

**EKSPLORASI AKTINOBAKTERIA FILOSFER INDIGENOS  
SEBAGAI AGENS BIOKONTROL PENYAKIT HAWAR  
DAUN BAKTERI OLEH *Pantoea ananatis* PADA  
TANAMAN BAWANG MERAH**

**SKRIPSI**

**Oleh :**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG  
2024**

**EKSPLORASI AKTINOBAKTERIA FILOSFER INDIGENOS  
SEBAGAI AGENS BIOKONTROL PENYAKIT HAWAR  
DAUN BAKTERI OLEH *Pantoea ananatis* PADA  
TANAMAN BAWANG MERAH**

Oleh :



**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pertanian**

**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG  
2024**

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Dengan ini dinyatakan bahwa skripsi berjudul “Eksplorasi Aktinobakteria Filosfer Indigenos Sebagai Agens Biokontrol Penyakit Hawar Daun Bakteri Oleh *Pantoea ananatis* Pada Tanaman Bawang Merah” adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.



Padang, Agustus 2024

Mhd. Fiqry Iskandar  
NIM. 2010253012

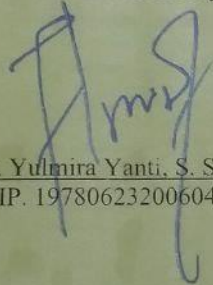
**EKSPLORASI AKTINOBAKTERIA FILOSFER INDIGENOS  
SEBAGAI AGENS BIOKONTROL PENYAKIT HAWAR  
DAUN BAKTERI OLEH *Pantoea ananatis* PADA  
TANAMAN BAWANG MERAH**

Oleh :

**MHD. FIQRY ISKANDAR  
NIM. 2010253012**

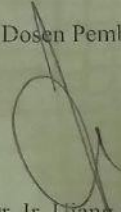
**MENYETUJUI:**

Dosen Pembimbing I



Dr. Yulmira Yanti, S. Si., MP  
NIP. 197806232006042002

Dosen Pembimbing II



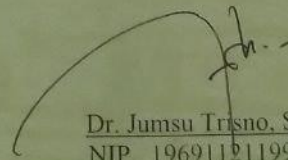
Dr. Ir. Ujang Khairul, MP  
NIP. 196707271992031003

Dekan Fakultas Pertanian  
Universitas Andalas



Dr. Ir. Indra Dyipa, MS  
NIP. 196502201989031003

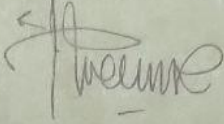
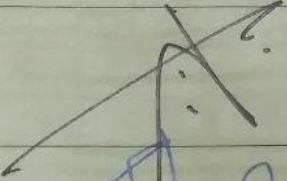
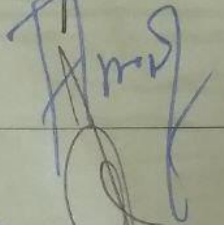
Koordinator  
Program Studi Proteksi Tanaman



Dr. Jumsu Trisno, SP., M. Si  
NIP. 196911211995121001

Tanggal disahkan:

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan Sidang Panitia Ujian Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Andalas, pada tanggal 31 Juli 2024.

No.	NAMA	TANDA TANGAN	JABATAN
1.	Dr. Haliatur Rahma, S. Si., MP		Ketua
2.	Prof. Dr. Ir. Darnetty, M. Sc		Sekretaris
3.	Ir. Rusdi Rusli, MS		Anggota
4.	Dr. Yulmira Yanti, S. Si, MP		Anggota
5.	Dr. Ir. Ujang Khairul, MP		Anggota

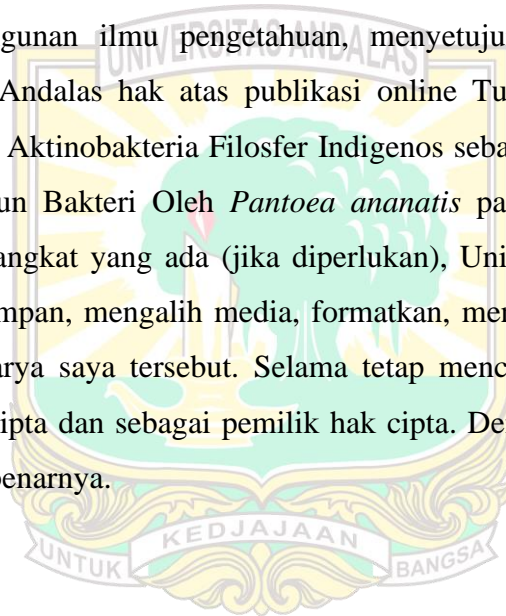


## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Saya mahasiswa Universitas Andalas yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Mhd. Fiqry Iskandar  
No. BP/ NIM : 2010253012  
Program Studi : Proteksi Tanaman  
Fakultas : Pertanian  
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pembangunan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Andalas hak atas publikasi online Tugas Akhir saya yang berjudul “Eksplorasi Aktinobakteria Filosfer Indigenos sebagai Agens Biokontrol Penyakit Hawar Daun Bakteri Oleh *Pantoea ananatis* pada Tanaman Bawang Merah”. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), Universitas Andalas juga berhak untuk menyimpan, mengalih media, formatkan, mengelola, merawat, dan mempublikasikan karya saya tersebut. Selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Padang, Agustus 2024

Mhd. Fiqry Iskandar  
2010253012

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."  
(Q.S. Al-Insyirah Ayat: 5-6)

Alhamdulillah Rabbil 'Alamiin puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Taala berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan langkah demi langkah dalam meraih gelar sarjana ini, semoga Allah senantiasa memudahkan dan meridhai setiap jalan yang akan ditempuh dan shalawat beserta salam untuk Nabi Besar Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam yang telah mengubah dari zaman jahililiyah menjadi zaman yang berilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan saat ini.

Alhamdulillah, skripsi ini dapat diselesaikan berkat doa dari kedua orangtua dan dukungan orang-orang terkasih. Hasil perjuangan saya persembahkan sebuah karya kecil dengan segenap ketulusan dan ucapan terima kasih kepada kedua orangtua tercinta Ibunda Harianti Ningrum, terima kasih atas semua didikan, pengorbanan, arahan, dan dukungan dari ibu sampai akhirnya saya bisa bertahan hingga di tahap ini. Teruntuk ayahandaku Wahyudi Iskandar terima kasih atas setiap dukungan, arahan, didikan kedisiplinan, dan kemandirian yang selalu bapak berikan semoga bapak selalu diberikan kesehatan dan bisa melihat saya menjadi anak yang sukses dan dapat membanggakan keluarga serta berguna untuk bangsa, dan agama. Teruntuk abang, kakak, dan adik tersayang Muhammad Rizky Irwansyah, Dewi Sri Huwaidah, Alya Nazwa Iskandar, dan Alyssa Azka Iskandar terima kasih atas dukungan, perjuangan, doanya, serta usaha yang luar biasa untuk membantu ekonomi keluarga. Ungkapan terima kasih sebesar-sebesarannya kepada keluarga tercinta ibu, ayah, nenek, dan kakek berkat doa dan dukungan baik secara materi maupun moral hingga saya bisa sampai pada tahap sekarang ini. Ungkapan terima kasih ini mungkin tak cukup untuk membalas setiap jasa dan cinta kasih semuanya terhadap saya.

Rasa hormat dan terima kasih saya ucapkan kepada ibu Dr. Yulmira Yanti, S. Si., MP dan bapak Dr. Ir. Ujang Khairul, MP atas ilmu, bimbingan, motivasi, nasihat, dan semangat yang diberikan. Jasa dan segala bantuan ibu dan bapak akan menjadi kenangan yang tidak bisa dilupakan sampai kapanpun. Terima kasih telah mengusahakan dan menolong saya selama penelitian dan telah memperjuangkan saya sehingga dapat lanjut ke pendidikan yang lebih tinggi. Terima kasih juga saya ucapkan kepada dosen penguji yaitu ibu Dr. Haliatur Rahma, S.Si., MP, ibu Prof. Dr. Ir. Darnetty, M. Sc, dan bapak Ir. Rusdi Rusli, MS yang telah memberikan saran dan banyak masukan, serta bantuan yang sangat membantu saya sehingga skripsi

ini dapat terselesaikan. Terima kasih atas semua perhatian, pengertian serta jasa-jasa bapak dan ibu sekalian.

Terima kasih saya ucapkan kepada SQUAD 18 dan SQUAD 19 yang telah membantu dalam proses penelitian di laboratorium maupun di lapangan. Teruntuk sahabat terbaik dari SMA hingga kapanpun yang sudah menemani dan berbagi cerita tentang kehidupan di perkuliahan dan hal-hal random lainnya. Terima kasih kepada teman seperjuangan dari awal kuliah online Siska, Mailin, Retno, Resva, Hasya, Silvani, Ihsan, Harits, dan teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih saya ucapkan kepada SQUAD 20 (Ellsa, Hadisti, Lucky, Fimetha, Vatima, Zhaira, Gilang, Ihsan, Zikri, dan Denny) yang telah menemani sewaktu penelitian semoga Allah membalas seluruh kebaikan teman-teman, Aamiin. Terima kasih kepada teman-teman kontrakan ibu Ar (James, Iqbal, Nanda, dan Defri) yang telah berbagi tempat bernaung, berbagi pengalaman, berbagi pemikiran, susah dan senang kita lalui bersama-sama, semoga kita semua sukses di jalan masing-masing. Ucapan terima kasih untuk teman-teman Proteksi Tanaman Angkatan 2020 (Labah Padi), BEM KM FP UNAND, FKI RABBANI UNAND, dan HIMSU Padang yang telah mewarnai dan memberi pengalaman yang luar biasa selama masa kuliah, semoga kita sukses dan mencapai cita-cita yang diinginkan.

Terima kasih saya ucapkan kepada ibu Nurlaili, P. hD selaku dosen magang saya di Badan Riset dan Inovasi Nasional-Pusat Riset Mikrobiologi Terapan, Cibinong, Jawa Barat yang telah memberikan ilmu, bantuan, dan pengalaman serta terima kasih kepada teman-teman saya (Ameylia, Rafasyah, Livia, kak Sari, kak Avi, dan mas Taufiq) yang telah menemani, dan bekerjasama pada saat selama magang berlangsung, terima kasih canda dan tawa nya.

Terima kasih kepada teman-teman saya dari beberapa Universitas di Indonesia yang dipertemukan di kota Palu, Sulawesi Tengah melalui program Bertani Untuk Negeri Batch 6, terima kasih telah menemani proses hidup saya selama 1 semester di perantauan yang jauh (Shafwan, Ilham, Magda, Naya, Komala, Iis, Putri, Isda, dan Oki). Terima kasih juga saya ucapkan kepada para mentor-mentor kece yang telah memberikan pengarahannya serta pengalaman yang sangat berharga. Terima kasih saya ucapkan kepada para bapak dan ibu petani kalekece di Desa Kaleke, Palu yang telah memberikan kasih sayang, bantuan, serta dukungan kepada saya selama di Palu.

Terima kasih setulusnya saya ucapkan kepada seorang cewe yang cantik dan manis pemilik NIM. 2210252062 sebagai kekasih hati yang telah menemani saya di detik-detik terakhir masa perkuliahan, memberikan semangat yang tiada henti, bantuan, dukungan, pengertian, dan perhatiannya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini.

Terakhir terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam pembuatan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga semua perjuangan yang dilakukan dibalas oleh Allah Subhanahu Wa Taala dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk banyak orang ke depannya.



## BIODATA

Penulis dilahirkan di Kota Medan pada 09 September 2002. Penulis merupakan anak ketiga dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Wahyudi Iskandar dan Ibu Harianti Ningrum. Riwayat pendidikan penulis yang ditempuh yaitu pendidikan Sekolah Dasar di SD Swasta Bakti 1 Medan (2008-2014); Pendidikan Menengah Pertama di SMP Negeri 24 Medan (2014-2017); dan Pendidikan Menengah Atas di SMA Islam Al-Ulum Terpadu Medan (2017-2020). Pada tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang.

Selama menjalankan pendidikan di Universitas Andalas, penulis aktif dalam kegiatan akademik yaitu mengikuti magang reguler di Badan Riset dan Inovasi Nasional - Pusat Riset Mikrobiologi Terapan, Cibinong, Jawa Barat (2022); dan mengikuti magang MBKM di PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk, Palu, Sulawesi Tengah melalui program Bertani Untuk Negeri (2023). Penulis lolos 2 proposal pendanaan riset oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui Program Kreativitas Mahasiswa-Riset Eksakta (PKM-RE) (2023). Penulis mengikuti International Student Outbound di Universiti Putra Malaysia melalui program Enchanging Quality Education for International University (EQUITY) yang didanai oleh Kemdikbud Republik Indonesia (2024). Selain itu, penulis aktif dalam kegiatan non akademik BEM KM-FP UNAND (2022), FKI Rabbani UNAND (2022), dan HIMSU Padang (2022), serta kegiatan kepanitiaan mahasiswa di dalam dan luar kampus lainnya.

Padang, Agustus 2024

M.F.I

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah Subhanahuwata'ala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi dengan judul "Eksplorasi Aktinobakteria Filosfer Indigenos sebagai Agens Biokontrol Penyakit Hawar Daun Bakteri Oleh *Pantoea ananatis* pada Tanaman Bawang Merah". Shalawat beserta salam penulis sampaikan kepada baginda Rasulullah Muhammad Shallallahu Alaihi wa Sallam yang menuntun jalan keselamatan dunia dan akhirat bagi umat sekalian alam.

Penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada Ibu Dr. Yulmira Yanti, S. Si., MP selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Ujang Khairul, MP selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, nasihat serta motivasi dalam menyelesaikan Skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada orang tua, saudara serta teman-teman yang telah memberi semangat, dukungan, dan bantuan secara moral serta materi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi melalui LPPM UNAND dengan nomor kontrak: 012/E5/PG.02.00.PL/2023. Penulis menyadari bahwa dalam Skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan Skripsi ini.

Padang, Agustus 2024

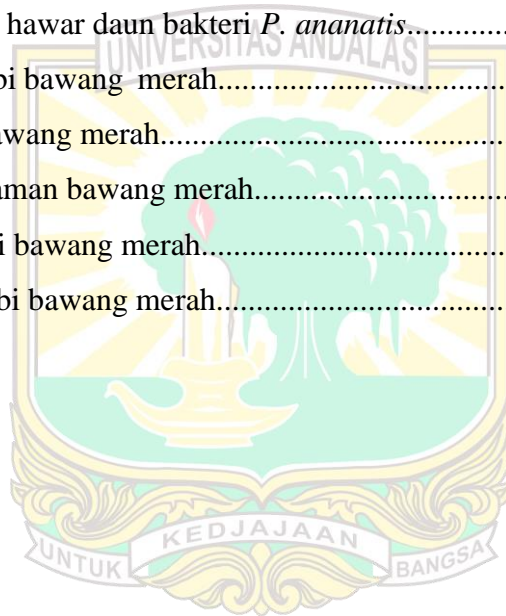
M.F.I

# DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	3
C. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
A. Tanaman Bawang Merah.....	4
B. Penyakit Hawar Daun Bakteri Oleh <i>Pantoea ananatis</i> .....	5
C. Aktinobakteria Filosfer Indigenos.....	8
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>11</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	11
B. Bahan Penelitian.....	11
C. Peralatan Penelitian.....	11
D. Rancangan Penelitian.....	12
E. Prosedur Penelitian.....	13
F. Pengamatan Penelitia.....	26
G. Analisis Data.....	32
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>33</b>
A. Hasil.....	33
B. Pembahasan.....	47
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>52</b>
A. Kesimpulan.....	52
B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perlakuan penelitian.....	13
2. Skala serangan penyakit hawar daun bakteri <i>P. ananatis</i> pada tanaman bawang merah .....	30
3. Keragaman morfologi aktinobakteria filosfer indigenos.....	33
4. Uji Gram dan keamanan hayati aktinobakteria filosfer indigenos.....	34
5. Masa inkubasi penyakit hawar daun bakteri <i>P. ananatis</i> .....	36
6. Insidensi penyakit hawar daun bakteri <i>P. ananatis</i> .....	38
7. Severitas penyakit hawar daun bakteri <i>P. ananatis</i> .....	39
8. Muncul tunas umbi bawang merah.....	42
9. Tinggi tanaman bawang merah.....	43
10. Jumlah daun tanaman bawang merah.....	45
11. Bobot segar umbi bawang merah.....	46
12. Bobot kering umbi bawang merah.....	47



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gejala penyakit hawar daun oleh <i>Pantoea ananatis</i> pada tanaman bawang merah.....	7
2. Lokasi pengambilan sampel aktinobakteria filosfer indigenos di Kecamatan Lembang Jaya, Kabupaten Solok.....	14
3. Hasil isolasi aktinobakteria filosfer indigenos dari Nagari Limau Lunggu (NLL).....	15
4. Hasil uji Gram aktinobakteria filosfer dengan KOH konsentrasi 3%....	16
5. Respon daun tanaman kembang pukul empat pada reaksi hipersensitif aktinobakteria filosfer.....	17
6. Respon daun tanaman bawang merah pada uji patogenisitas aktinobakteria filosfer.....	18
7. Perbanyakkan aktinobakteria filosfer.....	19
8. Karakteristik morfologi bakteri <i>P. ananatis</i> .....	20
9. Hasil uji Gram bakteri <i>P. ananatis</i> dengan larutan KOH 3%.....	21
10. Respon daun tanaman kembang pukul empat pada reaksi hipersensitif bakteri <i>P. ananatis</i> .....	21
11. Respon daun tanaman bawang merah pada uji patogenisitas bakteri <i>P. ananatis</i> .....	22
12. Perbanyakkan bakteri <i>P. ananatis</i> .....	23
13. Introduksi aktinobakteria filosfer indigenos.....	24
14. Inokulasi bakteri <i>P. ananatis</i> pada tanaman bawang merah.....	25
15. Pengukuran panjang gejala penyakit hawar daun bakteri <i>P. ananatis</i>	30
16. Skala severitas penyakit hawar daun bakteri <i>P. ananatis</i> pada daun bawang merah.....	31
17. Morfologi aktinobakteria filosfer umur 14 hari setelah rejuvinasi.....	34
18. Hasil uji hemolisis aktinobakteria filosfer.....	35
19. Perkembangan masa inkubasi penyakit hawar daun bakteri.....	37
20. Perbandingan masa inkubasi penyakit hawar daun bakteri.....	37
21. Perkembangan insidensi penyakit hawar daun bakteri.....	39
22. Perkembangan severitas penyakit hawar daun bakteri.....	40

23. Perbandingan severitas penyakit hawar daun bakteri.....	41
24. Severitas penyakit hawar daun bakteri.....	41
25. Perbandingan muncul tunas umbi bawang merah yang diintroduksi aktinobakteria filosfer dengan kontrol positif.....	43
26. Perbandingan pertumbuhan tinggi tanaman bawang merah yang diintroduksi aktinobakteria filosfer dengan kontrol positif.....	44
27. Perbandingan bobot umbi bawang merah yang diintroduksi aktinobakteria filosfer dengan kontrol positif.....	47



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Jadwal pelaksanaan penelitian.....	61
2. Deskripsi bawang merah kultivar Bima Brebes.....	63
3. Larutan standar <i>Mcfarland</i> .....	64
4. Komposisi medium.....	65
5. Lokasi pengambilan sampel.....	67
6. Sidik ragam.....	68
7. Karakterisasi aktinobakteria filofser indigenos.....	70



# EKSPLORASI AKTINOBAKTERIA FILOSFER INDIGENOS SEBAGAI AGENS BIOKONTROL PENYAKIT HAWAR DAUN BAKTERI OLEH *Pantoea ananatis* PADA TANAMAN BAWANG MERAH

## Abstrak

Penyakit hawar daun bakteri yang disebabkan oleh *Pantoea ananatis* pada tanaman bawang merah tergolong OPTK A2. Alternatif pengendalian dengan memanfaatkan aktinobakteria filosfer indigenos. Tujuan penelitian untuk memperoleh aktinobakteria filosfer indigenos yang berpotensi mengendalikan penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* serta meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah. Penelitian terdiri dari 2 tahap yaitu: 1). Isolasi dan karakterisasi aktinobakteria filosfer indigenos dilaksanakan secara deskriptif, 2). Seleksi aktinobakteria filosfer indigenos untuk mengendalikan penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah serta rejuvinasi *P. ananatis*, dilaksanakan secara eksperimen. Hasil tahap 1 didapatkan 25 aktinobakteria filosfer indigenos dan 20 aktinobakteria filosfer indigenos dilanjutkan ke tahap 2 yang terdiri dari 22 perlakuan, 3 ulangan, dan 3 unit perlakuan, disusun dalam Rancangan Acak Lengkap. Variabel yang diamati yaitu karakteristik morfologi aktinobakteria filosfer indigenos, uji keamanan hayati, perkembangan penyakit hawar daun bakteri dan pertumbuhan serta produksi tanaman bawang merah. Aktinobakteria filosfer indigenos yang berpotensi mengendalikan penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* dan meningkatkan pertumbuhan serta produksi tanaman bawang merah yaitu NLLA3F, NBSA2E, NLLP2A, NBSP2C, NBSP3A, NLLP3J, NLLP2H, dan NKGP2F mampu memperpanjang masa inkubasi dengan rentang nilai 21.88-27.77 hsi, insidensi penyakit sebesar 44.44-66.66%, severitas penyakit sebesar 7.95-11.65%, muncul tunas 3.88-4.22 hst, tinggi tanaman 36.11-38.77 cm, jumlah daun 37.88-44.66 helai, bobot segar 30.64 g, dan bobot kering 26.01-34.35 g.

**Kata Kunci:** Aktinobakteria filosfer, bawang merah, *Pantoea ananatis*.



**EXPLORATION OF INDIGENOUS PHYLLOSPHERIC  
ACTINOBACTERIA AS BIOCONTROL AGENTS OF  
BACTERIAL LEAF BLIGHT DISEASE  
BY *Pantoea ananatis* ON SHALLOT**

**Abstract**

Bacterial leaf blight by *Pantoea ananatis* in shallot plants is a seed-borne pathogen and classified as an A2 pest. Alternative control by utilizing indigenous phyllosphere actinobacteria. The aim of the study was to obtain indigenous phyllosphere actinobacteria that have the potential to control bacterial leaf blight by *P. ananatis* and increase the growth of shallot plants. Experimental research consists of 2 stages, namely: 1). Isolation and characterization of indigenous phyllosphere actinobacteria and, 2). Selection of indigenous phyllosphere actinobacteria to control bacterial leaf blight by *P. ananatis* and increase the growth of shallot plants consists of 22 treatments, 3 replicates, and 3 treatment units, arranged in a completely randomized design. The observed variables were morphological characteristics of indigenous phyllosphere actinobacteria, biosafety test, development of bacterial leaf blight and growth and production of shallot plants. Indigenous phyllosphere actinobacteria that have the potential to control bacterial leaf blight by *P. ananatis* and increase the growth and production of shallot plants are NLLA3F, NBSA2E, NLLP2A, NBSP2C, NBSP3A, NLLP3J, NLLP2H, and NKGP2F able to extend the incubation period with a value range of 21.88-27.77 hsi, disease incidence of 44.44-66.66%, disease severity of 7.95-11.65%, shoot emergence 3.88-4.22 hst, plant height 36.11-38.77 cm, number of leaves 37.88-44.66, fresh weight 30.64 g, and dry weight 26.01-34.35 g.

**Keyword:** Phyllospere actinobacteria, *Pantoea ananatis*, shallot

# BAB I. PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan komoditas sayuran unggulan yang memiliki manfaat sebagai bahan untuk produk industri, farmasi, dan kesehatan (Safitri *et al.*, 2019). Produktivitas bawang merah di Indonesia pada tahun 2020-2022 berturut-turut yaitu 9,71; 10,48; dan 10,75 ton/ha. Sementara itu, produktivitas bawang merah di Sumatera Barat pada tahun 2020-2022 berturut-turut yaitu 11,35; 14,44; dan 14,78 ton/ha (BPS, 2023). Produktivitas bawang merah masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan produktivitas optimal yang dapat mencapai 18 ton/ha (Upe & Asrijal, 2022).

