

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT ASAL
TANAMAN KALIANDRA (*Calliandra calothyrsus*)
SEBAGAI PENGHASIL IAA
(*Indole Acetic Acid*)**

SKRIPSI

OLEH :

NABILA ALIFYAH
228210016



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

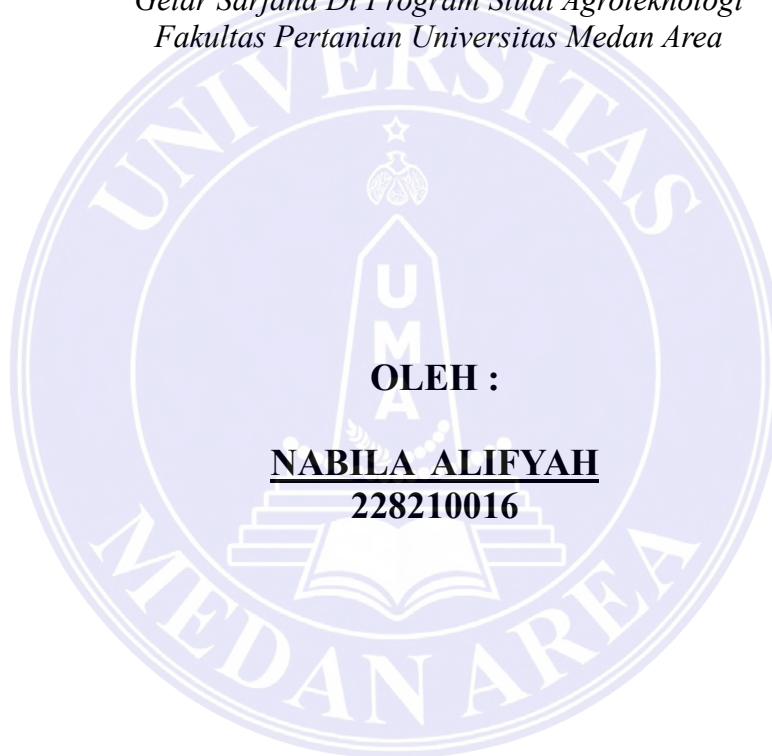
Document Accepted 7/8/26

Access From (repository.uma.ac.id)7/8/26

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT ASAL
TANAMAN KALIANDRA (*Calliandra calothyrsus*)
SEBAGAI PENGHASIL IAA
(*Indole Acetic Acid*)**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Di Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Medan Area*



OLEH :

NABILA ALIFYAH
228210016

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/8/26

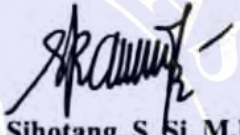
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/8/26

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT ASAL
TANAMAN KALIANDRA (*Calliandra calothyrsus*)
SEBAGAI PENGHASIL IAA (*Indole Acetic Acid*)
Nama : NABILA ALIFYAH
NPM : 228210016
Fakultas : PERTANIAN

Disetujui Oleh:
Dosen Pembimbing


Saipul Sihotang, S. Si, M.Biotek
Dosen Pembimbing

Diketahui Oleh :


Dr. Ir. Swahibudin Hasibuan, M.Si
Dekan Fakultas Pertanian


Dwika Karima Wardani, S.P.M.P
Ketua Program Studi Agroteknologi

Tanggal Lulus: 13 Maret 2026

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa Skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam penulisan skripsi ini.

Medan, 13 Maret 2026



Nabila Alifyah
228210016

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nabila Alifyah
NPM : 228210016
Program Studi : Agroteknologi
Fakultas : Pertanian
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non- Exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul “ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT ASAL TANAMAN KALIANDRA (*Calliandra calothyrsus*) SEBAGAI PENGHASIL IAA (*Indole Acetic Acid*)” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media atau format mengolah dalam bentuk pengkalan data (data base), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik HakCipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Medan
Pada Tanggal : 13 Maret 2026
Yang menyatakan,



Nabila Alifyah

ABSTRAK

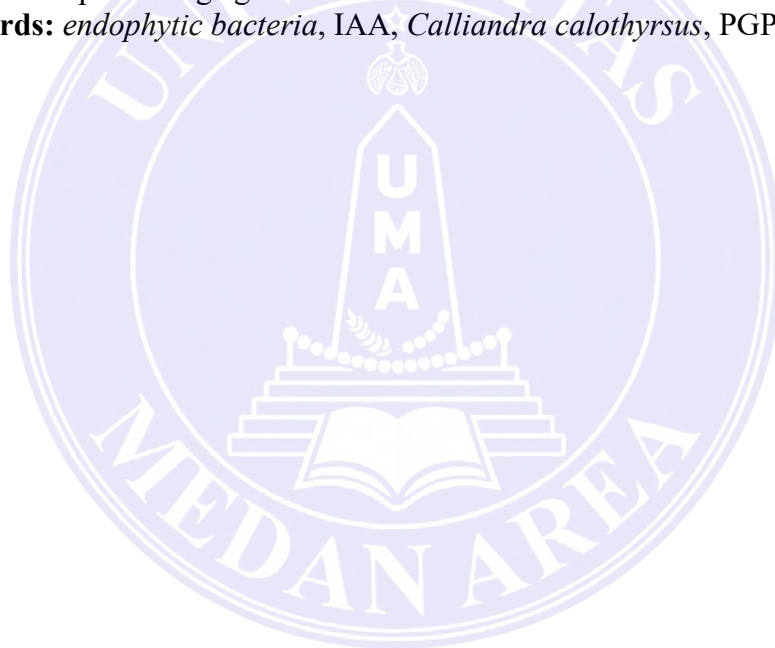
Tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) berpotensi sebagai sumber bakteri endofit yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon *Indole Acetic Acid* (IAA). Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri endofit dari tanaman kaliandra serta mengevaluasi potensinya sebagai penghasil IAA. Isolasi dilakukan dari jaringan akar dan batang menggunakan metode sterilisasi permukaan, diikuti pemurnian isolat, karakterisasi morfologi, uji hipersensitif pada daun *Mirabilis jalapa*, serta uji produksi IAA secara kualitatif menggunakan reagen Salkowski. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperoleh 20 isolat bakteri endofit, terdiri atas 14 isolat dari akar dan 6 isolat dari batang. Uji hipersensitif mengidentifikasi empat isolat non-patogen, yaitu BEBK 3, BEBK 4, BEBK 5, dan BEAK 4. Uji IAA menunjukkan bahwa dua isolat, BEBK 3 dan BEBK 5, berpotensi sebagai penghasil IAA. Hasil ini menunjukkan bahwa kaliandra merupakan sumber potensial bakteri endofit sebagai agen pemacu pertumbuhan tanaman.

Kata kunci: bakteri endofit, IAA, kaliandra, PGPR

ABSTRACT

The plant *Calliandra calothyrsus* has potential as a source of endophytic bacteria that can enhance plant growth through the production of *Indole Acetic Acid* (IAA). This study aimed to isolate and characterize endophytic bacteria from *C. calothyrsus* and evaluate their potential as IAA-producing agents. Isolation was carried out from root and stem tissues using a surface sterilization method, followed by purification of isolates, morphological characterization, hypersensitivity testing on *Mirabilis jalapa* leaves, and qualitative IAA production testing using Salkowski reagent. The results showed that a total of 20 endophytic bacterial isolates were obtained, consisting of 14 isolates from roots and 6 isolates from stems. Hypersensitivity tests identified four non-pathogenic isolates, namely BEBK 3, BEBK 4, BEBK 5, and BEAK 4. IAA testing revealed that two isolates, BEBK 3 and BEBK 5, demonstrated potential as IAA producers. These findings indicate that *C. calothyrsus* is a promising source of endophytic bacteria that can be utilized as plant growth-promoting agents.

Keywords: *endophytic bacteria*, IAA, *Calliandra calothyrsus*, PGPR



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 31 Mei 2004 di Suka Damai, Sei Bambi, Sumatera Utara. Anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan, Ayah Frediwan Syahputra dan Ibu Sri Andriani. Pendidikan penulis dimulai di SDN 104295 Suka Damai pada tahun 2010. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Sei Bambi pada tahun 2016 dan lulus pada tahun 2019. Dan melanjutkan pendidikan di SMAN 2 Kota Tebing Tinggi hingga lulus pada tahun 2022. Pada tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang tinggi di Universitas Medan Area, Fakultas Pertanian, Program Studi Agroteknologi. Selama mengikuti perkuliahan, penulis aktif menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Dasar Perlindungan Tanaman pada T.A ganjil 2024/2025, praktikum Mikrobiologi Pertanian pada T.A genap 2024/2025, dan praktikum Biologi Pertanian pada T.A Ganjil 2025/2026. Penulis juga merupakan penerima dana hibah yang diberikan oleh kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) pada bidang Riset Eksakta (RE) pada tahun 2024 dan sudah terpublikasi pada jurnal agrotekma dengan judul “ *Biofertilizer For Increasing Growth And Yield of Melon (Cucumis melo L.)*. dan Potensi Aplikasi Endofit dalam Agroekosistem Berkelanjutan: Biofertilizer dan Biokontrol Hayati”. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) T.A ganjil 2025/2026 di UPT. Benih Induk Hortikultura Gedung Johor.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas kasih dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga Penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT ASAL TANAMAN KALIANDRA (*Calliandra calothyrsus*) SEBAGAI PENGHASIL IAA (*Indole Acetic Acid*)”**

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Fakultas Pertanian Universitas Medan Area. Secara khusus penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Syahbudin Hasibuan, M.Si selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
2. Ibu Dwika Karima Wardani, S.P.,M.P selaku Ketua Program Studi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
3. Bapak Saipul Sihotang, S.Si., M. Biotek selaku pembimbing yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, memberikan arahan dan memberikan motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi.
4. Kedua orang tua tersayang, Ayah Frediwan Syahputra dan Ibu Sri Andriani. Terima kasih penulis ucapkan atas segala pengorbanan dan ketulusan yang diberikan. Meskipun ayah dan mama tidak sempat merasakan Pendidikan dibangku perkuliahan, namun selalu berusaha senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah dalam mendoakan, mengusahakan, memberikan dukungan baik secara moral maupun finansial, serta memprioritaskan Pendidikan dan kebahagiaan anak-anaknya. Perjalanan hidup kita sebagai

satu keluarga tidaklah mudah, tetapi segala hal yang telah dilalui memberikan penulis pelajaran yang sangat berharga tentang arti menjadi Perempuan yang kuat, bertanggung jawab, selalu berjuang dan mandiri. Semoga dengan adanya gelar ini dapat membuat ayah dan mama lebih bangga karena telah berhasil menjadikan anak Perempuan pertamanya ini menyandang gelar sarjana seperti yang ayah dan mama harapkan. Besar harapan penulis semoga ayah dan mama sehat selalu dan dapat mengiringi langkah sukses penulis di masa yang akan datang Saudara/i Penulis, yang telah memberikan dukungan selama proses penulisan Skripsi ini.

