Jurnal Biologi Tropis

Original Research Paper

Isolation and Morphological Characterization of Bacillus Isolates from Mangrove Soil in the Mandeh Region, West Sumatra

Selsa Nisa Pratiwi[1*], Marlina[2], Djong Hon Tjong[3]

[1]Biotechnology Study Program, Graduate School, Universitas Andalas, Padang, West Sumatra, Indonesia;

[2]Faculty of Pharmacy, Universitas Andalas, Padang, West Sumatra, Indonesia;

[3]Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Andalas, Padang, West Sumatra, Indonesia;

Article History
Received : October 28th, 2026
Revised : November 13th, 2026
Accepted : November 25th, 2026

*Corresponding Author: **Selsa Nisa Pratiwi**, Biotechnology Study Program, Graduate School, Universitas Andalas, Padang, West Sumatra, Indonesia;
Email: selsanisapr@gmail.com

Abstract: The hunt for novel sources of antimicrobials, such as microorganisms from mangrove environments, has been prompted by the growing resistance of pathogenic bacteria to antibiotics. The dynamic characteristics of mangrove environments, such as variations in salinity, pH, temperature, and organic matter content, may support the presence of microorganisms with diverse metabolic characteristics. This study aimed to isolate and characterize presumptive *Bacillus* bacteria from mangrove soil in the Mandeh area of West Sumatra as a basis for exploring their antimicrobial potential. Soil samples were collected from three locations: the Nyalo River Estuary, the Mandeh Estuary, and Cubadak Island. Bacterial isolation was performed using the heat shock method, serial dilution, and inoculation on Nutrient Agar (NA). Characterization of the isolates included colony morphology observation, Gram staining, endospore staining, and catalase testing. A total of 12 bacterial isolates were obtained from the three sampling locations. Macroscopically, the isolates exhibited varied colony morphologies, including round to irregular shapes, milky white to cream colors, flat to convex elevations, and smooth to dry textures. Microscopically, all isolates were Gram-positive, rod-shaped, endospore-forming, and catalase-positive. Based on these characteristics, all isolates were presumptively identified as members of the genus *Bacillus*. This study indicates that mangrove soil in the Mandeh region is a potential source of presumptive *Bacillus* isolates with diverse morphological characteristics. However, molecular identification is required to confirm their taxonomic identity, while antibacterial activity testing is necessary to evaluate their potential as sources of antimicrobial compounds.

Keywords: Antimicrobial potential; *Bacillus;* Mangrove; Isolation; Morphology.

Pendahuluan

Meningkatnya resistensi bakteri patogen terhadap antibiotik menjadi tantangan serius dalam penanganan penyakit infeksi dan pengembangan obat antimikroba baru. Infeksi bakteri menyebabkan sekitar 7,7 juta kematian setiap tahun, dengan hampir 5 juta kematian berkaitan dengan resistensi antibiotik dan sekitar 1,27 juta kematian secara langsung disebabkan oleh bakteri resisten (Rajput et al., 2024). Permasalahan ini diperburuk oleh penggunaan antibiotik yang tidak rasional sehingga mendorong munculnya bakteri multiresisten (*multidrug-resistant* atau MDR), seperti *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus* (Tanwar *et al.,* 2014). Kondisi tersebut menunjukkan perlunya eksplorasi sumber mikroorganisme baru yang

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

© 2026 The Author(s). This article is open access

berpotensi mendukung pengembangan senyawa antimikroba.

Salah satu sumber mikroorganisme yang berpotensi dieksplorasi adalah ekosistem mangrove. Ekosistem ini memiliki kondisi lingkungan yang dinamis akibat pengaruh pasang surut, perubahan salinitas, sedimentasi, dan fluktuasi kondisi tanah (Eddy *et al.,* 2019; Capdeville *et al.,* 2019). Variasi kondisi tersebut memungkinkan terbentuknya komunitas mikroorganisme dengan karakteristik fisiologis dan metabolik yang beragam. Mikroorganisme dari lingkungan mangrove juga berperan dalam dekomposisi bahan organik dan siklus biogeokimia. Selain fungsi ekologis tersebut, beberapa mikroorganisme diketahui berpotensi menghasilkan metabolit sekunder yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber senyawa antimikroba (Wang *et al.,* 2021).

Genus *Bacillus* merupakan salah satu kategori bakteri yang layak untuk diteliti. Bakteri ini umumnya berbentuk batang, bersifat Gram-positif, mampu membentuk endospora, serta dapat beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan. Karakter tersebut menjadikan *Bacillus* menarik untuk dikaji dari aspek keanekaragaman dan potensi bioteknologinya. Beberapa spesies, seperti *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, dan *B. velezensis*, dilaporkan mampu menghasilkan metabolit sekunder berupa iturin, surfactin, fengycin, difficidin, dan makrolaktin yang berpotensi menghambat berbagai mikroorganisme patogen (Caulier *et al.,* 2019). Oleh karena itu, eksplorasi bakteri *Bacillus* dari berbagai habitat, termasuk tanah mangrove, penting dilakukan sebagai tahap awal pencarian sumber mikroorganisme penghasil senyawa bioaktif. Namun, keberadaan karakter tersebut pada suatu isolat tidak secara langsung membuktikan kemampuan menghasilkan senyawa antimikroba.

