

**POTENSI *PLANT GROWTH PROMOTING BACTERIA*
(PGPB) ASAL AKAR PISANG KLUTHUK (*Musa
balbisiana* Colla) SEBAGAI AGEN BIOSTIMULAN
DAN BIOPROTEKTAN**

SKRIPSI

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1 pada Program Studi Biologi



Disusun oleh:
Riska Dwi Ardani
20106040038

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2024**



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-215/Un.02/DST/PP.00.9/01/2025

Tugas Akhir dengan judul : Potensi Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) Asal Akar Pisang Kluthuk (Musa balbisiana Colla) sebagai Agen Biostimulan dan Bioprotektan

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : RISKI DWI ARDANI
Nomor Induk Mahasiswa : 20106040038
Telah diujikan pada : Rabu, 22 Januari 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 679c036d77bd9

Ketua Sidang

Lela Susilawati, S.Pd., M.Si., PhD.
SIGNED



Valid ID: 679a7171f81d

Penguji I

Jumailatus Solihah, S.Si., M.Si.
SIGNED



Valid ID: 679b892b31392

Penguji II

Agessy Ika Nurlita, M.Si.
SIGNED



Valid ID: 679c3a2e973b5

Yogyakarta, 22 Januari 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Riska Dwi Ardani

NIM : 20106040038

Judul Skripsi : Potensi *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) Asal Akar Pisang Kluthuk (*Musa balbisiana* Colla) sebagai Agen Biostimulan dan Bioprotektan

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Biologi.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 19 Januari 2024

Pembimbing

Lela Susilawati, S.Pd., M.Si., PhD.

NIP. 197901272009012004

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Riska Dwi Ardani
NIM : 20106040038
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul “**Potensi *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) Asal Akar Pisang Kluthuk (*Musa balbisiana* Colla) sebagai Agen Biostimulan dan Bioprotektan**” adalah hasil karya saya pribadi yang tidak mengandung plagiarisme dan tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penulis ambil sebagai acuan dengan tata cara yang dibenarkan secara ilmiah.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 28 Januari 2025

Yang menyatakan,



Riska Dwi Ardani
NIM. 20106040038

MOTTO

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar” (Qs. Ar Rum: 60).

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah. Sungguh, Allah Maha Melihat akan hamba-hamba-Nya” (Qs. Ghafir: 44)

Perjuangan tanpa akhir, hasil tanpa batas.



PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur atas rahmat Allah SWT yang telah memberikan penulis kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses penyelesaian skripsi ini. Banyak kesulitan dan kendala yang terjadi, namun hal ini tentunya tidak lepas dari doa dan dukungan kepada seluruh pihak yang terlibat selama prosesnya. Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk: Orang tua tercinta saya yaitu Bapak Tulas dan Ibu Yulaika, serta kakak tercinta saya Auwalia Ramadhani. Terimakasih atas segala doa dan dukungannya.



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Segala puji dan syukur penulis selalu curahkan kepada kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, nikmat, rezeki, ilmu dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik. Tidak lupa penulis bershalawat kepada Nabi agung Muhammad SAW dan rasulnya yang diharapkan memberikan syafaatnya dihari akhir nanti.

Laporan skripsi yang berjudul “Potensi *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) Asal Akar Pisang Kluthuk (*Musa balbisiana* Colla) sebagai Agen Biostimulan dan Bioprotektan” disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini dapat selesai berkat bantuan moral dan material dari berbagai pihak. Sehingga, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Tulas dan Ibu Yulaika selaku orang tua penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan penuh bagi anaknya.
2. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
4. Ibu Dr. Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Lela Susilawati, S. Pd., M. Si., PhD., selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, arahan, dan bimbingannya dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Ethik Susiawati Purnomo, S.Si., dan Bapak Doni Eko Saputro, S,Pd.I., selaku PLP di Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

7. Bapak Ibu Dosen Pengajar Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang telah memberikan ilmu yang diberikan selama perkuliahan berlangsung.
8. *Greenhouse* KWT Srikandi Mrican yang telah mempersilahkan penulis untuk melakukan penelitian selama 30 hari.
9. Kakak penulis, Auwalia Ramadhani, S.Psi. terimakasih banyak atas dukungan finansial, motivasi dan doa untuk penulis.
10. Teman-teman dekat penulis, Arina Sofiatul Farda, Nabilla Afira Shaibah, Olan Lusiana, Tariza Lia Dea Amanda, Imam Muhlis Ridhallah, Algeanero Fata Ardienillah, dan Aldy Rahman Putra Sanjaya. Terimakasih atas kebersamaannya dan telah menemani penulis selama masa-masa perjuangan skripsi.
11. Semua teman sejawat Biologi 2020 yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
12. Teman-teman KKN 111 Mojokerto atas kenangan 45 hari yang sangat membekas dengan baik sampai saat ini.
13. Serta semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan semangat dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Sebagai penutup, penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima segala saran dan kritik sebagai pengembangan penelitian dalam karya tulis ini. Penulis berharap bahwa skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca umumnya.