5. Kesayangan ku, Almh. Nenek. Seorang yang biasa disebut penopang kasih penulis. Alhamdulillah kini penulis sudah berada ditahap ini, terima kasih sudah membantu merawat dan membesarkan penulis. Terima kasih atas segala doa dan dukungan serta doa yang engkau panjatkan sampai penulis bisa sekuat ini untuk tetap bertahan. Terima kasih sudah mengantarkan dan menemani proses Pendidikan penulis walaupun pada akhirnya Allah SWT. Memanggil sebelum penulis menuntaskan Pendidikan ini.
6. Adik-adik penulis, Ahmad Hafizh Al-Fauzan, Raysah Ranaya, dan Pasha Yuratama yang telah banyak memberikan dukungan, yang selalu membantu segala keperluan dalam proses mendapatkan gelar pendidikan ini dan membuat penulis termotivasi untuk bisa terus belajar menjadi sosok kakak yang dapat memberikan pengaruh positif, baik dalam bidang akademik maupun non-akademik, serta berusaha menjadi panutan dimasa yang akan mendatang.

7. Seluruh Keluarga besar yang telah menjadi rumah berkumpul yang hangat, menyenangkan, serta selalu menerima segala kekurangan dan kelebihan yang salah satu dari kita punya. Suka maupun duka telah dilalui bersama dalam proses pendewasaan penulis, semoga kedepannya selalu bahagia.
8. Kepada seluruh rekan Agroteknologi Angkatan 2022, khususnya Nur betty, Emmanuel, Ryan (Diskusi kita-kita), yang selalu memberikan dukungan dan motivasi sejak awal perkuliahan hingga akhir.
9. Terakhir, kepada Nabila Alifyah diri saya sendiri. Terimakasih “Ilaa” sudah memilih untuk bertahan dan berjuang untuk tetap ada hingga saat ini, serta menjadi Perempuan yang kuat dan Ikhlas atas segala perjalanan hidup yang mengecewakan dan menyakitkan itu. Dengan adanya Skripsi ini, penulis berhasil membuktikan bahwa penulis bisa menyandang gelar S.P tepat waktu dan menjadi tekad maupun acuan untuk terus melakukan hal yang lebih membanggakan lainnya.

Penulis menyadari tulisan skripsi ini sepenuhnya masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Medan, 13 Maret 2026

Nabila Alifyah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kaliandra Merah (<i>Calliandra calothyrsus</i>)	6
2.2 Morfologi Tanaman Kaliandra	8
2.3 Bakteri Endofit	10
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian	19
3.4.1 Pengambilan Sampel	19
3.4.2 Isolasi dan Pemurnian Isolat Bakteri Endofit	20
3.4.3 Identifikasi dan Uji Bakteri Endofit	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Morfologi Koloni dan Populasi Isolat Bakteri Endofit	27
4.1.1 Hasil Morfologi Koloni Isolasi Bakteri Endofit Secara Makroskopis	27
4.1.2 Hasil Morfologi Koloni Isolasi Bakteri Endofit Secara Mikroskopis	29
4.2 Uji Fisiologis	31
4.2.1 Uji Hipersensitif (<i>Hypersensitive Reaction/HR</i>)	31
4.2.2 Hasil Uji Pewarnaan Gram	34
4.3 Uji Biokimia Bakteri Endofit Asal Tanaman Kaliandra	36
4.4 Uji Kualitatif Produksi IAA (Reagen Salkowski)	39

V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA.....	
LAMPIRAN	48



DAFTAR TABEL

No	Keterangan	Halaman
1.	Penelitian Terdahulu tentang Bakteri Endofit Penghasil IAA	11
2.	Kategori Produksi <i>Indole Acetic Acid</i> (IAA) oleh Bakteri Endofit.....	12
3.	Morfologi koloni dan populasi isolat bakteri endofit.....	27
4.	Karakterisasi Mikroskopis Koloni Bakteri Endofit Asal Kaliandra.....	29
5.	Tabel Hasil Uji Hipersensitif.....	32
6.	Hasil Uji Pewarnaan Gram Isolat bakteri Endofit.....	34
7.	Uji Biokimia Bakteri Endofit Asal Kaliandra	37
8.	Hasil Uji Kualitatif Produksi IAA (Reagen Salkowski)	39



DAFTAR GAMBAR

No	Keterangan	Halaman
1.	Tanaman Kaliandra (a. www.trptropicals.com ; b. dokumentasi pribadi tanaman kaliandra di Desa Naga Saribu, Kecamatan Pamatang Silima Huta, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara).....	8
2.	Karakterisasi Makroskopis Bakteri Endofit Asal Tanaman Kaliandra (a) menunjukkan koloni berwarna putih susu, berbentuk irregular, elevasi raised dan margin curled dan berukuran lobate. (b) koloni berwarna putih susu dengan bentuk circular, margin curled, elevasi raised, ukuran moderate.....	28
3.	Gambar Visual Karakterisasi Mikroskopis Bakteri Endofit Asal Tanaman Kaliandra menunjukkan bahwa isolat BEBK 3 memiliki bentuk sel Diplobasil dengan basil rantai pendek (gambar a), BEBK 4, BEBK 5, dan BEAK 4 menunjukkan bentuk sel Streptobasil dengan basil rantai panjang (gambar b).	30
4 .	Hasil uji hipersensitif (a) non patogen pada isolate BEBK 4 (b) patogen pada isolat BEAK 5	33

DAFTAR LAMPIRAN

No	Keterangan	Halaman
1.	Deskripsi Tanaman Kaliandra	48
2.	<i>Timeline</i> penelitian	49
3.	Pelaksanaan Penelitian	50
4.	Surat Pengantar Riset	55
5.	Surat Selesai Penelitian	56



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian berkelanjutan merupakan salah satu isu strategis dalam pembangunan pertanian di Indonesia, khususnya dalam menghadapi permasalahan penurunan kualitas tanah dan ketergantungan yang tinggi terhadap pupuk serta zat pengatur tumbuh sintetis. Penggunaan pupuk kimia secara intensif dan tidak terkontrol dalam jangka panjang diketahui dapat menurunkan kesuburan tanah, merusak struktur tanah, serta mengganggu keseimbangan mikroorganisme tanah yang berperan penting dalam siklus hara (Sihotang *et al.*, 2022). Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan alternatif teknologi pertanian yang ramah lingkungan namun tetap efektif dalam mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

Salah satu pendekatan yang berkembang dalam sistem pertanian berkelanjutan adalah pemanfaatan mikroorganisme, khususnya mikroorganisme yang berasosiasi langsung dengan tanaman. Mikroorganisme tersebut dapat berperan sebagai agen hayati yang mendukung pertumbuhan tanaman secara alami tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Putra *et al.*, 2023). Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terhadap mikroorganisme endofit semakin meningkat karena perannya yang signifikan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ketahanannya terhadap cekaman lingkungan.

Bakteri endofit merupakan mikroorganisme yang hidup dan berkolonisasi di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan gejala penyakit pada tanaman inangnya. Keberadaan bakteri endofit di dalam jaringan tanaman memungkinkan terjadinya interaksi yang lebih intensif dibandingkan mikroba yang hidup di sekitar

perakaran atau permukaan tanaman (Sihotang *et al.*, 2023). Interaksi tersebut memberikan keuntungan bagi tanaman karena bakteri endofit dapat secara langsung mempengaruhi proses fisiologis tanaman, seperti pertumbuhan akar, penyerapan unsur hara, dan ketahanan terhadap stres biotik maupun abiotik.

Berbagai penelitian di Indonesia melaporkan bahwa bakteri endofit memiliki peran sebagai *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB). Peran tersebut ditunjukkan melalui beberapa mekanisme, antara lain peningkatan ketersediaan unsur hara, produksi senyawa antimikroba, serta sintesis hormon pertumbuhan tanaman (Resti *et al.*, 2022).

Salah satu hormon pertumbuhan utama yang dihasilkan oleh bakteri endofit adalah *Indole-3-Acetic Acid* (IAA), yang termasuk ke dalam kelompok hormon auksin. Hormon IAA memiliki peranan penting dalam mengatur pemanjangan sel, pembelahan sel, serta pembentukan dan perkembangan sistem perakaran tanaman (Putra *et al.*, 2023). Produksi IAA oleh bakteri endofit diketahui dapat meningkatkan pertumbuhan akar lateral dan rambut akar, sehingga memperluas area serapan air dan unsur hara oleh tanaman (Resti *et al.*, 2022). Oleh karena itu, bakteri endofit penghasil IAA berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai alternatif pengganti zat pengatur tumbuh sintetis yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) merupakan salah satu tanaman leguminosa yang banyak ditemukan dan dimanfaatkan di Indonesia. Tanaman ini sering digunakan sebagai tanaman pakan ternak, pupuk hijau, tanaman pelindung, serta tanaman rehabilitasi lahan, terutama pada lahan marginal dan terdegradasi. Kaliandra dikenal memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai

kondisi lingkungan, termasuk tanah dengan tingkat kesuburan rendah (Danu *et al.*, 2020). Kemampuan adaptasi tersebut diduga tidak terlepas dari peran mikroorganisme yang berasosiasi dengan jaringan tanaman, termasuk bakteri endofit.

Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa tanaman leguminosa memiliki potensi besar sebagai inang bagi bakteri endofit yang berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Hal ini disebabkan oleh kemampuan tanaman leguminosa dalam membentuk hubungan simbiotik dengan mikroorganisme yang mendukung penyediaan unsur hara dan regulasi pertumbuhan tanaman (Sihotang *et al.*, 2022). Bakteri endofit yang berasosiasi dengan tanaman leguminosa dilaporkan mampu menghasilkan hormon pertumbuhan seperti IAA yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman inangnya (Putra *et al.*, 2023).