Secara morfologis, bakteri yang diduga termasuk genus *Bacillus* umumnya memiliki koloni berwarna putih hingga krem, dengan bentuk dan tepian yang bervariasi serta permukaan yang dapat terlihat kasar atau kering pada media padat (Rocha, 2023). Berkat lapisan peptidoglikan yang kuat pada dinding selnya, bakteri ini tampak berbentuk batang di bawah mikroskop dan biasanya menunjukkan hasil positif pada pewarnaan Gram. Morfologi koloni, pewarnaan Gram, pewarnaan endospora, dan uji katalase merupakan beberapa karakteristik yang dapat digunakan sebagai dasar untuk identifikasi awal. Analisis molekuler diperlukan untuk konfirmasi karena karakteristik fenotipik tersebut tidak cukup untuk mengidentifikasi suatu isolat hingga ke tingkat spesies.

Kawasan Mandeh di Sumatera Barat memiliki ekosistem mangrove dengan kondisi lingkungan yang dipengaruhi oleh interaksi antara perairan dan daratan. Variasi salinitas, pH, karakteristik sedimen, dan kondisi lingkungan setempat berpotensi mendukung keberadaan komunitas bakteri dengan karakteristik yang beragam. Akan tetapi, informasi mengenai karakteristik isolat bakteri yang diduga termasuk genus *Bacillus* dari tanah mangrove di kawasan ini masih perlu dikembangkan. Keterbatasan informasi tersebut menjadi dasar perlunya eksplorasi melalui isolasi dan karakterisasi awal bakteri dari beberapa lokasi mangrove di kawasan Mandeh.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengarakterisasi bakteri yang secara presumtif termasuk genus *Bacillus* dari tanah mangrove di kawasan Mandeh, Sumatera Barat, berdasarkan karakteristik morfologi koloni, pewarnaan Gram, pewarnaan endospora, dan uji katalase. Penelitian ini diharapkan dapat menyediakan informasi awal mengenai keragaman karakteristik isolat bakteri dari tanah mangrove Mandeh sebagai dasar bagi penelitian lanjutan. Identifikasi molekuler diperlukan untuk mengonfirmasi identitas taksonominya, sedangkan pengujian aktivitas antibakteri diperlukan untuk mengevaluasi kemampuannya dalam menghasilkan senyawa antimikroba.

Bahan dan Metode

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2026. Pengambilan sampel dilakukan di kawasan mangrove Mandeh, Kecamatan Koto XI Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatra Barat. Isolasi dan karakterisasi isolat *Bacillus*

dilakukan di Laboratorium Biota Sumatera, Universitas Andalas.

Sterilisasi Alat dan Medium

Setelah dibersihkan, setiap peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini disterilkan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 2 atm.

Pengambilan Sampel Tanah Mangrove

Saat air surut, sampel tanah diambil di tiga lokasi ekosistem mangrove: Pulau Cubadak, muara Mandeh, dan muara Sungai Nyalo. Di setiap lokasi, ditetapkan tiga titik pengambilan sampel dengan tiga ulangan untuk masing-masing titik; jarak antar-titik adalah sekitar 100 meter. Sebanyak sembilan sampel tanah dikumpulkan dari ketiga lokasi tersebut, karena setiap titik diperlakukan sebagai sampel biologis yang terpisah. Tabel 1 menyajikan koordinat geografis untuk setiap titik pengambilan sampel yang diperoleh menggunakan GPS.

Dengan menggunakan spatula steril, sampel tanah diambil dari zona perakaran mangrove pada kedalaman 0–20 cm. Dari setiap lokasi pengambilan sampel, sebanyak 100 g tanah dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam wadah steril, yang kemudian diberi label berupa kode sampel dan lokasi pengambilan. Sebelum prosedur isolasi bakteri dilakukan, seluruh sampel dibawa ke laboratorium dalam wadah tertutup rapat dan disimpan pada suhu -20 °C. Untuk meminimalkan kontaminasi serta perubahan pada sifat mikrobiologis sampel, proses pengambilan dan penanganan sampel dilakukan secara aseptis.

Pembuatan Medium Nutrient Agar (NA)

Pembuatan media Nutrient Agar (NA), larutkan 20 gram bubuk NA ke dalam 1000 mililiter air suling. Gunakan pengaduk magnetik (magnetic stirrer) untuk menghomogenkan campuran tersebut sambil memanaskannya di atas pelat pemanas (hotplate) hingga larut sepenuhnya. Setelah itu, media disterilkan selama 15 menit pada suhu 121ºC dan tekanan 1 atm.