Produktivitas bawang merah belum optimal karena disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu adanya gangguan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) dari golongan hama, gulma, dan patogen (Kaary *et al.*, 2022). Beberapa patogen penting pada tanaman bawang merah yaitu *Alternaria porri* penyebab penyakit bercak ungu, *Perenosclerospora destructor* penyebab penyakit embun bulu (Sari & Inayah, 2020); *Fusarium oxysporium* f. sp. *cepae* penyebab penyakit layu fusarium (Muthukumar *et al.*, 2023); *Puccinia allii* penyebab penyakit karat (Kwon *et al.*, 2021); *Stemphylium vesicarium* penyebab penyakit hawar daun stemphylium (Hay *et al.*, 2021); *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* penyebab penyakit hawar daun bakteri (Phuong *et al.*, 2022); *Pantoea dispersa* penyebab penyakit busuk umbi (Chang *et al.*, 2018); dan *Pantoea ananatis* penyebab penyakit hawar daun bakteri (Stice *et al.*, 2020).

Penyakit hawar daun bakteri yang disebabkan oleh *P. ananatis* tergolong dalam Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina golongan A2 (OPTK A2) yaitu sudah terdapat di Indonesia tetapi penyebarannya masih terbatas dan sedang dikendalikan (Asrul & Umrah, 2019). Patogen ini telah ditemukan di beberapa sentra produksi bawang merah di Jawa Tengah yaitu di Tawangmangu dan Temanggung dengan menimbulkan gejala berupa adanya lesi kebasahan (*water soaking*), kemudian menjadi klorosis yang memanjang dari tengah hingga pangkal daun (Stice *et al.*, 2020). Kerugian yang ditimbulkan serangan patogen ini cukup besar yaitu di Cirebon sebesar 81,43%, Tegal sebesar 80,81%, Nganjuk sebesar

83,31%, Bantul sebesar 78,04%, dan Sigi sebesar 83,64% (Asrul *et al.*, 2014). Persentase tingkat serangan *P. ananatis* dan keparahan penyakit di sentra produksi tanaman bawang merah di Sumatera Barat yaitu di Agam sebesar 66,4% dan 71,6%, di Tanah Datar sebesar 67% dan 91,1%, serta di Solok sebesar 68,3% dan 85,7% (Yanti *et al.*, 2023).

Upaya pengendalian penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada tanaman bawang merah yang dilakukan yaitu sanitasi lahan, menggunakan benih atau umbi yang sehat dan varietas tahan, menerapkan jarak tanam ideal, menggunakan mulsa plastik, memperbaiki irigasi dan drainase, eradikasi tanaman yang terinfeksi (Yanti *et al.*, 2023); dan rotasi tanaman dengan tidak menanam tanaman satu famili selama 3 tahun atau lebih (Black *et al.*, 2012). Saat ini, petani lebih banyak mengendalikan menggunakan bakterisida sintetik berbahan aktif tembaga *oxysulfat* (Asrul & Umrah, 2019). Penggunaan bakterisida sintetik secara intensif berbahaya bagi lingkungan, patogen menjadi resisten, menimbulkan strain baru, dan meninggalkan residu (Kaari *et al.*, 2023). Alternatif pengendalian efektif dan ramah lingkungan, yaitu memanfaatkan mikroorganisme indigenos (Boubekri *et al.*, 2022).

Mikroorganisme indigenos merupakan mikroorganisme yang berasal dari tanaman tertentu kemudian diaplikasikan kembali pada tanaman tersebut. Mikroorganisme indigenos ketika diaplikasikan pada lingkungan asalnya dapat berkembang dengan baik dan mudah beradaptasi dengan lingkungan asalnya (Cabanas *et al.*, 2018). Mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk mengendalikan patogen tanaman salah satunya yaitu dari kelompok aktinobakteria filofiler (Vorholt, 2012).

Aktinobakteria filofiler merupakan kelompok bakteri Gram positif yang beradaptasi pada permukaan daun tanaman (Durand *et al.*, 2018). Aktinobakteria filofiler memiliki kemampuan sebagai agens biokontrol melalui mekanisme secara langsung dan tidak langsung (Silva *et al.*, 2022). Mekanisme langsung yaitu aktinobakteria filofiler berkompetisi nutrisi dan ruang dengan patogen, menghasilkan senyawa antibiotik, memfiksasi nitrogen, menghasilkan fitohormon, dan siderofor. Sedangkan mekanisme tidak langsung yaitu aktinobakteria filofiler menginduksi ketahanan tanaman melalui induksi ketahanan sistemik (*Induce Systemic Resistance*) (Boukhatem *et al.*, 2022).

Aktinobakteria filofera dalam mengendalikan patogen tanaman secara langsung sudah banyak diteliti yaitu strain aktinobakteria dari kelompok *Streptomyces turgidus*, *S. azureus*, *S. geysiriensis*, *S. rochei*, dan *S. deccanensis* dapat menghasilkan enzim litik, kitinase, protease, glukonase, dan siderofor sehingga dapat menghancurkan dinding sel jamur *Colletotrichum scovillei* sebesar 59,63%, *C. truncatum* sebesar 61,18%, dan *Fusarium oxysporum* sebesar 63,58% (Renuka *et al.*, 2023). Menurut laporan Ilsa (2017), *Streptomyces luteogriseus* mampu menghambat pertumbuhan jamur *Pyricularia oryzae* dengan mekanisme antibiotik dan hiperparasitisme. Aktinobakteria filofera padi menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Ilsa *et al.*, 2016). Aktinobakteria yang berasal dari filofera tanaman mentimun dapat menghambat hifa *Corynespora cassiicola* sebesar 78,34% dengan menghasilkan senyawa bioaktif (Wang & Ma, 2010). Aktinobakteria filofera tanaman padi mampu menekan severitas penyakit blast (*Pyricularia oryzae*) sebesar 88,11% (Harsenowati *et al.*, 2017). Selain itu, *Streptomyces* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman gandum dan kedelai (Doolotkeldieva *et al.*, 2015).

Adanya potensi aktinobakteria filofera sebagai agens biokontrol dan biofertilizer yang mampu menghambat pertumbuhan patogen tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, dibutuhkan eksplorasi mengenai aktinobakteria filofera ini, maka telah dilakukan penelitian “Eksplorasi Aktinobakteria Filofera Indigenes sebagai Agens Biokontrol Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Pantoea ananatis*) pada Tanaman Bawang Merah”.

## **B. Tujuan Penelitian**

Penelitian bertujuan untuk mendapatkan aktinobakteria filofera indigenes yang berpotensi untuk mengendalikan penyakit hawar daun bakteri oleh *Pantoea ananatis* serta meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah.

## **C. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian adalah sebagai informasi mengenai aktinobakteria filofera indigenes yang berpotensi mengendalikan penyakit hawar daun bakteri oleh *Pantoea ananatis* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tanaman Bawang Merah

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi dan bermanfaat sebagai bahan masakan, industri, farmasi, dan kesehatan (Yanti *et al.*, 2022). Menurut CABI (2021), tanaman bawang merah diklasifikasikan sebagai berikut yaitu kingdom: Plantae, divisi: Spermatophyta, subdivisi: Angiospermae, class: Monocotyledonae, ordo: Liliales, family: Liliaceae, genus: *Allium*, dan spesies: *Allium ascalonicum* L.

Tanaman bawang merah dapat tumbuh dengan optimal pada dataran rendah maupun dataran tinggi yaitu pada ketinggian 0-1.100 mdpl dengan ketinggian yang optimal untuk pertumbuhan yaitu berkisar pada 0-800 mdpl (Palmasari *et al.*, 2020). Bawang merah membutuhkan sekitar 70% penyinaran cahaya matahari selama 12 jam dan angin memiliki pengaruh yang baik bagi tanaman terhadap laju fotosintesis dan dapat meningkatkan pembentukan umbi pada tanaman bawang merah (Nanda *et al.*, 2022). Suhu yang dibutuhkan tanaman bawang merah yaitu berkisar antara 25-32 °C serta kelembapan yang berkisar 50-70% (Renita *et al.*, 2020). Bawang merah dapat tumbuh optimal pada kondisi tanah yang sehat, gembur, dan mengandung bahan organik tinggi, serta drainase dan aerasi yang lancar (Ilham *et al.*, 2019). Keasaman pH tanah mempengaruhi tanaman dalam menyerap unsur hara pada tanah (Sagala *et al.*, 2022). pH tanah optimal untuk pertumbuhan tanaman bawang merah yaitu berkisar 5,7-7,0 (Herani *et al.*, 2023).

Kriteria umbi bawang merah untuk dibudidayakan yaitu umbi berasal dari indukan yang berumur 60-90 hst tergantung varietas. Umbi memiliki ukuran sedang sekitar 5-10 g dengan bentuk dan penampilan umbi segar, sehat, padat, bentuknya tidak cacat, kulit umbi tidak keriput dan terkelupas, dan warna cerah merah keunguan, serta terbebas dari hama dan penyakit tanaman (Palmasari *et al.*, 2020). Penanaman dilakukan dengan memotong 1/3 bagian atas umbi, setelah itu ditanam dengan membenamkan umbi dengan posisi tegak dengan jarak tanam 20×20 cm (Palmasari *et al.*, 2020). Penanaman bawang merah dilakukan pada pagi ataupun sore hari tergantung kondisi cuaca (Siswanto *et al.*, 2023).

Pemupukan pada tanaman bawang merah dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada persiapan lahan sebagai pupuk dasar dan pada saat tanaman berumur 35 hst. Pemupukan dasar pada tanaman bawang merah membutuhkan kotoran sapi sebanyak 10-20 ton/ha, kotoran ayam sebanyak 5-6 ton/ha, dan kompos sebanyak 4-5 ton/ha. Pemupukan selanjutnya menggunakan pupuk anorganik dengan dosis Nitrogen yang optimum sebanyak 150-300 kg/ha, Kalium sebanyak 50-150 kg/ha. Dengan pemberian pupuk N dosis 250 kg/ha, dan K 100 kg/ha sebagai dosis pupuk pada budidaya bawang merah dapat meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil, sehingga dapat mencegah serangan patogen tanaman (Herani *et al.*, 2023).

Pemanenan tanaman bawang merah dilakukan pada saat cuaca cerah dan kering serta pada saat tanaman berumur 65-70 hst yang ditandai dengan rebahnya daun tanaman sekitar 60-90%, kemudian pada bagian leher melunak, tanaman rebah ke permukaan tanah, serta sebesar 60% daun menguning dari total populasi. Panen dilakukan dengan mencabut seluruh bagian tanaman dengan perlahan agar umbi tidak rusak maupun tertinggal di tanah. Umbi yang telah dipanen dibersihkan dari sisa tanah yang menempel pada umbi maupun daun tanaman bawang merah, kemudian diikat dan dikeringkan (Nugroho & Khoyriyah, 2023).

Permasalahan yang sering dialami dalam peningkatan produktivitas bawang merah yaitu adanya serangan patogen seperti penyakit bercak ungu oleh *Alternaria porri* (Mohsin *et al.*, 2016); penyakit hawar daun bakteri oleh *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* (Robene *et al.*, 2010); penyakit layu fusarium oleh *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* (Taylor *et al.*, 2013); dan penyakit busuk umbi oleh *Pantoea dispersa* (Chang *et al.*, 2018); penyakit karat daun oleh *Puccinia allii* (Kwon *et al.*, 2021); penyakit hawar daun stemphylium oleh *Stemphylium vesicarium* (Hay *et al.*, 2021); penyakit hawar daun bakteri oleh *Pantoea ananatis* (Shin *et al.*, 2019).

## **B. Penyakit Hawar Daun Bakteri Oleh *Pantoea ananatis***

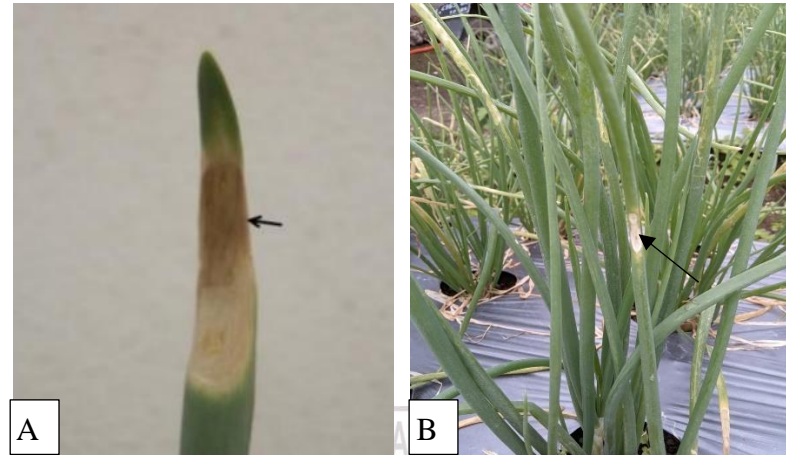
*P. ananatis* merupakan patogen yang bersifat tular benih (*seed-borne*) (Kowalska & Smolinska, 2015). Penyebaran *P. ananatis* melalui perpindahan benih, terutama pada benih bawang merah yang diimpor berisiko dapat menyebarkan inokulum *P. ananatis* strain baru dengan tingkat virulensi yang tinggi sehingga dapat mematahkan ketahanan kultivar pada bawang merah dengan

mudah (Dutta *et al.*, 2017). Sehingga dikhawatirkan dapat mempengaruhi produktivitas bawang merah di Indonesia. Selain itu inokulum *P. ananatis* disebarkan melalui luka pada bagian tanaman, angin (Coutinho & Venter, 2009); alat pertanian yang digunakan selama budidaya tanaman bawang merah (McDonald *et al.*, 2004); dan serangga vektor seperti Thrips tobacco *Frankliniella fusca* (Gitaitis *et al.*, 2003); Thrips onion *Thrips tabaci* (Dutta *et al.*, 2014), dan dapat menyebabkan busuk pada bagian tengah umbi bawang merah (Nurjanah *et al.*, 2017). Perkembangan patogen ini didukung beberapa faktor abiotik seperti curah hujan yang berkepanjangan, kelembapan relatif yang tinggi sekitar 75%, dan suhu yang bersekitar antara 28-35 °C (Schwartz *et al.*, 2003). Karakteristik morfologi *P. ananatis* yaitu memiliki bentuk bundar, cembung, tepi rata, berlendir serta koloni berwarna krem (Alippi & Lopez, 2010). Klasifikasi bakteri *P. ananatis* menurut (Coutinho & Venter, 2009) yaitu kingdom: Bacteria; divisi: Proteobacteria; kelas: Gammaproteobacteria; ordo: Enterobacteriales; famili: Enterobacteriaceae; genus: *Pantoea*; spesies: *P. ananatis*.

*P. ananatis* merupakan bakteri fitopatogen yang menyebabkan penyakit hawar daun bakteri pada tanaman bawang merah yang dapat menginfeksi di lapangan maupun penyimpanan. Kerugian yang ditimbulkan akibat serangan penyakit hawar daun bakteri ini di lapangan cukup besar yaitu berkisar 78,04-83,63% dan kerugian di penyimpanan berkisar 20-25% (Asrul *et al.*, 2014). Gejala awal yang ditimbulkan akibat penyakit hawar daun bakteri dimulai pada bagian tengah daun yaitu berupa bercak kebasahan (*water soaking*), daun mengerut, terdapat lekukan pada daun atau daun menjadi melengkung, dan klorosis serta nekrosis berwarna putih, kecokelatan, hingga menghitam pada bagian daun tanaman bawang merah (Asrul, 2020). Gambar 1A gejala penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* yang ditandai klorosis dan nekrotik pada daun tanaman bawang merah. Gambar 1B gejala klorosis berwarna putih pada bagian tengah daun tanaman bawang merah.

Gejala serangan yang disebabkan oleh *P. ananatis* yaitu adanya bercak putih kering dengan klorosis yang memanjang dari bagian tengah daun bawang merah hingga ke pangkal daun. Infeksi lebih parah terjadi ketika daun tanaman terdapat gejala klorosis menjadi warna abu-abu dan daun menjadi mengering sehingga

menyebabkan tanaman bawang merah mati (Nurjanah *et al.*, 2017). Menurut Conn *et al.* (2012), infeksi *P. ananatis* pada tanaman bawang merah dimulai adanya bercak pada daun tanaman yang memanjang hingga leher umbi.



Gambar 1. Gejala penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* pada tanaman bawang merah (A) Gejala klorosis dan nekrosis pada daun tanaman bawang merah (Asrul & Umrah, 2019), (B) Gejala di lahan tanaman bawang merah di Kabupaten Solok.

Upaya yang telah dilakukan untuk mengendalikan penyakit hawar daun bakteri yang disebabkan oleh *P. ananatis* yaitu menggunakan kultivar tahan seperti *Redwing* yang telah terbukti dapat mengurangi serangan *P. ananatis* pada lahan tanaman bawang merah secara luas dan seragam sehingga dapat menekan pertumbuhan dan perkembangan *P. ananatis* di Amerika Serikat (Vahling *et al.*, 2016). Selain itu, pengaplikasian fungisida Mancozeb di Brazil dilakukan pada tahap awal perkembangan penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* (Bomfeti *et al.*, 2007). Pengendalian juga dapat dilakukan dengan memilih genotip resisten terhadap patogen (Carr *et al.*, 2013); memusnahkan tanaman yang terserang, rotasi tanaman bukan inang, memperbaiki saluran irigasi dan drainase, jarak tanam yang ideal dan menggunakan mulsa plastik sebagai penutup tanah sehingga kondisi tanah menjadi panas dan dapat menghambat patogen (Yanti *et al.*, 2023).

Berbagai upaya pengendalian penyakit hawar daun bakteri yang telah dilakukan, namun teknik pengendalian yang disarankan masih terbatas dalam pengaplikasiannya di lapangan. Faktor yang menyebabkan sulitnya pengendalian penyakit hawar daun bakteri diantaranya yaitu kurangnya pemahaman petani dalam



menerapkan pengendalian di lapangan dan kemampuan *P. ananatis* dalam membentuk strain baru dengan tingkat virulensi yang berbeda dan kisaran inang yang cukup luas (Dutta *et al.*, 2017). Penggunaan bakterisida sintetik untuk mengendalikan penyakit hawar daun bakteri ini memiliki risiko yang berbahaya (Kaari *et al.*, 2023). Alternatif pengendalian yang ramah lingkungan dan efektif yaitu dapat memanfaatkan mikroorganisme yang berasal dari filosfer tanaman, salah satunya yaitu dari kelompok aktinobakteria filosfer (Wang & Ma, 2010).

### **C. Aktinobakteria Filosfer Indigenos**

Aktinobakteria filosfer indigenos merupakan kelompok bakteri Gram positif yang dapat beradaptasi dengan lingkungan yang beragam termasuk pada permukaan daun tanaman (Durand *et al.*, 2018). Klasifikasi morfologi aktinobakteria mengacu pada ada tidaknya miselium substrat, miselium aerial, warna miselium, produksi pigmen melanin, dan susunan spora dalam rantai spora. Pigmen melanin yang dihasilkan aktinobakteria berperan dalam meningkatkan daya adaptasi aktinobakteria dan daya saing terhadap mikroba lain (Barka *et al.*, 2016).

Aktinobakteria yang hidup di permukaan daun tanaman disebut dengan aktinobakteria filosfer (Burgarelli *et al.*, 2013). Aktinobakteria filosfer merupakan kelompok aktinobakteria yang dominan terdapat di filosfer tanaman yang dapat berperan penting dalam menekan pertumbuhan patogen tanaman dan memacu pertumbuhan tanaman (Thapa & Prasanna, 2018).

Populasi aktinobakteria filosfer dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik yang mempengaruhi populasi aktinobakteria filosfer diantaranya yaitu struktur morfologi filosfer, karakteristik fisiologi, karakteristik biokimia, jenis tanaman, dan varietas tanaman. Sedangkan faktor abiotik yang mempengaruhi populasi aktinobakteria filosfer yaitu kondisi iklim, letak geografis, sifat fisik dan kimia tanah, suhu, kelembapan, dan cahaya matahari (Huang *et al.*, 2023).

Aktinobakteria filosfer sebagai binokulan dan biopestisida merupakan alternatif pupuk dan pestisida kimiawi yang ramah lingkungan dan aman digunakan secara luas. Aktinobakteria filosfer dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pada berbagai cekaman abiotik seperti suhu ekstrim, salinitas, dan kekurangan air (Cheng *et al.*, 2018). Pertumbuhan optimum yaitu suhu 28-37 °C dan sebagian

aktinobakteria filofiler dapat tumbuh pada suhu ekstrim yang berkisar 55-56 °C (Pandiyan *et al.*, 2021).

Aktinobakteria filofiler memiliki kemampuan sebagai agens biokontrol dalam menghambat pertumbuhan patogen melalui mekanisme secara langsung dan tidak langsung (Aditi & Anupama, 2015). Mekanisme langsung terjadi persaingan nutrisi dengan patogen dan menghasilkan senyawa antibiotik untuk menghambat perkembangan patogen (Silva *et al.*, 2022). Mekanisme tidak langsung terjadi induksi ketahanan tanaman dan memicu tanaman menghasilkan induksi ketahanan sistemik (ISR) (Mitra *et al.*, 2022 ).

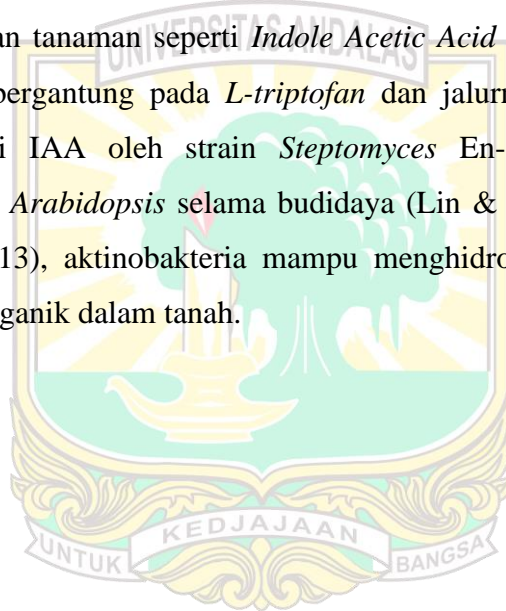
Induksi ketahanan sistemik merupakan penekanan pertumbuhan patogen tanaman oleh aktinobakteria filofiler. ISR bekerja pada jaringan tanaman untuk memberikan sinyal tanaman seperti asam salisilat, asam jasmonat, dan etilen. Hormon ini merangsang mekanisme ketahanan tanaman terhadap fitopatogen yang melibatkan perlindungan fisik dan mekanik dengan melindungi dinding sel tanaman serta mengubah reaksi fisiologis dan biokimia, sehingga tanaman mensintesis bahan kimia untuk mempertahankan terhadap patogen (Roopa & Gadag, 2019).

Aktinobakteria sebagai bakteri penghuni filofiler berasosiasi dengan permukaan daun tanaman tanpa menyebabkan penyakit pada tanaman tersebut. Aktinobakteria filofiler menghasilkan metabolit bioaktif, siderofor, amonia, *hydrogen cyanide* (HCN), asam giberelat, dan enzim, seperti *aminocyclopropane*, *carboxylic acid* (ACC), deaminase, kitinase, selulase, lipase, dan  $\beta$ -1,3 glucanase, pelarutan fosfat, fiksasi nitrogen, seng, dan kalium yang berperan dalam pemacu pertumbuhan tanaman serta berpotensi sebagai agens biokontrol (Sathya *et al.*, 2017). Selain itu, aktinobakteria filofiler menghasilkan *Indole Acetic Acid* seperti *Arthrobacter* sp., *Nocardiodes* sp., *Pseudonocardia* sp., dan *Streptomyces* sp. (Rangseekaew *et al.*, 2021).

