

Eksplorasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Pada Tanaman Gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) di Kabupaten Lima Puluh Kota

Diana Putri^{1*}, Ankardiansyah Pandu Pradana², Arifda Ayu Swastini Waruwu¹

^{1,3} Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Jl. Lintas Sumatera km. 4 Dharmasraya, Sumatera Barat

² Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember, Jawa Timur

Email : dianna.12658@gmail.com

Submit : 23-03-2026

Revisi : 08-05-2026

Diterima : 08-06-2026

ABSTRACT

Endophytic bacteria can be found in all plant tissues but do not cause any disturbance or damage to the plant. This study aims to explore and characterize the morphology of endophytic bacteria isolated from the roots of gambier plants. Gambier root samples were taken from West Sumatra, Lima Puluh Kota Regency from 5 different locations. Isolation was carried out to obtain single isolates of endophytic bacteria. Characterization included observation of colony morphology, gram test with 3% KOH and pathogenicity test on tobacco plants. The results of the isolation obtained 23 single isolates of endophytic bacteria, where from morphological observations were dominated by irregular colony shapes, smooth, non-glossy surfaces, flat elevations and milky white colony colors. Of the 23 isolates tested for gram with 3% KOH, 11 isolates were classified as gram-negative and 12 other isolates were gram-positive. Pathogenicity test on tobacco leaves showed that 7 isolates showed hypersensitive reactions characterized by symptoms of necrosis, while the other 16 isolates did not show symptoms of necrosis on tobacco leaves.

Keywords: Endophytic bacteria, Exploration, Gambier, Isolation.

ABSTRAK

Bakteri endofit dapat ditemukan dari semua jaringan tanaman tetapi tidak menyebabkan gangguan atau kerusakan pada tanaman tersebut. Tujuan penelitian untuk mengeksplorasi dan mengkarakterisasi morfologi bakteri endofit dari akar tanaman gambir. Sampel akar gambir diambil dari Sumatera Barat, Kabupaten Lima Puluh Kota dari 5 titik Lokasi yang berbeda. Isolasi dilakukan untuk memperoleh isolate tunggal bakteri endofit. Karakterisasi meliputi pengamatan morfologi koloni, uji gram dengan KOH 3% serta uji patogenesitas pada daun tembakau. Hasil isolasi diperoleh 23 isolat tunggal bakteri endofit, dimana dari pengamatan morfologi didominasi oleh bentuk koloni yang tidak beraturan, permukaan yang halus tidak mengkilap, elevasi datar dan warna koloni putih susu. Dari 23 isolat yang diuji gram dengan KOH 3%, sebanyak 11 isolat tergolong gram negatif dan 12 isolat lainnya kelompok gram positif. Uji patogenesitas pada daun tembakau diperoleh hasil sebanyak 7 isolat menunjukkan reaksi hipersensitif yang ditandai dengan gejala nekrosis, sedangkan 16 isolat lainnya tidak menunjukkan gejala nekrosis pada daun tembakau.

Kata kunci: Bakteri endofit, Eksplorasi, Gambir, Isolasi.

1 Pendahuluan

Gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) sebagai salah satu komoditas tanaman perkebunan penting di Indonesia yang dikenal mempunyai aktivitas antimikroba dan antioksidan yang kuat karena memiliki senyawa folifenol seperti katekin dan tanin. Senyawa tersebut mampu menangkap radikal bebas serta menghambat pertumbuhan mikroba patogen, sehingga

banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi, kosmetik dan pangan (Faadilah, 2025; Anggraini & Syukri, 2023). Sumatera Barat merupakan daerah utama penghasil gambir nasional karena lebih dari 80–90% produksi gambir Indonesia berasal dari provinsi ini. Sentra produksi gambir terbesar di Sumatera Barat terdapat di Kabupaten Lima Puluh Kota. Pada tahun 2022, produksi gambir di Kabupaten Lima Puluh Kota mencapai 7.846 ton dengan luas lahan 17.536 ha (BPS Provinsi Sumatera Barat, 2023).