Yogyakarta, 17 Januari 2025

Penulis

**Potensi *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) Asal Akar Pisang Kluthuk
(*Musa balbisiana* Colla) sebagai Agen Biostimulan dan Bioprotektan**

Riska Dwi Ardani
20106040038

Abstrak

Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) memiliki peranan sebagai agensia biostimulan dan bioprotektan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian potensi biostimulan dan bioprotektan bakteri endofit asal akar pisang kluthuk (*Musa balbisiana* Colla) lokal secara *in vitro* maupun *in vivo*. Sebanyak tujuh isolat bakteri endofit berhasil diisolasi dari akar pisang *M. balbisiana* dan satu diantaranya yaitu PK4 terpilih sebagai isolat unggul setelah dilakukan pengujian *in vitro*. Kemampuan isolat PK4 sebagai biostimulan dalam menghasilkan hormon IAA sebesar 0,9248 ppm dan mampu menurunkan Tingkat keparahan penyakit *Fusarium wilt* pisang oleh *Fusarium* sp. BD2 sebesar 13,7%. Bakteri PK4 berhasil diidentifikasi sebagai anggota genus *Caryophanon*. Dengan demikian isolat PK4 sebagai PGPB menunjukkan potensi biostimulan dan bioprotektan tinggi.

Kata kunci: PGPB, bakteri endofit, *Musa balbisiana* Colla, biostimulan, bioprotektan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**Potential of *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) from Banana Kluthuk
(*Musa balbisiana* Colla) Root as Biostimulant and Bioprotectant Agent**

Riska Dwi Ardani
20106040038

Abstract

Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) serve as biostimulants and bioprotectants. This study evaluated the biostimulant and bioprotectant potential of endophytic bacteria from local *Musa balbisiana* Colla (Kluthuk banana) roots, both in vitro and in vivo. Seven endophytic bacterial isolates were successfully isolated from *M. balbisiana* roots, and one, PK4, was selected as a superior isolate after in vitro testing. PK4 demonstrated biostimulant activity by producing 0.9248 ppm IAA hormone and reducing *Fusarium wilt* disease severity caused by *Fusarium* sp. BD2 by 13.7%. PK4 bacteria were successfully identified as members of the genus *Caryophanon*. Thus, PK4 isolate exhibits high biostimulant and bioprotectant potential as PGPB.

Keywords: PGPB, endophytic bacteria, *Musa balbisiana* Colla, biostimulant, bioprotectant.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
Abstrak	viii
Abstract.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Peranan <i>Plant Growth Promoting Bacteria</i> (PGPB) bagi Tanaman	5
B. Karakteristik Pisang Kluthuk (<i>Musa balbisiana</i> Colla)	7
C. Bakteri Endofit pada Pisang Kluthuk dan Potensinya	9
BAB III METODE PENELITIAN	12
A. Waktu dan Tempat Penelitian	12
B. Alat dan Bahan	12
C. Prosedur Kerja.....	12
D. Analisis Data	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
A. Hasil Penelitian	20
B. Pembahasan	27
BAB V PENUTUP.....	33
A. Kesimpulan	33

B. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN.....	40



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rancangan percobaan uji <i>in vivo</i> biostimulan bakteri pada tanaman pisang.	15
Tabel 2. Rancangan percobaan uji <i>in vivo</i> bioprotektan bakteri terhadap <i>F. oxysporum</i> BD2 pada tanaman pisang	16
Tabel 3. Pengamatan karakteristik morfologi isolat bakteri dari akar pisang kluthuk (<i>M. balbisiana</i>).....	20
Tabel 4. Hasil uji antagonis dengan metode dual culture tujuh isolat bakteri terhadap pertumbuhan <i>F. oxysporum</i> BD2 selama 7 hari pada suhu ruang	23
Tabel 5. <i>Profile Matching</i> isolat bakteri PK4 dengan genus <i>Caryophanon</i>	28