Aktinobakteria filofiler mampu menghambat pertumbuhan spora jamur patogen tanaman serta dapat menghasilkan enzim kitinase yang berperan penting pada mekanisme pertahanan tanaman inang (Ilsan, 2017). Aktinobakteria filofiler sebagai agen biokontrol dapat menghambat pertumbuhan patogen tanaman seperti *Corynespora cassiicola* (Wang & Ma, 2010); *Pyricularia oryzae* (Harsonowati *et al.*, 2017); *Sclerotium rolfsii* (Wibowo *et al.*, 2019); *Pectobacterium carotovorum*

subsp. *carotovorum* (Vesuna & Nerurkar, 2020); *C. gloeosporioides*, *F oxysporum* (Mitra *et al.*, 2022); *P. ananatis* (Dornelas *et al.*, 2023); *Ralstonia syzygii* subsp. *indonesiensis* (Hosny *et al.*, 2022); dan *X. citri* susp. *citri* (Zhang *et al.*, 2023). Kemampuan beberapa aktinobakteria indigenos yang diperoleh dari tanaman padi mampu mengendalikan perkembangan penyakit hawar daun bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi (Fadil *et al.*, 2023). Aktinobakteria filofosfer yang diisolasi dari permukaan daun tanaman padi mampu mengendalikan bakteri fitopatogen *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* menghasilkan senyawa antibiotik (Ilsan *et al.*, 2016).

Aktinobakteria juga menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman berupa melarutkan fosfat, menambat nitrogen, dan memproduksi fitohormon yang dapat memacu pertumbuhan tanaman seperti *Indole Acetic Acid* (IAA). Produksi IAA oleh *Streptomyces* bergantung pada *L-triptofan* dan jalurnya melalui *indole-3-acetamide*. Produksi IAA oleh strain *Streptomyces* En-1 dapat merangsang pertumbuhan planlet *Arabidopsis* selama budidaya (Lin & Xu, 2013). Penelitian Ghorbani *et al.* (2013), aktinobakteria mampu menghidrolisis asam fitat yang dominan bentuk P organik dalam tanah.



## BAB III. METODE PENELITIAN

### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan pada Oktober 2023 hingga April 2024 di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Proteksi Tanaman, dan Lahan Percobaan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang. Jadwal kegiatan penelitian terlampir (Lampiran 1).

### B. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian yaitu sampel daun tanaman bawang merah yang sehat sebagai sumber inokulum aktinobakteria filusfer indigenos, bakteri *P. ananatis* yang telah diidentifikasi molekuler 16s rRNA (koleksi Ibu Dr. Yulmira Yanti, S. Si., M.P), umbi bawang merah kultivar Bima Brebes (Lampiran 2), larutan NaOCl konsentrasi 1%, larutan NaCl konsentrasi 0.85%, alkohol konsentrasi 70%, aquades, larutan standar *McFarland* skala 7 (Lampiran 3), medium *Starch Casein Agar* (SCA), medium *Glucose Yeast Peptone Agar* (GYPA), medium *International Streptomyces Project 2* (ISP2), medium agar darah (*Blood Agar*) (Lampiran 4), kapas, tanaman bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*), pupuk kandang ayam, pupuk urea, pupuk KCL, pupuk SP-36, tanah, *aluminium foil*, *plastic wrapp*, tisu, plastik bening, plastik bening tahan panas, kertas label, plastik label, dan *polybag* ukuran 5 kg.

### C. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *laminar air flow cabinet* (LAF), *microwave*, *autoclave*, *hot plate stirrer*, oven, *vortex*, *orbital shaker*, *magnetic stirrer*, Erlenmeyer, *microtip*, *microtube*, *haemocytometer neubauer type*, *hand sprayer*, spatula, *spreader*, *freezer*, jarum suntik, mikroskop stereo binokuler, cawan petri, pipet tetes, botol kultur, gelas ukur, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *cover glass*, *object glass*, pinset, batang pengaduk, jarum ose, bunsen, korek api, pisau, gunting, mikro pipet, timbangan analitik, alat dokumentasi, alat tulis, dan aplikasi *software* SPSS 27, dan *Microsoft Excel* 2021.

## D. Rancangan Penelitian

Penelitian terdiri dari 2 tahap, yaitu antara lain:

### 1. Isolasi Aktinobakteria Filosfer Indigenos dari Permukaan Daun Tanaman Bawang Merah

Lokasi pengambilan sampel tanaman ditetapkan terlebih dahulu dengan mengacu pada daerah yang merupakan salah satu sentra produksi bawang merah di Sumatera Barat yaitu Kabupaten Solok (Yanti *et al.*, 2024). Pengambilan sampel aktinobakteria filosfer indigenos dilakukan dengan mengambil daun tanaman bawang merah yang sehat di sekitar tanaman bawang merah bergejala penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis*. Kriteria daun tanaman sehat yaitu daun berwarna hijau, pertumbuhan daun normal, serta tidak terserang hama, dan penyakit. Daun tanaman bawang merah yang diambil berkisar berumur 30-35 hst.

### 2. Seleksi Aktinobakteria Filosfer Indigenos sebagai Agens Biokontrol Penyakit Hawar Daun Bakteri oleh *P. ananatis* dan Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah

Seleksi dilakukan untuk mendapatkan aktinobakteria filosfer indigenos yang berpotensi untuk mengendalikan penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah. Bakteri *P. ananatis* menggunakan koleksi Ibu Dr. Yulmira Yanti, S. Si., M.P yang telah diidentifikasi molekuler 16s rRNA. Bakteri *P. ananatis* dilakukan rejuvinasi pada medium *Glucose Yeast Peptone* (GYPA) dengan metode gores kuadran pada permukaan medium. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 22 perlakuan, 3 ulangan, dan 3 unit perlakuan. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu :

- a. 20 aktinobakteria filosfer indigenos
- b. Kontrol positif (perlakuan aquades steril)
- c. Kontrol negatif (perlakuan *P. ananatis*)

Tabel 1. Perlakuan penelitian

No.	Perlakuan	Daerah Asal Isolat	Ketinggian Tempat
1.	NLLP2H	Nagari Limau Lunggu	±1500 m dpl
2.	NLLP2A	Nagari Limau Lunggu	±1500 m dpl
3.	NLLP2G	Nagari Limau Lunggu	±1500 m dpl
4.	NLLP3J	Nagari Limau Lunggu	±1500 m dpl
5.	NLLA2E	Nagari Limau Lunggu	±1500 m dpl
6.	NLLA3F	Nagari Limau Lunggu	±1500 m dpl
7.	NBSA2E	Nagari Bukit Sileh	±1500 m dpl
8.	NBSP3B	Nagari Bukit Sileh	±1500 m dpl
9.	NBSP3F	Nagari Bukit Sileh	±1500 m dpl
10.	NBSA2B	Nagari Bukit Sileh	±1500 m dpl
11.	NBSA3B	Nagari Bukit Sileh	±1500 m dpl
12.	NBSP2C	Nagari Bukit Sileh	±1500 m dpl
13.	NBSP2I	Nagari Bukit Sileh	±1500 m dpl
14.	NBSA2I	Nagari Bukit Sileh	±1500 m dpl
15.	NBSP2H	Nagari Bukit Sileh	±1500 m dpl
16.	NBSP3A	Nagari Bukit Sileh	±1500 m dpl
17.	NKGP3B	Nagari Koto Gadang	±1500 m dpl
18.	NKGP2F	Nagari Koto Gadang	±1500 m dpl
19.	NKGP3G	Nagari Koto Gadang	±1500 m dpl
20.	NKGP3I	Nagari Koto Gadang	±1500 m dpl
21.	Kontrol (+)	-	-
22.	Kontrol (-)	-	-

Keterangan: P Medium ISP  
 A Medium SCA  
 2 Pengenceran seri  $10^{-2}$   
 3 Pengenceran seri  $10^{-3}$

## E. Prosedur Penelitian

### 1. Isolasi dan Karakterisasi Aktinobakteria Filosfer Indigenos

#### a. Persiapan Aktinobakteria Filosfer Indigenos

##### i. Pengambilan Sampel di Lapangan

Pengambilan sampel aktinobakteria filosfer diambil menggunakan metode acak terpilih. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di sentra produksi bawang merah di Sumatera Barat yaitu Kabupaten Solok. Sampel diambil dari Kecamatan Lembang Jaya, kemudian dipilih 3 nagari yaitu Nagari Limau Lunggu, Nagari Koto Gadang, dan Nagari Bukit Sileh. Setelah itu, setiap nagari dipilih 1 lahan tanaman bawang merah (Lampiran 5). Lokasi pengambilan sampel aktinobakteria filosfer indigenos dapat dilihat pada Gambar 2A Nagari Limau Lunggu, 2B Nagari Bukit Sileh, dan 2C Nagari Koto Gadang.

Pengambilan sampel daun tanaman bawang merah ditentukan terlebih dahulu sebanyak 10 tanaman sampel, lalu sampel daun sebanyak 10 g diambil pada setiap tanaman sampel. Daun tanaman bawang merah yang diambil yaitu daun tanaman berkisar berumur 30-35 hst yang sehat di antara tanaman bawang merah yang bergejala penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis*. Kriteria daun tanaman yang sehat yaitu daun berwarna hijau, pertumbuhan daun normal, serta tidak terserang hama, dan penyakit. Kemudian, sampel daun tanaman bawang merah dimasukkan ke amplop kertas dan diberikan label lokasi pengambilan sampel. Setelah itu, dibawa ke laboratorium untuk dilakukan isolasi.



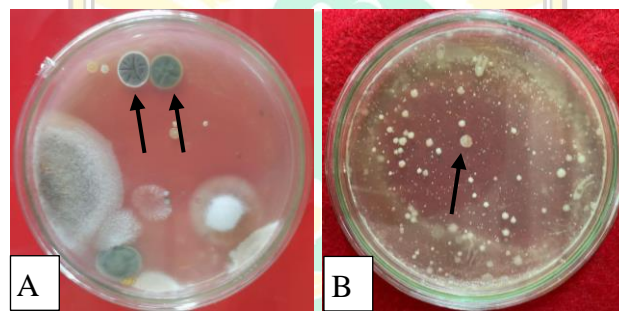
Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel aktinobakteria filofser indigenos di Kecamatan Lembeh Jaya, Kabupaten Solok, (A) Nagari Limau Lunggu, (B) Nagari Koto Gadang, (C) Nagari Bukit Sileh.

## ii. Isolasi Aktinobakteria Filosfer Indigenos

Isolasi aktinobakteria filofser mengacu pada metode Harsonowati *et al.* (2017), dengan mencuci sampel daun tanaman bawang merah menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran dan residu pestisida yang menempel pada permukaan daun, sampel daun dikeringanginkan di atas tisu steril selama 5 menit. Sampel daun yang sudah kering ditimbang sebanyak 10 g dengan timbangan analitik, lalu sampel daun tersebut dipanaskan pada suhu 70 °C selama 10 menit dengan oven yang bertujuan untuk mereduksi sel vegetatif bakteri dan mempertahankan spora aktinobakteria filofser. Kemudian, sampel daun tersebut dimasukkan ke botol kultur ukuran 100 ml untuk disuspensikan dengan 90 ml larutan NaCl steril konsentrasi 0.85% menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 250 *rpm* selama 1 jam. Kemudian, dilakukan pengenceran seri hingga  $10^{-3}$ . Pengenceran seri yang digunakan yaitu pengenceran seri  $10^{-2}$  dan  $10^{-3}$  diambil sebanyak 0,3 ml untuk ditumbuhkan pada medium yang berbeda yaitu

medium ISP2 dan SCA, lalu suspensi tersebut ditumbuhkan pada permukaan medium ISP2 dan SCA dengan cara disebar menggunakan *spreader* hingga merata ke seluruh permukaan medium dan hingga suspensi mengering pada permukaan medium, lalu diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang sekitar 28 °C.

Koloni aktinobakteria filofera yang tumbuh pada permukaan medium ISP2 dan SCA dengan morfologi koloni seperti penampilan berkapur, kasar, dan memiliki pigmen warna yang bervariasi dimurnikan hingga mendapatkan biakan murni aktinobakteria filofera pada cawan petri yang berbeda berisi medium selektif pertumbuhan aktinobakteria filofera yaitu pada medium ISP2 (Aeny *et al.*, 2018); dan medium SCA (Sharifi & Bipinraj, 2019). Hasil isolasi aktinobakteria filofera dapat dilihat pada Gambar 3A pertumbuhan aktinobakteria filofera indigenos kode NLLP2H pada medium ISP2, dan 3B pertumbuhan aktinobakteria filofera indigenos kode NLLA3F pada medium SCA.



Gambar 3. Hasil isolasi aktinobakteria filofera indigenos dari Nagari Limau Lunggu (NLL) setelah diinkubasi selama 7×24 jam, (A) Pertumbuhan aktinobakteria filofera indigenos kode isolat NLLP2H pada medium ISP2, dan (B). Pertumbuhan aktinobakteria filofera indigenos kode isolat NLLA3F pada medium SCA.

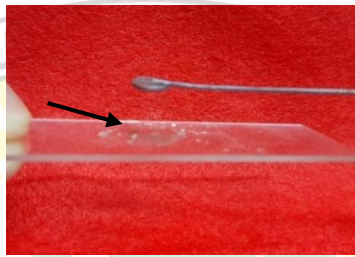
### iii. Karakterisasi Morfologi Aktinobakteria Filofera Indigenos

Karakterisasi morfologi aktinobakteria filofera yang diamati berupa karakterisasi makroskopis dan mikroskopis yang mengacu pada metode Holt (1994). Karakterisasi makroskopis yang diamati berupa bentuk koloni, warna miselium tampak atas, warna miselium tampak bawah, elevasi, dan bentuk tepi koloni (Yanti *et al.*, 2023) Sedangkan karakterisasi mikroskopis yang diamati berupa bentuk spora (Ali *et al.*, 2022).

### iv. Uji Gram Aktinobakteria Filofera Indigenos



Uji Gram bertujuan untuk memastikan aktinobakteria filofiter yang didapatkan tergolong dalam kelompok bakteri Gram positif. Metode yang digunakan dalam uji Gram mengacu pada metode Schaad *et al.* (2001), koloni tunggal aktinobakteria filofiter diambil menggunakan jarum ose dan diletakkan di atas *object glass* yang telah disterilkan menggunakan alkohol konsentrasi 70%. Kemudian, koloni tunggal tersebut diberikan 1 tetes larutan KOH 3% lalu dihomogenkan hingga tercampur merata. Apabila campuran tersebut tidak terdapat penggumpalan seperti lendir saat jarum ose diangkat, maka bersifat Gram positif dan dapat dipastikan bahwa isolat tersebut merupakan aktinobakteria filofiter indigenos. Hasil uji Gram aktinobakteria filofiter dapat dilihat pada Gambar 4 tidak terdapat gumpalan yang menunjukkan bakteri Gram positif.



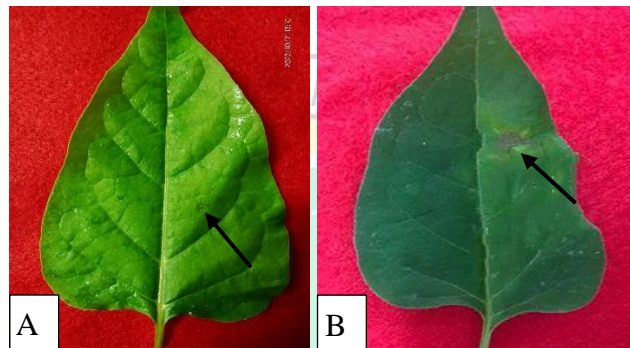
Gambar 4. Hasil uji Gram aktinobakteria filofiter kode isolat NLLP2G dengan larutan KOH konsentrasi 3% tidak ada gumpalan, menunjukkan bakteri Gram positif.

#### v. Uji Keamanan Hayati

##### a. Reaksi Hipersensitif Aktinobakteria Filofiter Indigenos

Reaksi hipersensitif bertujuan untuk mengetahui aktinobakteria filofiter yang diperoleh bersifat patogen atau tidak pada tanaman bukan inang. Metode reaksi hipersensitif mengacu pada metode Yanti *et al.* (2023), yaitu menggunakan daun tanaman bunga pukul empat. Aktinobakteria filofiter disuspensikan dengan aquades steril 9 ml, lalu dilakukan pengenceran seri hingga  $10^6$  dan dihitung kerapatan spora aktinobakteria filofiter dengan menggunakan *haemocytometer neubauer*. Kerapatan spora aktinobakteria filofiter ditentukan hingga  $10^6$  spora/ml, lalu 50  $\mu$ L suspensi aktinobakteria filofiter diinokulasikan pada jaringan permukaan bawah daun tanaman kembang pukul empat yang sehat dengan jarum suntik tanpa menembus bagian permukaan atas daun. Kemudian, diinkubasi selama  $2 \times 24$  jam dengan menyungkup menggunakan plastik bening untuk menjaga kelembaban.

Pengamatan reaksi hipersensitif dilakukan dengan mengamati gejala yang ditimbulkan, jika daun tanaman yang diinokulasi bergejala nekrotik maka aktinobakteria filosfer bersifat patogen pada tanaman bukan inang dan sebaliknya jika tidak menimbulkan gejala nekrotik pada daun tanaman yang diinokulasikan, maka aktinobakteria filosfer tidak bersifat patogen pada tanaman bukan inang (Schaad *et al.*, 2001). Aktinobakteria filosfer yang menimbulkan gejala nekrotik tidak dilakukan uji selanjutnya dan tidak dapat digunakan dalam penelitian. Hasil reaksi hipersensitif aktinobakteria filosfer pada tanaman kembang pukul empat dapat dilihat pada Gambar 5A uji hipersensitif tidak menimbulkan gejala nekrotik (negatif) dan 5B menimbulkan gejala nekrotik (negatif).



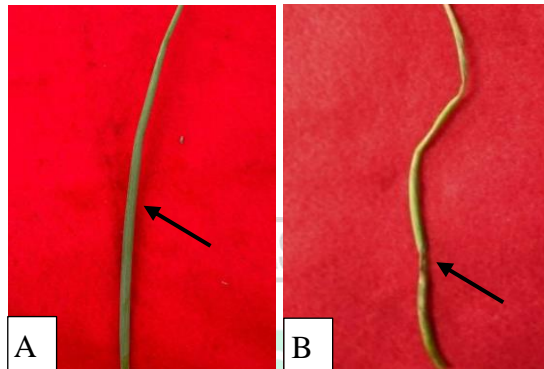
Gambar 5. Respon daun tanaman kembang pukul empat pada reaksi hipersensitif setelah diinkubasi selama  $2 \times 24$  jam, (A) Isolat NBSA2E tidak menunjukkan gejala nekrotik (negatif), (B) isolat NBSP2F menunjukkan gejala nekrotik (positif).

#### b. Uji Patogenisitas Aktinobakteria Filosfer Indigenos

Uji patogenisitas bertujuan untuk mengetahui aktinobakteria filosfer yang diperoleh bersifat patogen atau tidak patogen pada tanaman bawang merah. Uji patogenisitas dilakukan dengan metode pelukaan jaringan daun tanaman bawang merah, kemudian aktinobakteria filosfer disuspensikan dengan 9 ml aquades steril, lalu dilakukan pengenceran seri hingga  $10^6$  dan ditentukan kerapatan spora aktinobakteria filosfer dengan *haemocytometer neubauer* hingga kerapatan  $10^6$  spora/ml. Sebanyak 50  $\mu$ L suspensi aktinobakteria filosfer diinokulasikan pada bagian jaringan daun tanaman bawang merah berumur 21 hst dengan jarum suntik, lalu disungkup dengan plastik bening untuk menjaga kelembaban.

Pengamatan uji patogenisitas yang diamati berupa ada atau tidak adanya gejala nekrotik yang ditimbulkan oleh aktinobakteria filosfer indigenos pada daun

tanaman bawang merah. Aktinobakteria filosfer dinyatakan patogen apabila menimbulkan gejala nekrotik pada bagian daun tanaman bawang merah yang diinokulasi, sehingga tidak dapat dilanjutkan pada uji selanjutnya dan tidak dapat digunakan dalam penelitian (Yanti *et al.*, 2023). Hasil uji patogenisitas aktinobakteria filosfer pada daun tanaman bawang merah dapat dilihat Gambar 6A tidak menimbulkan gejala nekrotik (negatif) dan 6B menimbulkan gejala nekrotik (positif).



Gambar 6. Respon daun tanaman bawang merah berumur 21 hst pada uji patogenisitas setelah diinkubasi selama 2×24 jam, (A) Isolat NLLA3F tidak menunjukkan gejala nekrotik (negatif), (B) Isolat NLLP3F menimbulkan gejala nekrotik (positif).

### c. Uji Hemolisis Aktinobakteria Filosfer Indigenos

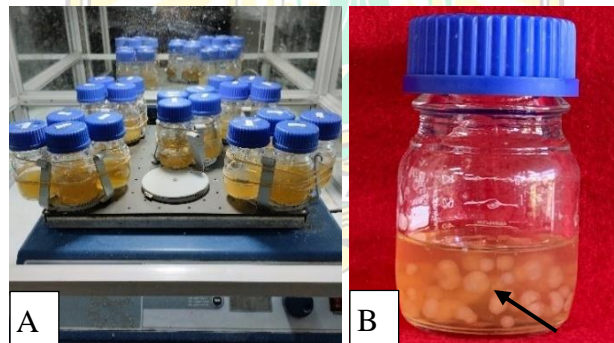
Uji hemolisis bertujuan untuk mengetahui aktinobakteria filosfer yang didapatkan bersifat patogen atau tidak pada mamalia. Uji hemolisis dilakukan dengan mengambil koloni tunggal aktinobakteria filosfer dengan jarum ose kemudian ditumbuhkan pada medium agar darah 5% (*Blood Agar*), lalu diinkubasi selama 1×24 jam suhu 28 °C (Yanti *et al.*, 2024). Reaksi hemolisis positif (+) ditandai dengan adanya zona bening (*clear zone*) di sekitar koloni, sedangkan reaksi hemolisis negatif (-) tidak menunjukkan reaksi apapun di sekitar koloni (Yanti *et al.*, 2024). Aktinobakteria filosfer yang menghasilkan reaksi hemolisis negatif (-) dapat digunakan dalam penelitian, dan reaksi hemolisis positif (+) tidak dapat digunakan pada penelitian karena berpotensi patogen pada mamalia.

### vi. Perbanyak Aktinobakteria Filosfer Indigenos

Aktinobakteria filosfer indigenos yang digunakan dalam penelitian diperbanyak terlebih dahulu pada medium selektif pertumbuhan yaitu medium ISP2

*broth* dan *SC broth*. Perbanyakan aktinobakteria filoser indigenos dilakukan dengan cara mengambil satu koloni tunggal (*single colony*) aktinobakteria filoser indigenos, lalu dimasukkan ke botol kultur ukuran 100 ml yang berisi 50 ml medium medium selektif cair yang berbeda yaitu *ISP2 broth* dan *SC broth*, setelah itu aktinobakteria filoser diinkubasi menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 150 *rpm* selama 14×24 jam pada suhu 28 °C (Sari *et al.*, 2012).

Aktinobakteria filoser indigenos yang tumbuh pada medium cair akan membentuk spora berbentuk bulat seperti gumpalan pada saat nutrisi pada medium sudah menurun. Kerapatan spora aktinobakteria filoser dihitung menggunakan *haemocytometer neubauer* di bawah mikroskop stereo binokuler dengan perbesaran 40×10 kali. Kerapatan spora aktinobakteria filoser ditentukan dengan cara diencerkan hingga jumlah kerapatan spora mencapai 10<sup>6</sup> spora/ml. Populasi dengan kerapatan 10<sup>6</sup> spora/ml digunakan untuk introduksi pada umbi bawang merah. Perbanyakan aktinobakteria filoser indigenos dapat dilihat pada Gambar 7A aktinobakteria filoser indigenos diinkubasi selama 14×24 jam pada *orbital shaker* dengan kecepatan 150 *rpm*. Gambar 7B Aktinobakteria filoser indigenos setelah diinkubasi 14×24 jam, massa koloni aktinobakteria filoser berbentuk bulat.