Optimalisasi pemanfaatan tanaman gambir tidak hanya bergantung pada faktor genetik dan lingkungan, tetapi juga pada interaksi mikroorganisme yang berada di dalam jaringan tanaman tersebut. Bakteri endofit diketahui mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, menghasilkan metabolit sekunder, serta meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres. Penelitian tentang bakteri endofit yang hidup dalam jaringan tanaman, terutama akar, memiliki keragaman yang tinggi dan berpengaruh terhadap fungsi fisiologis tanaman inangnya (Fan et al., 2023).

Bakteri endofit yang dieksplorasi dari berbagai jenis tanaman telah menjadi fokus penelitian karena potensinya sebagai sumber agen hayati dan penghasil senyawa bioaktif baru. Akar tanaman merupakan salah satu jaringan yang menjadi inang bakteri endofit karena menyediakan lingkungan yang kaya nutrisi dan dapat berinteraksi langsung dengan rizosfer, sehingga sering ditemukan jumlah isolat yang lebih tinggi dibandingkan jaringan lainnya (Li et al., 2023). Isolasi dan identifikasi awal bakteri endofit melalui karakterisasi morfologi koloni menjadi tahap penting dalam memahami keragaman mikroba sebelum dilakukan analisis molekuler dan uji potensi lebih lanjut.

Karakterisasi bakteri endofit seperti pengamatan morfologi koloni, uji Gram dengan KOH 3%, serta uji hipersensitif pada daun tembakau merupakan pendekatan dasar yang umum digunakan untuk mengetahui sifat fisiologis dan potensi patogenisitas isolat bakteri. Uji hipersensitif berperan dalam membedakan bakteri patogen tanaman dengan bakteri non patogen. Bakteri patogen akan memicu reaksi nekrosis cepat pada jaringan tanaman indikator (Novitasari et al., 2024). Pendekatan ini penting dalam proses seleksi isolat yang berpotensi dikembangkan sebagai agen hayati atau sumber metabolit sekunder yang aman.

Meskipun penelitian mengenai endofit telah banyak dilakukan pada berbagai jenis dan bagian tanaman, informasi mengenai keragaman dan karakteristik bakteri endofit pada tanaman gambir masih terbatas, khususnya yang berasal dari jaringan akar. Keterbatasan data ini menjadi salah satu kendala dalam pemanfaatan mikroba endofit sebagai sumber agen hayati berbasis sumber daya lokal. Eksplorasi dan karakterisasi bakteri endofit dari akar gambir menjadi langkah penting untuk menemukan potensi mikroba yang berasosiasi dengan tanaman ini serta memberikan dasar ilmiah bagi penelitian lanjutan terkait identifikasi molekuler dan pemanfaatannya. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh

isolat bakteri endofit dari akar gambir serta mengarakterisasi sifat fenotipiknya melalui pengamatan morfologi koloni, uji Gram dengan metode KOH 3%, dan uji hipersensitif pada daun tembakau sebagai tahap awal penentuan potensi dan keamanan isolat.

2 Metode Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan November 2025 hingga Februari 2026. Sampel diambil dari sentra Perkebunan gambir masyarakat Sumatera Barat, tepatnya di Kabupaten Lima Puluh Kota. Isolasi dan karakterisasi dilakukan di Laboratorium Fitopatologi, Prodi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah sampel akar tanaman gambir, tanaman tembakau, akuades steril, larutan hipoklorit, alkohol 70%, KOH 3%, *Ketoconazole* dan media *Nutrient Agar* (NA). Sedangkan alat yang digunakan seperti mikroskop, gelas objek dan kaca penutup, cawan petri, autoklaf, lampu bunsen, jarum ose, mortar, *laminar air flow*, timbangan analitik, Erlenmeyer.

Prosedur Penelitian

Pengambilan Sampel

Sampel tanaman diambil dari sentra perkebunan gambir masyarakat Sumatera Barat, tepatnya di Kabupaten Lima Puluh Kota. Bagian tanaman yang diambil adalah akar tanaman gambir sehat yang tidak menunjukkan gejala serangan penyakit. Sampel diambil secara *purposive sampling* pada 5 titik lokasi dengan masing-masing titik sebanyak 5 ulangan. Sampel selanjutnya dimasukkan kedalam plastik dan dibawa ke Laboratorium Fitopatologi Prodi Agroekoteknologi Universitas Andalas untuk di lakukan isolasi.