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pisang <i>M. balbisiana</i> (dokumentasi pribadi)	8
Gambar 2. Skema metode <i>dual culture</i> (Keterangan: F= <i>Fusarium</i> , B=Bakteri) 14	
Gambar 3. Penampakan isolat bakteri yang berhasil diisolasi dari akar pisang <i>M. balbisiana</i> . (A) Tujuh isolat bakteri yang dipurifikasi di media NA dengan metode <i>streak plate</i> setelah inkubasi 24 jam, (B) Penampakan koloni tunggal tujuh isolat bakteri yang diamati setelah proses purifikasi pada media NA yang diamati dengan mikroskop stereo (perbesaran 3x10).....	21
Gambar 4. Hasil konsentrasi IAA pada Tujuh isolat bakteri endofit akar <i>M. balbisiana</i>	22
Gambar 5. (A) Penampakan hasil uji antagonis dengan metode <i>dual culture</i> dari <i>Fusarium</i> sp yang ditumbuhkan bersama isolat bakteri PK4 selama 7 hari suhu ruang (B) hasil uji antagonis isolat bakteri PK4 terhadap <i>Fusarium</i> sp ($\pm$ standard error, SE, n = 3) Tanda bintang menunjukkan level signifikansi ($*P<0,05$) dengan uji T	23
Gambar 6. (A) Penampakan tanaman pisang hasil <i>in vivo</i> setelah 30 hari. (B) Analisis ketiga variabel perlakuan pada tanaman pisang ($\pm$ standard error, SE, n = 3). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi ($*P<0,05$)	25
Gambar 7. Hasil uji <i>In vivo</i> isolat bakteri PK4 terhadap <i>F. oxysporum</i> BD2 pada tanaman pisang selama 30 hari di <i>greenhouse</i> . (A) Penampakan tanaman pisang hari ke-30 yang telah diberikan perlakuan. (B) Persentase keparahan penyakit pada tanaman pisang setelah diberi perlakuan bakteri PK4 ($\pm$ standard error, SE, n = 3). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi ($*P<0,05$). (C) Presentase kejadian penyakit pada tanaman pisang setelah diberi perlakuan ($\pm$ standard error, SE, n = 3). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi ($*P<0,05$).....	36
Gambar 8. Penampakan gejala internal <i>Fusarium</i> pada tanaman pisang setelah 30 hari	27
Gambar 9. Penampakan mikroskopis morfologi hasil cat gram pewarnaan isolat bakteri endofit unggul PK4 (perbesaran 100x10 dengan <i>immersion oil</i>)	28

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bakteri pemicu pertumbuhan tanaman atau dikenal dengan istilah *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) merupakan bakteri yang dapat berasosiasi dengan tanaman. Manfaat PGPB diantaranya dapat meningkatkan kemampuan remediasi tanaman dengan merangsang pertumbuhan tanaman melalui sekresi berbagai jenis metabolit dan hormon, melarutkan mineral, memfiksasi nitrogen, dan melindungi tanaman dari patogen serta membantu mengurangi berbagai jenis cekaman biotik dan abiotik lainnya yang dihadapi tanaman (Backer *et al.*, 2018). Salah satu turunan PGPB adalah bakteri endofit.

Bakteri endofit merupakan kumpulan bakteri yang memberikan banyak manfaat bagi tanaman inang tanpa memberikan kerugian bagi tanaman inang tersebut. Bakteri endofit hidup dalam jaringan tanaman dan melakukan kolonisasi pada relung ekologi yang sama dengan patogen tanaman, sehingga bakteri endofit dikenal luas sebagai agen pengendali hayati yang potensial. Bakteri endofit berkoloni dalam jaringan internal tanaman inangnya sehingga dapat terlindungi dari stress lingkungan dan kompetisi dengan mikroba lain (Balosi *et al.*, 2014). Menurut Rai (2006), peran utama bakteri endofit diantaranya sebagai biostimulan dan bioprotektan pada tanaman.

Peran bakteri endofit sebagai biostimulan adalah membantu menyediakan kebutuhan unsur hara dari dalam tanah untuk tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi fitohormon penting oleh bakteri endofit seperti IAA, sitokinin, dan giberelin (Suryanti *et al.*, 2023). Penelitian biostimulan bakteri telah banyak dikaji seperti Birt *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa PGPB tanaman pisang (*Musa spp.*) dari organ akar, batang semu, daun, dan rizosfer menunjukkan kemampuan dalam meningkatkan penyerapan nutrisi tanaman dan menginduksi pertumbuhan *host* (pisang). Bakteri endofit yang diisolasi dari kultur

embrionik *Musa acuminata* teridentifikasi sebagai *Ralstonia* sp. dan *Bacillus* sp. menghasilkan asam asetat indol dan siderofor serta mendorong pertumbuhan tanaman. Bakteri ini juga dapat melarutkan fosfat dan menghasilkan amonia (Jimtha *et al.*, 2014).

Peran bakteri endofit sebagai bioprotektan yaitu kemampuannya dalam menekan dan menghambat perkembangan hama dan penyakit yang menyerang tanaman inang. Hal ini dikarenakan bakteri endofit mampu menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang dapat menghambat penyebaran patogen (Suryanti *et al.*, 2023). Cao *et al.* (2004) melaporkan bakteri *Streptomyces griseorubiginosus* yang diisolasi dari daun dan akar pisang mampu menghambat fungi patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc). Dewianty *et al.* (2023), berhasil memperoleh isolat bakteri endofit dari akar, tangkai dan daun *Musa balbisiana* yang memiliki potensi menghambat fungi patogen *Pyricularia oryzae* penyebab penyakit blast pada padi. Reghunandanan *et al.* (2020) juga berhasil mengisolasi beberapa bakteri endofit dari buah dan akar pisang kultivar *Musa paradisiaca* yang berkontribusi terhadap pertahanan terhadap patogen penyakit darah yang disebabkan oleh BDB (*Blood Disease Bacterium*).

