

Eksplorasi Isolat Bakteri Rizosfer *Musa acuminata* Pada Fermentasi Ampas Tebu Sebagai Kandidat Biofertilizer

Dian Ramadhani. H^{1*}, Widyawati Mantulangi², Mohammad Fadel Tangahu³, Ani M. Hasan⁴, Wirnangsi Din Uno⁵

¹²³⁴⁵ Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Juni 11, 2026

Revised Juni 14, 2026

Accepted Juni 15, 2026

Keywords:

Bakteri rizosfer;
Musa acuminata;
Biofertilizer;
Ampas tebu;
Fermentasi;
Indole Acetic Acid (IAA)

ABSTRAK

Rizosfer tanaman adalah lingkungan mikroorganisme yang memiliki kemampuan besar sebagai sumber bakteri fungsional untuk mendukung praktik pertanian yang berkelanjutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkarakterisasi isolat bakteri dari rizosfer *Musa acuminata*, menilai kemampuan mereka dalam fermentasi ampas tebu, dan mengeksplorasi potensinya sebagai calon biofertilizer berdasarkan produksi Asam Indole Asetat (IAA). Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen di laboratorium dengan metode isolasi bakteri menggunakan media Nutrient Agar (NA), pemurnian isolat dengan metode streak plate, pewarnaan Gram, uji produksi IAA menggunakan reagen Salkowski, serta fermentasi ampas tebu selama 14 hari dan menghitung viabilitas bakteri menggunakan metode Total Plate Count (TPC). Hasil penelitian mengungkapkan bahwa isolat bakteri memiliki morfologi koloni yang berwarna putih krem, berbentuk bulat, dengan elevasi cembung dan tepian yang rata. Pewarnaan Gram menunjukkan bahwa bakteri tersebut bersifat Gram positif dan berbentuk sel kokus yang berkelompok. Uji IAA menghasilkan perubahan warna menjadi merah muda setelah penambahan reagen Salkowski, yang menandakan adanya produksi IAA secara kualitatif. Fermentasi ampas tebu membawa perubahan karakteristik fisik, termasuk peningkatan kekeruhan, munculnya aroma asam, serta terbentuknya endapan setelah inkubasi selama 14 hari. Perhitungan TPC pada pengenceran 10^{-6} menunjukkan ada 34 koloni dengan total viabilitas sebesar $3,4 \times 10^8$ CFU/mL. Dengan demikian, isolat bakteri dari rizosfer *Musa acuminata* menunjukkan potensi awal sebagai kandidat biofertilizer yang berbasis fermentasi ampas tebu.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Dian Ramadhani. H

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

Email: dianrmdhni81@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Penggunaan pupuk kimia sintetis yang berkelanjutan dalam pertanian dapat mengakibatkan penurunan kualitas tanah dan gangguan pada keseimbangan ekosistem mikroba tanah. Penerapan pupuk anorganik dalam jangka panjang diketahui dapat menyusutkan kandungan bahan organik tanah, mengurangi aktivitas biologis tanah, serta berpengaruh negatif pada kesuburan lahan dalam jangka Panjang [1]. Oleh karena itu, pengembangan biofertilizer yang berbasis mikroorganisme menjadi salah satu solusi yang banyak dicari untuk mendukung praktik pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Biofertilizer sendiri adalah produk biologis yang mengandung mikroorganisme hidup yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan berbagai cara, seperti memproduksi fitohormon, meningkatkan ketersediaan nutrisi, dan merangsang aktivitas mikroba tanah [2]. Mikroorganisme lokal juga dianggap lebih dapat beradaptasi pada kondisi lingkungan lokal, sehingga memiliki potensi untuk memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan mikroorganisme asing.