Isolasi Bakteri Endofit

Sampel akar tanaman gambir terlebih dahulu ditimbang sebanyak 1 gram dan di potong-potong sepanjang 1 cm. Selanjutnya sampel dicuci pada air mengalir yang bertujuan membersihkan sisa kotoran dan tanah yang menempel. Sampel kemudian di sterilisasi permukaan dengan cara merendamnya secara berturut-turut dalam alkohol 70% selama 60 detik, larutan hipoklorit 2,5% selama 60 detik, kemudian dibilas akuades steril sebanyak 3 kali. Sampel digerus menggunakan mortar dengan menambahkan 10 mL akuades steril dan dibuat pengenceran sampai tingkat 10^{-3} . Sebanyak 100 μL suspensi dituangkan pada media NA dan diratakan dengan metode sebar. Inkubasi pada suhu ruang (29-30°C) dilakukan selama 24-48 jam. Koloni berbeda yang tumbuh pada media selanjutnya dimurnikan dengan cara digores secara kuadran, lalu diinkubasi selama 24 hingga 48 jam sampai diperoleh isolat murni (Parween & Jha, 2025).

Karakterisasi Morfologi Bakteri Endofit

Isolat tunggal bakteri endofit diidentifikasi secara makroskopis dengan mengamati bentuk morfologi koloni (berturan, tidak beraturan, bulat), warna koloni (putih susu, putih kekuningan, kuning keemasan), elevasi (datar, sedikit cembung, cembung) serta permukaan koloni (halus, kasar, mengkilap, tidak mengkilap (Emitaro et al., 2024).

Uji Gram Bakteri Endofit

Uji gram bakteri endofit dengan KOH 3% dilakukan dengan cara meneteskan sebanyak 1 tetes KOH 3% pada kaca objek steril, selanjutnya isolat yang berumur 48 jam diambil dengan jarum ose dan diaduk selama 30 detik. Apabila ujung jarum ose diangkat keatas dan suspensi berlendir serta ikut terangkat, maka dikategorikan bakteri gram negatif, dan jika suspensi tidak berlendir serta tidak terangkat bersama jarum ose, maka dikategorikan bakteri gram positif (Hardiansyah et al., 2020).

Uji Hipersensitif Bakteri Endofit pada Tumbuhan

Uji hipersensitif dilakukan terhadap tanaman tembakau berumur 2 bulan. Sebanyak 15 ml akuades steril ditambahkan pada isolat bakteri endofit dalam cawan petri dan diluruhkan. Selanjutnya suspensi bakteri endofit sebanyak 3 ml diinjeksikan menggunakan suntikan steril pada daun tembakau sampai membasahi ruang antar sel. Kontrol positif menggunakan patogen *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, sedangkan kontrol negatif menggunakan akuades steril. Inkubasi dilakukan selama 48-72 jam atau sampai muncul gejala. Reaksi positif bakteri endofit akan menunjukkan gejala berupa nekrosis, sedangkan reaksi negatif tidak terlihat gejala nekrosis pada daun tembakau (Huh, 2022).

Analisis Data

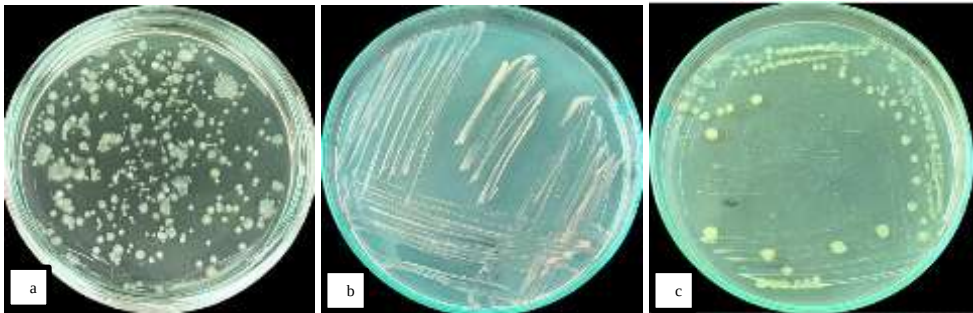
Hasil dari penelitian ini diperoleh data kualitatif berupa inventarisasi bakteri endofit dari akar tanaman gambir dan Karakterisasi morfologi isolat bakteri endofit. Data pengamatan morfologi yang diamati meliputi bentuk koloni dan permukaan koloni, warna koloni serta elevasi, serta sifat gram bakteri dan uji hipersensitif terhadap tanaman tembakau.