Pisang kluthuk atau *Musa balbisiana* Colla merupakan spesies penting dalam asal usul pisang budi daya (Simmonds, 1966) yang memiliki banyak sifat untuk toleransi stres abiotik dan biotik (Venkataramana *et al.*, 2015). Hal ini dikarenakan pisang kluthuk memiliki jenis genom b yang lebih toleran terhadap kondisi kekeringan dan lebih tahan terhadap penyakit (Sunandar, 2017). Potensi PGPB dari tanaman pisang kultivar liar khas negara tropis seperti Indonesia ini terbukti dapat digunakan sebagai alternatif biokontrol tanaman dan potensial sebagai pendukung pertumbuhan tanaman (Rahayu *et al.* 2021b). Mikroba endofit yang berasosiasi dengan tanaman merupakan interaksi yang penting karena komunitas mikroorganisme tersebut memiliki peranan signifikan dalam mendukung dan melindungi pertumbuhan tanaman (Berendsen *et al.*, 2012).

Penelitian mengenai aktivitas bakteri endofit pada akar tanaman pisang khususnya pisang klutuk (*Musa balbisiana* Colla) sudah dilakukan sebelumnya antara lain kemampuannya sebagai penghasil antibakteri (Lakoro *et al.*, 2023), metabolit sekunder seperti flavonoid dan tannin (Sumadewi, 2022), memiliki aktivitas biostimulan (Rahayu, 2021a) dan bioprotektan (Dewianty *et al.*, 2023). Namun kemampuan biostimulan dan bioprotektan bakteri endofit tersebut umumnya masih dalam taraf pengujian secara *in vitro*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan guna mengembangkan penelitian yang sudah ada yakni menguji potensi biostimulan dan bioprotektan bakteri endofit dari akar pisang klutuk (*Musa balbisiana* Colla) lokal secara *in vivo* sehingga diharapkan mampu mengeksplorasi keberagaman bakteri endofit dari akar tanaman pisang klutuk yang dapat dikembangkan sebagai agensia biostimulan dan bioprotektan.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik bakteri endofit PGPB asal akar pisang klutuk (*M. balbisiana*)?
2. Bagaimana kemampuan biostimulan bakteri endofit PGPB asal akar pisang klutuk (*M. balbisiana*) terhadap pertumbuhan tanaman pisang secara *in vivo*?
3. Bagaimana kemampuan bioprotektan bakteri endofit PGPB asal akar pisang klutuk (*M. balbisiana*) terhadap fungi pathogen *Fusarium oxysporum* secara *in vivo*?
4. Bagaimana karakteristik dan identifikasi secara fenotipik bakteri endofit PGPB yang unggul?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri endofit PGPB asal akar pisang kluthuk (*M. balbisiana*).
2. Mengetahui kemampuan biostimulan bakteri endofit PGPB asal akar pisang kluthuk (*M. balbisiana*) secara *in vivo*.
3. Mengetahui kemampuan bioprotektan bakteri endofit PGPB asal akar Pisang Kluthuk (*M. balbisiana*) secara *in vivo*.
4. Mengetahui karakteristik bakteri endofit PGPB yang unggul secara fenotipik.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain diharapkan mampu memberikan sumbangan pemikiran khususnya pada kajian ilmu Biologi serta diharapkan mampu menjadi pijakan atau referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan potensi *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) sebagai agen biostimulan dan bioprotektan khususnya terhadap bakteri asal akar pisang kluthuk (*Musa balbisiana* Colla).

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Terdapat tujuh isolat bakteri endofit yang berhasil diisolasi dari akar pisang kluthuk (*M. balbisiana*). Dari ketujuh isolat, isolat PK4 merupakan bakteri unggul yang didapatkan dari pengujian secara *in vitro*.
2. Isolat bakteri PK4 secara signifikan mampu meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* BD2 dengan menurunkan tingkat keparahan penyakit secara *in vivo*.
3. Isolat PK4 teridentifikasi dalam genus *Caryophanon* menurut buku *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*.

B. Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh bakteri dalam menstimulasi tanaman dan menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp.
2. Diperlukan indentifikasi lebih lanjut hingga taraf spesies untuk mengetahui klasifikasi bakteri dari isolat unggul PK4.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaplikasian secara *invivo* bakteri yang terpilih terhadap spesies tanaman pisang lainnya atau bahkan jenis tanaman lain selain tanaman pisang.