Gambar 7. Perbanyakan aktinobakteria filoser indigenos pada medium *ISP2 broth* dan *SC broth*, (A) Aktinobakteria filoser indigenos diinkubasi selama 14×24 jam pada *orbital shaker* dengan kecepatan 150 *rpm*, (B) Aktinobakteria filoser indigenos setelah diinkubasi 14×24 jam, terdapat massa koloni aktinobakteria filoser berbentuk bulat.

## 2. Seleksi Aktinobakteria Filoser Indigenos sebagai Agens Biokontrol Penyakit Hawar Daun Bakteri oleh *P. ananatis* dan Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah.

### a. Persiapan Bakteri *Pantoea ananatis*

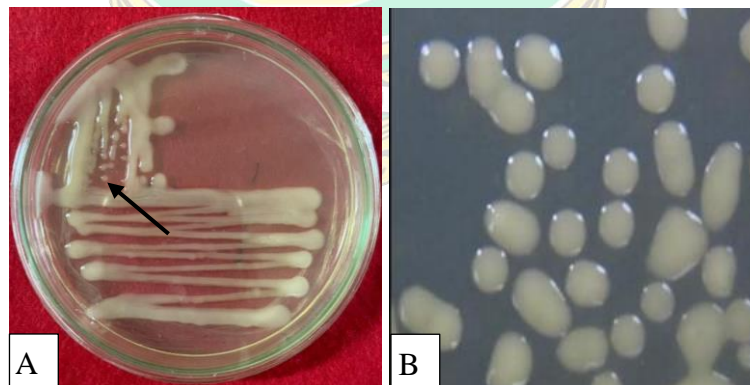
#### i. Rejuvinasi Bakteri *P. ananatis*

Rejuvinasi bakteri *P. ananatis* bertujuan untuk memperoleh biakan murni bakteri *P. ananatis*. Rejuvinasi bakteri *P. ananatis* dilakukan dengan cara mengambil satu koloni tunggal (*single colony*) bakteri *P. ananatis* menggunakan jarum ose. Setelah itu, koloni *P. ananatis* ditumbuhkan dengan metode gores kuadran pada medium GYPa sebagai medium selektif pertumbuhan *P. ananatis*, kemudian diinkubasi selama 2×24 jam pada suhu 28 °C (Asrul, 2020).

## **b. Konfirmasi Karakteristik Bakteri *P. ananatis***

### **i. Konfirmasi Morfologi Bakteri *P. ananatis***

Karakterisasi morfologi bakteri *P. ananatis* mengacu pada metode Asrul & Umrah (2019). Pengamatan morfologi dilakukan dengan mengamati koloni yang tumbuh pada permukaan medium GYPa setelah diinkubasi selama 2×24 jam. Karakterisasi morfologi bakteri *P. ananatis* yang diamati yaitu bentuk koloni, elevasi koloni, permukaan koloni, tepi koloni, kepekatan, tekstur permukaan koloni, ukuran koloni, dan warna koloni. Koloni yang tumbuh sesuai karakteristik menyerupai bakteri *P. ananatis* yaitu koloni berbentuk bundar, cembung, tepi rata, berlendir, berwarna krem. Morfologi *P. ananatis* dapat dilihat pada Gambar 8A koloni tunggal bakteri *P. ananatis*, dan Gambar 8B koloni bakteri *P. ananatis* berbentuk bulat.

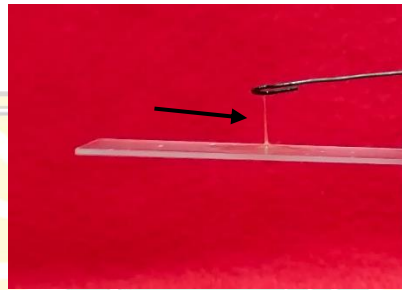


Gambar 8. Karakteristik morfologi bakteri *P. ananatis* setelah 2 hari diinkubasi, (A) Koloni berlendir, berbentuk bundar, cembung, dan berwarna krim (B) Koloni berlendir, bundar, cembung, dan berwarna krem (Asrul, 2020).

### **ii. Konfirmasi Gram Bakteri *P. ananatis***

Konfirmasi Gram bertujuan untuk memastikan bahwa bakteri *P. ananatis* yang digunakan dalam penelitian bersifat bakteri Gram negatif. Uji Gram mengacu

pada metode Schaad *et al.* (2001), dengan cara koloni tunggal dari biakan murni bakteri *P. ananatis* yang tumbuh pada permukaan medium GYPa diambil dengan jarum ose, kemudian diletakan di atas *object glass* yang telah disterilkan dengan alkohol konsentrasi 70% dan diberi satu tetes larutan KOH 3%, lalu dihomogenkan hingga tercampur merata pada permukaan *object glass*. Apabila bakteri tersebut terdapat gumpalan seperti berlendir ketika jarum ose diangkat, maka bakteri tersebut bersifat bakteri Gram negatif dan dipastikan bakteri *P. ananatis*. Hasil konfirmasi uji Gram bakteri *P. ananatis* dapat dilihat pada Gambar 9 terdapat gumpalan yang menunjukkan bakteri Gram negatif, sesuai dengan koleksi sebelumnya yang menunjukkan Gram negatif.



Gambar 9. Hasil konfirmasi uji Gram bakteri *P. ananatis* dengan larutan KOH konsentrasi 3% terdapat gumpalan, menunjukkan Gram negatif.

### iii. Konfirmasi Hipersensitif Bakteri *P. ananatis*

Konfirmasi hipersensitif bertujuan untuk memastikan bakteri *P. ananatis* bersifat patogen pada tanaman bukan inang. Uji hipersensitif mengacu pada metode Karagoz (2017), yaitu biakan murni bakteri *P. ananatis* disuspensikan dengan 9 ml aquades steril dan ditentukan kepadatan populasi hingga mencapai kepadatan  $10^8$  sel/ml yang dibandingkan kekeruhannya dengan larutan standar *McFarland* skala 7. Kemudian, suspensi bakteri *P. ananatis* diinokulasikan menggunakan jarum suntik pada permukaan bawah daun tanaman kembang pukul empat dan diinkubasi selama  $2 \times 24$  jam. Apabila pada daun yang diinokulasi dengan suspensi bakteri *P. ananatis* menimbulkan gejala nekrotik, maka patogen pada tanaman bukan inang sehingga dapat digunakan dalam penelitian. Hasil konfirmasi uji hipersensitif bakteri *P. ananatis* dapat dilihat pada Gambar 10 menunjukkan gejala nekrotik pada daun tanaman kembang pukul empat yang berarti positif patogen pada tanaman bukan inang, sesuai dengan koleksi sebelumnya.



Gambar 10. Respon daun tanaman kembang pukul empat pada reaksi hipersensitif setelah diinkubasi selama 1×12 jam, daun tanaman kembang pukul empat menunjukkan gejala nekrotik (positif).

#### iv. Konfirmasi Patogenisitas Bakteri *P. ananatis*

Konfirmasi patogenisitas bertujuan untuk memastikan bakteri *P. ananatis* yang digunakan menimbulkan gejala penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* pada tanaman bawang merah. Uji patogenisitas dilakukan dengan membuat suspensi bakteri *P. ananatis* dengan 9 ml aquades steril, lalu aquades steril tersebut dituang ke dalam biakan murni bakteri *P. ananatis* dan koloni bakteri *P. ananatis* pada permukaan medium GYP digerus hingga terlepas dari permukaan medium, kemudian suspensi bakteri *P. ananatis* dipindahkan ke tabung reaksi dan dihomogenkan menggunakan *vortex* hingga homogen. Suspensi bakteri *P. ananatis* dengan kerapatan populasi  $10^8$  sel/ml dibandingkan dengan *McFarland* skala 7, lalu suspensi diinokulasikan ke jaringan daun tanaman bawang merah yang berumur 21 hst dengan metode pelukaan jaringan bagian tengah daun menggunakan jarum suntik. Kemudian, suspensi bakteri *P. ananatis* dioleskan pada jaringan daun tanaman yang telah dilukai menggunakan kapas steril. Setelah itu, seluruh tanaman disungkup menggunakan plastik bening untuk menjaga kelembapan. Pengamatan dilakukan hingga daun yang diinokulasi muncul gejala awal penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* yang ditandai dengan lesi kebasahan (*water soaking*) dan menjadi klorosis (Asrul, 2020). Hasil konfirmasi uji patogenisitas bakteri *P. ananatis* dapat dilihat Gambar 11A perbandingan suspensi bakteri *P. ananatis* dengan larutan *McFarland* skala 7, 11B pelukaan jaringan daun tanaman bawang merah dengan jarum steril, 11C inokulasi bakteri *P. ananatis* dengan kapas steril

pada bagian yang telah dilukai, dan 11D gejala awal penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* yang ditandai dengan lesi kebasahan dan klorosis.



Gambar 11. Respon daun tanaman bawang merah pada uji patogenisitas, (A) Perbandingan populasi bakteri *P. ananatis* dengan larutan *McFarland* skala 7, (B) Pelukaan jaringan daun bawang merah dengan suntik, (C) Inokulasi suspensi bakteri *P. ananatis* dengan mengoleskan menggunakan kapas steril, (D) Daun tanaman bawang merah menunjukkan gejala penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* setelah diinkubasi selama 2×24 jam hsi.

#### v. Perbanyak Bakteri *P. ananatis*

Bakteri *P. ananatis* dilakukan rejuvinasi dengan metode gores kuadran pada medium GYPA, kemudian diinkubasi selama 3×24 jam. Koloni tunggal bakteri *P. ananatis* pada medium GYPA diambil dengan jarum ose, lalu dimasukkan ke botol *schott* berisi 250 ml medium GYPB, lalu diinkubasi dengan *orbital shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 3×24 jam (Asrul & Umrah, 2019).

#### c. Persiapan Penanaman Tanaman Bawang Merah

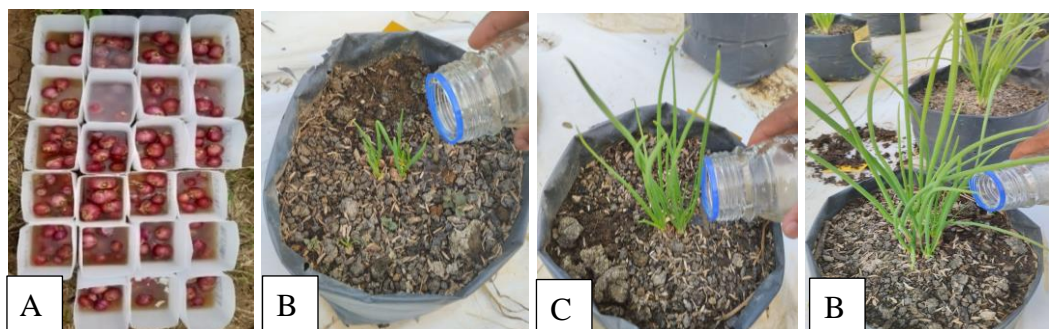
##### i. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah dan pupuk kandang perbandingan (2:1). Tanah dan pupuk kandang dicampur hingga merata kemudian dimasukkan ke plastik tahan panas untuk dilakukan sterilisasi dengan metode *tyndalisasi*. Metode *tyndalisasi* yaitu sterilisasi dengan cara memanaskan media tanam di dalam dandang selama 1 jam pada suhu 100 °C. Setelah itu, media tanam yang telah dipanaskan dikeluarkan dan didiamkan selama 1 hari, lalu dipanaskan kembali dengan cara yang sama sebanyak 3 kali pada suhu 100 °C. Tanah dan pupuk kandang yang sudah steril digunakan sebagai media tanam, lalu dimasukkan ke *polybag* ukuran 5 kg untuk penanaman bawang merah (Yanti *et al.*, 2022).



## ii. Introduksi Aktinobakteria Filosfer Indigenos dan Penanaman

Umbi bawang merah yang digunakan yaitu kultivar Bima Brebes. Sebelum dilakukan penanaman, umbi bawang merah disterilisasi permukaan dengan cara mencuci umbi bawang merah dengan air mengalir, lalu umbi bawang merah direndam dengan alkohol konsentrasi 70% selama 1 menit, dan dibilas dengan aquades steril sebanyak 2 kali selama 1 menit. Setelah itu, dilakukan pemotongan sekitar 1/3 umbi bawang merah bagian atas dengan pisau yang bertujuan untuk mempermudah sel aktinobakteria masuk ke jaringan umbi dan mempercepat pertumbuhan tunas. Introduksi dilakukan dengan cara merendam umbi bawang merah selama 30 menit dengan aktinobakteria filosfer yang telah ditentukan kerapatan  $10^6$  spora/ml dengan *haemocytometer neubauer*, lalu aquades steril sebagai kontrol. Penanaman umbi bawang merah ditanam sebanyak satu umbi/*polybag* ukuran 5 kg yang telah diisi dengan media tanam steril. Introduksi perlakuan aktinobakteria filosfer dilakukan kembali dengan cara penyiraman pada media tanam di sekitar tanaman bawang merah yang berumur 7, 14, dan 21 hst menggunakan kultur cair aktinobakteria filosfer yang telah dihitung kerapatan spora mencapai  $10^6$  spora/ml dengan *haemocytometer neubauer*. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan tanaman bawang merah terhadap bakteri *P. ananatis* sebelum dilakukan inokulasi bakteri *P. ananatis* dan untuk meningkatkan pertumbuhan serta hasil tanaman bawang merah. Introduksi aktinobakteria filosfer indigenos pada umbi dan tanaman bawang merah dapat dilihat pada Gambar 12A perendaman umbi bawang merah, 12B introduksi aktinobakteria filosfer indigenos pada tanaman bawang merah berumur 7 hst, 12C 14 hst, dan 12D 21 hst .



Gambar 12. Introduksi aktinobakteria filosfer indigenos, (A) Introduksi pada umbi bawang merah selama 30 menit, (B) Introduksi aktinobakteria filosfer indigenos pada tanaman bawang merah berumur 7 hst, (C) 14 hst, dan (D) 21 hst.

### iii. Inokulasi Bakteri *Pantoea ananatis*

Suspensi bakteri *P. ananatis* diinokulasikan pada tanaman bawang merah berumur 21 hst dengan cara memilih 5 daun pada setiap tanaman bawang merah, lalu bagian tengah daun tanaman bawang merah dilakukan pelukaan jaringan daun dengan jarum steril 1 daun 1 tusukan (Carr *et al.*, 2013). Kemudian, suspensi bakteri *P. ananatis* dengan kepadatan populasi  $10^8$  sel/ml dioleskan dengan kapas steril pada daun tanaman bawang merah yang telah dilukai, lalu disungkup dengan plastik bening untuk menjaga kelembapan, dan diinkubasi hingga muncul gejala penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* (Yanti *et al.*, 2023). Inokulasi bakteri *P. ananatis* pada tanaman bawang merah dapat dilihat pada Gambar 14A pelukaan jaringan daun tanaman bawang merah, 13B inokulasi pada bagian yang telah dilukai, dan 13C penyungkupan dengan plastik bening.



Gambar 13. Inokulasi bakteri *P. ananatis* pada tanaman bawang merah berumur 21 hst, (A) Pelukaan bagian tengah daun bawang merah dengan suntik, (B) Mengoleskan suspensi bakteri *P. ananatis* pada daun yang telah dilukai, (C) Disungkup dengan plastik bening setelah inokulasi.

### iv. Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman bawang merah dilakukan dengan penyiraman, pemupukan, dan penyiangan gulma. Penyiraman tanaman bawang merah dilakukan pada pagi dan sore hari disesuaikan dengan kondisi tanaman. Pemupukan tanaman bawang merah dilakukan pada umur 14 dan 30 hst dengan memberikan pupuk Urea sebanyak 2 gr/polybag, pupuk SP-36 sebanyak 1,2 gr/polybag, dan pupuk KCL sebanyak 0,8 gr/polybag (setara dengan pupuk urea 200 kg/ha, pupuk SP-36 100 kg/ha, dan pupuk KCL 50 kg/ha). Penyiangan gulma dilakukan dengan cara mencabut gulma di sekitar tanaman bawang merah (Asrul & Umrah, 2019).

## **v. Panen**

Pemanenan bawang merah dilakukan pada saat tanaman bawang merah berumur 70 hst. Kriteria tanaman bawang merah dapat dipanen yaitu daun tanaman bawang merah rebah ke permukaan tanah, daun menguning dan kering, serta umbi bawang merah timbul ke permukaan tanah. Tanaman bawang merah yang telah dipanen dipotong pada bagian daun dan perakaran serta dibersihkan dari tanah dan kotoran yang menempel pada umbi bawang merah. Selanjutnya umbi bawang merah dibungkus dengan kertas dan diberi label perlakuan, lalu dibawa ke laboratorium untuk dikeringanginkan hingga kering selama 2 minggu pada suhu sekitar 28 °C hingga umbi bawang merah mengering (Munauwar *et al.*, 2023).

## **F. Pengamatan Penelitian**

### **1. Isolasi dan Karakterisasi Aktinobakteria Filosfer Indigenos**

#### **a. Persiapan Aktinobakteria Filosfer Indigenos**

##### **i. Morfologi Koloni Aktinobakteria Filosfer Indigenos**

Karakterisasi morfologi aktinobakteria filosfer yang diamati adalah warna koloni tampak atas seperti permukaan yang halus, memiliki tekstur seperti tepung, atau kasar, kemudian memiliki warna yang bervariasi seperti warna hitam, abu-abu, kuning, coklat, hijau, krem, dan warna koloni substrat beragam (Ferina *et al.*, 2022).

##### **ii. Uji Gram Aktinobakteria Filosfer Indigenos**

Pengamatan uji Gram aktinobakteria filosfer indigenos yang diamati yaitu ada atau tidaknya gumpalan seperti lendir saat aktinobakteria filosfer indigenos dihomogenkan dengan KOH 3%. Aktinobakteria filosfer indigenos yang digunakan dalam penelitian yaitu yang tidak terbentuk gumpalan seperti lendir (Gram positif), sedangkan yang menunjukkan gumpalan tidak digunakan dalam penelitian karena tidak tergolong aktinobakteria (Gram negatif) (Servepalli *et al.*, 2024).

### **iii. Uji Keamanan Hayati**

#### **a. Reaksi Hipersensitif Aktinobakteria Filosfer Indigenos**

Pengamatan uji hipersensitif aktinobakteria filosfer indigenos yang diamati berupa ada atau tidaknya gejala nekrotik pada tanaman kembang pukul empat. Aktinobakteria filosfer indigenos yang digunakan dalam penelitian yaitu yang tidak menunjukkan gejala nekrotik pada tanaman kembang pukul empat karena tidak bersifat patogen pada tanaman bukan inang, dan yang menunjukkan gejala nekrotik tidak digunakan karena bersifat patogen tanaman bukan inang (Yanti *et al.*, 2023).

#### **b. Uji Patogenisitas Aktinobakteria Filosfer Indigenos**

Pengamatan uji patogenisitas yang diamati yaitu berupa ada atau tidaknya gejala nekrotik pada tanaman bawang merah. Aktinobakteria filosfer indigenos yang digunakan dalam penelitian yaitu yang tidak menunjukkan gejala nekrotik karena tidak bersifat patogen pada tanaman bawang merah, sedangkan yang menunjukkan gejala nekrotik pada tanaman bawang merah tidak digunakan dalam penelitian karena tidak bersifat patogen pada tanaman inang (Yanti *et al.*, 2023).

#### **c. Uji Hemolisis Aktinobakteria Filosfer Indigenos**

Pengamatan uji hemolisis aktinobakteria filosfer indigenos yang diamati berupa reaksi hemolisis yang dihasilkan aktinobakteria filosfer indigenos pada medium agar darah. Aktinobakteria filosfer indigenos yang digunakan dalam penelitian yang menunjukkan reaksi (-) ditandai tidak ada reaksi hemolisis di sekitar koloni. Sedangkan yang menunjukkan reaksi (+) adanya zona bening tidak digunakan dalam penelitian karena patogen pada mamalia (Yanti *et al.*, 2024).

## **2. Seleksi Aktinobakteria Filosfer Indigenos untuk Mengendalikan Penyakit Hawar Daun Bakteri oleh *Pantoea ananatis***

### **a. Persiapan Bakteri *Pantoea ananatis***

#### **i. Konfirmasi Morfologi Bakteri *P. ananatis***

Pengamatan konfirmasi morfologi bakteri *P. ananatis* yang diamati yaitu koloni yang tumbuh pada permukaan medium GYPA yang menyerupai

karakteristik morfologi bakteri *P. ananatis* meliputi warna koloni berwarna krim, berbentuk bundar, cembung, tepi rata, dan berlendir (Asrul & Umrah, 2019).

## **ii. Konfirmasi Gram Bakteri *P. ananatis***

Pengamatan konfirmasi Gram bakteri *P. ananatis* yang diamati berupa terbentuk atau tidaknya gumpalan seperti lendir pada saat koloni dihomogenkan dengan larutan KOH 3%. Apabila koloni terdapat gumpalan seperti lendir maka dapat dipastikan bakteri Gram negatif dan tergolong bakteri *P. ananatis* yang bersifat Gram negatif (Polidore *et al.*, 2021), sehingga dapat digunakan dalam penelitian. Sedangkan yang tidak terdapat gumpalan seperti lendir tergolong dalam bakteri Gram positif, sehingga tidak dapat digunakan dalam penelitian.

## **iii. Konfirmasi Hipersensitif Bakteri *P. ananatis***

Pengamatan konfirmasi hipersensitif bakteri *P. ananatis* yang diamati berupa ada atau tidaknya gejala nekrotik pada tanaman kembang pukul empat. Apabila terdapat gejala nekrotik pada tanaman kembang pukul empat maka bakteri *P. ananatis* bersifat patogen pada tanaman bukan inang (Karagoz, 2017), sehingga dapat digunakan dalam penelitian.

## **iv. Konfirmasi Patogenisitas Bakteri *P. ananatis***

Pengamatan konfirmasi patogenisitas bakteri *P. ananatis* yang diamati berupa ada atau tidaknya gejala penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada tanaman bawang merah. Apabila bakteri *P. ananatis* menimbulkan gejala penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada tanaman bawang merah yang ditandai adanya gejala lesi kebasahan (*water soaking*) yang berkembang menjadi klorosis, maka dapat dipastikan bakteri *P. ananatis* bersifat patogen pada tanaman inang (Asrul, 2020).

## **b. Perkembangan Penyakit Hawar Daun Bakteri *P. ananatis***

### **i. Masa Inkubasi (hari)**

Pengamatan masa inkubasi diamati setiap hari hingga muncul gejala pertama penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* yang diawali dengan adanya lesi kebasahan (*water soaking*), kemudian menjadi klorosis yang memanjang dari bagian tengah daun bawang merah hingga ke pangkal daun (Nurjanah *et al.*, 2017).

## ii. Insidensi Penyakit (%)

Insidensi penyakit diamati setiap minggu setelah gejala pertama penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* muncul hingga tanaman bawang merah berumur 49 hst. Insidensi penyakit dihitung dengan rumus berikut:

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (Rumus 1)$$

- Keterangan :
- IP = Insidensi penyakit
  - $n$  = Jumlah tanaman yang terserang
  - $N$  = Jumlah tanaman yang diamati

## iii. Severitas Penyakit (%)

Pengamatan severitas penyakit dilakukan setiap minggu bersamaan dengan pengamatan insidensi penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* hingga tanaman bawang merah berumur 49 hst. Severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* dihitung menggunakan rumus berikut:

$$S = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100\% \dots\dots\dots (Rumus 2)$$

- Keterangan :
- S = Severitas penyakit
  - $n$  = Jumlah daun tanaman tiap kategori serangan
  - $v$  = Nilai skala tiap kategori serangan
  - $N$  = Jumlah daun yang diamati
  - $Z$  = Nilai skala serangan tertinggi

Penentuan skala severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* dihitung secara kuantitatif dengan mengukur panjang daun tanaman bawang merah dan panjang gejala penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* seperti pada Gambar 15. Penentuan skala menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{\text{Panjang gejala penyakit}}{\text{Panjang daun}} \times 100\% \dots\dots\dots (Rumus 3)$$



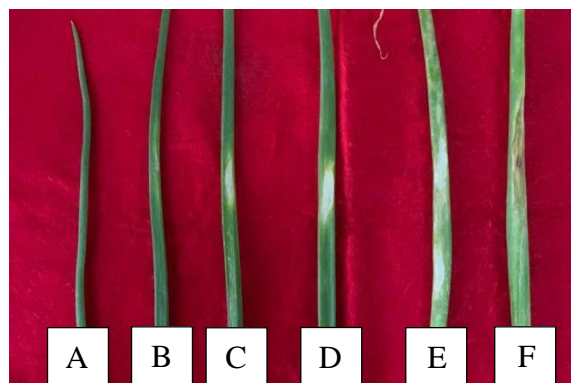
Gambar 15. Gejala penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada daun tanaman bawang merah berumur 30 hst.