Rizosfer tanaman berfungsi sebagai habitat utama bagi berbagai mikroorganisme yang memiliki aktivitas biologis yang tinggi. Bagian rizosfer dipengaruhi oleh eksudat akar yang kaya akan senyawa organik, sehingga mendukung pertumbuhan komunitas mikroba yang lebih aktif jika dibandingkan dengan tanah yang bukan rizosfer [3]. Salah satu tanaman yang dianggap memiliki potensi rizosfer sebagai sumber mikroorganisme adalah *Musa acuminata*. Tanaman pisang dikenal memiliki sistem akar yang kaya akan eksudat organik,

mendukung keberadaan bakteri rizosfer yang berpotensi sebagai Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) [4]. Bakteri PGPR memiliki kemampuan untuk mendukung pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon pertumbuhan seperti Indole Acetic Acid (IAA), melarutkan unsur hara, dan menjalankan aktivitas biologis lain yang menguntungkan bagi tanaman.

Salah satu faktor penting dalam menentukan potensi bakteri PGPR adalah kemampuan mereka untuk memproduksi hormon Indole Acetic Acid (IAA). IAA adalah hormon auksin yang berkontribusi pada pemanjangan sel, pembentukan akar, serta perkembangan tanaman [5]. Bakteri rizosfer yang memproduksi IAA dapat membantu meningkatkan perkembangan sistem akar, sehingga penyerapan nutrisi oleh tanaman dapat mencapai tingkat yang lebih optimal [6]. Selain itu, kemampuan produksi IAA juga dianggap sebagai kriteria awal dalam pemilihan kandidat biofertilizer berbasis mikroba. Oleh karena itu, eksplorasi bakteri rizosfer yang memproduksi IAA sangat penting dalam pengembangan pupuk hayati yang berbasis mikroorganisme lokal.

Selain penggunaan mikroorganisme, pengolahan limbah organik sebagai media fermentasi juga menarik perhatian dalam bidang mikrobiologi industri dan pertanian yang berkelanjutan. Salah satu limbah dari sektor agroindustri yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan adalah ampas tebu. Ampas tebu kaya akan lignoselulosa dalam bentuk selulosa dan hemiselulosa, yang dapat digunakan sebagai sumber karbon untuk aktivitas mikroorganisme fermentative [7]. Penggunaan limbah agroindustri dalam fermentasi bukan hanya membantu mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga mendukung konsep konversi limbah menjadi produk yang memiliki nilai tambah [8]. Aktivitas fermentasi yang dilakukan oleh mikroorganisme umumnya ditunjukkan oleh perubahan warna, aroma, pembentukan endapan, serta modifikasi karakteristik substrat akibat proses penguraian bahan organik.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi bakteri rizosfer sebagai kandidat biofertilizer dan agen biologis yang mendukung pertumbuhan tanaman [2], [6]. Namun, studi tentang eksplorasi bakteri rizosfer dari *Musa acuminata* yang dipadukan dengan fermentasi ampas tebu masih cukup terbatas. Sebagian besar penelitian yang ada sebelumnya lebih menitikberatkan perhatian pada bakteri rizosfer dari tanaman pangan atau penggunaan substrat fermentasi yang berbeda. Selain itu, penelitian yang menggali kemampuan produksi IAA dan daya tahan bakteri selama proses fermentasi ampas tebu juga belum banyak dilaporkan. Situasi ini menunjukkan bahwa ada peluang yang besar untuk mengembangkan eksplorasi bakteri rizosfer *Musa acuminata* pada fermentasi ampas tebu sebagai alternatif biofertilizer yang memanfaatkan mikroorganisme lokal dan limbah dari agroindustri.

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi isolat bakteri dari rizosfer *Musa acuminata*, menilai kemampuan fermentasi sisa tebu, serta meneliti potensinya sebagai calon biofertilizer berdasarkan kemampuan menghasilkan IAA dan daya hidup bakteri. Keunikan penelitian ini terletak pada penelusuran bakteri dari rizosfer lokal *Musa acuminata* yang digunakan dalam proses fermentasi sisa tebu sebagai bahan organik. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menyajikan informasi ilmiah tentang potensi mikroorganisme lokal dalam pengembangan biofertilizer yang sederhana, ramah lingkungan, dan berkelanjutan melalui fermentasi limbah agroindustri.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk mengeksplorasi potensi isolat bakteri rizosfer *Musa acuminata* sebagai kandidat biofertilizer melalui fermentasi ampas tebu [1]. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Gorontalo pada periode Mei–Juni 2026. Sampel tanah rizosfer diperoleh dari tanaman *Musa acuminata* yang sehat dengan mengambil tanah yang melekat pada sistem perakaran secara aseptik. Sampel kemudian digunakan sebagai sumber isolat bakteri untuk tahap isolasi dan karakterisasi [2].