Isolasi Bakteri dan Pemurnian Isolat Bakteri

Isolasi bakteri dilakukan melalui kombinasi perlakuan *heat shock* dan pengenceran serial untuk memperoleh bakteri pembentuk endospora. Perlakuan *heat shock* digunakan sebagai tahap seleksi awal karena endospora memiliki ketahanan terhadap panas yang lebih tinggi dibandingkan sel vegetatif. Namun, perlakuan ini tidak secara spesifik mengidentifikasi bakteri genus *Bacillus*, karena kelompok bakteri pembentuk endospora lainnya juga dapat bertahan terhadap perlakuan tersebut.

Vortex mixer digunakan untuk menghomogenkan sampel tanah seberat 1 g yang disuspensikan dalam 9 mL larutan NaCl steril 0,9% selama satu menit. Setelah itu, suspensi tersebut dipanaskan dalam penangas air pada suhu 80°C selama sepuluh menit. Perlakuan kejut panas ini diikuti dengan pengenceran bertingkat mulai dari 10^{-2} hingga 10^{-6}. Sebanyak 100 µL alikuot dari setiap tingkat pengenceran disebarkan secara aseptis ke atas media Nutrient Agar (NA) dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 hingga 48 jam. Melalui metode gores kuadran yang dilakukan berulang kali, koloni dengan karakteristik morfologi yang unik dipilih dan dimurnikan hingga diperoleh koloni tunggal. Selanjutnya, isolat murni tersebut disimpan pada media agar miring (*agar slant*) untuk dianalisis lebih lanjut.

Karakterisasi Morfologi Isolat

Isolat dikarakterisasi menggunakan metode makroskopis maupun mikroskopis. Koloni yang tumbuh pada media NA (*Nutrient Agar*) diamati di bawah mikroskop, kemudian dicatat warna, bentuk, elevasi, tepi, tekstur permukaan, serta warna bagian balik koloni tersebut (Cappuccino, 2008). Pewarnaan Gram dan pewarnaan endospora digunakan untuk pemeriksaan mikroskopis. Pewarnaan Gram diterapkan untuk menentukan morfologi sel bakteri dan reaksi Gram. Preparat diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1.000 kali. Bakteri Gram-positif akan tampak berwarna ungu, sedangkan bakteri Gram-negatif akan tampak berwarna merah muda hingga merah (Lay, 1994).

Pewarnaan endospora dilakukan menggunakan larutan *malachite green* untuk mengamati keberadaan endospora pada sel bakteri. Saat pewarna tandingan safranin diaplikasikan, endospora akan tampak berwarna hijau, sedangkan sel vegetatif akan tampak berwarna merah atau merah muda (Hussey & Zayaitz, 2011). Karakter yang diamati meliputi

keberadaan endospora, bentuk endospora, dan posisinya di dalam sel, yaitu sentral, subterminal, atau terminal, apabila dapat dibedakan berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis.

Uji katalase dilakukan untuk mengetahui kemampuan isolat menghasilkan enzim katalase melalui penguraian hidrogen peroksida. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya gelembung gas setelah isolat direaksikan dengan larutan H_2O_2 3%.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Lingkungan dan Jumlah Isolat Bakteri

Hasil isolasi tanah mangrove di kawasan Mandeh menunjukkan bahwa diperoleh 12 isolat bakteri yang diduga termasuk genus *Bacillus* dari tiga lokasi pengambilan sampel. Sebanyak 3 isolat diperoleh dari Muara Sungai Nyalo (BMT1), 5 isolat dari Muara Mandeh (BMT2), dan 4 isolat dari Pulau Cubadak (BMT3). Jumlah isolat terbanyak diperoleh dari Muara Mandeh, sedangkan jumlah paling sedikit berasal dari Muara Sungai Nyalo.

Perbedaan jumlah isolat yang diperoleh antarlokasi dapat berkaitan dengan variasi kondisi lingkungan, terutama salinitas, pH, dan suhu. Ketiga faktor tersebut dapat memengaruhi pertumbuhan dan keberadaan bakteri di lingkungan mangrove. Berdasarkan pengukuran, salinitas di Muara Sungai Nyalo berkisar 21–27‰, Muara Mandeh 23–27‰, dan Pulau Cubadak 29–33‰. Nilai pH pada ketiga lokasi berkisar 6,2–7,8, sedangkan suhu berkisar 25–32°C (Tabel 1).

Tabel 1. Faktor abiotik lingkungan

No	Kode Isolat	Lokasi	Salinitas (‰)	pH	Suhu (°C)
1	BMT1.1	Muara Sungai Nyalo	27	7,8	26
2	BMT1.2	Muara Sungai Nyalo	21	6,6	27
3	BMT1.3	Muara Sungai Nyalo	25	7	27
4	BMT2.1	Muara Mandeh	24	7,2	29
5	BMT2.2	Muara Mandeh	27	7,5	28
6	BMT2.3	Muara Mandeh	25	7	26
7	BMT2.4	Muara Mandeh	25	6,8	25
8	BMT2.5	Muara Mandeh	23	6,6	27
9	BMT3.1	Pulau Cubadak	30	7,4	28
10	BMT3.2	Pulau Cubadak	29	7	25
11	BMT3.3	Pulau Cubadak	32	6,2	32
12	BMT3.4	Pulau Cubadak	33	7	32