Perhitungan severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* dan kriteria ketahanan pada bawang merah menggunakan skala seperti pada (Tabel 2). Skala severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* dapat dilihat pada Gambar 16.

Tabel 2. Skala severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada tanaman bawang merah

Skala	Tingkat Kerusakan	Persentase Kerusakan	Reaksi Ketahanan Tanaman
0	Tidak bergejala	0%	Imun
1	Gejala hawar sangat ringan	>1-10%	Tahan
2	Gejala hawar ringan	>11-20%	Agak tahan
3	Gejala hawar sedang	>21-30%	Agak rentan
4	Gejala hawar berat	>31-50%	Rentan
5	Gejala hawar berat sekali	>51%	Sangat rentan

Sumber : Yanti *et al.*, (2023).



Gambar 16. Skala severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada daun tanaman bawang merah (A) daun sehat, (B) skala 1, (C) skala 2, (D) skala 3, (E) skala 4, dan (F) skala 5 (Yanti *et al.*, 2023).

## **c. Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah**

### **i. Hari Muncul Tunas (hst)**

Perhitungan hari muncul tunas umbi bawang merah dilakukan setiap hari hingga tanaman bawang merah berumur 14 hst. Perhitungan hari muncul tunas dilakukan dengan menghitung jumlah umbi bawang merah yang mengeluarkan tunas tiap perlakuan (Sutriana *et al.*, 2021).

### **ii. Tinggi Tanaman (cm)**

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap minggu dengan cara meletakkan penggaris pada bagian pangkal batang atau permukaan tanah sampai daun yang paling tinggi. Pengukuran tinggi tanaman dimulai saat tanaman bawang merah berumur 7-49 hst (Amaliatussolihah *et al.*, 2023).

### **iii. Jumlah Daun (helai)**

Penghitungan jumlah daun dilakukan setiap minggu dengan cara menghitung seluruh jumlah daun yang tumbuh di permukaan tanah. Perhitungan dimulai pada saat tanaman bawang merah berumur 7-49 hst (Amaliatussolihah *et al.*, 2023).

### **iv. Bobot Segar Umbi (g)**

Perhitungan bobot segar umbi diawali dengan membersihkan umbi bawang merah terlebih dahulu dari tanah dan kotoran yang menempel pada permukaan umbi, lalu bagian daun dan perakaran tanaman bawang merah dipotong menggunakan gunting. Penghitungan bobot segar umbi dilakukan dengan menimbang umbi bawang merah per unit perlakuan menggunakan timbangan analitik (Munauwar *et al.*, 2023).

### **v. Bobot Kering Umbi (g)**

Penghitungan bobot kering umbi dilakukan dengan menimbang umbi bawang merah per unit perlakuan yang sudah dikeringkan selama 2 minggu dengan kriteria umbi yang sudah kering yaitu kulit umbi mengering. Kemudian, bobot kering umbi dihitung dengan timbangan analitik (Munauwar *et al.*, 2023).



## G. Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengamatan penelitian dianalisis dengan metode *Analysis of Varians* (ANOVA) dan apabila terdapat data yang berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%. Analisis data penelitian menggunakan aplikasi *software* SPSS 27, dan *Microsoft Excel* 2021.



## BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

#### 1. Karakteristik Morfologi Aktinobakteria Filosfer Indigenos

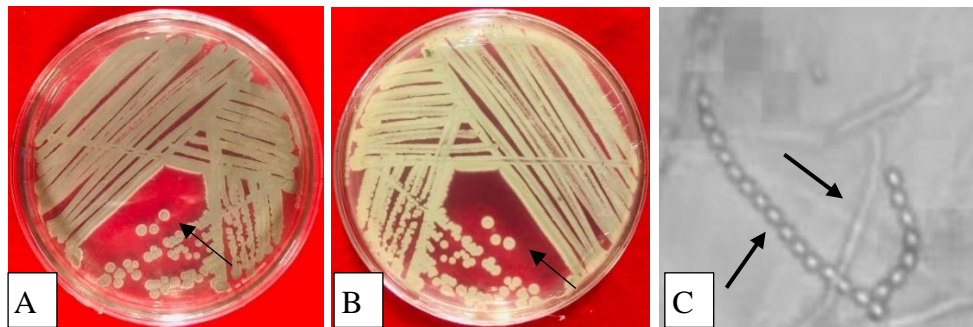
Aktinobakteria filosfer indigenos yang diisolasi dari filosfer daun tanaman bawang merah diperoleh 25 isolat dari 3 nagari di Kecamatan Lembang Jaya, Kabupaten Solok yaitu 12 isolat dari Nagari Bukit Sileh (NBS), 7 isolat dari Nagari Limau Lunggu (NLL), dan 6 isolat dari Nagari Koto Gadang (NKG) dengan karakteristik morfologi berbeda (Tabel 3). Isolat tampak atas umumnya berwarna abu-abu, sedangkan tampak bawah umumnya berwarna coklat, dan spora bulat. Keragaman aktinobakteria filosfer indigenos dapat dilihat pada (Lampiran 7).

Tabel 3. Keragaman morfologi aktinobakteria filosfer indigenos

No.	Kode Isolat	Bentuk Koloni	Tampak Atas	Tampak Bawah	Bentuk Elevasi
1.	NLLP2H	Circular	Abu-abu	Abu-abu	Convex
2.	NLLP2A	Filamentous	Hijau tua	Kuning	Flat
3.	NLLP2G	Circular	Abu-abu	Krem	Convex
4.	NLLP3J	Circular	Hijau	Krem	Convex
5.	NLLA2E	Filamentous	Cokelat	Cokelat	Convex
6.	NLLA3F	Circular	Hitam	Krem	Convex
7.	NLLP3F	Circular	Hitam	Krem	Convex
8.	NBSA2E	Filamentous	Hijau tua	Kuning	Umbonate
9.	NBSP3B	Circular	Cokelat	Merah	Convex
10.	NBSP3F	Circular	Hijau tua	Kuning	Convex
11.	NBSA2B	Filamentous	Abu-abu	Abu-abu	Umbonate
12.	NBSA3B	Circular	Abu-abu	Cokelat	Flat
13.	NBSP2C	Circular	Abu-abu	Cokelat	Umbonate
14.	NBSP2I	Circular	Hijau tua	Krem	Convex
15.	NBSA2I	Circular	Cokelat	Cokelat	Flat
16.	NBSP2H	Filamentous	Hijau	Cokelat	Convex
17.	NBSP3C	Filamentous	Hijau tua	Kuning	Umbonate
18.	NBSP2F	Circular	Abu-abu	Abu-abu	Flat
19.	NBSP3A	Circular	Abu-abu	Abu-abu	Flat
20.	NKGP3B	Circular	Abu-abu	Cokelat	Umbonate
21.	NKGP2F	Circular	Hijau tua	Krem	Umbonate
22.	NKGP3G	Circular	Abu-abu	Cokelat	Flat
23.	NKGP3I	Circular	Hijau	Krem	Convex
24.	NKGP2J	Circular	Abu-abu	Abu-abu	Flat
25.	NKGP2C	Circular	Abu-abu	Cokelat	Flat

Keterangan : NBS : Isolat asal Nagari Bukit Sileh  
NLL : Isolat asal Nagari Limau Lunggu  
NKG : Isolat asal Nagari Koto Gadang

Berdasarkan (Tabel 3), salah satu karakteristik morfologi aktinobakteria filofser indigenos yang diisolasi dari filofser daun tanaman bawang merah dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Karakteristik morfologi aktinobakteria filofser indigenos berumur 14×24 jam setelah rejuvinasi, (A) aktinobakteria filofser indigenos dengan kode isolat NLLP2H tampak atas, (B) tampak bawah, (C) Bentuk mikroskopis memiliki rantai spora berbentuk bulat dan hifa tidak bersekat.

Berdasarkan hasil uji keamanan hayati sebanyak 22 isolat aktinobakteria filofser indigenos menunjukkan reaksi negatif pada uji hipersensitif yang diuji menggunakan daun tanaman kembang pukul empat. Pada uji patogenisitas, terdapat 4 isolat aktinobakteria filofser menunjukkan reaksi positif pada tanaman bawang merah sehingga tidak dapat dilakukan untuk uji selanjutnya. Pada uji hemolisis, terdapat 5 isolat aktinobakteria filofser menunjukkan hasil reaksi hemolisis + yang ditandai dengan adanya zona bening di sekitar koloni aktinobakteria filofser indigenos sehingga tidak digunakan dalam penelitian karena berpotensi menjadi patogen bagi mamalia (Gambar 18). Aktinobakteria filofser indigenos yang hanya menunjukkan reaksi negatif pada uji keamanan hayati dapat digunakan untuk uji ke tahap selanjutnya. Hasil uji Gram dan keamanan hayati dapat dilihat (Tabel 4).

Tabel 4. Uji Gram dan keamanan hayati aktinobakteria filofser indigenos

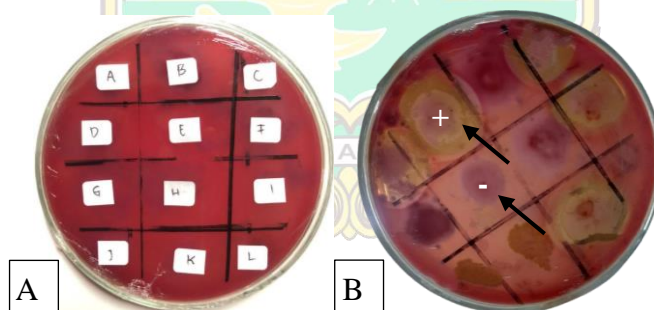
No.	Kode Isolat	Uji Gram	Uji Hipersensitif	Uji Patogenisitas	Uji Hemolisis	Keterangan
1.	NLLP2H	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
2.	NLLP2A	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
3.	NLLP2G	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
4.	NLLP3J	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
5.	NLLA2E	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
6.	NLLA3F	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
7.	NLLP3F	Positif	Non Patogen	Patogen	Patogen	Non Kandidat
8.	NBSA2E	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat

Lanjutan Tabel 4.

9.	NBSP3B	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
10.	NBSP3F	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
11.	NBSA2B	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
12.	NBSA3B	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
13.	NBSP2C	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
14.	NBSP2I	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
15.	NBSA2I	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
16.	NBSP2H	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
17.	NBSP3C	Positif	Non Patogen	Patogen	Patogen	Non Kandidat
18.	NBSP2F	Positif	Patogen	Patogen	Patogen	Non Kandidat
19.	NBSP3A	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
20.	NKGP3B	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
21.	NKGP2F	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
22.	NKGP3G	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
23.	NKGP3I	Positif	Non Patogen	Non Patogen	Non Patogen	Kandidat
24.	NKGP2J	Positif	Patogen	Patogen	Patogen	Non Kandidat
25.	NKGP2C	Positif	Non Patogen	Patogen	Patogen	Non Kandidat

Keterangan : Kandidat : Digunakan dalam penelitian  
 Non Kandidat : Tidak digunakan dalam penelitian

Berdasarkan hasil uji hemolisis, terdapat 5 aktinobakteria filosfer menunjukkan reaksi hemolisis (+) ditandai dengan adanya zona bening di sekitar koloni dan 20 aktinobakteria filosfer menunjukkan reaksi hemolisis (-) yang ditandai tidak ada reaksi apapun di sekitar koloni aktinobakteria filosfer.



Gambar 18. Hasil uji hemolisis aktinobakteria filosfer indigenos, (A) Kode perlakuan, (B) Reaksi hemolisis (+) ditandai adanya zona bening di sekitar koloni, reaksi hemolisis (-) ditandai tidak ada reaksi apapun

## 2. Seleksi Aktinobakteria Filosfer Indigenos untuk Mengendalikan Penyakit Hawar Daun Bakteri oleh *P. ananatis* pada Tanaman Bawang Merah

### 2. 1 Perkembangan Penyakit

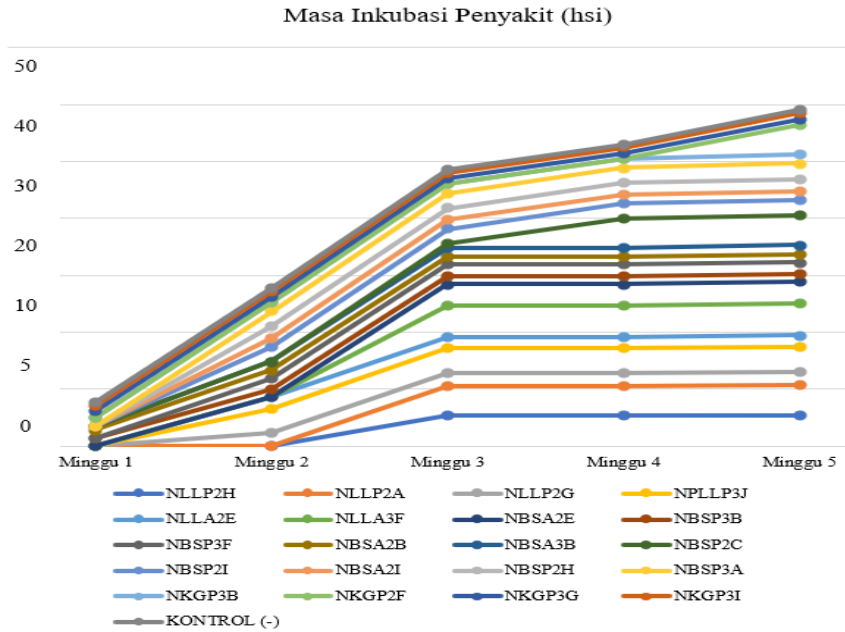
#### a. Masa Inkubasi

Aktinobakteria filosfer yang diintroduksi pada umbi dan tanaman bawang merah setelah dianalisis ragam (Lampiran 6) dan uji lanjut DNMRT 5% dapat dilihat pada (Tabel 5). Terdapat 18 perlakuan aktinobakteria filosfer indigenos yang berbeda nyata dengan kontrol negatif dan 2 perlakuan tidak berbeda nyata dengan kontrol negatif. Perkembangan masa inkubasi penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* mulai meningkat pada minggu kedua setelah inokulasi bakteri *P. ananatis*, dapat dilihat pada Gambar 19.

Tabel 5. Masa inkubasi penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis*

Perlakuan	Masa Inkubasi (hsi)
NLLA3F	27.77 a
NLLP2A	26.99 a
NLLP2H	26.44 a
NBSP2C	26.11 a
NKGP2F	25.32 a
NLLP3J	21.88 abc
NBSA2E	19.00 abcd
NBSP3A	13.77 abcde
NBSP2I	13.33 abcde
NLLP2G	11.77 bcde
NBSP2H	10.66 cde
NBSP3F	10.22 cde
NLLA2E	10.21 cde
NKGP3B	8.33 cde
NBSA2I	8.00 cde
NBSA3B	7.99 cde
NBSA2B	7.55 cde
NBSP3B	7.11 de
NKGP3G	5.33 f
NKGP3I	4.99 f
KONTROL (-)	3.33 f
KK	9.95

\*Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.



Gambar 19. Perkembangan masa inkubasi penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada tanaman bawang merah

Perbandingan penekanan masa inkubasi penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* dapat dilihat pada gejala penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* yang muncul pada daun tanaman bawang merah seperti (Gambar 20). Perlakuan aktinobakteria filosfer indigenos inokulasi bakteri *P. ananatis* & kontrol negatif hanya diinokulasi bakteri *P. ananatis*, menunjukkan gejala bercak kebasahan (*water soaking*) pada bagian tengah daun dan menjadi klorosis berwarna putih yang memanjang dari bagian tengah daun hingga ujung daun tanaman bawang merah.



Gambar 20. Perbandingan masa inkubasi penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada tanaman bawang merah, (A) Perlakuan aktinobakteria filosfer indigenos kode isolat NLLA3F dan diinokulasi bakteri *P. ananatis* menunjukkan masa inkubasi lebih lambat yaitu pada 20.44 hsi, (B) Kontrol negatif hanya diinokulasi bakteri *P. ananatis* menunjukkan masa inkubasi 3.33 hsi.

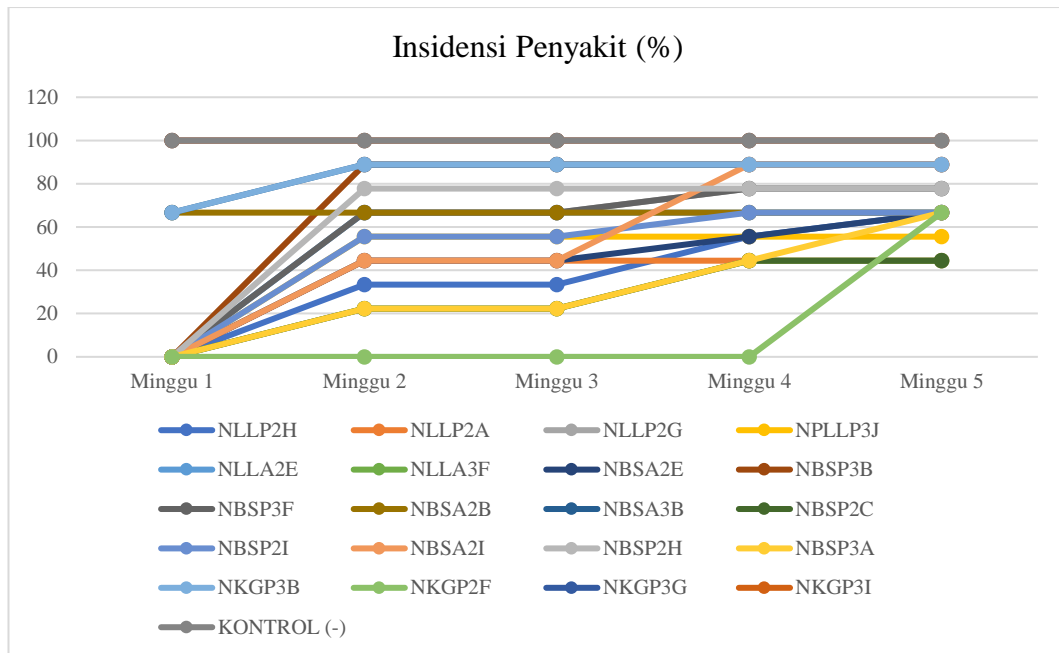
## b. Insidensi Penyakit

Aktinobakteria filosofer yang diintroduksi pada umbi dan tanaman bawang merah menunjukkan seluruh perlakuan aktinobakteria filosofer indigenos berbeda tidak nyata dengan kontrol negatif pada insidensi penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis*. Terdapat 7 perlakuan aktinobakteria filosofer indigenos menunjukkan penekanan insidensi penyakit paling rendah yaitu perlakuan kode isolat NLLA3F, NLLP3J, NBSP3B, NBSA3B, NBSA2I, dan NKGP3B. Perkembangan insidensi penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* mulai meningkat pada minggu kedua setelah inokulasi bakteri *P. ananatis* dapat dilihat pada Gambar 21.

Tabel 6. Insidensi penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis*

Perlakuan	Insidensi Penyakit (%)		Keterangan
NLLA3F	44.44	a	4 Tanaman Terserang
NLLP3J	55.55	a	5 Tanaman Terserang
NLLP2H	66.66	a	6 Tanaman Terserang
NBSP3B	66.66	a	6 Tanaman Terserang
NBSA3B	66.66	a	6 Tanaman Terserang
NBSA2I	66.66	a	6 Tanaman Terserang
NKGP3B	66.66	a	6 Tanaman Terserang
NLLP2G	77.77	a	7 Tanaman Terserang
NLLP2A	77.77	a	7 Tanaman Terserang
NLLA2E	77.77	a	7 Tanaman Terserang
NBSA2E	77.77	a	7 Tanaman Terserang
NBSP3F	77.77	a	7 Tanaman Terserang
NBSA2B	77.77	a	7 Tanaman Terserang
NBSP2I	77.77	a	7 Tanaman Terserang
NBSP2H	77.77	a	7 Tanaman Terserang
NBSP3A	88.88	a	8 Tanaman Terserang
NKGP2F	88.88	a	8 Tanaman Terserang
NBSP2C	100.00	a	Terserang Semua
NKGP3G	100.00	a	Terserang Semua
NKGP3I	100.00	a	Terserang Semua
KONTROL (-)	100.00	a	Terserang Semua
KK	11.30		

\*Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut DNMR pada taraf 5%.



Gambar 21. Perkembangan insidensi penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* pada tanaman bawang merah

### c. Severitas Penyakit

Aktinobakteria filosoffer yang diintroduksi pada umbi dan tanaman bawang merah menunjukkan hasil berbeda nyata apabila dibandingkan dengan kontrol negatif terhadap severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis*. Berdasarkan (Tabel 7), terdapat 5 perlakuan aktinobakteria filosoffer indigenos berbeda nyata dengan 15 perlakuan lainnya, menunjukkan nilai severitas penyakit yang paling rendah apabila dibandingkan dengan perlakuan aktinobakteria filosoffer indigenos lainnya. Perlakuan dengan nilai severitas paling rendah yaitu perlakuan kode isolat NLLA3F, NBSA2E, NLLP2A, NLLP2H, dan NBSP2C. Perkembangan severitas penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* meningkat pada minggu kedua setelah inokulasi bakteri *P. ananatis*, dapat dilihat pada Gambar 22.

Tabel 7. Severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis*

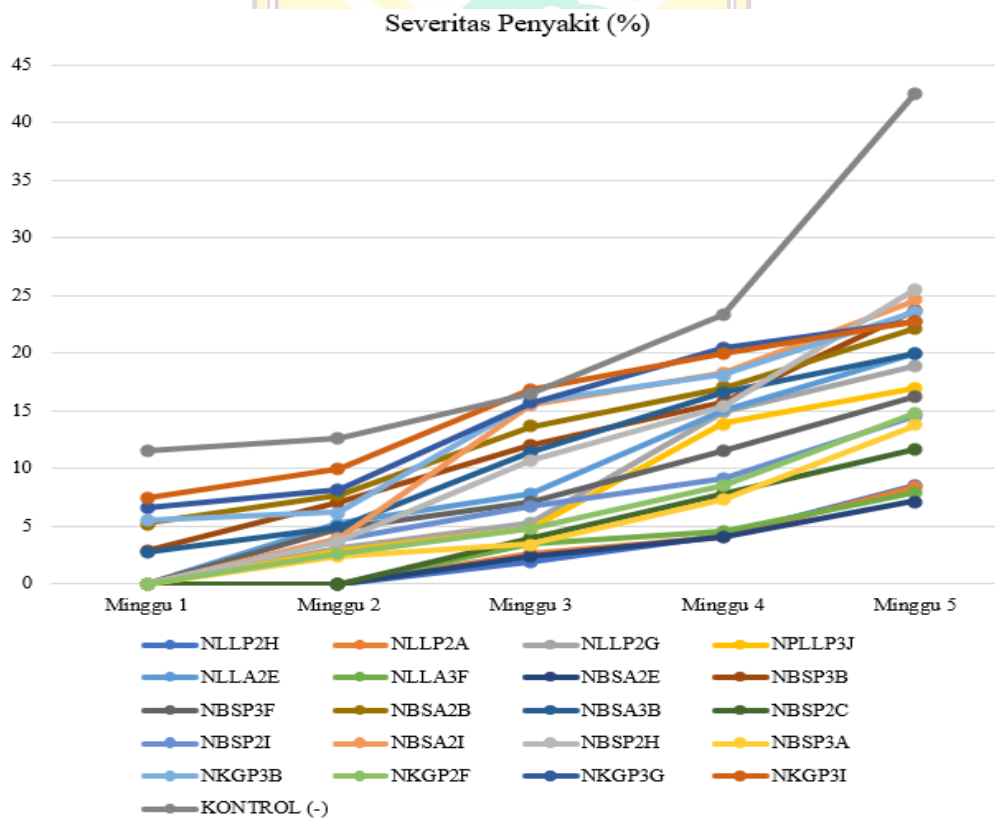
Perlakuan	Severitas Penyakit (%)
NLLA3F	7.95 a
NBSA2E	8.03 a
NLLP2A	8.36 a
NLLP2H	8.50 a
NBSP2C	11.65 a
NBSP3A	13.76 bc
NBSP2I	14.54 bc



Lanjutan Tabel 7.