DAFTAR PUSTAKA

- Advinda L, Fifendy M & Anhar A. (2018). The Addition of Several Mineral Sources on Growing Media of *Fluorescent Pseudomonad* for the Biosynthesis of Hydrogen Cyanide. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 335 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012016>.
- Ainy, E. Q., Ratnayani, R., & Susilawati, L. (2015). Uji Aktivitas Antagonis Trichoderma Harzianum 11035 Terhadap *Colletotrichum capsici* TCKR2 dan *Colletotrichum acutatum* TCK1 Penyebab Antraknosa pada Tanaman. *Jurnal Biologi*, 892–897.
- Alam, B., Li, J., Gě, Q., Khan, M. A., Gōng, J., Mehmood, S., ... & Gōng, W. (2021). Endophytic fungi: from symbiosis to secondary metabolite communications or vice versa?. *Frontiers in Plant Science*, 12(1), 79. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.791033>.
- Amaliah, Z. Z. N., Bahri, S., & Amelia, P. (2018). Isolasi dan karakterisasi bakteri asam laktat dari limbah cair rendaman kacang kedelai. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 5(1), 253-257. <https://doi.org/10.33096/jffi.v5i1.320>.
- Annisa, A. D. N., Rahayu, T., & Sidiq, Y. (2024). Growth of Endophytic Bacteria from Klutuk Banana Plant (*Musa balbisiana* Colla) with Inoculation Trial on Rice Plants (*Oryza sativa*). Quagga: *Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 16(1), 20-27. <https://doi.org/10.25134/quagga.v16i1.53>.
- Ardiana, M. (2022). Kemampuan *Pseudomonad Fluoresen* dalam Menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA) dan Melarutkan Fosfat (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang).
- Aryantha P, I Nyoman, Dian P & Nurmi P. 2004. Potensi Isolat Bakteri Penghasil IAA dalam Peningkatan Pertumbuhan Kecambah Kacang Hijau Pada Kondisi Hidroponik. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. 9(2): 43-46
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., ... & Smith, D. L. (2018). *Plant growth-promoting rhizobacteria*: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in plant science*, 9(1), 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>.
- Balosi, F., Lakani, I., & Panggeso, J. (2014). Eksplorasi Bakteri Endofit sebagai Agens Pengendalian Hayati terhadap Penyakit Darah pada Tanaman Pisang secara *In-vitro* (Doctoral dissertation, Tadulako University).
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M. J., & Bakker, P. A. H. M. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Review Trends in Plant Science*, 17(8), 478-486. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.04.001>.
- Borborah, K., Borthakur, S. K., dan Tanti, B. (2016). *Musa balbisiana* Colla – Taxonomy, Traditional Knowledge and Economic Potentialities of The Plant in Assam, India. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 15(1) : 116–120.
- Birt, H. W., Pattison, A. B., Skarszewski, A., Daniells, J., Raghavendra, A., & Dennis, P. G. (2022). The core bacterial microbiome of banana (*Musa* spp.). *Environmental Microbiome*, 17(1), 1-19. <https://doi.org/10.1186/s40793-022-00442-0>.
- Cao, L. X., Qiu, Z. Q., Dai, X., Tan, H. M., Lin, Y. C., and Zhou, S. N. (2004). Isolation of endophytic actinomycetes from roots and leaves of banana (*Musa Acuminata*) plants and

- their activities against *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*. *World. J. Microbiol Biotechnol.* 20(1), 501-504. <http://dx.doi.org/10.1023/B:WIBI.0000040406.30495.48>.
- Choudary DK, Johri BN. (2008). Interaction of *Bacillus* sp. and Plants with special reference to induced systemic resistance (ISR). *Applied Microbiology and Biotechnology.* 74(1), 493-512. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2008.08.007>.
- Dewianty, R., Rahayu, T., & Sidiq, Y. (2023). Test of Hypersensitivity and Antagonistic Reaction of Endophytic Bacteria from Klutuk Banana (*Musa balbisiana*). *Bioeduscience*, 7(2), 222-230. <http://dx.doi.org/10.22236/jbes/11795>.
- Dong, H., Fan, H., Lei, Z., Wu, C., Zhou, D., and Li, H. (2019). Histological and gene expression analyses in banana reveals the pathogenic differences between races 1 and 4 of banana *Fusarium* wilt pathogen. *Phytopathology* 109: 1029-1042. <https://doi.org/10.1094/phyto-10-18-0384-r>.
- Fadiji AE, Babalola OO. (2020). Elucidating mechanisms of endophytes used in plant protection and other bioactivities with multifunctional prospects. *Front Bioeng Biotech*, 15(8), 467. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00467>.
- Fauzaan, M. F., Wijanarka, W., Kusdiyantini, E., Budiharjo, A., & Ferniah, R. S. (2022). Potensi Rizobakteri Pembentuk Endospora dari Brokoli (*Brassica oleracea* var: *Italica*) sebagai Agen Biokontrol *Ralstonia solanacearum* serta Biofertilizer. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 24(2), 138-146. <http://dx.doi.org/10.14710/bioma.24.2.138-146>.
- Fatmawati U, Yulin L, Anja M, Abdjad AN, Aris TR. (2018). Isolation of actinomycetes from maize rhizosphere from Kupang, East Nusa Tenggara Province, and evaluation of their antibacterial, antifungal and extracellular enzyme activity. *Indonesian Journal of Biotechnology.* 23(1): 40–47. <https://doi.org/10.22146/ijbiotech.33064>.
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012. <http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401>.
- Gómez-Godínez, L. J., Aguirre-Noyola, J. L., Martínez-Romero, E., Arteaga Garibay, R. I., Ireta-Moreno, J., & Ruvalcaba-Gómez, J. M. (2023). A look at plant-growth-promoting bacteria. *Plants*, 12(8), 1668. <https://doi.org/10.3390/plants12081668>.
- Hanif, A., & Susanti, R. (2017). Analisis senyawa antifungal bakteri endofit asal tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Agrintech: Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 1(1), 23-29. <http://dx.doi.org/10.30596/agrintech.v1i1.1666>.
- Hapsari, L. Jean Kennedy, Dewi Ayu Lestari, Ahmad Masrum & Wiwik Lestarini. (2017). Ethnobotanical survey of bananas (Musaceae) in six districts of East Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 18(1), 3860-3871. <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d180123>.
- Harijati N, Rodliyati Azrianingsih & Eva Affanti Prawaningtyas. (2013). The Study of Anatomy and Fiber Banana Leaf as a Potential Wrapping. *American Journal of Plant Science* ,4 (7), 1461-1465. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.47179>.
- Hastuti, H. (2021). Pisang Kluthuk *Musa Balbisiana* Colla: Kajian Botani dan Pemanfaatannya. *EduMatSains: Jurnal Pendidikan, Matematika dan Sains*, 5(2), 249-262. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v5i2.2227>.