Meskipun bakteri endofit penghasil IAA telah banyak dilaporkan, penelitian mengenai isolasi dan identifikasi bakteri endofit pada tanaman kaliandra masih terbatas. Kajian tentang bakteri endofit penghasil IAA dari jaringan akar dan batang kaliandra, khususnya pada kondisi lingkungan Indonesia, masih jarang dilakukan (Sihotang *et al.*, 2023). Padahal, bakteri endofit lokal berpotensi untuk dikembangkan sebagai agen hayati yang sesuai dengan kondisi agroekosistem setempat. Oleh karena itu, penelitian mengenai isolasi dan identifikasi bakteri endofit asal tanaman kaliandra sebagai penghasil *Indole-3-Acetic Acid* (IAA) perlu dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik bakteri endofit penghasil IAA serta mendukung pengembangan agen hayati pemacu pertumbuhan tanaman yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan masalah

1. Berapa isolat bakteri endofit yang dapat diisolasi dan diidentifikasi pada tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*)?
2. Apakah isolat bakteri endofit yang diperoleh dari tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) mampu menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA)?
3. Bagaimana kandungan *Indole Acetic Acid* (IAA) yang dihasilkan oleh isolat bakteri endofit asal tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*)?

1.3 Tujuan Penelitian

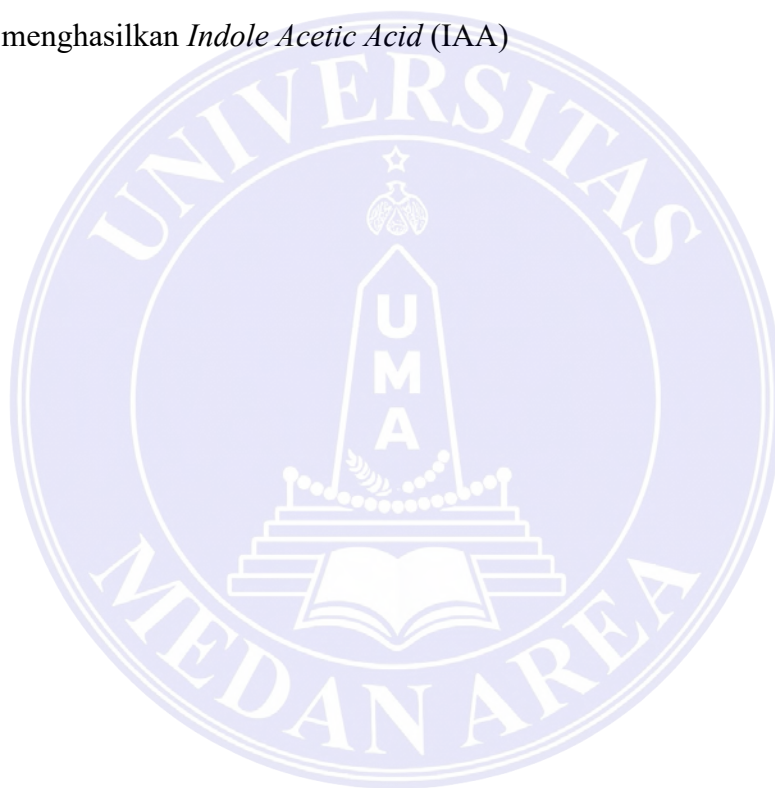
1. Mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri endofit yang berasal dari tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*).
2. Mengetahui kemampuan isolat bakteri endofit asal tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) dalam menghasilkan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA).
3. Mengetahui kandungan *Indole Acetic Acid* (IAA) yang dihasilkan oleh isolat bakteri endofit asal tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*).

1.4 Hipotesis Penelitian

1. Diduga terdapat endofit yang dapat diisolasi dan diidentifikasi dari tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) dengan karakteristik morfologi dan fisiologi yang berbeda-beda.
2. Diduga isolat bakteri endofit asal tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) mampu menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA).
3. Diduga terdapat perbedaan kadar produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) antar isolat bakteri endofit yang diperoleh.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah ilmu pengetahuan di bidang mikrobiologi dan bioteknologi pertanian, khususnya terkait eksplorasi bakteri endofit penghasil hormon pertumbuhan.
2. Memberikan informasi ilmiah mengenai keragaman dan potensi bakteri endofit yang terdapat pada tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*).
3. Menjadi referensi ilmiah mengenai kemampuan bakteri endofit dalam menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA)



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kaliandra Merah (*Calliandra calothyrsus*)

Kaliandra merah (*Calliandra calothyrsus*) merupakan tanaman *leguminosa multipurpose* yang memiliki peran penting dalam bidang pertanian dan lingkungan. Tanaman ini banyak digunakan sebagai pupuk hijau, pakan ternak, pelindung tanah, serta sumber energi biomassa. Selain itu, kaliandra dikenal memiliki sistem perakaran ekstensif yang berasosiasi dengan mikroba tanah, sehingga mampu meningkatkan kesuburan melalui fiksasi nitrogen dan perbaikan struktur tanah (Hendrati *et al.*, 2014). Potensi kaliandra sebagai tanaman pionir yang dapat tumbuh di lahan marginal semakin memperkuat urgensi eksplorasi mikroba yang bersimbiosis di dalam jaringan tanamannya.

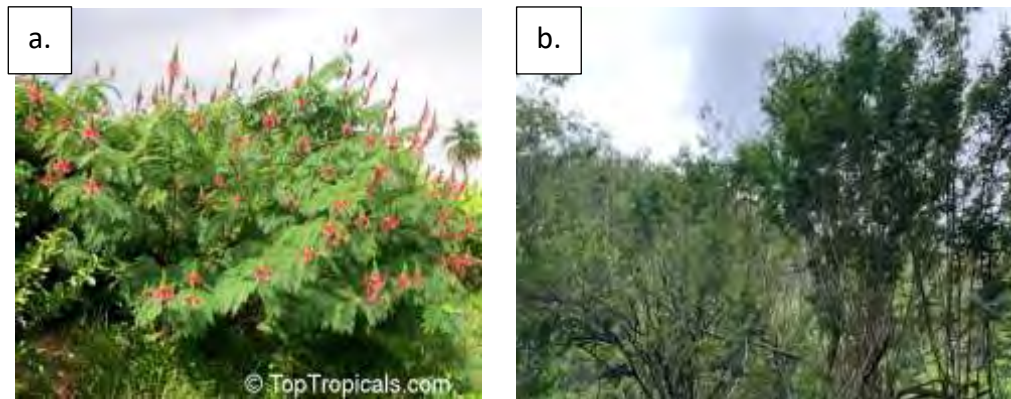
Kaliandra merupakan tumbuhan yang berbentuk perdu termasuk dalam famili *Leguminosae*, Divisi: *Magnoliophyta*, Class: *Magnoliopsida*, Ordo: *Fabales*, Famili: *Fabaceae/Leguminosae*, Genus: *Calliandra*, Spesies : *Calliandra calothyrsus* (Suryanto & Prasetyawati, 2014).

Kaliandra merupakan genus besar dengan sekitar 132 spesies, yang tersebar dari Amerika Utara sampai Amerika Selatan, dengan sembilan spesies berasal dari Madagaskar, dua dari Afrika, dan dua dari sub-Benua India. Pusat keragaman utama genus ini berada di Bahia, Brasil, sementara pusat keragaman kedua ada di Meksiko Selatan dan Guatemala. Banyak tipe tanaman ini berwujud semak atau pohon kecil, meskipun ada pula yang berbentuk tanaman herba atau pohon besar (Stewart *et al.*, 2001). Kaliandra mulai dibawa ke pulau Jawa pada tahun 1936, asalnya dari wilayah selatan Guatemala, khususnya spesies *C. calothyrsus* yang bunganya merah serta *C. tetragona* yang bunganya putih (Abqoriyah *et al.*, 2015). Dari saat

masuk ke Indonesia, kaliandra kemudian ditanam secara luas. Tumbuhan ini dapat ditemukan di seluruh Indonesia, dari Pulau Sumatera sampai Pulau Papua (Chamberlain, 2001; dalam Danu *et al.*, 2020).

Jenis Kaliandra ini memang yang paling unggul dibanding jenis lainnya. Penghasilan biomassa kaliandra cukup besar, terutama di wilayah dengan elevasi di atas 800 m, sehingga memungkinkan pemanfaatan lahan yang lebih baik di daerah tinggi yang tidak rata, termasuk lereng bukit. Kaliandra juga berkembang baik di dataran rendah dengan ketinggian 150 m di atas permukaan laut (dpl) (Hendrati *et al.*, 2014). Tanaman ini memiliki wujud semak, berkayu, dan memiliki tajuk yang rapat, mampu mencapai ketinggian kira-kira 45 meter, dengan akar yang mampu menjangkau kedalaman 1,5 m sampai 2 m, dan dapat tumbuh sampai 1800 m dpl dalam curah hujan antara 800 mm hingga 4000 mm, dengan periode kering antara 2 sampai 6 bulan (Stewart *et al.*, 2001).

Di Indonesia kaliandra tumbuh dengan baik dan menampilkan capaian yang baik maka pada tahun 70-an cukup banyak ditanam dan mencapai 30.000 ha. Spesies Kaliandra yang sering dibudidayakan di Indonesia adalah jenis kaliandra berbunga merah, yang mampu tumbuh hingga 4-6 meter. Di Indonesia ada lima jenis kaliandra yang diperkenalkan dari wilayah tropis Amerika ke Herbarium Bogoriense sebagai tanaman koleksi Kebun Raya Bogor yaitu *C. calothyrsus*, *C. guildingii*, *C. haematocephala*, *C. portoricensis*, dan *C. surinamensis*. Kaliandra juga disebut tanaman pionir sebab kemampuannya untuk bertahan pada beragam jenis tanah dan dikenal sebagai tanaman perintis karena mempunyai viabilitas hidup yang tinggi (Hendrati *et al.*, 2014).