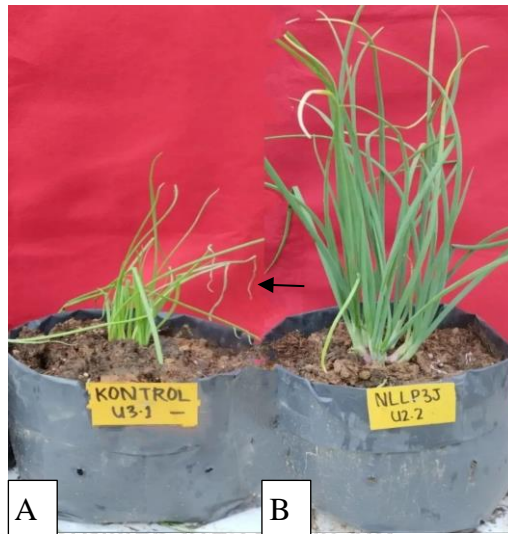
NKGP2F	14.79	bc
NBSP3F	16.22	bc
NLLP3J	16.98	cde
NLLP2G	18.84	def
NBSA3B	19.95	fgh
NLLA2E	20.00	fgh
NBSA2B	22.14	gh
NKGP3G	22.76	gh
NKGP3I	22.76	gh
NKGP3B	23.57	gh
NBSP3B	23.67	gh
NBSA2I	24.60	h
NBSP2H	25.50	i
Kontrol (-)	42.53	j
KK	14.73	

\*Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.



Gambar 22. Perkembangan severitas penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* pada tanaman bawang merah

Perbandingan severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* perlakuan aktinobakteria filosfer indigenos dengan kontrol negatif dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Perbandingan severitas penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* pada tanaman bawang merah berumur 30 hst selama 7 hsi, (A) Perlakuan kontrol negatif, (B) Perlakuan aktinobakteria filosfer indigenos dengan kode NLLP3J.

Skala severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada daun tanaman bawang merah memiliki respon ketahanan yang berbeda. Skala severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* dapat dilihat pada Gambar 24 .



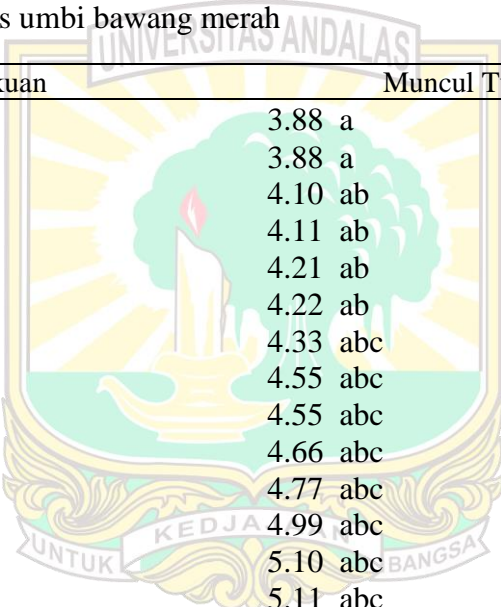
Gambar 24. Skala severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada daun bawang merah (A) daun sehat, (B) skala 1, (C) skala 2, (D) skala 3, (E) skala 4, dan (F) skala 5.

## 2. 2 Pertumbuhan Tanaman

### a. Hari Muncul Tunas (hst)

Aktinobakteria filosfer yang diintroduksi pada umbi bawang merah dilakukan analisis ragam (Lampiran 6) dan uji lanjut DNMRT 5% terhadap muncul tunas umbi bawang merah dapat dilihat pada (Tabel 8). Seluruh perlakuan aktinobakteria filosfer berbeda nyata apabila dibandingkan dengan kontrol positif dalam meningkatkan meningkatkan muncul tunas umbi bawang merah. Aktinobakteria filosfer kode isolat NLLA3F, NBSP3B, NLLP3J, NKGP3G, NLLP2H, dan NLLA2E merupakan isolat yang berpotensi dalam meningkatkan muncul tunas umbi bawang merah.

Tabel 8. Muncul tunas umbi bawang merah



Perlakuan	Muncul Tunas (hst)
NLLA3F	3.88 a
NBSP3B	3.88 a
NLLP3J	4.10 ab
NKGP3G	4.11 ab
NLLP2H	4.21 ab
NBSA2E	4.22 ab
NLLP2G	4.33 abc
NBSP2I	4.55 abc
NKGP3I	4.55 abc
NLLA2E	4.66 abc
NBSP3F	4.77 abc
NBSA3B	4.99 abc
NLLP2H	5.10 abc
NBSP3A	5.11 abc
NBSP2C	5.21 abc
NBSA2B	5.22 abc
NBSP2H	5.33 abc
NBSA2I	5.77 abc
NKGP3B	6.66 bc
NKGP2F	6.88 c
Kontrol (+)	11.66 d
KK	9.51

\*Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

## b. Tinggi Tanaman (cm)

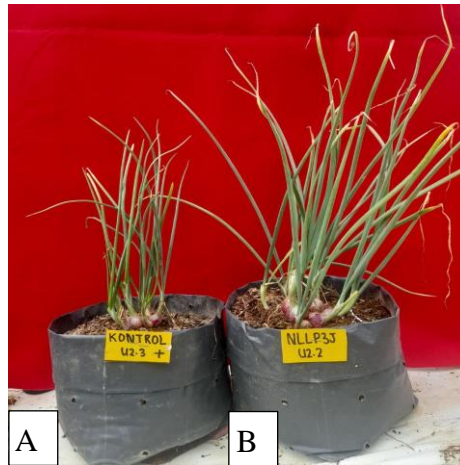
Aktinobakteria filofosfer yang diintroduksi pada umbi dan tanaman bawang merah dilakukan analisis ragam (Lampiran 6) dan uji lanjut DNMRT 5% terhadap tinggi tanaman bawang merah dapat dilihat pada Tabel 9. Seluruh perlakuan aktinobakteria filofosfer berbeda nyata apabila dibandingkan dengan kontrol positif dan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah. Aktinobakteria filofosfer indigenos dengan kode isolat NLLA3F, NLLP2A, NBSP3A, NBSA2E, NKGP3B, NKGP2F, NBSP3B, NBSP2C, dan NLLP3J yang paling berpotensi meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman bawang merah.

Tabel 9. Tinggi tanaman bawang merah

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)
NLLA3F	38.77 a
NLLP2A	36.99 ab
NBSP3A	36.88 abc
NBSA2E	36.55 abc
NKGP3B	36.55 abc
NKGP2F	36.44 abc
NBSP3B	36.33 abc
NBSP2C	36.22 abc
NLLP3J	36.11 abc
NLLP2G	35.99 abcd
NBSP2I	35.99 abcd
NKGP3G	35.66 abcd
NBSP2H	35.55 abcd
NLLP2H	35.55 abcd
NBSA2B	35.44 abcd
NLLA2E	34.66 bcd
NKGP3I	33.44 bcd
NBSP3F	32.99 cd
NBSA2I	32.99 cd
NBSA3B	32.10 d
KONTROL (+)	23.99 e
KK	5.51

\*Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

Perbandingan pertumbuhan tanaman bawang merah yang diintroduksi aktinobakteria filosfer indigenos kode NLLP3J dengan kontrol positif dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Perbandingan pertumbuhan tanaman bawang merah yang diintroduksi aktinobakteria filosfer dengan kontrol positif pada umur 49 hst, (A) Kontrol positif, (B) Perlakuan aktinobakteria filosfer indigenos kode NLLP3J.

#### b. Jumlah Daun (helai)

Aktinobakteria filosfer indigenos yang diintroduksi pada umbi dan tanaman bawang merah berdasarkan analisis ragam dan hasil uji lanjut DNMR 5% menunjukkan (Lampiran 6) terhadap jumlah daun tanaman bawang merah dapat dilihat pada (Tabel 10). Seluruh perlakuan aktinobakteria filosfer mampu meningkatkan pertumbuhan jumlah daun tanaman bawang merah apabila dibandingkan dengan kontrol positif. Aktinobakteria filosfer yang berpotensi dalam meningkatkan pertumbuhan jumlah daun tanaman bawang merah yaitu kode isolat NBSA2E, NLLA3F, NLLP2H, NLLP2A, NBSP2C, dan NKGP2F.

Tabel 10. Jumlah daun tanaman bawang merah

	Jumlah Daun (helai)
NBSA2E	44.66 a
NLLA3F	40.77 ab
NLLP2H	38.88 abc
NLLP2A	38.33 abc
NBSP2C	37.99 abc
NKGP2F	37.88 abc
NBSP3A	37.55 abc
NBSA3B	37.10 abc

Lanjutan Tabel 10.

NBSP2I	36.77	abc
NKGP3I	36.66	abc
NBSP2H	35.44	bc
NKGP3G	35.44	bc
NLLP2G	35.22	bc
NLLA2E	34.88	bc
NLLP3J	34.33	bc
NBSP3F	34.33	bc
NBSA2B	33.77	bc
NKGP3B	33.22	bc
NBSA2I	33.21	bc
NBSP3B	32.77	bc
KONTROL (+)	22.55	d
KK	11.77	

\*Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

### c. Bobot Segar Umbi (g)

Aktinobakteria filofser yang diintroduksi pada umbi bawang merah menunjukkan berbeda nyata terhadap bobot segar umbi bawang merah setelah dilakukan analisis ragam (Lampiran 6). Berdasarkan (Tabel 11), terdapat 18 perlakuan aktinobakteria filofser berbeda nyata dengan kontrol positif. Apabila dibandingkan antar perlakuan aktinobakteria filofser indigenos, terdapat perlakuan aktinobakteria filofser yang mampu meningkatkan bobot segar umbi terberat yaitu isolat dengan kode NLLP3J, NLLA3F, NBSA2E, NLLP2G, NBSP2C, NLLP2H, NLLP2A, dan NKGP2F.

Tabel 11. Bobot segar umbi bawang merah

Perlakuan	Bobot Segar Umbi (g)
NLLP3J	37.89 a
NLLA3F	36.15 ab
NBSA2E	32.43 ab
NLLP2G	32.27 ab
NBSP2C	31.54 ab
NLLP2H	31.46 ab
NLLP2A	30.95 ab
NKGP2F	30.64 ab
NBSP3F	30.54 ab
NBSP3A	30.42 ab
NKGP3B	30.09 ab
NLLA2E	29.09 ab
NBSP2I	28.96 ab
NBSP2H	28.44 ab

Lanjutan Tabel 11.

NBSA3B	27.97 ab
NBSA2I	27.63 ab
NBSA2B	27.26 ab
NKGP3G	27.22 ab
NKGP3I	25.43 bc
NBSP3B	24.27 bc
KONTROL (+)	15.85 d
KK	5.54

\*Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

#### d. Bobot Kering Umbi (g)

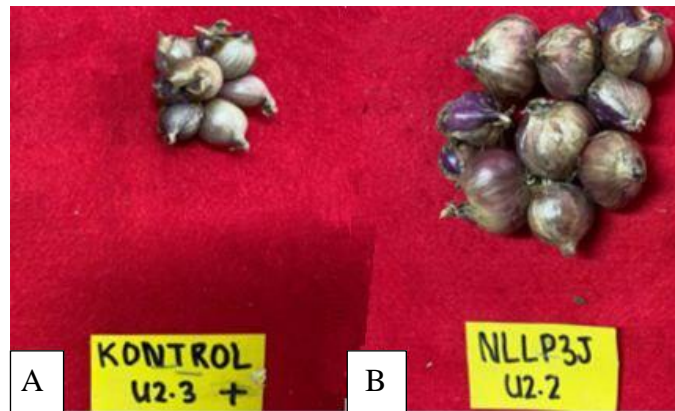
Aktinobakteria filosofer yang diintroduksi pada umbi dan tanaman bawang merah menunjukkan pengaruh berbeda nyata terhadap bobot kering umbi bawang merah setelah dilakukan analisis ragam (Lampiran 6). Berdasarkan (Tabel 12), terdapat 18 perlakuan aktinobakteria filosofer berbeda nyata dengan kontrol positif. Terdapat perlakuan dengan bobot kering umbi terberat yaitu kode NLLP3J, NLLA3F, NBSA2E, NLLP2G, NBSP2C, NLLP2H, NLLP2A, dan NKGP2F.

Tabel 12. Bobot kering umbi bawang merah

Perlakuan	Bobot Kering Umbi (g)
NLLP3J	34.35 a
NLLA3F	30.32 ab
NBSA2E	27.28 ab
NLLP2G	26.42 ab
NBSP2C	26.41 ab
NLLP2H	26.20 ab
NLLP2A	26.08 ab
NKGP2F	26.01 ab
NBSP3F	26.00 ab
NBSP3A	25.66 ab
NKGP3B	25.41 ab
NLLA2E	24.97 ab
NBSP2I	24.01 b
NBSP2H	23.57 b
NBSA3B	23.33 b
NBSA2I	23.23 b
NBSA2B	23.12 b
NKGP3G	22.91 b
NBSP3B	21.64 bc
NKGP3I	20.60 bc
KONTROL (+)	13.13 c
KK	6.00

\*Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut DNMRT pada taraf 5%.

Perbandingan bobot umbi bawang merah yang diintroduksi dengan aktinobakteria filosfer indigenos kode isolat NLLP3J dengan kontrol positif dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27. Perbandingan bobot umbi bawang merah yang diintroduksi aktinobakteria filosfer dengan kontrol positif, (A) Perlakuan aktinobakteria filosfer indigenos kode isolat NLLP3J (B) Perlakuan kontrol positif dengan aquades steril.

## B. Pembahasan

Aktinobakteria filosfer indigenos yang diisolasi dari permukaan daun tanaman bawang merah diperoleh sebanyak 25 isolat aktinobakteria filosfer indigenos dari Kecamatan Lembang Jaya, Kabupaten Solok, Sumatera Barat. Sebanyak 12 isolat berasal dari Nagari Bukit Sileh (NBS), 7 isolat berasal dari Nagari Limau Lunggu (NLL), dan 6 isolat berasal dari Nagari Koto Gadang (NKG). Jumlah aktinobakteria filosfer indigenos dari 3 nagari yang berbeda di Kabupaten Solok diperoleh hasil yang paling sedikit yaitu Nagari Koto Gadang dengan total 6 isolat aktinobakteria filosfer indigenos.

Berdasarkan wawancara dengan petani, selama budidaya tanaman bawang merah petani menggunakan pestisida sintetik dan pupuk sintetik yang tidak tepat selama budidaya, sehingga dapat diduga bahwa cara budidaya tanaman bawang merah yang kurang tepat dan penggunaan bahan kimia dapat menurunkan populasi aktinobakteria filosfer indigenos. Hal ini sesuai dengan Harsonowati *et al.* (2017), memperoleh 27 isolat aktinobakteria yang diisolasi dari permukaan daun tanaman padi dikarenakan teknik budidaya yang kurang tepat serta tingginya penggunaan bahan kimia dapat menurunkan populasi aktinobakteria filosfer pada tanaman padi. Menurut Grady *et al.* (2019), populasi aktinobakteria filosfer dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik, seperti umur dan morfologi tanaman (Tang *et al.*, 2023);



spesies, fisiologi, varietas, dan biokimia tanaman (Lapointe *et al.*, 2016); serta keragaman mikroorganisme lain yang terdapat pada permukaan daun tanaman (Vorholt *et al.*, 2012). Sementara itu, kondisi tanah sebagai sumber inokulum mikroorganisme pada bagian filosfer tanaman (Grady *et al.*, 2019); paparan radiasi sinar ultraviolet (UV), ketersediaan air, nutrisi, kelembapan, dan suhu yang relatif rendah menjadikan kondisi filosfer sebagai lingkungan yang tidak menguntungkan bagi mikroorganisme filosfer (Schlechter *et al.*, 2019). Selain itu, penggunaan pestisida sintetik yang berlebihan pada daun tanaman (Carnava *et al.*, 2019); serta pemupukan dan teknik budidaya tanaman yang kurang tepat dapat menurunkan keragaman populasi mikroorganisme filosfer (Thapa *et al.*, 2018).

Karakterisasi morfologi aktinobakteria filosfer memiliki keragaman yang berbeda pada warna koloni tampak atas dan bawah, penampilan koloni, bentuk spora, bentuk koloni, dan bentuk elevasi koloni. Koloni tampak atas yang dihasilkan oleh aktinobakteria filosfer menunjukkan warna yang beragam yaitu abu-abu, coklat, hijau, dan hitam. Sedangkan warna koloni tampak bawah yaitu coklat, abu-abu, kuning, krem, dan merah. Aktinobakteria filosfer menghasilkan koloni beragam yang meliputi penampilan kasar, halus, dan berkapur. Menurut Keshamo *et al.* (2024), koloni aktinobakteria memiliki keragaman pada warna koloni yang meliputi warna putih, kuning, coklat, abu-abu, dan merah dengan penampilan permukaan koloni kasar, halus, bertepung, dan berkapur. Bentuk koloni aktinobakteria filosfer menghasilkan bentuk yang beragam seperti circular, convex, dan filamentous sedangkan elevasi koloni meliputi flat, convex, dan umbonate. Wati *et al.*, (2023), melaporkan bahwa aktinobakteria filosfer memiliki perbedaan morfologi pada bentuk koloni seperti circular, filamentous, convex, punctiform, irregular, rhizoid, dan spindel serta bentuk elevasi koloni seperti umbonate, flat, convex, pulvinate, dan raised.

Perbedaan keragaman morfologi aktinobakteria filosfer diduga disebabkan karena perbedaan spesies atau strain aktinobakteria filosfer, kandungan pigmen yang dihasilkan oleh aktinobakteria filosfer, dan kandungan nutrisi pada medium pertumbuhan. Hal ini sesuai dengan penelitian Wati *et al.* (2023), yang menyatakan bahwa faktor yang menyebabkan terjadinya variasi pada warna koloni yaitu karena adanya metabolit sekunder yang dihasilkan, sumber karbon, nutrisi, serta nitrogen pada medium pertumbuhan, sehingga menghasilkan variasi warna koloni. Spesies

aktinobakteria filofser yang sama dapat menghasilkan warna pigmen yang berbeda karena disebabkan oleh pH medium, aerasi, suhu, karbon, sumber nitrogen (Sukmawaty *et al.*, 2020); dan disebabkan oleh konsentrasi ion hidrogen (Akilandeswari & Pradeep, 2017). Aktinobakteria filofser dapat membentuk miselium vegetatif (Mitra *et al.*, 2022); dan membentuk spora sebagai mekanisme bertahan pada saat kondisi tidak mendukung (Bergeijk *et al.*, 2020). Selain itu, aktinobakteria memiliki tingkat sporulasi yang tinggi sehingga mampu berkembang dengan cepat dan bersaing dengan patogen (Vurukonda *et al.*, 2018).

Aktinobakteria filofser indigenos yang diintroduksi pada umbi dan tanaman bawang merah mampu menekan penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* dengan memperpanjang masa inkubasi, menurunkan insidensi penyakit, dan severitas penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* apabila dibandingkan dengan kontrol negatif. Terdapat 7 perlakuan aktinobakteria filofser yang berpotensi menekan penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* yaitu dengan kode isolat NLLA3F, NBSA2E, NLLP2A, NBSP2C, NKGP2F, NLLP3J, NLLP2H. Hal ini diduga karena aktinobakteria filofser indigenos mampu menekan perkembangan penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* melalui induksi ketahanan sistemik pada tanaman (*Induce Systemic Resistance*) yang dapat memberikan sinyal ke tanaman untuk menghasilkan dan meningkatkan enzim pertahanan tanaman untuk menekan perkembangan patogen pada saat menyerang tanaman. Menurut Kaari *et al.* (2022), menyatakan bahwa aktinobakteria filofser sebagai agens biokontrol mampu menginduksi ketahanan sistemik tanaman terhadap patogen dengan meningkatkan enzim pertahanan tanaman (Ebrahimi *et al.*, 2022).

Induksi ketahanan sistemik yang diinduksi oleh aktinobakteria filofser dapat menyebabkan peningkatan respon pertahanan tanaman inang terhadap patogen melalui reaksi biokimia (Kaari *et al.*, 2022) seperti *Systemic Acquired Resistance* (SAR) dan *Induced Systemic Resistance* (ISR) (Lahlali *et al.*, 2022). Aktinobakteria filofser mampu menginduksi ketahanan tanaman melalui pembentukan enzim pertahanan tanaman, memperkuat dinding sel tanaman, menghindari masuk dan penyebaran bakteri patogen (Ebrahimi *et al.*, 2021), menghasilkan fitoaleksin yang bersifat toksik bagi bakteri patogen dan mendegradasi dinding sel bakteri patogen (Bizuneh *et al.*, 2021). Selain itu, aktinobakteria filofser memiliki kemampuan penyebaran yang tinggi serta mampu berkompetisi nutrisi dan ruang dengan

patogen, sehingga mampu mengendalikan penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* pada tanaman bawang merah. Menurut Lahlali *et al.* (2019), Aktinobakteria filosfer dalam berkompetisi nutrisi dan ruang mampu menyerap jumlah nutrisi lebih banyak dan berkembang lebih cepat dibandingkan dengan patogen, sehingga menurunkan kemampuan penyebaran patogen di dalam jaringan tanaman (Lahlali *et al.*, 2019).

Aktinobakteria filosfer yang diintroduksi pada umbi dan tanaman bawang merah dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi bawang merah seperti tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar umbi, dan bobot kering umbi apabila dibandingkan dengan kontrol prositif. Terdapat 8 perlakuan aktinobakteria filosfer yang berpotensi dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah yaitu NLLP2H, NLLP3J, NLLA3F, NBSP2C, NKGP2F, NLLP2A, NBSA2E, dan NLLP2G. Hal ini diduga karena kemampuan aktinobakteria filosfer berperan sebagai agens biofertilizer dengan menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman seperti melarutkan fosfat, fiksasi nitrogen, dan menghasilkan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA), serta fitohormon lainnya yang berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman bawang merah. Selain itu, aktinobakteria filosfer diduga dapat mempengaruhi proses biologis pada tanaman bawang merah seperti meningkatkan fungsi daun dalam proses fotosintesis, mempengaruhi proses pembentukan umbi, dan produksi umbi bawang merah. Menurut Trivedi *et al.* (2020), aktinobakteria filosfer mampu berperan sebagai bakteri pelarut fosfat, menghasilkan siderofor, fiksasi nitrogen, dan menghasilkan fitohormon sebagai pemacu pertumbuhan tanaman.

Menurut Sivakumar *et al.* (2020), aktinobakteria filosfer berpotensi sebagai biofertilizer tanaman karena mampu menghasilkan fitohormon yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman seperti *Indole Acetic Acid* (IAA), senyawa auksin, giberelin, dan sitokinin. Aktinobakteria filosfer dapat meningkatkan fungsi biologi dan fisiologi tanaman seperti meningkatkan proses fotosintesis, proses pertumbuhan, pembungaan, dan meningkatkan hasil tanaman (Liu *et al.*, 2020). Aktinobakteria filosfer menghasilkan antibiotik dan dapat menguraikan beragam senyawa organik dalam jumlah yang besar serta berperan penting dalam mineralisasi senyawa organik untuk mempermudah tanaman dalam menyerap unsur hara (Sarvepalli *et al.*, 2024).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aktinobakteria filosfer indigenos memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam mengendalikan penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah. Perlakuan aktinobakteria filosfer indigenos kode isolat NLLA3F, NBSA2E, NLLP2A, NBSP2C, NLLP2G, NLLP3J, NLLP2H, dan NKGP2F berpotensi mengendalikan penyakit hawar daun bakteri *P. ananatis* dan meningkatkan pertumbuhan serta hasil tanaman bawang merah.