Variasi kondisi lingkungan tersebut menunjukkan bahwa setiap lokasi memiliki karakteristik abiotik yang berbeda. Meskipun demikian, hubungan antara faktor lingkungan dan jumlah isolat belum dapat dipastikan karena penelitian ini belum menguji hubungan statistik antara parameter lingkungan dan jumlah bakteri. Selain itu, perbedaan jumlah isolat yang diperoleh juga dapat dipengaruhi oleh kondisi pengambilan sampel dan keberhasilan proses isolasi. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa tanah mangrove di kawasan Mandeh merupakan sumber isolat bakteri yang berpotensi untuk dikaji lebih lanjut, termasuk melalui pengujian aktivitas fungsional dan produksi metabolit sekunder (Putri, 2022).

Karakteristik Morfologi Koloni Isolat

Hasil pengamatan makroskopis pada media *Nutrient Agar* (NA) menunjukkan bahwa 12 isolat memiliki karakteristik morfologi koloni yang bervariasi. Bentuk koloni terdiri atas bulat (*circular*) dan tidak beraturan (*irregular*), dengan warna putih susu hingga krem. Elevasi koloni berupa datar (*flat*) dan cembung (*convex*), sedangkan tepian koloni terdiri atas rata (*entire*) dan bergelombang (*undulate*). Tekstur koloni bervariasi dari kering hingga halus (Tabel 2). Variasi karakteristik tersebut menunjukkan adanya perbedaan fenotipik antarisolat yang diperoleh dari ketiga lokasi pengambilan sampel.

Variasi bentuk, warna, elevasi, tepi, dan tekstur koloni merupakan karakter fenotipik yang dapat digunakan sebagai dasar karakterisasi awal isolat bakteri. Namun, karena karakteristik ini

dapat ditemukan pada berbagai kelompok bakteri, ciri-ciri morfologis suatu koloni tidak cukup untuk mengidentifikasi isolat secara konklusif hingga ke tingkat genus atau spesies. Oleh karena itu, untuk memperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai identitas isolat tersebut, hasil pengamatan makroskopis harus dilengkapi dengan karakterisasi mikroskopis dan uji biokimia.

Tabel 2. Karakteristik Morfologi Isolat *Bacillus* Secara Makroskopis

No	Kode Isolat	Bentuk	Warna	Elevasi	Margin	Tekstur	Lokasi
1	BMT1.1	Circular	Putih susu	Flat	Entire	Kering	Muara Sungai Nyalo
2	BMT1.2	Circular	Krem	Convex	Entire	Kering	Muara Sungai Nyalo
3	BMT1.3	Circular	Krem	Convex	Entire	Kering	Muara Sungai Nyalo
4	BMT2.1	Irregular	Krem	Convex	Undulate	Halus	Muara Mandeh
5	BMT2.2	Irregular	Putih	Convex	Undulate	Halus	Muara Mandeh
6	BMT2.3	Irregular	Putih susu	Flat	Undulate	Kering	Muara Mandeh
7	BMT2.4	Circular	Krem	Flat	Entire	Halus	Muara Mandeh
8	BMT2.5	Circular	Krem	Convex	Undulate	Kering	Muara Mandeh
9	BMT3.1	Irregular	Putih susu	Flat	Entire	Kering	Pulau Cubadak
10	BMT3.2	Circular	Krem	Convex	Entire	Halus	Pulau Cubadak
11	BMT3.3	Circular	Krem	Convex	Undulate	Halus	Pulau Cubadak
12	BMT3.4	Circular	Krem	Flat	Undulate	Halus	Pulau Cubadak

Karakteristik Mikroskopis dan Uji Katalase

Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa ke-12 isolat memiliki sifat Gram-positif, yang ditandai dengan sel-sel bakteri yang berwarna ungu setelah prosedur pewarnaan. Pengamatan mikroskopis juga menunjukkan bahwa seluruh isolat berbentuk batang (basil). Hasil pewarnaan endospora memperlihatkan adanya struktur endospora pada seluruh isolat. Keberadaan endospora merupakan salah satu karakter penting kelompok bakteri pembentuk endospora, termasuk genus *Bacillus*. Struktur tersebut berperan dalam mempertahankan kelangsungan hidup bakteri ketika menghadapi kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, seperti suhu tinggi, kekeringan, dan tekanan lingkungan lainnya (Logan & De Vos, 2015).

Untuk setiap isolat, uji katalase memberikan hasil yang baik. Hal ini ditandai dengan munculnya gelembung gas setelah koloni bakteri dipaparkan pada larutan H2O2 3%. Gelembung tersebut terdiri dari gas oksigen yang terbentuk ketika hidrogen peroksida diurai menjadi oksigen dan air oleh enzim katalase. Jika uji katalase menunjukkan hasil positif, berarti seluruh isolat tersebut memiliki aktivitas enzim katalase dalam kondisi yang diteliti.