Gambar 1: Tanaman Kaliandra (a. www.trptropicals.com ; b. dokumentasi pribadi tanaman kaliandra di Desa Naga Saribu, Kecamatan Pamatang Silima Huta, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara)

2.2 Morfologi Tanaman Kaliandra

a. Batang

Pohon kaliandra merah adalah pohon kecil yang bercabang dan dapat mencapai tinggi paling tinggi 12 m serta diameter batang paling besar 20 cm. Kulit batangnya mempunyai warna merah atau abu-abu dan dilapisi oleh lentisel kecil yang pucat serta berbentuk oval. Pucuk batang cenderung memiliki gerigi, dan ujung batangnya dapat berwarna merah pada pohon dengan batang coklat kemerahan (Stewart *et al.*, 2001).

b. Daun

Kaliandra merah memiliki daun-daun kecil yang teksturnya lebih lembut dan berwarna hijau tua. Panjang daun bisa sampai 20 cm, lebarnya bisa mencapai 15 cm, dan pada waktu malam daun-daun itu melipat mendekati batang. Daun kaliandra merah berwarna hijau gelap, kanopinya menyebar ke samping, dan sangat rapat. Jenis daun kaliandra merah adalah daun majemuk yang tersusun berpasangan (Herdiawan *et al.*, 2005).

c. Bunga

Bunga tumbuh di lokasi yang sama, dan kuncupnya berkumpul dekat ujung tangkai. Bunga mekar hanya satu malam saja dengan benang sari biasanya berwarna putih di bagian bawah dan merah cerah di puncaknya. Secara alami *C. calothyrsus* berbunga sepanjang tahun, dengan masa puncak antara bulan Maret hingga Juli (Kartasubrata, 1996; di dalam Saroh, 2018). Setiap kuncup umumnya mekar mendekati pukul 16.00, dan bertahan mekar hanya semalam, kemudian akan layu keesokan harinya. Setiap kelompok bunga bisa mekar selama 90-120 hari. *C. calothyrsus* memiliki sifat *andromonecious*, yaitu memunculkan bunga jantan, bunga betina, atau berkelamin dua. Bunga jantan tidak memiliki bagian yang dimiliki bunga betina (bakal buah, tangkai putik, dan kepala putik) dan tidak pernah menghasilkan buah. Setelah bunga dibuahi, buah matang dan biji akan berkembang selama sekitar 90 hari. Tumbuhan ini selalu menghasilkan lebih banyak bunga dibandingkan buahnya dengan perbandingan antara buah dan bunga biasanya adalah 1:20 (Hendrati *et al.*, 2014).

d. Biji

Polong kaliandra merah akan terbentuk selama dua hingga empat bulan dan panjangnya dapat mencapai 14 cm dengan lebar 2 cm ketika sudah matang. Polong berbentuk lurus berwarna agak kecoklatan, biasanya berisi antara 8-12 bakal biji yang berkembang menjadi biji berbentuk oval dan pipih. Permukaan biji yang sudah matang berbintik hitam dan coklat, serta terdapat tanda khas berbentuk tapal kuda (ladam) pada kedua permukaannya yang rata. Biji yang masak panjangnya dapat mencapai 8 mm, bertekstur keras (Macqueen, 1996; dalam Siahaan, 2020).

e. Akar

Sistem akar kaliandra terdiri dari beberapa akar pokok berserta banyak akar cabang yang menjangkau sangat dalam ke bumi. Saat bakteri rhizobia dan jamur mikoriza ada di tanah, sambungan terbentuk antara jamur dengan bentukan akar. Mengenai kelompok spesies tertentu, perkembangan akar terlihat seperti akar penyokong lantaran tanaman menghasilkan rumpun yang sebenarnya hanya satu tanaman saja (Stewart *et al.*, 2001).

2.3 Bakteri Endofit

Bakteri endofit merupakan mikroorganisme yang berhidup di dalam bagian tanaman inang, tanpa menyebabkan kerugian atau tanda-tanda penyakit (Adityawarman *et al.*, 2019, Sihotang, S *et al* 2022). Umumnya, endofit berasal dari kelompok jamur atau bakteri. Dari sekitar 300.000 jenis tumbuhan yang tersebar di seluruh dunia, setiap tanaman menaungi satu atau beberapa mikroba endofit kecil yang meliputi bakteri dan fungi (Arwinda, 2019).

Berdasarkan penelitian terdahulu terdapat penelitian mengenai bakteri endofit penghasil IAA semakin berkembang seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap pertanian berkelanjutan. Beberapa penelitian terdahulu yang relevan di antaranya:

Tabel 1. Penelitian Terdahulu tentang Bakteri Endofit Penghasil IAA

No	Peneliti & tahun	Tanaman inang	Jenis bakteri endofit	Hasil utama	Relevansi dengan penelitian
1.	Patil <i>et al.</i> , (2016)	Padi (<i>Oryza sativa</i>)	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Menghasilkan IAA dalam jumlah signifikan, meningkatkan pertumbuhan akar dan hasil panen.	Membuktikan peran endofit dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui IAA.
2.	Rahman <i>et al.</i> , (2020)	Leguminosae (<i>Arachis</i> sp.)	<i>Rhizobium</i> , <i>Enterobacter</i>	Isolat endofit mampu menghasilkan IAA dan memperbaiki pertumbuhan tanaman.	Leguminosa seperti kaliandra sangat potensial sebagai sumber bakteri endofit penghasil IAA.
3.	Resti <i>et al.</i> , (2022)	Jagung (<i>Zea mays</i>)	Beberapa isolat endofit local	Isolat endofit menghasilkan IAA sekaligus berfungsi sebagai biokontrol patogen.	Menunjukkan manfaat ganda endofit: pemacu pertumbuhan & biokontrol.
4.	Sihotang <i>et al.</i> , (2022)	Tanaman perkebunan	<i>Bacillus</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp.	Endofit mampu menghasilkan IAA, sitokinin, dan metabolit antipatogen.	Mendukung penggunaan endofit untuk agroekosistem berkelanjutan.
5.	Sihotang <i>et al.</i> , (2023)	Tanaman hortikultura	Endofit beragam genus	IAA dan metabolit lain meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit.	Relevan dengan pengembangan <i>biofertilizer</i> berbasis endofit.
6.	Putra <i>et al.</i> , (2023)	Tanaman obat lokal Indonesia	<i>Bacillus</i> sp., <i>Streptomyces</i> sp.	Isolat endofit menghasilkan IAA dan metabolit antimikroba.	Relevan dengan kaliandra yang juga tanaman obat potensial

Tabel 2. Kategori Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) oleh Bakteri Endofit

Konsentrasi IAA ($\mu\text{g/mL}$)	Kategori Produksi IAA	Keterangan
< 5,0	Sangat Rendah	Hampir tidak signifikan, potensi lemah sebagai penghasil IAA
5,0 – 10,0	Rendah	Produksi terbatas, masih kurang optimal untuk aplikasi <i>biofertilizer</i>
10,1 – 20,0	Sedang	Produksi cukup, dapat memacu pertumbuhan tanaman namun terbatas
20,1 – 30,0	Tinggi	Produksi baik, berpotensi sebagai kandidat <i>biofertilizer</i>
> 30,0	Sangat Tinggi	Produksi optimal, sangat potensial dikembangkan sebagai <i>biofertilizer</i> komersial

Penelitian mengenai mikroba endofit telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Emitaro *et al.* (2024) melaporkan bahwa bakteri endofit berhasil diisolasi dari berbagai organ tanaman leguminosa agroforestri, termasuk *C. calothyrsus*. Isolat endofit ditemukan berasal dari daun, batang, dan akar dengan dominasi tertinggi pada organ daun (Hutapea, S., Sihotang, S *et al* 2026). Karakterisasi menunjukkan bahwa genus bakteri yang ditemukan antara lain *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Alcaligenes*, *Pantoea*, *Xanthomonas*, *Sphingomonas*, *Acinetobacter*, dan *Pseudomonas*. Temuan ini mengindikasikan bahwa *C. calothyrsus* berpotensi menjadi habitat berbagai kelompok endofit yang memiliki peran penting sebagai promotor pertumbuhan tanaman maupun agen pengendali hayati.

Selanjutnya, penelitian lain juga menyoroti potensi bioaktivitas endofit yang berasal dari *C. calothyrsus*. Sebuah studi yang menguji aktivitas antagonis endofit terhadap patogen *Cercospora zeae-maydis* melaporkan bahwa dari 75 isolat yang diperoleh, sebanyak 35 isolat (11 jamur dan 24 bakteri) mampu menghambat pertumbuhan patogen secara *in vitro*. Beberapa isolat bakteri bahkan menunjukkan

tingkat penghambatan hingga lebih dari 70%. Hasil tersebut memperkuat dugaan bahwa endofit yang bersimbiosis dengan *C. calothyrsus* tidak hanya berperan dalam meningkatkan adaptasi fisiologis tanaman, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber agen biokontrol dalam sistem pertanian.

Selain itu, penelitian terdahulu juga mengkaji interaksi mikroba endofit dari *C. calothyrsus* dalam konteks pakan ternak. Wiryawan (2000) meneliti keberadaan bakteri toleran tanin yang diisolasi dari Kaliandra dan menguji pengaruh inokulasinya terhadap mikroba rumen kambing yang diberi pakan daun Kaliandra. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat bakteri tertentu mampu tumbuh pada medium berkadar tanin tinggi serta berkontribusi dalam menurunkan konsentrasi tanin pada pakan. Inokulasi bakteri tersebut mampu meningkatkan populasi mikroba rumen serta memperbaiki pemanfaatan pakan Kaliandra oleh ternak. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan endofit tidak hanya bermanfaat bagi ekosistem tanaman, tetapi juga memiliki implikasi langsung terhadap peningkatan kualitas pakan ternak berbasis *leguminosa*.

Berdasarkan kajian pustaka tersebut dapat disimpulkan bahwa *C. calothyrsus* telah diteliti dari berbagai perspektif terkait keberadaan mikroba endofitnya. Secara umum, hasil penelitian terdahulu mengindikasikan bahwa endofit dari Kaliandra memiliki potensi besar baik dalam bidang pertanian, yakni sebagai promotor pertumbuhan dan agen pengendali patogen, maupun dalam bidang peternakan sebagai pendukung degradasi pakan tinggi tanin. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih terbatas pada uji isolasi dan karakterisasi awal serta uji antagonisme secara *in vitro*. Oleh sebab itu, penelitian lanjutan diperlukan terutama dalam konteks karakterisasi molekuler lebih mendalam,

eksplorasi metabolit bioaktif, serta penerapan pada skala lapang sehingga pemanfaatannya dapat lebih aplikatif dalam sistem pertanian berkelanjutan.

Bakteri endofit ini tidak menyebabkan penyakit pada inangnya serta punya potensi menciptakan metabolit sekunder (Aulia, 2019). Diketuinya bakteri endofit dapat membuat zat metabolit sekunder serupa dengan tanaman tempatnya tinggal merupakan prospek bagus dan terpercaya untuk menghasilkan metabolit sekunder lewat bakteri endofit yang dipisahkan dari tanaman itu sendiri (Aryani *et al.*, 2020).

Beberapa golongan bakteri endofit mempunyai potensi membuat zat aktif berkhasiat antibiotik, antimalaria, dan juga antifungi (Rahmadani, 2018), sebab bakteri endofit mempunyai potensi memproduksi zat aktif yang kegunaannya bisa ditingkatkan terutama melalui penyarian tumbuhan, khususnya tanaman herbal (Susanti, 2021, Meyuliana, A., 2024).