Isolasi bakteri dilakukan menggunakan metode pengenceran bertingkat hingga 10^{-6} . Sebanyak 5 g sampel tanah rizosfer disuspensikan ke dalam 45 mL akuades steril sebagai pengenceran awal, kemudian dilakukan pengenceran serial. Suspensi hasil pengenceran diinokulasikan pada media Nutrient Agar (NA) menggunakan metode *spread plate* dan diinkubasi pada suhu $30-37^{\circ}\text{C}$ selama 24–48 jam [3]. Koloni bakteri yang tumbuh diamati berdasarkan karakteristik morfologinya, kemudian koloni dominan dipilih dan dimurnikan menggunakan metode *streak plate* hingga diperoleh kultur murni [4].

Karakterisasi isolat dilakukan melalui pengamatan morfologi koloni yang meliputi warna, bentuk, elevasi, dan tepian koloni. Selanjutnya dilakukan pewarnaan Gram menggunakan kristal violet, lugol, alkohol 96%, dan safranin untuk mengetahui karakteristik dinding sel bakteri [15]. Preparat hasil pewarnaan diamati menggunakan mikroskop untuk menentukan tipe Gram, bentuk sel, dan susunan sel bakteri [15].

Potensi isolat sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dievaluasi melalui pengujian produksi *Indole Acetic Acid* (IAA) secara kualitatif menggunakan pereaksi Salkowski. Kultur bakteri ditumbuhkan dalam media Nutrient Broth (NB) selama 24–48 jam, kemudian dicampurkan dengan pereaksi Salkowski dan diinkubasi dalam kondisi gelap. Terbentuknya warna merah muda hingga merah digunakan

sebagai indikator adanya produksi IAA oleh isolat bakteri [7]. Kemampuan menghasilkan IAA merupakan salah satu karakter penting bakteri PGPR yang berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman [8].

Fermentasi dilakukan menggunakan ampas tebu sebagai substrat organik. Ampas tebu terlebih dahulu dibersihkan, dikeringkan, dan dicampur dengan akuades steril sebelum diinokulasi dengan kultur bakteri hasil isolasi. Proses fermentasi berlangsung selama 14 hari pada suhu ruang. Selama fermentasi dilakukan pengamatan terhadap perubahan warna, aroma, dan pembentukan endapan sebagai indikator aktivitas metabolik mikroorganisme dalam mendegradasi substrat organik [10].

Viabilitas bakteri setelah fermentasi ditentukan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Sampel hasil fermentasi diencerkan secara bertingkat hingga 10^{-6} , kemudian ditumbuhkan pada media Nutrient Agar menggunakan metode *spread plate* dan diinkubasi selama 24 jam. Jumlah koloni yang tumbuh dihitung dan dinyatakan dalam satuan *Colony Forming Unit* per milliliter (CFU/mL). Perhitungan populasi bakteri dilakukan menggunakan rumus *Total Plate Count* sesuai standar mikrobiologi [15].

Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Karakteristik morfologi isolat dan hasil pewarnaan Gram disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Hasil uji produksi IAA dievaluasi berdasarkan perubahan warna yang terbentuk setelah penambahan pereaksi Salkowski. Aktivitas fermentasi dianalisis berdasarkan perubahan karakteristik fisik substrat selama masa inkubasi, sedangkan viabilitas bakteri ditentukan berdasarkan nilai *Total Plate Count*. Seluruh hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel, gambar, dan narasi ilmiah untuk menjelaskan potensi isolat bakteri rizosfer *Musa acuminata* sebagai kandidat biofertilizer berbasis fermentasi ampas tebu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Isolat Bakteri Rizosfer *Musa acuminata*