3 Hasil dan Pembahasan

Isolasi bakteri Endofit

Sampel tanaman gambir yang digunakan berasal dari sentra Perkebunan petani gambir Sumatera Barat, Kabupaten Lima Puluh Kota. Bagian tanaman yang digunakan yaitu akar segar dari tanaman sehat. Sebelum di isolasi sampel akar di sterilisasi permukaan, yang bertujuan supaya tidak ada bakteri kontaminan yang tumbuh pada media NA. Sterilisasi permukaan merupakan tahapan penting yang harus dilakukan dalam mengisolasi mikroba endofit, karena bertujuan untuk mencegah kontaminasi dari mikroba

epifit, sehingga hanya mikroba endofit yang tumbuh pada media kultur (Srivastava et al., 2024). Hasil isolasi diperoleh sebanyak 23 isolat berasal dari akar tanaman gambir. dengan karakter morfologi yang beragam (gambar 1). Karakteristik pengamatan morfologi disajikan pada tabel 1.



Gambar 1. Hasil isolasi bakteri endofit tanaman gambir pada media NA. (a) isolasi awal dengan metode sebar (b, c) isolat murni dengan metode gores kuadran

Tabel 1. Karakteristik morfologi bakteri endofit asal tanaman gambir

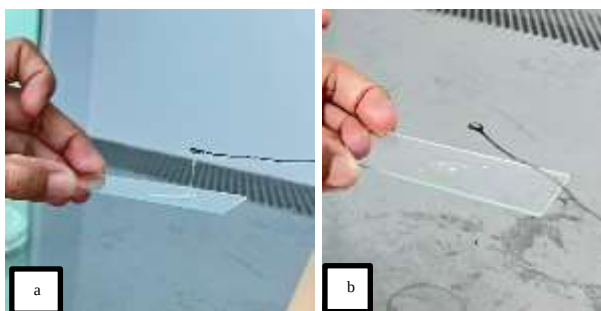
Kode Isolat	Morfologi Koloni			
	Bentuk koloni	Permukaan	Elevasi	Warna
AG1.1	bulat kecil, beraturan	Halus, tidak mengkilap	sedikit cembung	Putih susu
AG1.2	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih kekuningan
AG1.3	Tidak beraturan, menyebar seperti akar	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG1.4	Tidak beraturan, menyebar seperti akar	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG1.5	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Kuning keemasan
AG1.6	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih kekuningan
AG2.1	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG2.2	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG2.3	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar, sedikit cembung	Putih susu
AG2.4	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar, sedikit cembung	Putih kekuningan
AG3.1	Tidak beraturan	Halus, mengkilap	Datar	Putih kekuningan
AG3.2	Tidak beraturan, menyebar seperti akar	Halus, tidak mengkilap	Datar, sedikit cembung	Putih susu
AG3.3	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar, sedikit cembung	Putih susu
AG3.4	Tidak beraturan	Halus, mengkilap	Datar, sedikit cembung	Putih kekuningan
AG4.1	Tidak beraturan	Halus, mengkilap	Datar	Putih kekuningan
AG4.2	Tidak beraturan	Halus, mengkilap	Datar	Kuning keemasan
AG4.3	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG4.4	Bulat beraturan, kecil-kecil	Halus, tidak mengkilap	Datar	Kuning keemasan
AG4.5	Tidak beraturan, menyebar seperti akar	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG4.6	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Putih susu
AG5.1	Tidak beraturan	Halus, mengkilap	cembung, sedikit Datar	Kuning keemasan
AG5.2	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	cembung	Putih susu
AG5.3	Tidak beraturan	Halus, tidak mengkilap	Datar	Merah muda