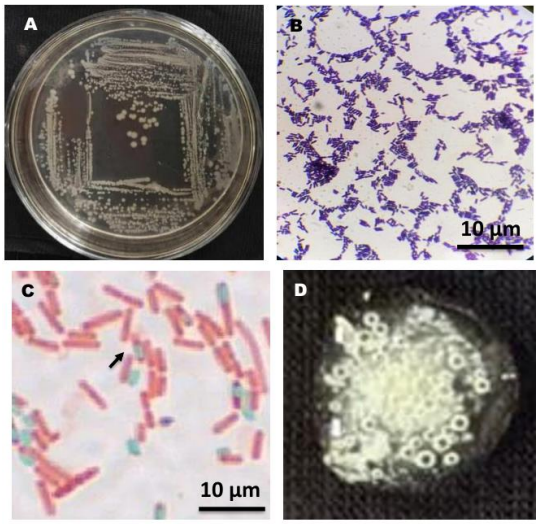
Kombinasi karakter Gram positif, bentuk sel batang, keberadaan endospora, dan hasil katalase positif mendukung identifikasi awal seluruh isolat sebagai bakteri yang secara presumtif termasuk genus *Bacillus*. Akan tetapi, karakteristik-karakteristik ini tidak cukup untuk menentukan klasifikasi taksonominya secara konklusif karena ciri-ciri tersebut juga ditemukan pada sejumlah taksa bakteri lainnya. Oleh karena itu, identifikasi molekuler diperlukan untuk memverifikasi identitas isolat tersebut, khususnya pada tingkat genus dan spesies.

Tabel 3. Karakteristik Isolat Secara Mikroskopik

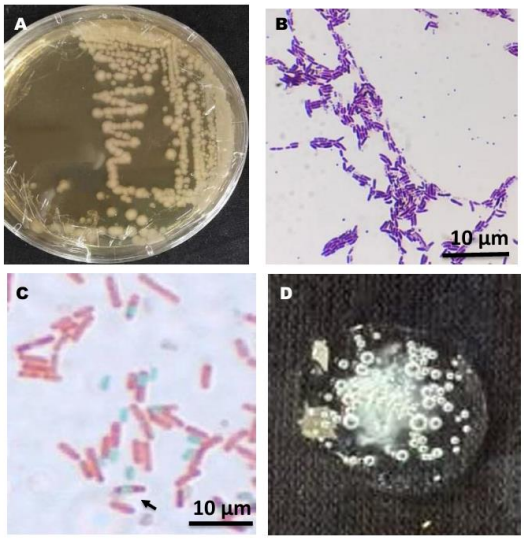
No	Kode Isolat	Gram	Bentuk sel	Katalase	Endospora
1	BMT1.1	+	Basil	+	Ada
2	BMT1.2	+	Basil	+	Ada
3	BMT1.3	+	Basil	+	Ada
4	BMT2.1	+	Basil	+	Ada
5	BMT2.2	+	Basil	+	Ada
6	BMT2.3	+	Basil	+	Ada
7	BMT2.4	+	Basil	+	Ada
8	BMT2.5	+	Basil	+	Ada
9	BMT3.1	+	Basil	+	Ada
10	BMT3.2	+	Basil	+	Ada
11	BMT3.3	+	Basil	+	Ada
12	BMT3.4	+	Basil	+	Ada

Gambar 1 menunjukkan dokumentasi hasil karakterisasi isolat BMT1.2, meliputi morfologi koloni pada media NA, pewarnaan Gram, pewarnaan endospora, dan uji katalase. Dokumentasi isolat BMT2.4 disajikan pada

Gambar 2 sebagai perwakilan isolat yang diperoleh dari Muara Mandeh. Kedua dokumentasi tersebut memperlihatkan hasil karakterisasi yang mendukung pengelompokan awal isolat berdasarkan karakter fenotipik yang diamati.



Gambar 1. Hasil konfirmasi isolat bakteri BMT1.2 (A) Koloni bakteri (B) Pewarnaan gram (C) Pewarnaan endospora (D) Uji Katalase



Gambar 2. Hasil konfirmasi isolat bakteri BMT2.4 (A) Koloni bakteri (B) Pewarnaan gram (C) Pewarnaan endospora (D) Uji Katalase

Pembahasan

Hasil isolasi dari tiga lokasi ekosistem mangrove, yaitu Muara Sungai Nyalo, Muara Mandeh, dan Pulau Cubadak, memperoleh 12 isolat bakteri dengan karakteristik fenotipik yang mengarah pada genus *Bacillus*. Keberadaan bakteri kelompok ini di ekosistem mangrove juga dilaporkan oleh Dewiyanti et al. (2022), yang berhasil memperoleh 39 isolat bakteri dari tanah mangrove di pesisir utara Aceh. Dua isolat di antaranya diidentifikasi secara molekuler sebagai *Bacillus safensis* dan *Bacillus altitudinis*. Hasil tersebut memperkuat bahwa tanah mangrove merupakan salah satu habitat bagi bakteri kelompok *Bacillus*. Penelitian Saavedra et al. (2024) di sedimen mangrove Puerto Hualtaco, Ekuador, juga menunjukkan keberhasilan isolasi dan karakterisasi bakteri yang diidentifikasi sebagai *Bacillus* melalui karakter morfologi, biokimia, dan fisiologi. Dengan demikian, temuan 12 isolat presumtif *Bacillus* dari kawasan Mandeh sejalan dengan hasil penelitian pada ekosistem mangrove di wilayah lain.