Tabel 1. Karakteristik Morfologi dan Mikroskopis Isolat Bakteri

Karakteristik	Hasil Pengamatan
Warna koloni	Putih krem
Bentuk koloni	Bulat
Elevasi koloni	Cembung
Tepian koloni	Rata
Karakter Gram	Gram positif
Bentuk sel	Kokus
Susunan sel	Bergerombol



Gambar 1. Morfologi koloni isolat bakteri rizosfer *Musa acuminata* pada media Nutrient Agar hasil pemurnian menggunakan metode streak plate



Gambar 2. Hasil pewarnaan Gram isolat bakteri rizosfer *Musa acuminata* yang menunjukkan sel berbentuk kokus bergerombol dan bersifat Gram positif

Hasil isolasi bakteri dari rizosfer *Musa acuminata* menunjukkan adanya pertumbuhan koloni dominan berwarna putih krem dengan bentuk bulat, elevasi cembung, dan tepian rata (Tabel 1). Setelah dilakukan pemurnian menggunakan metode *streak plate*, diperoleh kultur bakteri yang homogen dan menunjukkan pertumbuhan yang konsisten pada media Nutrient Agar. Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa isolat tergolong bakteri Gram positif dengan bentuk sel kokus yang tersusun bergerombol menyerupai buah anggur.

Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa isolat memiliki ciri morfologi yang umum ditemukan pada kelompok bakteri rizosfer yang mampu beradaptasi dengan lingkungan kaya bahan organik [2], [14].

Bakteri Gram positif diketahui memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal sehingga mampu mempertahankan warna kristal violet selama proses pewarnaan Gram [15]. Karakteristik ini sering dikaitkan dengan kemampuan adaptasi yang baik terhadap perubahan kondisi lingkungan serta ketahanan terhadap berbagai kondisi stres pada habitat tanah. Menurut Khawula *et al.* [13], bakteri rizosfer Gram positif berperan penting dalam aktivitas metabolik tanah, siklus nutrisi, dan interaksi yang mendukung pertumbuhan tanaman. Keberadaan bakteri berbentuk kokus pada rizosfer *Musa acuminata* menunjukkan bahwa daerah perakaran tanaman pisang berpotensi menjadi habitat mikroorganisme yang mendukung aktivitas biologis tanah serta pertumbuhan tanaman [2], [14]. Kondisi tersebut berkaitan dengan keberadaan eksudat akar yang menyediakan sumber karbon dan nutrisi bagi komunitas mikroba sehingga meningkatkan keragaman serta aktivitas mikroorganisme di daerah rizosfer [2].

Produksi *Indole Acetic Acid* (IAA)

Tabel 2. Hasil Uji Produksi IAA

Perlakuan	Hasil Pengamatan
Kultur isolat + pereaksi Salkowski	Warna merah muda
Interpretasi	Positif menghasilkan IAA



Gambar 3. Hasil uji produksi IAA menggunakan pereaksi Salkowski yang menunjukkan perubahan warna merah muda sebagai indikasi produksi IAA oleh isolat bakteri

Hasil pengujian produksi Indole Acetic Acid (IAA) menunjukkan terjadinya perubahan warna menjadi merah muda setelah penambahan larutan Salkowski (Tabel 2). Perubahan warna tersebut mengindikasikan bahwa isolat bakteri mampu menghasilkan senyawa indol yang berhubungan dengan produksi IAA secara kualitatif [7]. Produksi IAA merupakan salah satu indikator penting dalam identifikasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) karena hormon tersebut berperan dalam merangsang pertumbuhan dan perkembangan sistem perakaran tanaman [8].