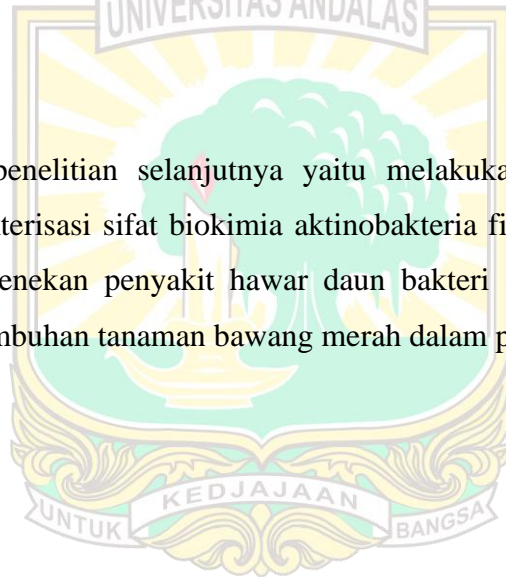
## BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Aktinobakteria filosfer indigenos seluruhnya memiliki potensi dalam mengendalikan penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah yaitu aktinobakteria filosfer kode isolat NLLA3F, NBSA2E, NLLP2A, NBSP2C, NBSP3A, NLLP3J, NLLP2H, dan NKGP2F mampu memperpanjang masa inkubasi dengan rentang nilai 17.09-27.77 hsi, insidensi penyakit sebesar 44.44-66.66%, severitas penyakit sebesar 7.95-11.65%, muncul tunas 3.88-4.22 hst, tinggi tanaman 36.11-38.77 cm, jumlah daun 37.88-44.66 helai, bobot segar 30.64 g, dan bobot kering 26.01-34.35 g.

### B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu melakukan identifikasi secara molekuler dan karakterisasi sifat biokimia aktinobakteria filosfer indigenos yang berpotensi dalam menekan penyakit hawar daun bakteri oleh *P. ananatis* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang merah dalam penelitian ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- [CABI] Centre for Agriculture and Bioscience International. (2021). Datasheet (Additional resources) of *Allium ascalonicum*. [Internet]. Diakses pada 09 Agustus 2023 pukul 20:00 WIB.
- Aditi, S. & Anupama, T. (2015). Symbiotic Organisms: Key for Plant Growth Promotion. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research*, 4(4), 1108-1113.
- Aeny, T. N., Prasetyo, J., Suharjo, R., Dirmawati, S. R., Efri, E., & Niswati, A. (2018). Isolation and Identification of Actinomycetes Potential as the Antagonist of *Dickeya zea* pineapple Soft Rot in Lampung, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(6), 2052-2058.
- Akilandeswari, P., & Pradeep, B. V. (2017). Microbial Pigments: Potential Functions and Prospects. In *Bio-pigmentation and Biotechnological Implementations*. 241–261.
- Alblooshi, A.A.; Purayil, G.P.; Saeed, E.E.; Ramadan, G.A.; Tariq, S.; Altaee, A.S.; El-Tarabily, K.A.; AbuQamar, S.F. (2022). Biocontrol Potential of Endophytic Actinobacteria Against *Fusarium solani*, the Causal Agent of Sudden Decline Syndrome on Date Palm in the UAE. *J. Fungi*, 8, 8.
- Ali, A. R., Bahrami, Y., Kakaei, E., Mohammadzadeh, S., Bouk, S., & Jalilian, N. (2022). Isolation and Identification of Endophytic Actinobacteria from *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad and Their Antibacterial Properties. *Microbial Cell Factories*, 21(1), 1–17.
- Alippi, A. M., & López, A. C. (2010). First Report of Leaf Spot Disease of Maize Caused by *Pantoea ananatis* in Argentina. *Plant Disease*, 94(4), 487-487.
- Amaliatussolihah, W., Listiana, B. E., & Anugrahwati, D. R. (2023). Keragaan Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Varietas Lokananta Hasil Induksi Poliploid dengan Kolkisin. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 2(2), 210-221.
- Apsari, P. P., Budiarti, S. R. I., & Wahyudi, A. T. (2019). Actinomycetes of Rhizosphere Soil Producing Antibacterial Compounds Against Urinary Tract Infection Bacteria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(5).
- Asrul, A. (2020). Virulensi Beberapa Isolat *Pantoea ananatis* Penyebab Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Bacterial Leaf Blight*) pada Varietas Bawang Merah. *Agromix*, 11(2), 136-150.
- Asrul, A., & Umrah, U. (2019). Host Range *Pantoea ananatis* The Causal Agent of Bacterial Leaf Blight on *Allium* spp. *Agroland the Agricultural Sciences Journal (E-Journal)*, 6(1), 27-33.

- Asrul, B. H., Arwiyanto, T., & Widada, J. (2014). Peranan Faktor Lingkungan Terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Pantoea ananatis*) pada Tanaman Bawang Merah. *Seminar Nasional Perhimpunan Fitopatologi Indonesia (PFI) Komda Yogyakarta, Solo dan Semarang*, 20, 1–12.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik Indonesia. <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html>. Diakses pada 01 Agustus 2023 pukul 21:00 WIB.
- Barka, E. A., Vatsa, P., Sanchez, L., Gaveau-Vaillant, N., Jacquard, C., Meier-Kolthoff, J. P., Klenk, H.-P., Clément, C., Ouhdouch, Y., & van Wezel, G. P. (2016). Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 80(4).
- Bernal, M. G., Campa-Córdova, Á. I., Saucedo, P. E., González, M. C., Marrero, R. M., & Mazón-Suástegui, J. M. (2015). Isolation and In Vitro Selection of Actinomycetes Strains as Potential Probiotics for Aquaculture. *Veterinary World*, 8(2), 170.
- Black, L., Conn, K., Gabor, B., Kao, J. & Lutton, J. S. (2012). Onion Disease Guide: a Practical Guide for Seedmen Growers and Agricultural Advisors. Seminis Vegetable Seeds, Inc., USA.
- Bomfeti, C. A., Meirelles, W. F., Souza-Paccola, E. A., Casela, C. R., Ferreira, A. D. S., Marriel, I. E., & Paccola-Meirelles, L. D. (2007). Avaliação de Produtos Químicos Comerciais, *In Vitro E In Vivo*, no Controle da Doença Foliar, Mancha Branca do Milho, Causada por *Pantoea ananatis*. *Summa Phytopathologica*, 33, 63-67.
- Boubekri, K., Soumare, A., Mardad, I., Lyamlouli, K., Ouhdouch, Y., Hafidi, M., & Kouisni, L. (2022). Multifunctional Role of Actinobacteria in Agricultural Production Sustainability: A review. *Microbiological Research*, 261.
- Boukhatem, Z. F., Merabet, C., & Tsaki, H. (2022). Plant Growth Promoting Actinobacteria, the Most Promising Candidates as Bioinoculants. *Frontiers in Agronomy*, 4, 1-19.
- Bulgarelli, D., Schlaeppli, K., Spaepen, S., Van Themaat, E. V. L., & Schulze-Lefert, P. (2013). Structure and Functions of the Bacterial Microbiota of Plants. *Annual review of plant biology*, 64, 807-838.
- Cabanas, CGL., Legarda G., Rosa, DR., Tobiaz, PP., Corredor, AV., Niqui, JL., Trivino, JC., Roca A., & Blnco JM. (2018). Indigenous *Pseudomonas* spp. Strains from the Olive (*Olea europaea* L.) Rhizosphere as Effective Biocontrol Agents against *Verticillium dahliae*: From the Host Roots to the Bacterial Genomes. *Front. Microbiol.* 9.
- Carr, E. A., Zaid, A. M., Bonasera, J. M., Lorbeer, J. W., & Beer, S. V. (2013). Infection of Onion Leaves by *Pantoea ananatis* Leads to Bulb Infection. *Plant disease*, 97(12), 1524-1528.

- Chang, C. P., Sung, I. H., & Huang, C. J. (2018). *Pantoea dispersa* Causing Bulb Decay of Onion in Taiwan. *Australasian Plant Pathology*, 47, 609-613.
- Cheng Y Q, Yang R J, Lyu M, Wang S W, Liu X C, Wen Y, Song Y, Li J L, Chen Z. (2018). IdeR, a DtxR Family Iron Response Regulator, Controls Iron Homeostasis, Morphological Differentiation, Secondary Metabolism, and the Oxidative Stress Response in *Streptomyces avermitilis*. *Appl Environ Microbiol*. 84.
- Conn, E. K., Lutton, J. S., & Rosenberger, S. A. (2012). Onion Disease Guide. *Plant Health*, 72.
- Coutinho, T. A., & Venter, S. N. (2009). *Pantoea ananatis*: an Unconventional Plant Pathogen. *Molecular plant pathology*, 10(3), 325-335.
- Doolotkeldieva, T., Bobusheva, S., & Konurbaeva, M. (2015). Effects of *Streptomyces* Biofertilizer to Soil Fertility and Rhizosphere's Functional Biodiversity of Agricultural Plants. *Advances in Microbiology*. 5(07):555.
- Dornelas, J. C. M., Carmo, P. H. F., Lana, U. G. P., Lana, M. A. G., Paiva, C. A. O., & Marriel, I. E. (2023). Biocontrol Potential of Actinobacteria Against *Pantoea ananatis*, the Causal Agent of Maize White Spot Disease. *Brazilian Journal of Biology*, 83.
- Durand, A., Maillard, F., Alvarez-Lopez, V., Guinchard, S., Bertheau, C., Valot, B., & Chalot, M. (2018). Bacterial Diversity Associated With Poplar Trees Grown on A Hg-Contaminated Site: Community Characterization and Isolation of Hg-Resistant Plant Growth-Promoting Bacteria. *Science of the Total Environment*, 622, 1165-1177.
- Dutta, B., Anderson, F., Smith, S., & Gitaitis, R. D. (2017). Epiphytic Survival of *Pantoea ananatis* on *Richardia scabra* Linnaeus. in Georgia. *Plant Disease*, 101(4), 613-618.
- Dutta, B., Barman, A. K., Srinivasan, R., Avci, U. T. K. U., Ullman, D. E., Langston, D. B., & Gitaitis, R. D. (2014). Transmission of *Pantoea ananatis* and *P. agglomerans*, Causal Agents of Center Rot of Onion (*Allium cepa*), by Onion Thrips (*Thrips tabaci*) Through Feces. *Phytopathology*, 104(8), 812-819.
- Fadil, M., Yanti, Y., & Khairul, U. (2023). Seleksi Aktinobakteria Indigenous untuk Pengendalian Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) serta Peningkatan Pertumbuhan Padi. *Agrohita*, 8(1), 93-105.
- Ferina, O. D., Nurjasmi, R., & Suryani, S. (2022). Isolasi dan Uji Aktivitas Antifungi *Actinomycetes* Hutan Pinus Gunung Bunder Bogor Jawa Barat terhadap *Colletotrichum capsici*. *Jurnal Ilmiah Respati*, 13(2), 102-115.
- Ghorbani-Nasrabadi, R., Greiner, R., Alikhani, A. H., Hamedi, J., & Yakhchali, B. (2013). Distribution of Actinomycetes in Different Soil Ecosystems and Effect of Media Composition on Extracellular Phosphatase Activity. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(1), 223-236.



- Gitaitis, R. D., Walcott, R. R., Wells, M. L., Perez, J. D., & Sanders, F. H. (2003). Transmission of *Pantoea ananatis*, Causal Agent of Center Rot of Onion, by Tobacco Thrips, *Frankliniella fusca*. *Plant Disease*, 87(6), 675-678.
- Grady, K. L., Sorensen, J. W., Stopnisek, N., Guittar, J., & Shade, A. (2019). Assembly and seasonality of core phyllosphere microbiota on perennial biofuel crops. *Nature communications*, 10(1), 4135.
- Harsonowati, W., Astuti, R. I., & Wahyudi, A. T. (2017). Leaf Blast Disease Reduction by Rice-Phyllosphere Actinomycetes Producing Bioactive Compounds. *Journal of General Plant Pathology*, 83, 98-108.
- Hasibuan, A. S., Edrianto, V., & Purba, N. (2020). Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Umbi Bawang Merah (*Allium cepa* Linnaeus.). *Jurnal Farmasimed (JFM)*, 2(2), 45-49.
- Hay, F., Stricker, S., Gossen, B. D., McDonald, M. R., Heck, D., Hoepfing, C., & Pethybridge, S. (2021). Stemphylium Leaf Blight: A Re-Emerging Threat to Onion Production in Eastern North America. *Plant Disease*, 105(12), 3780-3794.
- Herani, A., Anggorowati, D., & Gusmayanti, E. (2023). Respon Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah Terhadap Pemberian Zat Pengatur Tumbuh dan Pupuk NPK. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(2), 237-244.
- Hernández Montiel, L. G., Rivas García, T., Romero Bastidas, M., Chiquito Contreras, C. J., Ruiz Espinoza, F. H., & Chiquito Contreras, R. G. (2018). Antagonistic potential of bacteria and marine yeasts for the control of phytopathogenic fungi. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(20), 4311-4321.
- Holt, J. G. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Ed-9. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins.
- Hosny, M., Asran, M. R., & Moharam, M. H. A. (2022). Biological Control Of Potato Bacterial Wilt Disease Caused by *Ralstonia solanacearum* Using Actinomycetes Isolates. *Journal of Sohag Agriscience (JSAS)*, 7(2), 47-59.
- Huang, S., Zha, X., & Fu, G. (2023). Affecting Factors of Plant Phyllosphere Microbial Community and Their Responses to Climatic Warming-A Review. *Plants*, 12(16), 2891.
- Ilham, F., Prasetyo, T. B., & Prima, S. (2019). Pengaruh Pemberian Dolomit Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Gambut dan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* Linnaeus.). *Jurnal Solum*, 16(1), 29-39.
- Ilsan, N. A. (2017). Antifungal Activity of Phyllosphere Actinobacteria Against *Pyricularia oryzae*. In *2nd International Seminar on Global Health (ISGH)*. 308-315.
- Ilsan, N. A., Nawangsih, A. A., & Wahyudi, A. T. (2016). Rice Phyllosphere Actinomycetes as Biocontrol Agent of Bacterial Leaf Blight Disease on Rice. *Asian J Plant Pathol*, 10(2), 1-8.

- Inayah, M.N. (2020). Komunitas Aktinobakteria di Tanah Perkebunan Kelapa Sawit PTPN VI Jambi Berdasarkan Sekuens Amplikon Gen 16s rRNA. [Thesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jadhav, H.P.; Shaikh, S.S.; Sayyed, R.Z. (2017). Role of hydrolytic enzymes of rhizoflora in biocontrol of fungal phytopathogens. An overview. In *Rhizotrophs: Plant Growth Promotion to Bioremediation*; Mehnaz, S., Ed.; Microorganisms for Sustainability; Springer: Singapore.183–203.
- Kaari, M., Manikkam, R., Annamalai, K. K., & Joseph, J. (2023). Actinobacteria As A Source of Biofertilizer/Biocontrol Agents for Bio-Organic Agriculture. *Journal of Applied Microbiology*, 134(2).
- Kaary, K., Rumahlewang, W., & Tuhumury, G. N. (2022). Kejadian Penyakit Pada Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa*) Di Pulau Lakor Kabupaten Maluku Barat Daya. *Kalwedo Sains*, 3(1), 1-7.
- Klement, Z., Rudolph, K., & Sands, D. C. (1990). *Methods in Phytobacteriology*. Akademiai Kiado.
- Kowalska, B., & Smolinska, U. (2015). Soil Incorporation of Cruciferous Plant Residues As A Control Strategy for *Pantoea ananatis* Colonization of Onion Seedlings. *Journal of Plant Pathology*, 97(2).
- Kwon, J. H., Kang, B., Moon, J. S., Choi, O., Lee, Y., & Kim, J. (2021). First Report of Rust on Onion Caused by *Puccinia allii* in Korea. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 43(s2), 47-351.
- Lahlali, R.; Ezrari, S.; Radouane, N.; Kenfaoui, J.; Esmaeel, Q.; El Hamss, H.; Belabess, Z.; Ait Barka, E.(2022). Biological control of plant pathogens: A global perspective. *Microorganisms*, 10, 596.
- Li, X.; Jing, T.; Zhou, D.; Zhang, M.; Qi, D.; Zang, X.; Zhao, Y.; Li, K.; Tang, W.; Chen, Y. (2021). Efikasi biokontrol dan kemungkinan mekanisme *Streptomyces* sp. H4 terhadap antraknosa pascapanen yang disebabkan oleh *Colletotrichum fragariae* pada buah stroberi. *Pascapanen Biol. Technol.* 175, 111401.
- Lin, L., and Xu, X. (2013). Indole-3-Acetic Acid Production by Endophytic *Streptomyces* sp. En-1 Isolated from Medicinal Plants. *Current Microbiology*, 67, 209-217.
- Liu H, Brettell LE, Singh B (2020) Linking the Phyllosphere Microbiome to Plant Health. *Trends Plant Sci* 25, 841–844.
- McDonald, M. R., de los Angeles Jaime, M., & Hovius, M. H. (2004). Management of Diseases of Onions and Garlic. In *Diseases of Fruits and Vegetables: Volume II: Diagnosis and Management* (pp. 149-200). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Mitra, D., Mondal, R., Khoshru, B., Senapati, A., Radha, T. K., Mahakur, B., & Mohapatra, P. K. D. (2022). Actinobacteria-Enhanced Plant Growth, Nutrient Acquisition, and Crop Protection: Advances in Soil, Plant, and Microbial Multifactorial Interactions. *Pedosphere*, 32(1), 149-170.

- Mohsin, S. M., Islam, M. R., Ahmmed, A. N. F., Nisha, H. A. C., & Hasanuzzaman, M. (2016). Cultural, Morphological and Pathogenic Characterization of *Alternaria porri* Causing Purple Blotch of Onion. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1), 222-227.
- Munauwar, M. M., Nurmasiytoh, N., Sudirman, S., & Hendrival, H. (2023). Pemanfaatan *Trichoderma* sp. pada Tanaman Bawang Merah dengan Benih *True Shallot Seed* (Tss) Varietas Sangren di Desa Awe Kecamatan Syamtalira Aron Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Nauli*, 2(3), 1-7.
- Muthukumar, G., Udhayakumar, R., Ayyandurai, M., Muthukumar, A., & Rahila, R. (2023). Assessing the In Vitro Efficacy of Biocontrol Agents and Oil Cakes Against Basal Rot of Onion Incited by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. *Journal of Applied and Natural Science*, 15(1), 203-210.
- Nanda, A., Sari, I., & Yusuf, E. Y. (2022). Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah (*Allium Cepa* Linnaeus.) Dengan Pemberian Mikroorganisme Lokal (Mol) Feses Walet pada Media Gambut. *Jurnal Agro Indragiri*, 7(1), 22-34.
- Nugroho, F. M., & Khoyriyah, N. (2023). Pengaruh Pupuk Hayati Cair Terhadap Produksi Budidaya Bawang Merah di Kecamatan Sedan. *Journal of Integrated Agricultural Socio-Economics and Entrepreneurial Research (JIASEE)*, 1(2), 5-11.
- Nurjanah, N., Joko, T., & Subandiyah, S. (2017). Characterization of *Pantoea ananatis* Isolated From Garlic and Shallot. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 21(2), 120-126.
- Olanrewaju, O. S., & Babalola, O. O. (2019). Streptomyces: implications and interactions in plant growth promotion. *Applied microbiology and biotechnology*, 103, 1179-1188.
- Palla, M.S.; Guntuku, G.S.; Muthyala, M.K.K.; Pingali, S.; Sahu, P.K.(2018). Isolation and molecular characterization of antifungal metabolite producing actinomycete from mangrove soil. *Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci.*7, 250–256.
- Palmasari, B., Hawayanti, E., Amir, N., & Prasetyo, R. D. (2020). Pelatihan dan Penyuluhan Budidaya Tanaman Bawang Merah di *Polybag*. *Suluh Abdi*, 2(2), 67-70.
- Phuong, L. L., Lina, E. C., & Yanti, Y. (2022). Nanoemulsion from *Piper aduncum*, *Cymbopogon nardus*, and *Bacillus thuringiensis* to Control *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. *International Journal of Agricultural Sciences*, 6(2), 95-103.
- Renita, F., Basundari, A., & Krisdianto, A. Y. (2020). Pengaruh Dosis Pupuk dan Jarak Tanam pada Budidaya Bawang Merah di Luar Musim Tanam di Desa Klaigit Kabupaten Sorong (*Fertilizer Rate and Plant Spacing Effects on Off-Season Shallot Cultivation in Klaigit Village District of Sorong*).

- Renuka, R., Prabakar, K., Anandham, R., Pugalendhi, L., Rajendran, L., Raguchander, T., & Karthikeyan, G. (2023). Exploring the Potentiality of Native Actinobacteria to Combat the Chilli Fruit Rot Pathogens under Post-Harvest Pathosystem. *Life*, 13(2), 426.
- Robene-Soustrade, I., Legrand, D., Gagnevin, L., Chiroleu, F., Laurent, A., & Pruvost, O. (2010). Multiplex Nested PCR for Detection of *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* from Onion seeds. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(9), 2697-2703.
- Roopa, K. P., & Gadag, A. S. (2019). Management of Soil-Borne Diseases of Plants Through Some Cultural Practices and Actinobacteria. *Plant Health Under Biotic Stress*, 129–145.
- Safitri, Y. A., Hasanah, U., Salamiah, S., Samharinto, S., & Pramudi, M. I. (2019). Distribution of Major Diseases of Shallot in South Kalimantan, Indonesia. *Asian Journal of Agriculture*, 3(2).
- Sari, W., & Inayah, S. A. (2020). Inventarisasi Penyakit pada Dua Varietas Lokal Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Bima Brebes dan Trisula. *Pro-STek*, 2(2), 64.
- Sarvepalli, M., Velidandi, A., Ramachandravarapu, A. K., & Korrapati, N. (2024). Marine Actinomycetes Siderophores: Types, High Throughput Characterization Techniques, Applications, and Their Association with Nanotechnology: A Comprehensive Review. *NanoWorld J*, 10(1), 1-21.
- Sathya, A., Vijayabharathi, R., & Gopalakrishnan, S. (2017). Plant Growth-Promoting Actinobacteria: a New Strategy for Enhancing Sustainable Production and Protection of Grain Legumes. *3 Biotech*. 7(2): 1–10.
- Schaad, N. W., Jones, J. B., & Chun, W. (2001). *Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria* (No. Ed. 3). American Phytopathological society (APS press).
- Schwartz, H. F., Otto, K. L., & Gent, D. H. (2003). Relation of Temperature And Rainfall to Development of *Xanthomonas* and *Pantoea* Leaf Blights of Onion in Colorado. *Plant disease*, 87(1), 11-14.
- Shin, G. Y., Schachterle, J. K., Shyntum, D. Y., Moleleki, L. N., Coutinho, T. A., & Sundin, G. W. (2019). Functional Characterization of a Global Virulence Regulator Hfq and Identification of Hfq-dependent sRNAs in the Plant Pathogen *Pantoea ananatis*. *Frontiers in microbiology*, 10, 2075.
- Silva, G. D. C., Kitano, I. T., Ribeiro, I. A. D. F., & Lacava, P. T. (2022). The Potential Use Of Actinomycetes As Microbial Inoculants and Biopesticides in Agriculture. *Frontiers in Soil Science*, 2.
- Siswanto, Y., Sumartono, I., & Ilman, M. (2023). Effectiveness of Eco Enzyme Administration and Rhizobium Isolation Against the Growth and Production of Onions Red (*Allium ascalonicum* L.). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 17(3), 688-705.