- Hong CE, Park JM. (2016). Endophytic bacteria as biocontrol agents against plant pathogens: Current state-of-the-art. *Plant Biotechnol Rep*, 10(1), 353-357. <http://dx.doi.org/10.1007/s11816-016-0423-6>.
- Innerebner, G., Knief, C., & Vorholt, J. A. (2011). Protection of *Arabidopsis thaliana* against leaf-pathogenic *Pseudomonas syringae* by *Sphingomonas* strains in a controlled model system. *Applied and environmental microbiology*, 77(10), 3202-3210. <https://doi.org/10.1128%2FAEM.00133-11>.
- Jimtha JC, Smitha PV, Anisha C, Deepthi T, Meekha G, Radhakrishnan EK, Gayatri GP, Remakanthan A .(2014). Isolation of endophytic bacteria from embryogenic suspension culture of banana and assessment of their plant growth promoting properties. *Plant Cell Tissue Organ Cult*. 118(1), 57–66. <https://doi.org/10.1007/s11240-014-0461-0>.
- Jitendhriyawan, S., & Masnilah, R. (2020). Potensi *Bacillus* spp . sebagai Agen Biokontrol untuk Menekan Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.). *Jurnal Pengendalian Hayati*, 3(1), 22-28. <http://dx.doi.org/10.19184/jph.v3i1.17148>.
- Kawicha, P., Nitayaros, J., Saman, P., Thaporn, S., Thanyasiriwat, T., Somtrakoon, K., Sangdee, K., & Sangdee, A. (2023). Evaluation of Soil Streptomyces spp. for the Biological Control of *Fusarium Wilt* Disease and Growth Promotion in Tomato and Banana. *Plant Pathology Journal*, 39(1), 108–122. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.08.2022.0124>.
- Khabbaz, S.E., D. Ladhakshmi, M. Babu, A. Kandan, V. Ramamoorthy., D. Saravankumar., T. Al-Mughrabi, and S. Kandasamy. (2019). Plant growth promoting bacteria (PGPB): a versatile tool for plant health management. *Can. J. Pestic. Pest Manag.* 1(1), 1-2. <http://dx.doi.org/10.34195/can.j.ppm.2019.05.001>.
- Khalid, A. Arshad, M. dan Zahir, Z.A. (2004). Screening Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for Improving Growth and Yield of Wheat. *Journal of Applied Microbiology*, 96(1), 473-480. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365.2672.2003.02161>.
- Khatoon, Z.; Huang, S.; Rafique, M.; Fakhar, A.; Kamran, M.A.; Santoyo, G. (2020). Unlocking the potential of plant growth-promoting rhizobacteria on soil health and the sustainability of agricultural systems. *Journal of Environmental Management*, 273(1), 111-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111118>.
- Köhl, J., Medeiros, F. H., Lombaers-van der Plas, C., Groenenboom-de Haas, L., & van den Bosch, T. (2020). Efficacies of bacterial and fungal isolates in biocontrol of *Botrytis cinerea* and *Pseudomonas syringae* pv. tomato and growth promotion in tomato do not correlate. *Biological Control*, 150(1), 104-375. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104375>.
- Kusuma, I.M. , Ami Ferliana & Susan Maphilindawati. (2019). Potensi Antibakteri Ekstrak Etanol Bonggol Pisang Klutuk Wulung (*Musa balbisiana* BB) Terhadap Bakteri Penyebab Infeksi Pada Luka. *Sainstech Farma*, 12 (1), 48-53. <https://doi.org/10.37277/sfj.v12i1.418>.
- Lakoro, S. U., Retnowati, Y., Uno, W. D., Kumaji, S., Hasan, A. M., & Nusantara, E. (2023). Endophytic Bacteria Producing Antimicrobial Compounds of *Musa balbisiana* Colla. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 400, p. 02011). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340002011>.
- Lestari, W. (2017). Isolasi dan Uji antifungal bakteri endofit dari akar tanaman karet (*Hevea brasiliensis*). *Simbiosis*, 6(1), 48-56. <http://dx.doi.org/10.33373/sim-bio.v6i1.1036>.