Sebanyak 23 isolat bakteri endofit memiliki keragaman dari bentuk morfologi yang beragam meliputi bentuk koloni, permukaan, elevasi dan warna koloni. Untuk mendapatkan isolat tunggal, bakteri endofit dimurnikan dengan metode gores secara kuadran pada media NA. Metode ini dilakukan agar sebelum dikarakterisasi diperoleh isolat tunggal yang terpisah dari koloninya (Isleem et al., 2025). Pengamatan morfologi isolat bakteri endofit didominasi oleh bentuk yang tidak beraturan, permukaan yang halus tidak mengkilap, elevasi datar dan warna koloni putih susu.

Isolasi bakteri endofit pada umumnya menunjukkan hasil keanekaragaman yang sangat tinggi. Spesies tanaman yang sama tidak selalu memiliki bakteri endofit yang sama juga. Hal ini bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti sifat tanah dan pertumbuhan tanaman sangat mempengaruhi keragaman morfologi koloni endofit suatu jaringan tanaman (Emitaro et al., 2024). Kepadatan populasi bakteri didalam jaringan tanaman juga dipengaruhi oleh faktor abiotik dan faktor biotik seperti jenis tanaman, fase pertumbuhan serta nutrisi (Liu et al., 2025). Dominasi koloni berbentuk tidak beraturan dan berwarna putih susu pada isolat gambir turut sejalan dengan Mendez et al., (2024), pada akar tanaman Samama (*Anthocephalus macrophyllus*), sebagian besar isolatnya memiliki ciri morfologi bundar, licin, datar, dan berwarna putih susu. Morfologi koloni putih susu dengan permukaan halus merupakan karakter yang cukup umum ditemukan pada bakteri endofit akar tanaman berkayu.

Uji Gram Bakteri Endofit

Tujuan uji gram bakteri adalah untuk menentukan golongan bakteri yang tergolong kelompok gram negatif atau gram positif. Hasil uji gram terhadap 23 isolat murni bakteri endofit pada saat diereaksikan dengan KOH 3% menunjukkan hasil 12 isolat tergolong gram positif dan 11 isolat tergolong gram negatif. isolat bakteri gram negatif yang ditambahkan dengan KOH 3% menunjukkan terbentuknya lendir yang terangkat bersama jarum ose. Sedangkan bakteri gram positif tidak membentuk lendir pada saat ditambahkan dengan KOH 3% (Gambar 2).



Gambar 2. Uji gram menggunakan KOH 3%. (a) bakteri gram negatif membentuk lendir yang terangkat bersama jarum ose, (b) bakteri gram positif tidak membentuk lendir yang terangkat bersama jarum ose.

Bakteri yang tergolong gram negatif apabila direaksikan dengan KOH 3% membentuk lendir yang terangkat bersama jamur ose. Hal ini mengindikasikan bahwa bakteri tersebut mempunyai peptidoglikan pada dinding sel yang tipis, sehingga dinding sel menjadi lebih mudah rusak dan menjadi lisis, yang menyebabkan DNA bakteri tersebut keluar sehingga getah lendir bakteri keluar pada saat bereaksi dengan KOH 3%. Sedangkan pada bakteri gram positif yang tidak menunjukkan adanya lendir saat direaksikan dengan KOH 3% dikarenakan dinding sel bakteri tersebut memiliki dinding sel yang lebih tebal dan tahan terhadap KOH 3%, sehingga dinding selnya tidak mudah rusak ataupun lisis (Mian et al., 2024). Hasil uji gram dengan KOH 3% dan uji reaksi hipersensitif pada daun tembakau (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil uji gram dengan KOH 3% dan uji hipersensitif pada daun tembakau