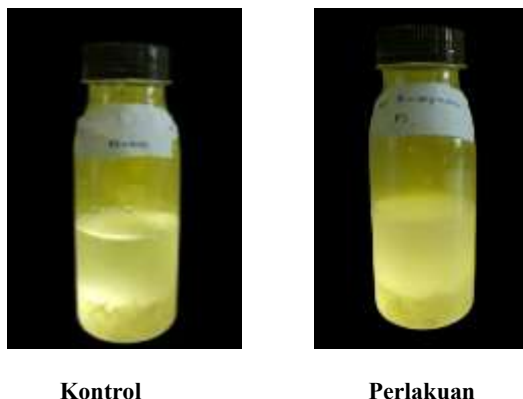
Kemampuan menghasilkan IAA menunjukkan bahwa isolat yang diperoleh berpotensi mendukung peningkatan pertumbuhan tanaman melalui mekanisme biologis. Menurut Backer *et al.* [1], IAA merupakan fitohormon utama yang berperan dalam pemanjangan sel, pembentukan akar lateral, dan peningkatan luas daerah serapan akar. Produksi IAA oleh bakteri rizosfer dapat meningkatkan perkembangan akar sehingga efisiensi penyerapan air dan unsur hara menjadi lebih optimal [7]. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Bhattacharyya *et al.* [9] yang melaporkan bahwa bakteri rizosfer penghasil IAA memiliki prospek besar untuk dikembangkan sebagai agen hayati pendukung pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, isolat bakteri yang diperoleh menunjukkan potensi awal sebagai kandidat biofertilizer berbasis mikroba lokal yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman melalui mekanisme stimulasi hormonal dan peningkatan perkembangan sistem perakaran [1], [9]. Namun demikian, diperlukan pengujian lebih lanjut pada tanaman untuk mengonfirmasi efektivitas isolat dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman secara langsung di bawah kondisi lapangan maupun rumah kaca [1], [9].

Fermentasi Ampas Tebu dan Viabilitas Bakteri

Tabel 3. Karakteristik Fermentasi Ampas Tebu

Parameter	Sebelum Fermentasi	Setelah Fermentasi
Warna	Bening	Keruh
Aroma	Khas ampas tebu	Asam

Endapan	Tidak ada	Ada
Struktur Substrat	Srat ampas tebu masih kasar dan berukuran besar	Substrat menjadi lebih lunak, berlendir, dan ukuran serat lebih kecil



Gambar 4. Perbandingan substrat ampas tebu kontrol dan perlakuan fermentasi menggunakan isolat bakteri rizosfer *Musa acuminata* setelah inkubasi 14 hari.

Hasil fermentasi ampas tebu menunjukkan adanya perubahan karakteristik fisik substrat setelah inkubasi selama 14 hari. Warna substrat berubah dari bening menjadi keruh, disertai munculnya aroma asam dan pembentukan endapan pada dasar media (Tabel 3). Selain itu, struktur ampas tebu setelah fermentasi terlihat mengalami perubahan menjadi lebih lunak, berlendir, dan ukuran serat menjadi lebih kecil dibandingkan kontrol. Perubahan tersebut menunjukkan adanya aktivitas degradasi komponen lignoselulosa oleh mikroorganisme selama fermentasi berlangsung. Perubahan tersebut menunjukkan adanya aktivitas metabolik mikroorganisme dalam memanfaatkan komponen organik yang terdapat pada ampas tebu. Kandungan lignoselulosa pada ampas tebu berfungsi sebagai sumber karbon yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme selama proses fermentasi berlangsung [10].

Perubahan warna, aroma, dan pembentukan endapan yang diamati menunjukkan terjadinya degradasi bahan organik oleh aktivitas mikroba. Menurut Soccol *et al.* [10], fermentasi substrat lignoselulosa umumnya menghasilkan perubahan sifat fisik akibat proses penguraian senyawa kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana. Aktivitas tersebut menjadi indikator bahwa isolat bakteri mampu beradaptasi dan tumbuh pada substrat ampas tebu. Selain itu, perubahan karakteristik fisik selama fermentasi menunjukkan berlangsungnya proses biokonversi bahan organik yang berpotensi meningkatkan nilai guna limbah agroindustri menjadi produk yang lebih bermanfaat [11]

Tabel 4. Perubahan Berat Kering Ampas Tebu Setelah Fermentasi

Perlakuan	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)
Kontrol	1,0000	0,9578
Fermentasi dengan isolate bakteri	1,0000	0,6811



Gambar 5. Perbandingan berat kering akhir substrat kontrol dan perlakuan fermentasi ampas tebu setelah inkubasi 14 hari.