- Lin, H. R., Shu, H. Y., & Lin, G. H. (2018). Biological Roles of Indole-3-Acetic Acid in *Acinetobacter baumannii*. *Microbiological Research*, 216, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.08.004>.
- Ljung, K. 2013. Auxin metabolism and homeostasis during plant development. *Development*, 140 (5), 943-950. <https://doi.org/10.1242/dev.086363>.
- Loekas, S. 2008. Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman. PT.Raja grafindo Persada. Jakarta.181- 198.
- Malfanova, N.V. (2013) Endophytic bacteria with plant growth promoting and biocontrol abilities. (Dissertation: University of Leiden). <https://doi.org/10.3934/microbiol.2017.3.596>.
- Müller, T., Ruppel, S., Behrendt, U., Lentzsch, P., & Müller, M. E. (2018). Antagonistic potential of Pseudomonads fluorescent colonizing wheat heads against mycotoxin producing alternaria and fusaria. *Frontiers in Microbiology*, 9, 398544. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02124>.
- Nani, M., Harahap, E. O. R., Khastini, R. O., & Ahmad, F. (2023). Deteksi Penyakit Layu *Fusarium* pada Pisang-Pisang Lokal di Pandeglang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 19(4), 133-144.
- Nasution, E.R. & Isamu Yamada. (2001). Pisang-pisang liar di Indonesia. Bogor. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI. pp 15-25. <http://dx.doi.org/10.14692/jfi.19.4.133-144>.
- Nawangsih, A. A. (2007). Pemanfaatan bakteri endofit pada pisang untuk mengendalikan penyakit darah: isolasi, uji penghambatan in vitro dan in planta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 12(1), 43-49. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/5751>.
- Nonhebel, H. M. (2015). Tryptophan-Independent Indole-3-Acetic Acid Synthesis: Critical Evaluation of The Evidence. *Plant Physiology*, 169(2), 1001–1005. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01091>.
- Nugroho, K. M. (2016). Isolasi Senyawa Bioaktif Batang Pisang Ambon (*Musa paradisiaca* Var. Sapientum) sebagai Bahan Baku Antibakteri. *Indo. J. Chem. Sci.* 5(3), 206-210. <https://doi.org/10.15294/ijcs.v5i3.9735>.
- Olanrewaju, O. S., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2364-9>.
- Orozco-Mosqueda, M. D. C., Flores, A., Rojas-Sánchez, B., Urtis-Flores, C. A., Morales-Cedeño, L. R., Valencia-Marin, M. F., ... & Santoyo, G. (2021). Plant growth-promoting bacteria as bioinoculants: Attributes and challenges for sustainable crop improvement. *Agronomy*, 11(6), 1167. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061167>.
- Pangastuti, A., Pratiwi, H., & Setyaningsih, R. (2023). Screening for endophytic bacteria from Ambon Banana (*Musa paradisiaca*) as biocontrol agent of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) on bananas fruit. *Nusantara Bioscience*, 15(2), 98-100. <http://dx.doi.org/10.13057/nusbiosci/n150210>.
- Puspita, F., Saputra, S. I., & Merini, J. (2018). Uji beberapa konsentrasi bakteri Bacillus sp. endofit untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Indonesian Journal of Agronomy*, 46(3), 322-327. <https://dx.doi.org/10.24831/jai.v46i3.16342>.