Perbedaan kondisi lingkungan pada ketiga lokasi, terutama salinitas, pH, dan suhu, menunjukkan adanya variasi faktor abiotik di habitat pengambilan sampel. Kondisi tersebut berpotensi memengaruhi komposisi dan struktur komunitas mikroorganisme tanah mangrove. Liu et al. (2024) melaporkan bahwa salinitas dan suhu merupakan beberapa faktor lingkungan penting yang berhubungan dengan struktur komunitas bakteri pada sedimen mangrove di Guangxi, China. Penelitian Nimnoi dan Pongsilp (2022) juga menunjukkan bahwa faktor lingkungan berperan dalam membentuk komunitas bakteri tanah mangrove, meskipun pengaruhnya tidak selalu sama untuk seluruh parameter. Dalam penelitian tersebut, bahan organik tanah menjadi faktor utama yang memengaruhi struktur komunitas, sedangkan salinitas berhubungan dengan jumlah spesies yang teramati dan kekayaan bakteri. Hasil ini menunjukkan bahwa respons komunitas mikroba terhadap kondisi lingkungan bersifat kompleks dan tidak hanya ditentukan oleh satu faktor abiotik.

Pada penelitian ini, salinitas di Muara Sungai Nyalo berkisar 21–27‰, Muara Mandeh 23–27‰, dan Pulau Cubadak 29–33‰. Nilai pH pada ketiga lokasi berkisar 6,2–7,8, sedangkan suhu berkisar 25–32°C. Kisaran tersebut memperlihatkan bahwa isolat diperoleh dari lingkungan dengan variasi salinitas dan suhu. Penelitian Liu et al. (2022) secara khusus menunjukkan bahwa komunitas *Bacillus* pada ekosistem mangrove dipengaruhi oleh perubahan

musim, terutama suhu. Menariknya, pengaruh suhu terhadap komunitas *Bacillus* dalam penelitian tersebut lebih kuat dibandingkan pengaruh perbedaan lokasi. Temuan ini menunjukkan bahwa suhu dapat menjadi salah satu faktor penting dalam dinamika komunitas *Bacillus*. Namun, penelitian ini belum menguji hubungan antara parameter lingkungan dan karakteristik isolat secara statistik. Oleh karena itu, perbedaan jumlah isolat yang diperoleh dari ketiga lokasi belum dapat dijelaskan sebagai akibat langsung dari perbedaan salinitas, pH, atau suhu. Jumlah isolat hasil kultur juga tidak dapat langsung digunakan untuk menggambarkan kelimpahan populasi bakteri di habitat asalnya.

Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa seluruh isolat memperlihatkan warna ungu dan berbentuk batang. Karakter tersebut mengindikasikan bahwa isolat termasuk kelompok bakteri Gram positif berbentuk basil. Karakter serupa dilaporkan oleh Tang *et al.,* (2023) pada dua strain bakteri yang diisolasi dari sedimen mangrove Zhangjiang Estuary, China. Kedua galur tersebut berbentuk batang, bersifat Gram-positif, dan mampu membentuk endospora. Selain itu, bakteri dengan karakteristik berbentuk batang, mampu membentuk endospora, dan bersifat Gram-positif juga ditemukan dalam sedimen mangrove oleh James *et al.,* (2025). Kesamaan karakter tersebut mendukung hasil karakterisasi fenotipik isolat dari kawasan Mandeh. Meskipun demikian, karakter Gram positif dan bentuk batang tidak hanya dimiliki oleh genus *Bacillus*, tetapi juga ditemukan pada kelompok bakteri lain, termasuk anggota famili Bacillaceae. Oleh sebab itu, karakter tersebut perlu dikombinasikan dengan hasil pengujian lainnya.

Karakterisasi lebih lanjut terhadap isolat BMT1.3 menunjukkan koloni berbentuk bulat, berwarna krem, memiliki elevasi cembung (*convex*), tepian rata (*entire*), dan tekstur kering. Di bawah mikroskop, isolat ini berbentuk batang, bersifat Gram-positif, serta memiliki endospora di bagian tengah. Saat ditambahkan $H2O_2$ 3%, muncul gelembung gas yang menunjukkan hasil positif pada uji katalase. Sementara itu, isolat BMT2.4 memiliki koloni berbentuk bulat, berwarna krem, elevasi datar (*flat*), tepian rata (*entire*), dan tekstur halus. Isolat ini juga menunjukkan karakter Gram positif berbentuk batang, memiliki endospora dengan posisi sentral, serta memberikan hasil uji katalase positif. Perbedaan karakter koloni antara kedua isolat menunjukkan adanya variasi morfologi makroskopis meskipun keduanya memperlihatkan kesamaan karakter mikroskopis dan hasil uji katalase.