Selain perubahan karakteristik fisik, fermentasi juga menyebabkan penurunan berat kering substrat ampas tebu setelah inkubasi selama 14 hari (Tabel 4). Perlakuan fermentasi menggunakan isolat bakteri menunjukkan penurunan berat yang lebih besar dibandingkan kontrol. Berat akhir substrat pada perlakuan fermentasi sebesar 0,6811 g, sedangkan kontrol masih menunjukkan berat akhir sebesar 0,9578 g. Penurunan berat tersebut menunjukkan adanya aktivitas degradasi bahan organik oleh mikroorganisme selama proses fermentasi berlangsung. Menurut Soccol *et al.* [10], pemanfaatan substrat lignoselulosa oleh mikroorganisme fermentatif dapat menyebabkan berkurangnya massa bahan akibat degradasi senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa isolat bakteri memiliki kemampuan memanfaatkan komponen organik ampas tebu sebagai sumber nutrisi selama fermentasi.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Total Plate Count (TPC)

Pengenceran	Jumlah Koloni	Total Bakteri
10^{-6}	34 koloni	$3,4 \times 10^8$ CFU/mL



Gambar 6. Pertumbuhan koloni bakteri pada media Nutrient Agar hasil pengenceran 10^{-6}

Hasil pengujian viabilitas bakteri menggunakan metode *Total Plate Count* menunjukkan jumlah koloni yang dapat dihitung pada pengenceran 10^{-6} sebanyak 34 koloni dengan total populasi mencapai $3,4 \times 10^8$ CFU/mL (Tabel 4). Tingginya jumlah populasi bakteri menunjukkan bahwa kondisi substrat fermentasi masih mampu mendukung pertumbuhan mikroorganisme selama masa inkubasi. Nilai viabilitas yang tinggi juga mengindikasikan bahwa isolat bakteri memiliki kemampuan bertahan hidup yang baik selama proses fermentasi berlangsung [12].

Menurut Hasan *et al.* [12], populasi mikroba yang tinggi pada produk fermentasi merupakan indikator penting dalam pengembangan biofertilizer karena berkaitan dengan stabilitas dan efektivitas mikroorganisme ketika diaplikasikan ke lingkungan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa isolat bakteri rizosfer *Musa acuminata* tidak hanya mampu menghasilkan IAA tetapi juga tetap viabel selama fermentasi ampas tebu. Temuan tersebut menguatkan potensi isolat sebagai kandidat biofertilizer berbasis mikroba lokal yang memanfaatkan limbah agroindustri sebagai substrat fermentasi. Namun demikian, diperlukan pengujian lanjutan terhadap efektivitas biofertilizer pada tanaman untuk memastikan bahwa viabilitas bakteri yang tinggi selama fermentasi berbanding lurus dengan kemampuannya dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman [1], [12].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, isolat bakteri yang diambil dari rizosfer *Musa acuminata* telah berhasil diidentifikasi sebagai bakteri Gram positif yang berbentuk kokus berkelompok. Morfologi koloni bakteri ini berwarna putih krem, berbentuk bulat, memiliki elevasi cembung, dan tepian yang rata. Isolat bakteri ini menunjukkan kemampuan untuk memproduksi Indole Acetic Acid (IAA) secara kualitatif, yang terlihat dari perubahan warna menjadi merah muda pada uji dengan reagen Salkowski. Selain itu, isolat tersebut juga dapat tumbuh dan berfungsi pada substrat ampas tebu selama proses fermentasi selama 14 hari, yang dibuktikan dengan perubahan warna menjadi lebih keruh, munculnya aroma asam, terbentuknya endapan, serta perubahan struktur substrat yang menjadi lebih lunak dan lebih kecil, dan penurunan berat kering substrat dibandingkan dengan kontrol. Hasil pengujian viabilitas bakteri menggunakan metode *Total Plate Count* menunjukkan populasi sebesar $3,4 \times 10^8$ CFU/mL pada pengenceran 10^{-6} , yang mengindikasikan bahwa isolat tetap hidup selama proses fermentasi. Dengan demikian, bakteri dari rizosfer *Musa acuminata* menunjukkan potensi