- Reghunandanan, K., Jolly, A., Manjusha, P. V., & Kavitha, M. (2020). Antibacterial activity of endophytes from *Musa Paradisiaca*. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 11(4), 3104-3110. <https://doi.org/10.26452/ijrps.v11iSPL4.4623>.
- Rai M. (2006). Handbook of Microbial Biofertilizer: Canada (CA): CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482277760>.
- Rahayu, T., Purwestri, Y. A., Subandiyah, S., Suparmin, A., & Widiyanto, D. (2021a). Exploration of core endophytic bacteria from different organs of diploid *Musa balbisiana* and triploid *Musa acuminata*. *Agriculture and Natural Resources*, 55(5), 787-794. <https://doi.org/10.34044/j.anres.2021.55.5.09>.
- Rahayu, T., Purwestri, Y. A., Subandiyah, S., & Widiyanto, D. (2021b). Potensi Bakteri Endofit Asal Tanaman Pisang Klutuk (*Musa balbisiana* Colla) Sebagai Pendukung Pertumbuhan Tanaman. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 14(2), 313-324. <http://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v14i2.19140>.
- Rizky, I. N., Sumadewi, N. L. U., & Permatasari, A. A. A. P. (2023). Uji Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri Infusa Bonggol Pisang Klutuk (*Musa Balbisiana* Colla) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Kesehatan, Sains, dan Teknologi*, 2(3), 112-113. <https://jurnal.undhirabali.ac.id/index.php/jakasakti/article/view/2701>.
- Sari, R., & Prayudyaningsih, R. (2015). Rhizobium: pemanfaatannya sebagai bakteri penambat nitrogen. *Buletin Eboni*, 12(1), 51-64. <https://dx.doi.org/10.20886/buleboni.5054>.
- Sharma T, Rai N. (2015). Isolation of plant hormone (indole-3-acetic acid) producing rhizobacteria and study on their effects on tomato (*Lycopersicum esculentum*) seedling. *International Journal of Pharmacy Technology Research*. 7(1), 99-107. <http://dx.doi.org/10.4186/ej.2012.16.5.137>.
- Simmonds, N. W. (1966). The evolution of the bananas. New York: Longman Inc.
- Sumadewi, N. L. U. (2022). Karakteristik dan Uji Ketahanan Zat Warna Alam *Musa balbisiana* Colla. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 4(2), 23-25. <https://doi.org/10.33059/jq.v4i2.6808>.
- Sulistiyaningsih, L.D. Rita Megia & Elisabeth Anita Widjaya. (2014). Two New Records of Wild Bananas (*Musa balbisiana* and *Musa itinerans*) from Sulawesi. *Makara J.Sci.* 18(1), 1-6. <https://doi.org/10.7454/mss.v18i1.3043>.
- Sunandar, A. (2017). New record of wild banana (*Musa balbisiana* Colla) in West Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 18(4), 1324-1330. <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d180406>.
- Suryanti, E., Chusniasih, D., Asril, M., Rini, I. A., Antika, W. P., & Rahmah, N. (2023). Bioprospeksi Bakteri Asal Akar Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) Lahan Gambut Kayu Agung, Sumatera Selatan, sebagai Agen Biostimulan dan Bioprotektan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 28(3), 352-360. <https://doi.org/10.18343/jipi.28.3.352>.
- Susanna, A. Ulim., Junaidi. (2009). Pemanfaatan Kascing Untuk Menghambat Perkembangan *Fusarium oxysporum* Pada Tanaman Tomat. *Jurnal Agrista*, 13(1), 137-143.
- Tsavkelova, E. A. Cherdyntseva, T. A. Klimova, S. Y. Shestakov, A. I. Botina, S. G. dan Netrusov, A. I. (2007). Orchid-associated bacteria produce indole-3 acetic acid, promote seed

- germination, and increase their microbial yield in response to exogenous auxin. *J Arch Microbiol*, 188(6), 655-664. <https://doi.org/10.1007/s00203-007-0286-x>.
- Venkataramana, R. K., Sampangi-Ramaiah, M. H., Ajitha, R., Khadke, G. N., & Chellam, V. (2015). Insights into *Musa balbisiana* and *Musa acuminata* species divergence and development of genic microsatellites by transcriptomics approach. *Plant Gene*, 4, 78-82. <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2015.09.007>.
- Wahyuni E, Sri Sumiati & Nurliani. (2012). Pengaruh Konsumsi Jantung Pisang Kluthuk Terhadap Peningkatan Produksi Asi Di Wilayah Puskesmas Srikuncoro, Kecamatan Pondok Kelapa, Bengkulu Tengah Tahun 2012. *Buletin Penelitian Sistem Kesehatan*, 15(4,) 418-424. <https://dx.doi.org/10.22435/bpsk.v15i4%20Okt.3052>.
- Wahyudi, A.T. Astuti, R.P. Widyawati, A. Meryandini, A. Nawangsih, A.A. (2011). Characterization of *Bacillus* sp. strains isolated from rhizosphere of soybean plants for their use as potential plant growth for promoting rhizobacteria. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 3, 34-40.
- Wahyuni, S. (2020). Isolasi dan Uji Antagonis Bakteri Endofit dari Patogen Akar Tanaman Karet. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL*, 3(1), 676-680.
- Yu H, Zhang L, Li L, Zeng C, Guo L, Li P, Sun P, Qin L. 2010. Recent development and future prospect of antimicrobial metabolites produced by endophytes. *Microbiol Research*, 165, 437-449. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2009.11.009>.
- Yudiarti, T. 2007. Ilmu Penyakit Tanaman. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Yuniawati, R., & Akhdiya, A. (2021). Karakterisasi Isolat Bakteri Endofit Nilam (*Pogostemon cablin* B.) sebagai Kandidat Biostimulan Pertumbuhan Tanaman. *Buletin Plasma Nutfah*, 27(1), 21-28. <https://dx.doi.org/10.21082/blpn.v27n1.2021.p21-28>.