Kemampuan zat yang diproduksi bakteri endofit spesifik dapat digali dalam dunia kesehatan sebagai sediaan farmasi, bidang pertanian, sekaligus pemulihan lahan tercemar dan manufaktur (Arifuddin dan Banna, 2021). Keunggulan bakteri endofit untuk tumbuhan mencakup peningkatan penyediaan nutrisi, pencegahan pertumbuhan organisme penyakit, pembentukan zat pengatur tumbuh tumbuhan, fiksasi nitrogen, dan lain-lain (Yuniawati dan Akhdiya, 2021).

Kehadiran bakteri endofit di dalam bagian tumbuhan tidak sekadar menunjang peningkatan pertumbuhan tanaman, melainkan juga sebab mereka mampu menciptakan zat pemicu perkembangan, mengikat nitrogen, melarutkan fosfat, dan turut serta menjaga tanaman tetap baik. Bakteri endofit diperkirakan dapat memperkuat metode tumbuhan mempertahankan diri dari persoalan patogen

tumbuhan karena kapasitas mereka memproduksi zat anti-mikroba, enzim, asam salisilat, etilena, serta unsur lain yang bertugas merangsang kekebalan tumbuhan (Jamaludin *et al.*, 2019, Noer, Z., *et al* 2023).

Hubungan simbiotik yang mungkin muncul antara bakteri endofit dan tumbuhan inang adalah hubungan saling menguntungkan. Tipe simbiosis ini dapat memberikan berbagai nutrisi yang penting bagi tanaman dan dapat mendorong pertumbuhan tanaman lewat pengaturan hormon pertumbuhan dan juga menghalangi pertumbuhan patogen tumbuhan dengan cara kompetensi nutrisi, mekanisme perlindungan tumbuhan, serta dengan memproduksi senyawa enzim dan antibiotik (Nugraheni *et al.*, 2021).

Manfaat dari bakteri endofit sebagai agen biofactory untuk senyawa aktif mempunyai masa hidup singkat, yang menguntungkan karena dapat mempersingkat masa produksi dan volume senyawa yang dihasilkan dapat diproduksi dalam jumlah besar tanpa membutuhkan area yang luas. Keuntungan lain yang dapat diperoleh dari pengembangan bakteri endofit yang memproduksi bakteri adalah kemampuannya untuk menjaga kelestarian tanaman obat (Farikhah, 2021).

Indole Acetic Acid (IAA) merupakan salah satu fitohormon utama yang termasuk ke dalam golongan auksin, berperan penting dalam mengatur pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada bakteri endofit, produksi IAA umumnya melalui jalur metabolisme triptofan sebagai prekursor utama. Triptofan yang dihasilkan dari metabolisme asam amino tanaman digunakan oleh bakteri endofit untuk memicu sintesis IAA melalui beberapa jalur biokimia, antara lain jalur *indole-3-pyruvate* (IPA), jalur *indole-3-acetamide* (IAM), dan jalur triptamin.

Jalur *indole-3-pyruvate* dianggap sebagai jalur paling umum pada bakteri endofit, di mana triptofan dikonversi menjadi *indole-3-pyruvate* oleh enzim aminotransferase, kemudian diubah menjadi *indole-3-acetaldehyde* melalui aktivitas enzim *indole-3-pyruvate decarboxylase*, dan akhirnya teroksidasi menjadi IAA (Spaepen & Vanderleyden, 2011).

IAA yang diproduksi bakteri endofit dapat berdifusi keluar dari sel bakteri dan masuk ke jaringan tanaman inang. Fitohormon ini kemudian memengaruhi berbagai mekanisme fisiologis tanaman, seperti pemanjangan sel, diferensiasi jaringan, stimulasi pembentukan akar lateral dan rambut akar, serta peningkatan penyerapan air dan nutrisi. Selain itu, keberadaan IAA juga mampu memodulasi sinyal hormon tanaman, sehingga tanaman menjadi lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan yang kurang optimal. Oleh karena itu, kemampuan bakteri endofit menghasilkan IAA tidak hanya meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, tetapi juga berperan dalam meningkatkan ketahanan terhadap stres abiotik dan biotik (Duca, *et al.*, 2014).

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Zahara *et al.* (2018), terungkap bahwa tanaman kacang tanah dapat menghambat pertumbuhan *Aspergillus flavus*. Dalam penelitian tersebut ditemukan tiga jenis bakteri endofit dengan kemampuan penghambatan terbaik, yaitu BE2B2-1 (71.64%), BE2B2-2 (69.05%), dan BE2B2-5 (65.25%). Identifikasi bakteri endofit yang dilakukan melalui analisis urutan DNA menunjukkan bahwa BE2B2-1, BE2B2-2, dan BE2B2-5 masing-masing adalah *Enterobacter sp.*, *Bacillus sp.*, dan *Acinetobacter sp.* Spesies *Enterobacter sp.* menunjukkan aktivitas antimikroba paling tinggi terhadap *A. flavus* dalam uji *in vitro*, dengan tingkat penghambatan mencapai 61.70% dan daya hambat infeksi

sebesar 77.22% melalui metode *growing on test*, serta meningkatkan pertumbuhan benih kacang tanah hingga 4.25%. Temuan dari studi ini menegaskan potensi metabolit yang dihasilkan oleh mikroba endofit sebagai bagian dari strategi pengendalian *A.flavus*.



III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2025 sampai Januari 2026 di laboratorium Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Medan Area dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Medan (UNIMED).

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah Autoklaf, *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC), Oven, timbangan analitik, tabung reaksi, Erlenmeyer, cawan petri, jarum ose, gunting/pisau, Mikroskop, *Spektrofotometer* UV-Vis, Centrifuge, Rotary evaporator, pH meter, dan alat pendukung lainnya.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman kaliandra (akar dan batang sehat). *Nutrien Agar* (NA), *Simon Citrate Agar* (SCA), *Sulfide Indole Motility* (SIM), Triptofan (prekursor IAA). Pereaksi Salkowski (FeCl_3 + asam sulfat pekat), larutan fisiologis NaCl 0,85%, Alkohol 70%, NaOCl 2%, Standar IAA murni (*Sigma-Aldrich*). reagen Gram stain, akuades steril, H_2O_2 , minyak imersi dan bahan pendukung lainnya.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium (Sugiyono, 2019) untuk mengisolasi, mengidentifikasi, serta mendeskripsikan karakter bakteri endofit penghasil IAA dari tanaman kaliandra dan menganalisis produk IAA yang dihasilkan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel

Sampel diambil dari Desa Naga Saribu secara geografis terletak di Kecamatan Pamatang Silima Huta, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara, dengan posisi koordinat sekitar 2°58'14.4" LU dan 98°46'33.6" BT atau (2.9707° LU, 98.7760° BT). Wilayah ini berada pada ketinggian ±1.200 meter di atas permukaan laut, dengan karakteristik topografi berbukit yang khas bagi daerah pegunungan di bagian tengah Kabupaten Simalungun.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini berupa akar dan batang primer tanaman kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) yang diperoleh dari tanaman sehat dan tidak menunjukkan gejala serangan penyakit. Tanaman yang dipilih memiliki pertumbuhan normal, daun berwarna hijau segar, tidak mengalami klorosis, nekrosis, maupun kerusakan mekanis. Pemilihan tanaman sehat bertujuan untuk memastikan bahwa bakteri yang diisolasi merupakan bakteri endofit alami dan bukan mikroorganisme patogen oportunistik (Hardoim *et al.*, 2022).

Tanaman kaliandra yang digunakan berumur ±4–6 bulan setelah tanam. Pemilihan umur tersebut didasarkan pada penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa tanaman pada fase vegetatif aktif memiliki aktivitas metabolik tinggi dan kolonisasi bakteri endofit yang lebih stabil dibandingkan tanaman yang terlalu muda atau terlalu tua (Verma *et al.*, 2023).

Bagian akar yang diambil merupakan akar lateral muda dengan panjang potongan ±3–5 cm dan diameter ±0,3–1 cm. Akar yang dipilih adalah akar yang masih aktif secara fisiologis dan belum mengalami lignifikasi berat. Akar muda diketahui memiliki tingkat kolonisasi bakteri endofit yang lebih tinggi karena

jaringan masih lunak dan memiliki aktivitas transport nutrien yang intensif (Kandel *et al.*, 2021).

Bagian batang yang digunakan merupakan batang primer yang sehat dengan panjang potongan ± 1 cm. Batang yang dipilih tidak menunjukkan adanya luka, infeksi, atau gejala penyakit. Pemilihan batang primer dilakukan karena jaringan ini masih memiliki aktivitas pertumbuhan dan jaringan parenkim yang relatif aktif sehingga memungkinkan keberadaan bakteri endofit dalam jumlah optimal (Hardoim *et al.*, 2022).

3.4.2 Isolasi dan Pemurnian Isolat Bakteri Endofit

Sebelum dilakukan isolasi, sampel menjalani proses sterilisasi permukaan menggunakan alkohol 70% selama 1 menit, dilanjutkan dengan larutan natrium hipoklorit (NaOCl) 2% selama 1 menit, kemudian dibilas menggunakan akuades steril sebanyak tiga kali. Prosedur ini mengacu pada metode standar isolasi bakteri endofit yang bertujuan untuk menghilangkan mikroorganisme epifit tanpa merusak jaringan internal tanaman (Kandel *et al.*, 2021; Verma *et al.*, 2023).

Setelah sterilisasi permukaan, jaringan akar dan batang dipotong secara aseptik, kemudian dihancurkan atau ditanam langsung pada media *Nutrient Agar* (NA) untuk proses isolasi bakteri endofit. Seluruh tahapan dilakukan di dalam *Laminar Air Flow Cabinet* guna menjaga kondisi aseptik dan meminimalkan kontaminasi.

3.4.3 Identifikasi dan Uji Bakteri Endofit

A. Identifikasi Morfologi

Identifikasi morfologi bakteri endofit dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis untuk memperoleh karakter fenotipik yang relevan sebagai dasar

penentuan kelompok bakteri. Pengamatan dilakukan terhadap isolat yang telah dimurnikan sehingga karakter yang diamati benar-benar berasal dari satu jenis bakteri.

1. Pengamatan Makroskopis

Pengamatan makroskopis dilakukan terhadap koloni bakteri endofit yang tumbuh pada media *Nutrient Agar* (NA) setelah inkubasi selama 24–48 jam pada suhu 28–30°C. Pengamatan dilakukan tanpa membuka tutup cawan petri guna mencegah kontaminasi dari lingkungan luar. Setiap koloni yang menunjukkan perbedaan karakter morfologi diberi kode isolat yang berbeda dan dicatat secara sistematis.