Kode Isolat	Uji Fisiologi Bakteri Endofit	
	Uji Gram dengan KOH 3%	Uji Reaksi Hipersensitif
AG1.1	Gram Positif	Reaksi negatif
AG1.2	Gram Negatif	Reaksi positif
AG1.3	Gram Positif	Reaksi negatif
AG1.4	Gram Positif	Reaksi negatif
AG1.5	Gram Negatif	Reaksi positif
AG1.6	Gram Negatif	Reaksi positif
AG2.1	Gram Positif	Reaksi negatif
AG2.2	Gram Positif	Reaksi negatif
AG2.3	Gram Positif	Reaksi negatif
AG2.4	Gram Positif	Reaksi negatif
AG3.1	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG3.2	Gram Positif	Reaksi positif
AG3.3	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG3.4	Gram Positif	Reaksi positif
AG4.1	Gram Positif	Reaksi positif
AG4.2	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG4.3	Gram Negatif	Reaksi positif
AG4.4	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG4.5	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG4.6	Gram Negatif	Reaksi negatif
AG5.1	Gram Positif	Reaksi negatif
AG5.2	Gram Positif	Reaksi negatif
AG5.3	Gram Negatif	Reaksi negatif

Uji Hipersensitif Bakteri Endofit terhadap Tanaman Tembakau

Uji hipersensitif dilakukan pada daun tanaman tembakau yang berumur 2 bulan. Hasil pengujian hipersensitif dari 23 isolat bakteri endofit yang diinjeksikan pada daun tanaman tembakau menunjukkan 7 isolat bakteri memicu munculnya gejala berupa nekrosis pada daun tembakau (reaksi positif), sedangkan 16 isolat lainnya tidak menunjukkan gejala berupa nekrosis (reaksi negatif) (Tabel 2). Uji hipersensitif digunakan untuk membedakan bakteri yang bersifat patogen dan non patogen melalui injeksi suspensi

bakteri pada daun tembakau sebagai indikator. Respon hipersensitif yang muncul merupakan salah satu mekanisme pertahanan tanaman yang terlihat dengan adanya kematian sel cepat (nekrosis) dilokasi infeksi atau diinjeksikan. Apabila isolat bakteri endofit yang diuji memicu reaksi hipersensitif, dikategorikan berpotensi sebagai bakteri patogen (Novitasari et al., 2024). Pada tanaman yang rentan, inokulasi patogen mampu menimbulkan respon infeksi dalam waktu 24-72 jam setelah perlakuan. Respon ini biasanya ditunjukkan dengan terbentuknya jaringan nekrosis pada area yang diinjeksi (Kurniawati et al., 2020). Potensi patogenisitas bakteri endofit sangat bervariasi tergantung pada spesies tanaman inang, bagian jaringan yang diisolasi, serta kondisi lingkungan tempat tanaman tumbuh, sehingga uji hipersensitif tetap menjadi tahap seleksi awal yang esensial sebelum isolat dipertimbangkan sebagai kandidat agen hayati yang aman (Nugraheni & Mawaddah, 2023).



Gambar 2. Uji hipersensitif pada daun tembakau. (a) adanya gejala nekrosis (rekasi positif), (b) tidak ada gejala nekrosis (rekasi negatif).

4 Kesimpulan

Sebanayak 23 isolat bakteri endofit berhasil diisolasi dari tanaman gambir, yang didominasi oleh morfologi koloni tidak beraturan, permukaan halus tidak mengkilap, elevasi datar dan warna koloni putih susu. Dari 23 isolat tersebut, 12 isolat bakteri tergolong gram positif dan 11 isolat gram negatif. uji hipersensistif menunjukkan 7 isolat diantaranya berpotensi sebagai patogen terhadap tanaman karena menunjukkan gejala nekrosis pada daun tembakau, sedangkan 16 isolat lainnya tidak berpotensi sebagai patogen tanaman. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk identifikasi molekuler bakteri endofit dengan teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) serta melihat potensi bakteri endofit sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan menghambat perkembanganpatogen.