- Sivan, A., & Chet, I. (1986). Biological control of *Fusarium* spp. in cotton, wheat and muskmelon by *Trichoderma harzianum*. *Journal of Phytopathology*, 116(1), 39-47.
- Sukmawaty, E., Sari, S. R., & Masri, M. (2020). Characterization of soil Actinomycetes from Malino pine forest rhizosphere of South Sulawesi. *Elkawanie J Islam Sci Tech*, 6, 315-328.
- Sunaryanto, R., Marwoto, B., & Matsuo, Y. (2010). Isolasi Actinomycetes Laut Penghasil Metabolit Sekunder yang Aktif Terhadap Sel Kanker A459. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 5(2), 111-116.
- Sutriana, S., Ulpah, S., & Nur, M. (2021). Aplikasi Trichokompos dan Pupuk Grand-K Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L) Pada Lahan Gambut Rawan Terendam. *Jurnal Agroteknologi*, 12(1), 1-8.
- Taylor, A., Vagany, V., Barbara, D. J., Thomas, B., Pink, D. A. C., Jones, J. E., & Clarkson, J. P. (2013). Identification of Differential Resistance to Six *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* Isolates in Commercial Onion Cultivars Through the Development of A Rapid Seedling Assay. *Plant Pathology*, 62(1), 103–111.
- Thapa, S., & Prasanna, R. (2018). Prospecting the Characteristics and Significance of the Phyllosphere Microbiome. *Annals of microbiology*, 68, 229-245.
- Trivedi, P.; Leach, J.E.; Tringe, S.G.; Sa, T.; Singh, B.K. Plant–microbiome interactions: From community assembly to plant health. *Nat. Rev. Microbiol.* 2020, 18, 607–621.
- Upe, A., & Asrijal, A. (2022). Produktivitas Optimum Bawang Merah Varietas Bima. *Journal Tabaro Agriculture Science*, 6(1), 669-675.
- Utamy, B. C., Yuliani, N. N. S., & Furtuna, D. K. (2021). Perbandingan Uji Aktivitas Antibakteri Filtrat Aquadest Umbi Bawang Suna (*Allium schoenoprasum* Linnaeus.) Terhadap Pertumbuhan *Streptococcus pneumoniae* dan *Escherichia coli* Dengan Metode Difusi Cakram Kirby-Bauer. *Herb-Medicine Journal: Terbitan Berkala Ilmiah Herbal, Kedokteran dan Kesehatan*, 4(4), 51-63.
- Vahling-Armstrong, C., Dung, J. K. S., Humann, J. L., & Schroeder, B. K. (2016). Effects of Postharvest Onion Curing Parameters on Bulb Rot Caused by *Pantoea agglomerans*, *Pantoea ananatis* and *Pantoea allii* in Storage. *Plant Pathology*, 65(4), 536-544.
- Vesuna, A. P., & Nerurkar, A. S. (2020). Biocontrol impact of AHL Degrading Actinobacteria on Quorum Sensing Regulated Virulence of Phytopathogen *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. *Plant and Soil*, 453, 371-388.
- Vorholt, J. A. (2012). Microbial Life in the Phyllosphere. *Nature Reviews Microbiology*, 10(12), 828-840.

- Wang, M., & Ma, Q. (2011). Antagonistic Actinomycete XN-1 From Phyllosphere Microorganisms of Cucumber to Control *Corynespora cassiicola*. *Cucurbit Genet Coop Rep*, 33, 17-21.
- Ward, A.C and Bora, N., (2015). The actinobacteria, practical handbook of microbiology, Third Edition.
- Wibowo, R. H., Sipriyadi, S., Mubarik, N. R., Rusmana, I., & Suhartono, M. T. (2020). Isolation and Screening of Soil Chitinolytic Actinobacteria as the Anti-Fungal Producer of Plant Pathogens. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 6(2), 273-286.
- Yanti, Y. (2020). Hama Dan Penyakit Bawang Merah. Penerbit Lembaga Penelitian Universitas Andalas. 132: 978-623.
- Yanti, Y., & Hamid, H. (2023). Distribusi Penyakit Hawar Daun Bakteri Pada Tanaman Bawang Merah Di Sumatera. In *Seminar Nasional Pariwisata dan Kewirausahaan (SNPK)*, (2)759-764.
- Yanti, Y., Hamid, H., & Nurbailis. (2023). Isolation and Characterization of Rhizobacteria, *Bacillus* spp. for Controlling Bacterial Leaf Blight and Increasing Shallot Yield. In *AIP Conference Proceedings*, 2583 (1).
- Yanti, Y., Hamid, H., dan Khairul, U. (2023). Sebaran Penyakit Hawar Daun Bakteri Oleh *Pantoea Ananatis* pada Tanaman Bawang Merah di Sumatera Barat. 2, 903–907.
- Yanti, Y., Hamid, H., Dzulfahmi, M. D., Selviana, S., & Putra, I. R. (2023). Exploration of Indigenous Actinomycetes as Biocontrol Agents of Purple Blotch Diseases at Onion. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1228(1). IOP Publishing.
- Yanti, Y., Hamid, H., Nurbailis & Tanjung M. P. (2022). *Potensi Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB)* untuk Meningkatkan Ketahanan Bawang Merah Terhadap *Xanthomonas axonopodis* pv *allii*. Dalam: Seminar Nasional Semartani. Prosiding Seminar Nasional. Padang. Maret 2022.
- Yanti, Y., Hamid, H., Nurbailis, N., Yaherwandi, Y., Liswarni, Y., Wibowo, I., & Selviana, S. (2024). Exploration of Actinobacteria Indigenus as Biological Control Agent of Bacterial Leaf Blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Allii*) and Increasing Production of Shallot. *Pakistan Journal of Phytopathology*, 36(1), 211-224.
- Zhang, J., Zhang, J., Lin, H., Liang, Y., Kaliaperumal, K., Xiong, Q., & Jiang, Y. (2023). *Semiliquidambar chingii* is a Highly Potent Antibacterial Plant Resource Against *Xanthomonas citri* subsp. *citri*: Insights Into the Possible Mechanisms of Action, Chemical Basis, and Synergistic Effect of Bioactive Compounds. *Industrial Crops and Products*, 202, 117020.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal pelaksanaan penelitian

Kegiatan	Jadwal Pelaksanaan																											
	Oktober				November				Desember				Januari				Februari				Maret				April			
Minggu ke-	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Sampling aktinobakteri filosfer indigenos																												
Isolasi dan pemurnian aktinobakteri filosfer indigenos																												
Peremajaan <i>Pantoea ananatis</i>																												
Perbanyakkan <i>Pantoea ananatis</i>																												
Preparasi penanaman																												





## Lampiran 2. Deskripsi kultivar Bima Brebes

Asal	: lokal Brebes
Umur	: - mulai berbunga 50 hari - panen (60 % batang melemas) 60 hari
Tinggi tanaman	: 34,5 cm (25 – 44 cm)
Kemampuan berbunga (alami)	: agak sukar
Banyak anakan	: 7 – 12 umbi per rumpun
Bentuk daun	: silindris, berlubang
Warna daun	: hijau
Banyak daun	: 14 – 50 helai
Bentuk bunga	: seperti payung
Warna bunga	: putih
Banyak buah/tangkai	: 60 – 100 (83)
Banyak bunga/tangkai	: 120 – 160 (143)
Banyak tangkai bunga/rumpun	: 2 – 4
Bentuk biji	: bulat, gepeng, berkeriput
Warna biji	: hitam
Bentuk umbi	: lonjong bercincin kecil pada leher cakram
Warna umbi	: merah muda
Produksi umbi	: 9,9 ton/ha umbi kering
Susut bobot umbi (segar-kering)	: 21,5 %
Ketahanan terhadap penyakit	: cukup tahan terhadap busuk umbi ( <i>Botrytis allii</i> )
Kepekaan terhadap penyakit	: cukup peka terhadap busuk ujung daun ( <i>Phytophthora porri</i> ), rentan terhadap penyakit hawar daun bakteri <i>P. ananatis</i> (Asrul, 2020).
Keterangan	: baik untuk dataran rendah
Peneliti	: Hendro Sunarjono, Prasodjo, Darliah, Asrul, dan Nasran Horizon Arbain.

### Lampiran 3. Pembuatan larutan standar *McFarland*

#### Standar Kekeruhan Larutan *McFarland*

Skala <i>McFarland</i>	Perbandingan		CFU (x/ml)
	BaCl <sub>2</sub> 1%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1%	
1	0,1 ml	9,9 ml	3
2	0,2 ml	9,8 ml	6
3	0,3 ml	9,7 ml	9
4	0,4 ml	9,6 ml	12
5	0,5 ml	9,5 ml	15
6	0,6 ml	9,4 ml	16
7	0,7 ml	9,3 ml	21
8	0,8 ml	9,2 ml	24
9	0,9 ml	9,1 ml	27
10	1 ml	9,0 ml	30

#### **Cara kerja:**

Larutan standar *McFarland* dibuat dengan cara melarutkan BaCl<sub>2</sub> 1% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1% dalam perbandingan tertentu sesuai dengan skala larutan yang akan digunakan. Kekeruhan larutan *McFarland* setara dengan kepadatan sel bakteri dalam jumlah tertentu. Dalam penelitian ini digunakan larutan standar *McFarland* No. 3 dan 5 untuk tahap pengujian aktivitas antimikroba.

Sumber : Utamy *et al.*, (2021).

## Lampiran 4. Komposisi medium

### 1. Medium *Starch Casein Agar* (SCA)

<b>Bahan</b>	<b>g/l</b>
<i>Starch potato</i>	10
<i>Yeast extract</i>	4
<i>Casein</i>	2
<i>Agar</i>	16

#### Cara kerja:

Campurkan seluruh bahan ke dalam 1000 ml aquades steril, kemudian dipanaskan hingga mendidih dan diaduk dengan *hot plate*, setelah itu dilarutkan medium dilarutkan sepenuhnya, setelah medium sudah larut dengan aquades selanjutnya dimasukkan ke botol kultur. Kemudian medium disterilkan dengan *autoclave* pada tekanan 15 lbs (121° C) selama 30 menit.

Sumber: Sunaryanto *et al.* (2010).

### 2. Medium *International Streptomyces Project 2* (ISP2)

<b>Bahan</b>	<b>g/l</b>
<i>Yeast extract</i>	4
<i>Malt extract Agar</i>	10
<i>Dextrose</i>	4
<i>Agar</i>	20

#### Cara kerja

Campurkan seluruh bahan ke dalam 1000 ml aquades steril, kemudian dipanaskan hingga mendidih dan diaduk dengan *hot plate*, setelah itu dilarutkan medium dilarutkan sepenuhnya, setelah medium sudah larut dengan aquades selanjutnya dimasukkan ke botol kultur. Kemudian medium disterilkan dengan *autoclave* pada tekanan 15 lbs (121° C) selama 30 menit.

Sumber: Aeny *et al.* (2018).

### 3. Medium *Glucose Yeast Peptone Agar* (GYPA)

Bahan	g/l
<i>Yeast extract</i>	3
<i>Peptone</i>	10
<i>Glucose</i>	7
<i>Agar</i>	15

#### Cara kerja:

Campurkan seluruh bahan ke dalam 1000 ml aquades steril, kemudian dipanaskan hingga mendidih dan diaduk dengan *hot plate*, setelah itu dilarutkan medium dilarutkan sepenuhnya, setelah medium sudah larut dengan aquades selanjutnya dimasukkan ke botol kultur. Kemudian medium disterilkan dengan *autoclave* pada tekanan 15 lbs (121° C) selama 30 menit.

Sumber: (Klement *et al.*, 1990).

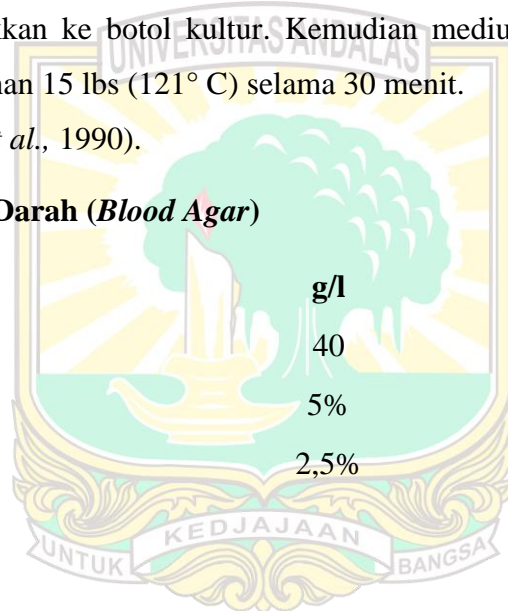
### 4. Medium *Agar Darah (Blood Agar)*

Bahan	g/l
<i>Blood Agar Base</i>	40
<i>Blood Sheep</i>	5%
NaCl	2,5%

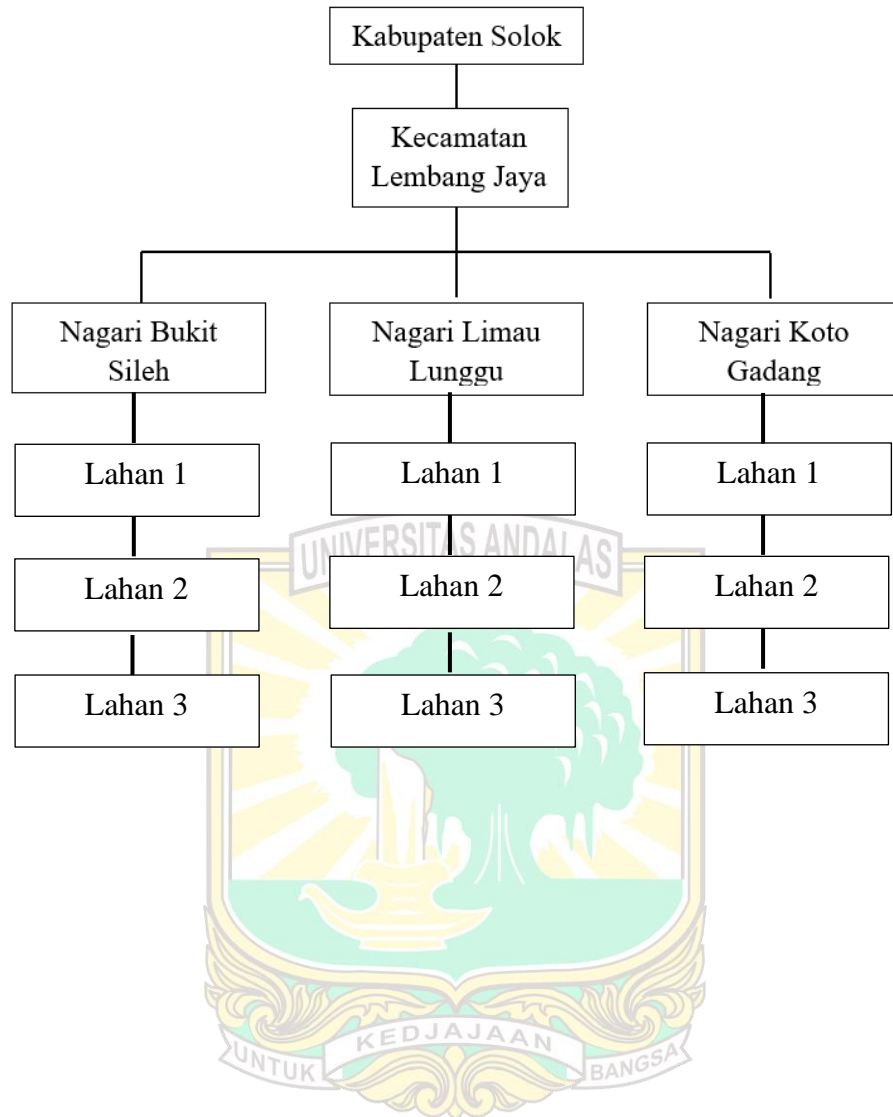
#### Cara kerja:

Campurkan *Blood Agar Base* dan NaCl ke dalam 1000 ml aquades steril, kemudian media dipanaskan dengan *hot plate* hingga mendidih lalu dilarutkan hingga larut. Kemudian medium disterilkan dengan *autoclave* pada tekanan 15 lbs (121 °C) selama 30 menit. Setelah steril, medium didiamkan hingga suhu mencapai 45 °C, lalu ditambahkan darah domba konsentrsi 5% dan dituang pada cawan petri.

Sumber: (Bernal *et al.*, 2015).



Lampiran 5. Lokasi pengambilan sampel



## Lampiran 6. Sidik ragam

### A. Perkembangan Penyakit

#### 1. Masa Inkubasi

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F hitung	F Tabel 5%	Keterangan
Perlakuan	20	2.79841	0.13992	10.87	1.83	*
Sisa	42	0.54049	0.01287			
Total	62	3.33890				
KK	9.95					

\* Berbeda nyata

#### 2. Insidensi Penyakit

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Keterangan
*Perlakuan	20	0.60492	0.03025	1.17	1.83	tn
Sisa	42	1.05611	0.02576			
Total	62	1.66103				
KK	11.30					

tn: Berbeda tidak nyata

#### 3. Severitas Penyakit

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Keterangan
Perlakuan	20	3896.66	194.833	26.42	1.83	*
Sisa	42	309.73	7.375			
Total	62	4206.40				
KK	14.73					

\* Berbeda nyata

### B. Pertumbuhan Tanaman

#### 1. Hari Muncul Tunas (hst)

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Keterangan
Perlakuan	20	0.40121	0.02006	3.11	1.83	*
Sisa	42	0.27051	0.00644			
Total	62	0.67172				
KK	9.51					

\* Berbeda nyata

## 2. Tinggi Tanaman (cm)

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Keterangan
Perlakuan	20	529.258	26.4629	7.12	1.83	*
Sisa	42	156.174	3.7184			
Total	62	685.432				
KK	5.51					

\* Berbeda nyata

## 3. Jumlah Daun (helai)

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Keterangan
Perlakuan	20	1028.07	51.4037	2.90	1.83	*
Sisa	42	745.14	17.7415			
Total	62	1773.22				
KK	11.77					

\* Berbeda nyata

## 4. Bobot Segar Umbi (g)

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Keterangan
Perlakuan	20	0.28467	0.01423	2.10	1.83	*
Sisa	42	0.27851	0.00679			
Total	62	0.56139				
KK	5.54					








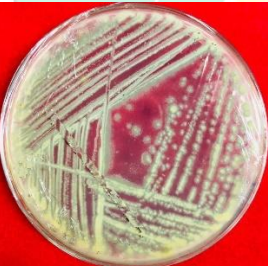

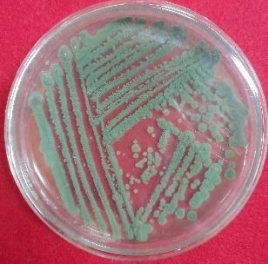
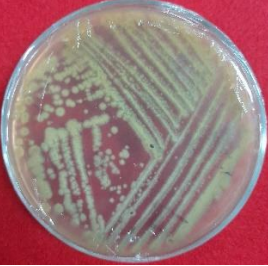

\*Berbeda nyata

## 5. Bobot Kering Umbi (g)






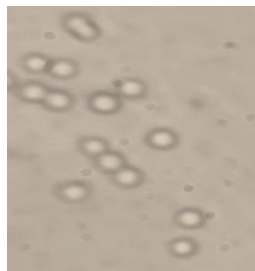









Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5%	Keterangan
Perlakuan	20	0.30954	0.01548	2.13	1.83	*
Sisa	42	0.30518	0.00727			
Total	62	0.61472				
KK	6.01					




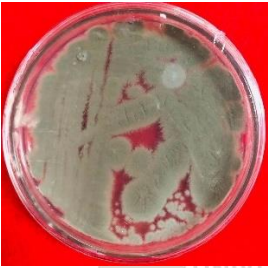

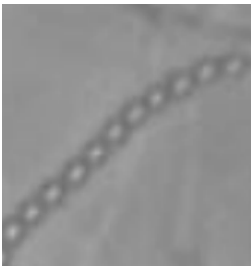






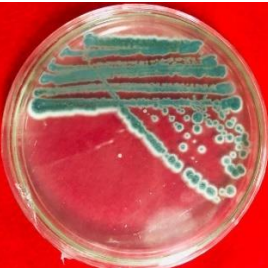


\* Berbeda nyata


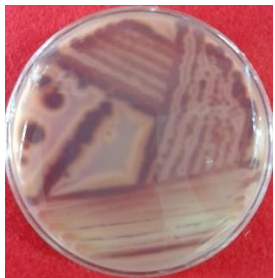
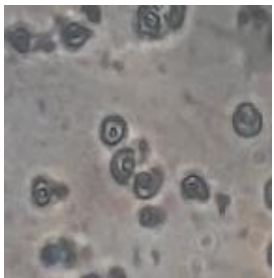





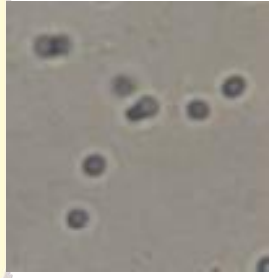
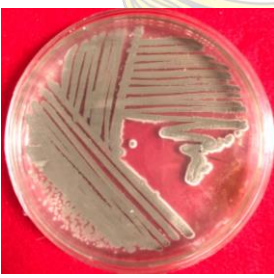
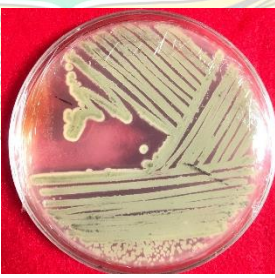




Lampiran 7. Karakterisasi aktinobakteria filosfer indigenos


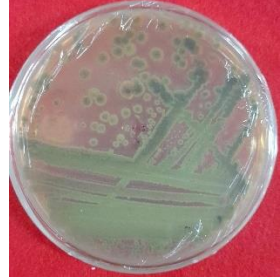



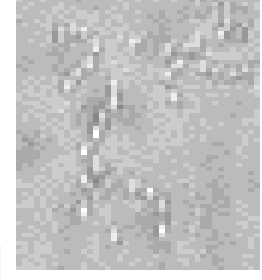

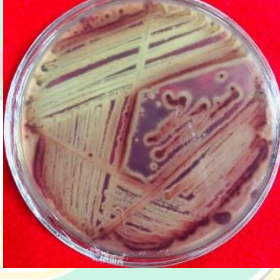
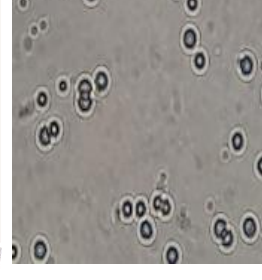


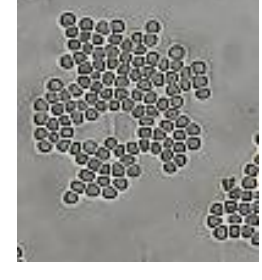

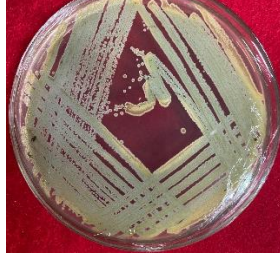
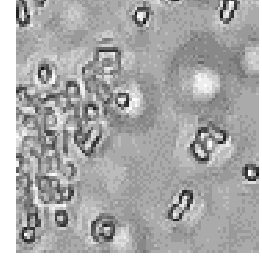
Kode Isolat	Morfologi Makroskopis		Morfologi Mikroskopis
	Tampak Atas	Tampak Bawah	
NLLP2H			
NLLP2A			
NLLP2G			
NLLP3J			

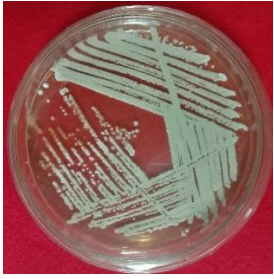




NLLA2E			
NLLA3F			
NLLP3F			
NBSA2E			
NBSP3B			

NBSP3F			
NBSA2B			
NBSA3B			
NBSP2C			
NBSP2I			

NBSA2I			
NBSP2H			
NBSP3C			
NBSP2F			
NBSP3A			

NKGP3B			
NKGP2F			
NKGP3G			
NKGP3I			
NKGP2J			

NKGP2C			
--------	---	--	---