Parameter yang diamati meliputi bentuk koloni (*circular, irregular, filamentous, rhizoid*), tepi koloni (*entire, undulate, lobate, serrate*), elevasi koloni (*flat, raised, convex, umbonate*), warna koloni (putih, krem, kekuningan, transparan), permukaan koloni (halus, kasar, berlendir/mucoid), serta diameter koloni yang diukur dalam satuan milimeter menggunakan mistar steril.

Untuk memastikan keakuratan data, pengamatan dilakukan secara berulang dan hanya koloni yang telah dipastikan murni melalui proses pemurnian ulang yang digunakan sebagai sampel identifikasi lebih lanjut. Data hasil pengamatan dicatat dalam tabel karakterisasi morfologi untuk memudahkan analisis dan perbandingan antar isolat.

2. Pengamatan Mikroskopis

Pengamatan mikroskopis dilakukan untuk mengetahui bentuk dan susunan sel bakteri endofit secara lebih detail. Preparat dibuat dengan metode apus (*smear method*). Kaca objek terlebih dahulu dibersihkan menggunakan alkohol 70% dan

dikeringkan. Satu ose kultur bakteri murni berumur 18–24 jam diambil secara aseptik dan diratakan tipis pada permukaan kaca objek. Apabila koloni bertekstur.

Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran bertahap, dimulai dari 400× untuk memperoleh fokus awal, kemudian dilanjutkan pada perbesaran 1000× dengan bantuan minyak imersi untuk meningkatkan resolusi visualisasi sel. Parameter yang diamati meliputi bentuk sel (*coccus*, *basillus*, atau *spirilla*), susunan sel (tunggal, *diplococcus*, *streptococcus*, atau *stafilococcus*), ukuran relatif sel, serta kemungkinan keberadaan struktur khusus seperti spora.

Untuk memperoleh hasil yang representatif, pengamatan dilakukan pada beberapa lapang pandang berbeda dan dicatat segera setelah observasi selesai guna menghindari kesalahan interpretasi. Hasil pengamatan mikroskopis ini selanjutnya dikonfirmasi melalui uji pewarnaan Gram untuk memperjelas karakteristik dinding sel bakteri.

B. Fisiologi

Pengamatan fisiologi bakteri endofit penghasil IAA asal tanaman kaliandra dilakukan melalui uji hipersensitif dan pewarnaan Gram untuk mengetahui potensi patogenesis isolat terhadap jaringan tanaman.

1. Pengujian *Hypersensitive Reaction* (HR)

Pengujian *Hypersensitive Reaction* (HR) dilakukan untuk mengetahui potensi patogenesis isolat bakteri endofit terhadap jaringan tanaman. Reaksi hipersensitif merupakan respon pertahanan tanaman yang ditandai dengan kematian sel secara cepat pada jaringan yang terinfeksi sehingga dapat membatasi penyebaran mikroorganisme patogen (Jones dan Dangl, 2021). Uji ini umum digunakan dalam

penelitian bakteri endofit untuk membedakan bakteri yang bersifat patogen dan nonpatogen terhadap tanaman (Rahmawati *et al.*, 2022).

Pada penelitian ini, uji HR menggunakan daun bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*) sebagai tanaman indikator. Tanaman ini sering digunakan dalam pengujian patogenisitas bakteri karena jaringan daunnya sensitif terhadap bakteri patogen dan mampu menunjukkan gejala nekrosis dalam waktu relatif singkat setelah inokulasi (Pratiwi *et al.*, 2020; Sari dan Lestari, 2023).

Isolat bakteri endofit yang telah dimurnikan terlebih dahulu ditumbuhkan pada media *Nutrient Agar* (NA) selama 24–48 jam pada suhu ruang. Koloni bakteri kemudian diambil menggunakan jarum ose steril dan disuspensikan ke dalam akuades steril hingga diperoleh suspensi bakteri dengan kerapatan sekitar 10^8 CFU mL⁻¹. Suspensi bakteri tersebut selanjutnya diinfiltrasikan pada bagian bawah daun bunga pukul empat menggunakan jarum suntik tanpa jarum hingga jaringan daun tampak jenuh oleh suspensi bakteri.

Daun yang telah diinokulasi kemudian diinkubasi pada suhu ruang dan diamati selama 24–48 jam. Pengamatan dilakukan terhadap munculnya gejala nekrosis atau bercak coklat pada area infiltrasi. Apabila muncul gejala nekrosis pada area infiltrasi, maka isolat bakteri diduga bersifat patogen karena mampu memicu reaksi hipersensitif pada tanaman indikator. Sebaliknya, apabila tidak muncul gejala nekrosis maka isolat bakteri tersebut dianggap tidak menunjukkan sifat patogen terhadap tanaman (Putra *et al.*, 2021; Sari dan Lestari, 2023).

2. Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram dilakukan untuk mengetahui karakteristik dinding sel bakteri sehingga dapat mengelompokkan bakteri ke dalam kelompok Gram positif

atau Gram negatif. Metode ini didasarkan pada perbedaan struktur dinding sel bakteri yang mempengaruhi kemampuan sel dalam mempertahankan pewarna utama selama proses dekolorisasi (Madigan *et al.*, 2021). Pewarnaan Gram merupakan salah satu metode dasar dalam identifikasi bakteri yang banyak digunakan dalam penelitian mikrobiologi, termasuk penelitian bakteri endofit (Wulandari *et al.*, 2022).

Prosedur pewarnaan Gram diawali dengan menyiapkan preparat ulas bakteri pada kaca objek yang telah disterilkan. Sebanyak satu ose kultur bakteri dari media *Nutrient Agar* (NA) diambil secara aseptik kemudian dicampurkan dengan satu tetes akuades steril pada kaca objek dan diratakan hingga membentuk lapisan tipis. Preparat kemudian dikeringkan di udara dan difiksasi dengan melewatkannya di atas nyala api beberapa kali.

Preparat yang telah difiksasi selanjutnya ditetesi larutan kristal violet selama ± 1 menit sebagai pewarna utama, kemudian dibilas dengan akuades. Setelah itu ditambahkan larutan lugol (iodine) selama ± 1 menit sebagai mordant untuk memperkuat ikatan pewarna pada dinding sel bakteri. Tahap berikutnya dilakukan proses dekolorisasi menggunakan alkohol 95% selama ± 15 – 20 detik dan segera dibilas dengan akuades. Selanjutnya preparat diberi larutan safranin selama ± 30 – 60 detik sebagai pewarna tandingan, kemudian dibilas kembali dan dikeringkan menggunakan kertas serap. Preparat yang telah kering diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran $1000\times$ menggunakan minyak imersi. Bakteri yang berwarna ungu dikategorikan sebagai Gram positif, sedangkan bakteri yang berwarna merah muda atau merah dikategorikan sebagai Gram negatif (Madigan *et al.*, 2021; Wulandari *et al.*, 2022).

C. Biokimia

Pengamatan secara biokimia meliputi :

1. Uji Sitrata

Ambil media *Simon Citrata Agar* (SCA). Lalu goreskan inokulum bakteri pada media dengan menggunakan jarum ose Bangkok. Inkubasikan selama 24-48 jam dengan suhu ruang 37°C. Amati perubahan warna pada media. Uji positif terjadi jika terdapat perubahan warna pada media yang semula berwarna hijau menjadi biru.

2. Uji Motilitas

Siapkan media SIM dalam tabung reaksi. Inokulasikan bakteri dengan menggunakan ose lurus pada media dengan cara menusukkannya secara lurus hingga setengah media pada tabung reaksi. Inokulasikan selama 24-48 jam dengan suhu ruangan 37°C. Amati tipe bentuk pergerakan bakteri.

3. Uji Hidrolisis Gelatin

Cairkan media gelatin semi padat dalam tabung reaksi. Tusuk secara lurus dengan menggunakan jarum ose lurus yang berisi inokulum bakteri (biakan cair) pada bagian tengah media. Inkubasikan selama 24-48 jam dengan suhu ruang 37°C. Masukkan ke dalam pendingin selama 10 menit. Uji positif jika media tetap cair setelah dimasukkan ke dalam pendingin.

4. Hidrolisis Pati

Cairkan media pati steril, kemudian tuangkan ke dalam petri steril dan dibiarkan hingga memadat. Lalu bagi menjadi dua kuadran. Diambil biakan bakteri dengan menggunakan jarum ose bengkok, lalu goreskan biakan pada masing-masing kuadran. Inkubasikan selama 24-48 jam dengan suhu ruang 37°C di inkubator

bakteri. Teteskan iodine permukaan koloni bakteri. Uji positif apabila terdapat zona bening pada koloni setelah ditetesi iodine.

5. Uji Katalase

Siapkan gelas objek yang bersih. Inokulasikan satu lup ose biakan bakteri pada permukaan gelas objek. Tambahkan 2-3 tetes H_2O_2 3% pada permukaan slide. Uji positif apabila terlihat pembentukan gelembung yang terbentuk dari penguraian H_2O_2 .



