu tentang uji potensial agen biokontrol pada patogen <i>Fusarium oxysporum</i>	21
Tabel 4.1 Data konsentrasi dan kemurnian sampel DNA kedua isolat terseleksi.....	40
Tabel 4. 2 Data hasil BLAST sekuens DNA isolat terseleksi	41
Tabel 4.3 Hasil pengujian aktivitas enzim kitinase pada isolat <i>S. griseorubiginosus</i> DH3AY19	46
Tabel 4. 4 Hasil pengujian aktivitas amonia pada isolat terseleksi	48
Tabel 4. 5 Hasil pengujian aktivitas IAA pada isolat terseleksi	50



DAFTAR SINGKATAN



BLASTn	: <i>Basic Local Allignment Search Tool for nucleotide</i>
BRIN	: Badan Riset dan Inovasi Nasional
FOC	: <i>Fusarium oxysporum f.sp cubense</i>
IAA	: <i>Indole Acetic Acid</i>
ISR	: <i>Induced Systemic Resistance</i>
LAF	: <i>Laminar Air Flow</i>
ML	: Maximum Likelihood
NCBI	: <i>The National Center for Biotechnology Information</i>
NFW	: <i>Nuclease Free Water</i>
PCR	: <i>Polymerase Chain Reaction</i>
PDA	: <i>Potato Dextrose Agar</i>
PGP	: <i>Plant Growth Promotion</i>
PGPR	: <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i>
PLF	: Penyakit Layu Fusarium
TR4	: Tropical Race 4
TSA	: <i>Tryptic Soy Agar</i>
YSA	: <i>Yeast Starch Agar</i>