Daftar Pustaka

Anggraini, T., & Syukri, D. (2023). *Uncaria gambir* as the Potential Commodities from West

- Sumatra, Indonesia: A Mini Review. *Asian Journal of Plant Sciences*, 22(3), 583–593. <https://doi.org/10.3923/ajps.2023.583.593>
- BPS Prov Sumatera Barat. (2023). *Luas lahan dan produksi gambir menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat, 2022*. Badan Pusat Statistik Prov Sumatera Barat.
- Emitaro, W. O., Kawaka, F., Musyimi, D. M., & Adieng, A. (2024). Diversity of endophytic bacteria isolated from leguminous agroforestry trees in western Kenya. *AMB Express*, 14(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s13568-024-01676-6>
- Faadhilah, A. (2025). Identifikasi Aktivitas Antioksidan, Katekin, Tanin, Protein Kasar, dan Serat Kasar pada Fermentasi Daun Gambir (*Uncaria gambir* R.) Menggunakan *Rhizopus Oligosporus* dan *Lactobacillus Plantarum*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 12(1), 112–118. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v12i1.54763>
- Fan, D., Schwinghamer, T., Liu, S., Xia, O., Ge, C., Chen, Q., & Smith, D. L. (2023). Characterization of endophytic bacteriome diversity and associated beneficial bacteria inhabiting a macrophyte *Eichhornia crassipes*. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1176648. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1176648>
- Hardiansyah, M. Y., Musa, Y., & Jaya, A. M. (2020). Identifikasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria pada Rizosfer Bambu Duri dengan Gram KOH 3%. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 41–46. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v4i1.40875>
- Huh, S. U. (2022). Optimization of immune receptor-related hypersensitive cell death response assay using agrobacterium-mediated transient expression in tobacco plants. *Plant Methods*, 18(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s13007-022-00893-z>
- Isleem, R. S., Eid, A. M., Hassan, S. E.-D., Aboshanab, K. M., & El-Housseiny, G. S. (2025). Deciphering the nature and statistical optimization of antimicrobial metabolites of two endophytic bacilli. *AMB Express*, 15(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s13568-024-01811-3>
- Kurniawati, F., Nursipa, N. T., & Munif, A. (2020). Nematoda Parasit pada Seledri (*Apium Graveolens* L.) dan Pengendaliannya Menggunakan Bakteri Endofit Secara In Vitro. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 13(1), 70–81. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v13i1.6304>
- Liu, J., Wu, Y., Lin, J., Xie, M., Chen, L., & Wang, L. (2025). Effects of bacterial wilt on community composition and diversity of culturable endophytic fungi in *Alpinia galanga*. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1536079. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1536079>
- Mendez, S., Matinahoru, J., & Hadijah, M. (2024). Eksplorasi Bakteri Endofit Pada Tanaman Samama (*Anthocephallus macrophyllus*). *MARSEGU : Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(9), 921–937. <https://doi.org/10.69840/marsegu/1.9.2024.921-937>
- Mian, M. D., Khan, S. J., Rani, R., Sadiq, S., Jafri, L., & Jamil, B. (2024). “Modified String Test to Improve and Confirm by Molecular Characterization for Bacterial Identification.” <https://doi.org/10.1099/acmi.0.000965.v1>
- Novitasari, A., Desnurvia, R., & Indrayanti, R. (2024). Isolation of Endophytic Bacteria from Melon Root and Evaluation of Their Antagonistic Activity Against *Acidovorax citrulli*. *HAYATI Journal of Biosciences*, 31(6), 1212–1222. <https://doi.org/10.4308/hjb.31.6.1212-1222>
- Nugraheni, I. A., & Mawaddah, I. A. (2023). In vitro antagonism test of endophytic isolates from the ciplukan plant (*Physalis angulata* L.) against *Ralstonia solanacearum*. *Sainteks: Jurnal Sains dan Teknik*, 5(2), 200–210. <https://doi.org/10.37577/sainteks.v5i2.607>

- Parween, A., & Jha, V. (2025). Isolation, Characterization and Identification of Endophytic Bacteria from Roots of Hordeum Vulgare Plants. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 13(2), 33–35. <https://doi.org/10.70729/ME24329232549>
- Srivastava, P., Tiwari, S. P., Srivastava, A. K., & Sharma, R. (2024). Optimization of Sterilization Parameters for Isolation of Endophytes from Allium sativum and Exploring its Antibacterial Activity. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 18(2), 961–979. <https://doi.org/10.22207/JPAM.18.2.11>