sebagai kandidat biofertilizer yang berbasis fermentasi ampas tebu, memanfaatkan limbah agroindustri sebagai substrat organik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu mata kuliah Mikrobiologi Industri, Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo, serta seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] R. Backer, J. S. Rokem, G. Ilangumaran, J. Lamont, D. Praslickova, E. Ricci, S. Subramanian, and D. L. Smith, "Plant growth-promoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture," *Frontiers in Plant Science*, vol. 9, p. 1473, 2018, doi: 10.3389/fpls.2018.01473.
- [2] O. S. Olanrewaju, A. S. Ayangbenro, B. R. Glick, and O. O. Babalola, "Plant health: Feedback effect of root exudates-rhizobiome interactions," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 103, no. 3, pp. 1155–1166, 2019, doi: 10.1007/s00253-018-9556-6.
- [3] S. Mandal, P. Dutta, and S. M. Umdar, "Plant growth promoting and antagonistic activity of Bacillus strains isolated from rice rhizosphere," *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, vol. 8, no. 1, pp. B408–B415, 2017.
- [4] M. S. Khan *et al.*, "Isolation and characterization of plant growth-promoting endophytic bacteria *Bacillus stratosphericus* LW-03 from *Lilium wardii*," *BioMed Research International*, vol. 2020, Article ID 8650957, 2020.
- [5] A. N. Yadav *et al.*, "Biodiversity of the genus *Bacillus* and related genera and their environmental applications," in *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2017, pp. 1–26.
- [6] D. Luo *et al.*, "Consortium of phosphorus-solubilizing bacteria promotes maize growth and changes the microbial community composition of rhizosphere soil," *Agronomy*, vol. 14, no. 7, p. 1535, 2024.
- [7] D. Egamberdieva, S. J. Wirth, A. A. Alqarawi, E. F. Abd_Allah, and A. Hashem, "Phytohormones and beneficial microbes: Essential components for plants to balance stress and fitness," *Frontiers in Microbiology*, vol. 8, p. 2104, 2017, doi: 10.3389/fmicb.2017.02104.
- [8] M. S. Ngaliimat *et al.*, "Plant Growth-Promoting Bacteria as an Emerging Tool to Manage Bacterial Rice Pathogens," *Microorganisms*, vol. 9, no. 4, p. 682, 2021, doi: 10.3390/microorganisms9040682
- [9] C. Bhattacharyya *et al.*, "Evaluation of plant growth promotion properties and induction of antioxidative defense mechanism by tea rhizobacteria of Darjeeling, India," *Scientific Reports*, vol. 10, p. 15536, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-72439-z.
- [10] C. R. Soccol, E. S. F. da Costa, L. A. J. Letti, S. G. Karp, A. L. Woiciechowski, and L. P. S. Vandenberghe, "Recent developments and innovations in solid-state fermentation," *Biotechnology Research and Innovation*, vol. 1, no. 1, pp. 52–71, 2017, doi: 10.1016/j.biori.2017.01.002.
- [11] F. A. Ansari, I. Ahmad, and J. Pichtel, "Growth stimulation and alleviation of salinity stress to wheat by the biofilm forming *Bacillus pumilus* strain FAB10," *Applied Soil Ecology*, vol. 143, pp. 45–54, 2019, doi: 10.1016/j.apsoil.2019.05.023.
- [12] A. Hasan, B. Tabassum, M. Hashim, and N. Khan, "Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as a Plant Growth Enhancer for Sustainable Agriculture: A Review," *Bacteria*, vol. 3, no. 2, 2024, doi: 10.3390/bacteria3020005.
- [13] S. Khawula *et al.*, "Optimizing plant resilience with growth-promoting rhizobacteria under abiotic and biotic stress conditions," *Plant Stress*, vol. 17, p. 100949, 2025.
- [14] C. Luo, Y. He, and Y. Chen, "Rhizosphere microbiome regulation: Unlocking the potential for plant growth," *Current Research in Microbial Sciences*, vol. 8, p. 100322, 2025.
- [15] J. G. Cappuccino and N. Sherman, *Microbiology: A Laboratory Manual*, 12th ed. New York, NY, USA: Pearson, 2020.