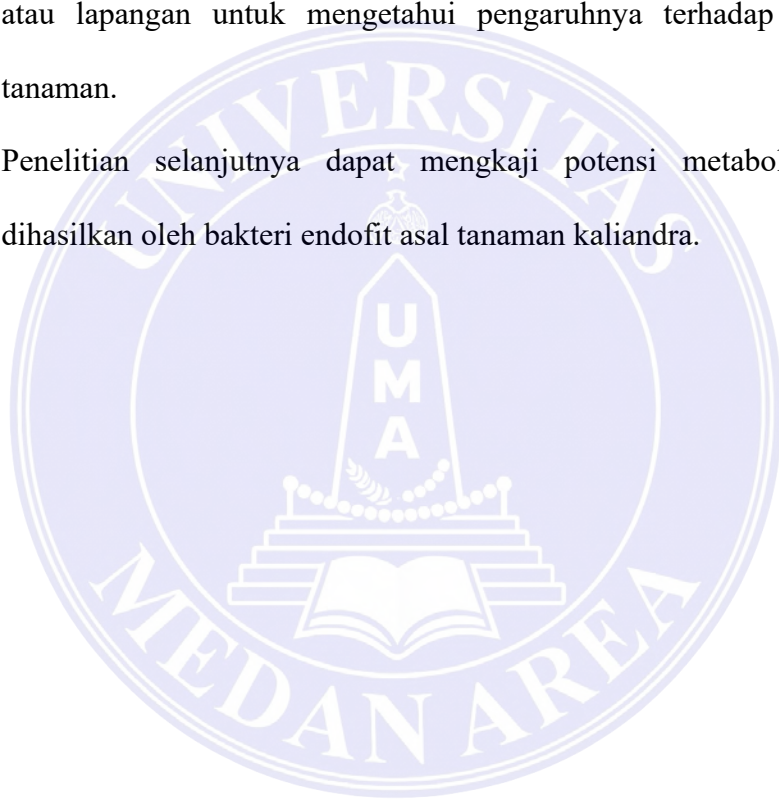
V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Bakteri endofit berhasil diisolasi dari tanaman kaliandra. Hasil isolasi menunjukkan bahwa terdapat 20 isolat bakteri endofit yang diperoleh dari jaringan tanaman kaliandra, terdiri atas 14 isolat dari akar dan 6 isolat dari batang. Isolat-isolat tersebut menunjukkan variasi karakter morfologi koloni secara makroskopis maupun mikroskopis, yang mengindikasikan adanya keragaman bakteri endofit yang hidup di dalam jaringan tanaman kaliandra.
2. Sebagian isolat bakteri endofit memiliki kemampuan menghasilkan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA). Berdasarkan hasil uji hipersensitif, diperoleh empat isolat bakteri yang bersifat non-patogen, yaitu BEBK 3, BEBK 4, BEBK 5, dan BEAK 4. Selanjutnya, hasil uji kualitatif menggunakan reagen Salkowski menunjukkan bahwa dua isolat bakteri endofit, yaitu BEBK 3 dan BEBK 5, berpotensi menghasilkan hormon IAA yang berperan sebagai hormon pemacu pertumbuhan tanaman.
3. Isolat bakteri endofit yang berpotensi menghasilkan IAA memiliki karakteristik fisiologis dan biokimia tertentu. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit yang berpotensi menghasilkan IAA memiliki bentuk sel basil, bersifat Gram positif, bersifat motil, serta menunjukkan aktivitas katalase positif, yang mengindikasikan bahwa isolat tersebut memiliki kemampuan adaptasi yang baik sebagai bakteri endofit dalam jaringan tanaman.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengukur kadar IAA secara kuantitatif pada isolat potensial, khususnya BEBK 5 dan BEBK 3.
2. Perlu dilakukan identifikasi molekuler untuk mengetahui spesies bakteri endofit secara lebih akurat.
3. Isolat bakteri endofit yang bersifat non-patogen dan berpotensi menghasilkan IAA dapat diuji lebih lanjut pada tanaman uji di rumah kaca atau lapangan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman.
4. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji potensi metabolit lain yang dihasilkan oleh bakteri endofit asal tanaman kaliandra.



DAFTAR PUSTAKA

- Abyar, H., Sutari, W. N., & Nugroho, A. (2019). Identification of indole-3-acetic acid (IAA) produced by endophytic bacteria using high performance liquid chromatography (HPLC). *Journal of Physics: Conference Series*, 1363(1), 012042. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1363/1/012042>
- Bacon, C. W., & White, J. F. (2016). Functions, mechanisms and regulation of endophytic and epiphytic microbial communities of plants. *Symbiosis*, 68(1–3), 87–98. <https://doi.org/10.1007/s13199-015-0350-2>
- Danu, Aminah, A., Yuniarti, N., Syamsuwida, D., Cahyono, D. D. N., Siregar, N., Nugraheni, Y. M. M. A., & Hendarto, K. A. (2020). Keragaman genetik bibit kaliandra (*Calliandra calothyrsus* Meissn.) asal Jawa Barat. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 8(2), 121–132.
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012, 1–15. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>
- Glick, B. R. (2014). *Beneficial plant–bacterial interactions* (2nd ed.). Springer.
- Hardoim, P. R., et al. (2015). The hidden world within plants: Ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 79(3), 293–320. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00050-14>
- Hardoim, P. R., van Overbeek, L. S., & van Elsas, J. D. (2008). Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends in Microbiology*, 16(10), 463–471. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2008.07.008>
- Hendrati, R. L., Suwandi, & Margiyanti. (2014). *Budidaya kaliandra (Calliandra calothyrsus) untuk bahan baku sumber energi*. IPB Press.
- Hutapea, S., Sihotang, S., & Qohar, A. F. Hayati, R., (2026). Enhancing sweet corn growth and yield through the integrated application of bioenensis biofertilizer and rice husk biochar. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 25(4), 940–955.

- Kumar, A., Singh, S., & Gaurav, A. K. (2020). Endophytic bacteria: Prospects and applications in plant growth promotion and sustainable agriculture. *Journal of Applied Microbiology*, 129(6), 1559–1571. <https://doi.org/10.1111/jam.14661>
- Lindow, S. E., & Brandl, M. T. (2003). Microbiology of the phyllosphere. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(4), 1875–1883. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.4.1875-1883.2003>
- Meyuliana, A., Yora, M., Elinda, F., Miranda, CND., Sihotang, S. 2024. The Combination of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Paitan Root with Several Types of Bokashi and Its Effect on Tatsoi Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian, 9 (1)
- Nasution, L., Sembiring, D., S., P., S. Sihotang, Sihotang. dan Simbolon, D., H. Effectiveness of Bacillus nigr Liquid Organic Fertilizer on Early Growth Parameters of Coconut Plants. *Journal of Information Technology, computer science and Electrical Engineering* 2(2): 36-41
- National Academy of Sciences. (1983). Firewood crops: Shrub and tree species for energy production. National Academies Press.
- Noer, Z., Manik, P., J, Sihotang, S. 2023. Rat Taro Extract (Typhonium flagelliforme (Lodd.)) as A Biofungicide Against the Cause of Leaf Fall (Pestalotiopsis sp.) on Rubber Plants (Hevea brasiliensis). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 9(6): 4699-4704
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Simons, A. (2009). Agroforestry database: A tree reference and selection guide (Version 4.0). World Agroforestry Centre.
- Patil, N. B., Wagh, S. S., & Sayyed, R. Z. (2016). Production of *Indole Acetic Acid* by *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* from paddy and their effect on plant growth. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(5), 89–95.
- Patten, C. L., & Glick, B. R. (2002). Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8), 3795–3801.

- Putra, R. E., Hidayat, T., & Rahayu, S. (2023). Endophytic bacteria from Indonesian medicinal plants: Production of indole-3-acetic acid and antimicrobial activities. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 11(3), 102–110. <https://doi.org/10.7324/JABB.2023.110314>
- Putra, I. P., Sibero, M. T., Sihotang, S., Supratman, L., Hermawan, R., and Nurhayat, O. D. 2023. An Introduction to Indonesian Wild Shiitake. HAYATI Journal of Biosciences. 30(6):1133-1138
- Putri, K. P., Danu, & Bustomi, S. (2014). Pengaruh zat pengatur tumbuh IBA terhadap keberhasilan stek pucuk kaliandra (*Calliandra calothyrsus* Meissn.). *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*.
- Rahman, A., Islam, S., & Rahman, M. M. (2020). Endophytic bacteria from legumes: Production of indole-3-acetic acid and its effect on plant growth. *Legume Research*, 43(5), 664–670. <https://doi.org/10.18805/LR-437>
- Resti, Y., Putri, D. M., & Suryani, R. (2022). Isolation and characterization of endophytic bacteria from maize as plant growth promoters and biocontrol agents. *Biodiversitas*, 23(5), 2513–2521. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230524>
- Santoyo, G., Moreno-Hagelsieb, G., Orozco-Mosqueda, M. del C., & Glick, B. R. (2016). Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiological Research*, 183, 92–99.
- Siahaan, C. P. (2020). Pengaruh skarifikasi pada respon perkecambahan benih kaliandra merah (*Calliandra calothyrsus* Meissn.). Universitas Sumatera Utara.
- Sihotang, S., Butar-Butar, A. D. P., Nasution, L., Rahma, H., Trizelia, T., Saragih, M., Kuswardani, R. A., Listiana, I., Sofranes, B., & Napitupulu, N. (2025). Isolation, morphological characterization, biochemistry, and antagonistic activity of endophytic bacteria from rice against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 14(2), 825–829.
- Sihotang, S., Hermawan, R., Putra, IP. 2025. Characteristics of Wild Edible Mushroom Knowledge of Mushroom Foragers in Indonesia. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)* 30 (2): 368-380

- Sihotang, S., Lubis, R. A., & Panjaitan, D. (2023). The role of endophytic microbes in supporting sustainable agroecosystems: Biofertilizer and biocontrol perspectives. *Biosaintifika*, 15(1), 35–45.
- Sihotang, S., Manurung, M., Halawa, E., Alfazri, I., Tarigan, N., Purba, F., Siregar, Y., Aldy, M. 2023. Isolasi Bakteri Endofit Pada Daun Terong Ungu (*Solanum melongena* L.). *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*. 7(2): 25-30
- Sihotang, S., Siregar, H. A., & Lubis, R. A. (2022). Endophytic bacteria as potential biofertilizer and biocontrol agents in plantation crops. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 976, 012028.
- Sihotang, S; Prasetyo, D; Noer, Z; Setiyabudi, L; Sari, D, N.; Munaeni, W; Putri, D., F., A.; Fatma, Y., S.; Mujtahidah, T.; Sulthoniyah, S. T. M.; Rohmah, M. K. 2022. *Pengantar Bioteknologi*. Tohar Media
- Sinaga, A., H, Utami, I., W, Muharomah, R., Tamam, M., B. Putra, A., H. Malau, J., Sihotang, S., Saroh, D., Kamaliah, T., L. dan Hernahadini, N. 2024. *Biologi Molekuler*. PT. Penerbit Qriset Indonesia
- Sitepu, D., P. dan Sihotang, S. 2025. Pengaruh Mikoriza dan POC Urin Sapi terhadap Pertumbuhan Cabai Merah di Zona Iklim Kering E. *Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)* 7(2) : 240-248
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Remans, R. (2007). Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism–plant signaling. *FEMS Microbiology Reviews*, 31(4), 425–448.
- Steel, K. J. (1961). The oxidase reaction as a taxonomic tool. *Journal of General Microbiology*, 25, 297–306.
- Suryanto, D., Munir, E., & Yurnaliza. (2017). Isolasi dan karakterisasi bakteri endofit dari tanaman pertanian. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2), 101–110.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.