Dewiyanti *et al.,* (2022) juga menemukan variasi morfologis pada koloni bakteri dari habitat mangrove, dengan mencatat adanya perbedaan dalam bentuk, tepi, ketinggian, dan warna koloni di antara isolat bakteri yang berasal dari tanah mangrove di Aceh. Senada dengan hal tersebut, Saavedra *et al.,* (2024) menemukan bahwa koloni bakteri yang diisolasi dari sedimen mangrove memiliki variasi baik dalam bentuk maupun warnanya. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa karakter morfologi koloni dapat bervariasi antarisolat yang berasal dari habitat mangrove. Oleh karena itu, perbedaan morfologi koloni BMT1.3 dan BMT2.4 tidak serta-merta menunjukkan perbedaan genus, tetapi dapat menjadi karakter pembeda awal antarisolat yang perlu dikaji bersama karakter lainnya.

Keberadaan endospora merupakan salah satu karakter penting dalam karakterisasi kelompok *Bacillus*. Struktur endospora berkaitan dengan kemampuan bakteri mempertahankan kelangsungan hidup ketika menghadapi kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Tang et al. (2023) melaporkan bahwa bakteri *Bacillus litorisediminis* yang diisolasi dari sedimen mangrove memiliki kemampuan membentuk endospora dan mampu tumbuh pada kisaran suhu 25–55°C. Penelitian Sefrji *et al.,* (2022) juga menunjukkan bahwa sedimen mangrove Laut Merah mengandung bakteri yang dapat dikultur, termasuk anggota famili Bacillaceae, yang karakterisasinya memerlukan pendekatan fisiologis dan molekuler. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa kelompok Bacillaceae memiliki keragaman karakter fisiologis dan taksonomi pada lingkungan mangrove. Meskipun demikian, keberadaan endospora pada isolat BMT1.3 dan BMT2.4 hanya menunjukkan kemampuan membentuk struktur tersebut. Hasil ini belum membuktikan bahwa kedua isolat memiliki toleransi tinggi terhadap salinitas atau kondisi lingkungan ekstrem karena pengujian ketahanan terhadap variasi salinitas, pH, dan suhu belum dilakukan.

Kemampuan bakteri untuk mengubah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen ditunjukkan oleh hasil uji katalase yang positif pada setiap isolat. Terbentuknya gelembung gas setelah penambahan H_2O_2 merupakan bukti terjadinya reaksi ini. Karakter katalase positif dapat mendukung karakterisasi fenotipik bakteri, tetapi tidak bersifat spesifik untuk genus *Bacillus*. Oleh karena itu, hasil uji katalase perlu dipertimbangkan bersama karakter Gram, bentuk sel, keberadaan endospora, dan karakter morfologi koloni. Pendekatan kombinasi karakter fenotipik juga digunakan dalam penelitian Saavedra et al. (2024) dan James et al. (2025) untuk menyeleksi isolat bakteri dari sedimen mangrove sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut.

Meskipun sejumlah penelitian telah melaporkan keberadaan *Bacillus* pada sedimen dan tanah mangrove, hasil penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa tidak semua isolat yang memiliki karakter awal serupa memperlihatkan fungsi biologis yang sama. James *et al.*. (2025), misalnya, memperoleh 18 isolat bakteri Gram positif berbentuk batang dan membentuk endospora dari 52 isolat awal. Namun, hanya dua isolat yang menunjukkan aktivitas antagonistik terhadap seluruh bakteri patogen yang diuji, sedangkan beberapa isolat lainnya tidak memperlihatkan aktivitas penghambatan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa karakter fenotipik yang mengarah pada *Bacillus* tidak dapat langsung digunakan untuk menyimpulkan adanya aktivitas antibakteri. Dengan demikian, 12 isolat dari kawasan Mandeh belum dapat dinyatakan memiliki aktivitas antimikroba karena penelitian ini belum melakukan pengujian antibakteri.

Secara taksonomi, identifikasi anggota genus *Bacillus* juga memiliki tantangan karena keragaman dan perkembangan klasifikasinya. Xu dan Kovács (2024) menjelaskan bahwa karakterisasi dan klasifikasi *Bacillus* tidak selalu mudah dilakukan menggunakan satu pendekatan identifikasi. Analisis gen 16S rRNA dapat digunakan sebagai tahap awal identifikasi molekuler, tetapi memiliki keterbatasan dalam membedakan sejumlah spesies yang berkerabat dekat. Oleh karena itu, penggunaan penanda gen tambahan, seperti *gyrA*, *gyrB*, atau *rpoB*, maupun pendekatan genomik dapat diperlukan untuk memperoleh resolusi taksonomi yang lebih tinggi. Hal tersebut juga terlihat pada penelitian Tang *et al.*, (2023), yang menggunakan pendekatan taksonomi polifasik untuk mengkarakterisasi bakteri baru dari sedimen mangrove.