Tshikhudo, P. P., Akinola, S. A., & Maphosa, F. (2023). Endophytic bacteria associated with tropical plants: Their role in IAA production and abiotic stress tolerance. *Microorganisms*, 11(2), 354. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020354>

USDA. (2019). Plant guide: *Calliandra calothyrsus*. United States Department of Agriculture.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi Tanaman Kaliandra

Nama ilmiah	: <i>Calliandra calothyrsus</i>
Famili	: Fabaceae/Leguminosae
Divisi	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Ordo	: Fabales
Genus	: <i>Calliandra</i> ,
Spesies	: <i>Calliandra calothyrsus</i>
Bentuk tanaman	: perdu hingga pohon kecil
Sistem perakaran	: Akar tunggang dengan banyak cabang
Batang	; Berkayu dan bercabang
Daun	: Majemuk menyirip ganda
Bunga	: Bongkol, benang sari merah
Buah	: Polong pipih
Habitat	: Daerah tropis
Ketinggian	: 0–1.800 mdpl
Jenis tanah	: Tanah marginal hingga subur
Manfaat utama	: Peneduh, pakan ternak, konservasi
Relevansi penelitian	: Sumber bakteri endofit penghasil IAA

Lampiran 2. Timeline penelitian

Nama Kegiatan	Bulan																			
	Okt 2025				Nov 2025				Des 2025				Jan 2026				Feb 2026			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Persiapan alat dan bahan	■																			
Pengambilan sampel tanaman kaliandra	■																			
Sterilisasi dan isolasi bakteri endofit		■	■																	
Pemurnian isolat bakteri				■	■	■														
Karakterisasi morfologi dan mikroskopis					■	■	■	■	■											
Uji fisiologi dan biokimia						■	■	■	■	■										
Uji kualitatif produksi IAA (Salkowski)											■	■	■	■						
Analisis dan interpretasi data														■	■	■	■			
Penyusunan skripsi																■	■	■	■	

Lampiran 3. Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan sampel tanaman kaliandra



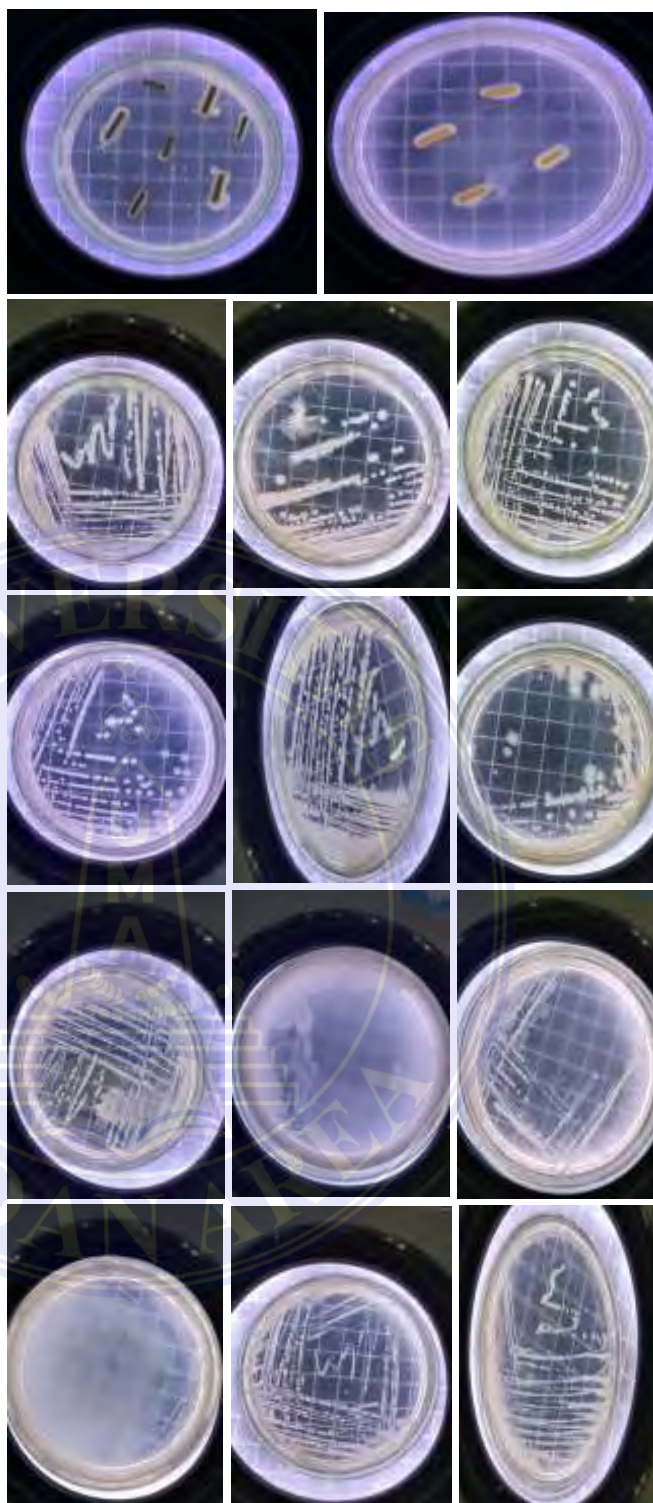
Pembuatan Media dan Persiapan Sampel



Uji Hipersensitif

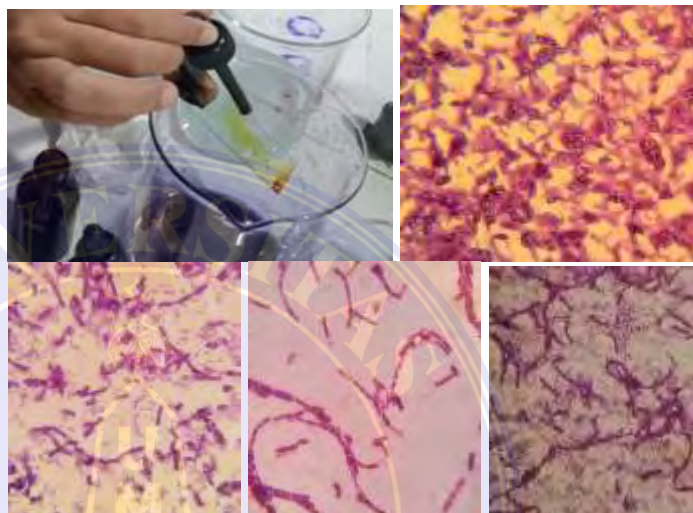


Pemurnian Bakteri Endofit





Pewarnaan Gram



Uji Katalase



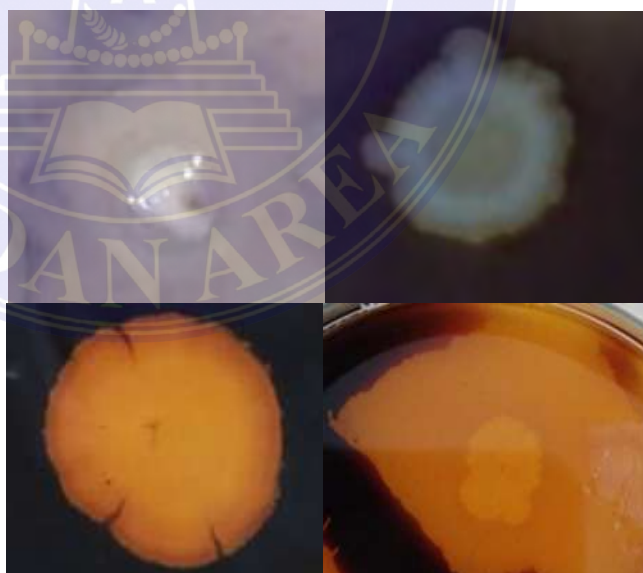
Uji Sitrat



UJI SIM



Uji Hidrolisis pati



Uji Hidrolisis Gelatin



Lampiran 4. Surat Pengantar Riset



UNIVERSITAS MEDAN AREA

FAKULTAS PERTANIAN

Kampus I : Jalan Kotam Nomor 1 Medan Estate ☎ (061) 7360168, Medan 20223.
Kampus II : Jalan Seiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A ☎ (061) 42402994, Medan 20122.
Website: www.uma.ac.id E-Mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 207 /FP.0/01.10/XII/2025

Medan, 4 Desember 2025

Lamp. : -

Hal : Pengambilan Data/Riset

Kepada yth.

Kepala Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Negeri Medan (UNIMED)

Jl. Willem Iskandar, Pasar V Medan Estate, Kecamatan Medan Tuntungan, Kota Medan

di

Tempat

Dengan hormat,

Dalam rangka penyelesaian studi dan penyusunan skripsi di Fakultas Pertanian Universitas Medan Area, maka bersama ini kami mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk dapat memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami atas nama:

Nama : Nabila Alifyah

NIM : 228210016

Program Studi : Agroteknologi

Untuk melaksanakan Pengambilan Data di Kepala Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Negeri Medan (UNIMED) untuk kepentingan skripsi berjudul **"Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Penghasil IAA (Indole Acetic Acid) Asal Kaliandra (Calliandra calothyrsus) serta Analisis Kualitatif Menggunakan HPLC"**.

Pengambilan Data ini dilaksanakan semata-mata untuk kepentingan dan kebutuhan akademik.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan bantuan Bapak/Ibu diucapkan terima kasih.



Dekan,

Dr. Siswa Pangang Hermosa, SP, M.Si

Tembusan:

1. Ka. Prodi Agroteknologi
2. Mahasiswa ybs
3. Arsip



Lampiran 5. Surat Selesai Penelitian

 **LABORATORIUM BIOLOGI**
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate Kota Pks 1589 Medan 20221

SURAT KETERANGAN
No. 729 /UN33.4.8.3/LB 2026

Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, menerangkan bahwa :

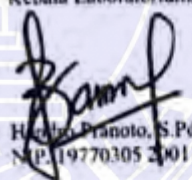
Nama : Nabila Alifah
NIM : 228210016
Program Studi : Agroteknologi
Judul Penelitian : Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Penghasil IAA (Indole Acetic Acid) Asal Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) Serta Analisis Kualitatif Menggunakan HPLC

Benar telah selesai melakukan penelitian sesuai dengan judul penelitian mahasiswa tersebut dari tanggal 18 Desember 2025 s/d 27 Januari 2026

Demikian Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui
Wakil Dekan Bidang Akademik,

Dr. Lukman Budinaga, M.Si
NIP. 19740802 200912 1 002

Medan, 27 Januari 2026
Ketala Laboratorium,

H. Pranto, S.Pd., M.Si
NIP. 19770305 200112 1 002

Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.
Dr. Lukman Budinaga, Wakil Dekan Bidang Akademik, Universitas Negeri Medan, Medan, 27 Januari 2026.
H. Pranto, Ketala Laboratorium, Universitas Negeri Medan, Medan, 27 Januari 2026.