Berdasarkan hasil penelitian dan perbandingan dengan penelitian terdahulu, 12 isolat yang diperoleh dari tanah mangrove kawasan Mandeh menunjukkan karakter fenotipik yang mendukung identifikasi presumtif sebagai anggota genus *Bacillus*. Karakter tersebut meliputi Gram positif, bentuk sel batang, keberadaan endospora, dan hasil uji katalase positif. Penelitian ini menambah informasi awal mengenai keberadaan bakteri presumtif *Bacillus* pada tiga lokasi mangrove di kawasan Mandeh. Namun, identitas taksonomi isolat belum dapat dipastikan hanya berdasarkan karakter fenotipik. Identifikasi molekuler dan pengujian fisiologis lebih lanjut diperlukan untuk mengonfirmasi identitas serta mengevaluasi toleransi isolat terhadap variasi salinitas, pH, dan suhu.

Kesimpulan

Sebanyak 12 isolat bakteri berhasil diperoleh dari tanah mangrove di kawasan Mandeh. Seluruh isolat menunjukkan karakter fenotipik berupa Gram positif, berbentuk batang, memiliki endospora, dan memberikan hasil uji katalase positif. Karakteristik tersebut mendukung identifikasi presumtif isolat sebagai anggota genus *Bacillus*. Namun, identitas taksonomi isolat belum dapat dipastikan karena belum dilakukan identifikasi molekuler.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Bioteknologi Pascasarjana Universitas Andalas atas fasilitas dan dukungan selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pengambilan sampel, pelaksanaan penelitian di laboratorium, serta penyusunan naskah ini. Penelitian ini didanai oleh Hibah Pascasarjana Universitas Andalas, Padang.

Referensi

Barakate, A. (2002). Antibiotic discovery from

bacteria and actinomycetes. *Journal of Microbial Drug Resistance*. 8(1). 1-7. https://doi.org/10.1038/ja.2008.16

Caulier, S. (2019). Bacillus species as promising sources of bioactive metabolites. *Frontiers in Microbiology*. 10(2). 1801-2002. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00302

Capdeville, C., T. T. Nguyen, & D.V.Tran. (2019). Environmental gradients and microbial diversity in mangrove ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 1(9). 214-217. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03337

Cappucino, J. G., & N. Sherman. (2008). *Microbiology: A laboratory manual (9th ed.).* Pearson Education.

Hussey, R. S., & M. Zayaitz. (2011). Endospore staining techniques. *Journal of Bacteriology Methods*. 87(3). 264-268. https://doi.org/10.1002/9780471729259.mca03js15

Lay, M. (1994). *Teknik pewarnaan Gram pada bakteri*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.

Paray, A.A., M. A. Singh, M. A. Mir, & A. Kaur. (2023). Gram Staining: A Brief Review. *International Journal of Research and Review*. 10(9). 336–341. https://doi.org/10.52403/ijrr.20230934

Putri, I., S. N. Jannah, & S. Purwantisari. (2022). Isolation and Characterization of Lactic Acid Bacteria from Apis mellifera and their Potential as Antibacterial Using In Vitro Test Against Growth of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli*. *NICHE: Journal of Tropical Biology, 3(1), 26-34. https://doi.org/10.14710/niche.3.1.26-34*

Rajput, S. (2024). Impact of antibiotic resistance on global health. *Lancets Infectious Diseases. 24(1). 12-20.* https://doi.org/10.1016/S01406736(24)01867-1

Rocha, G. T., S. C. L. Montalvao, P. R, M. Queiroz, M. R. Bercot, A. C. M. M. Gomes, & R. G. Monerat. (2023). Morphological and biochemical characterization of bacterial species of *Bacillus*, *Lysinibacillus* and *Brevibacillus*. *Revista Ceres*. 70(3). 91–104. https://doi.org/10.1590/0034737X202370030010

Rodesia, H., E. Pratiwi, & D. Santoso. (2013). Keanekaragaman mikroba tanah mangrove. *Jurnal Biologi Tropis*. 13(2). 85–92.

Tanwar, J., S. Das, Z. Fatima, & S. Hameed. (2014). Multidrug resistance mechanisms in bacteria. *Journal of Clinical Pathology*. 67(4). 299-306. https://doi.org/10.1155/2014/541340

Wang L. T., F. L. Lee, C. J. Tai, & H. Kasai. (2009). Phylogenetic relationships beetwen *Bacillus* species inferred from 16S rDNA sequences. *Brazilian Journal of Microbiology*. 7(4). 17-23. https://doi.org/10.1590/S151783822009000300013

Birnbaum, C., Waryszak, P., Trevathan-Tackett, S. M., Bowen, J. L., Connolly, R. M., Duarte, C. M., & Macreadie, P. I. (2025). Global review of blue carbon ecosystem microbial communities. Environmental Microbiology, 27(8), e70168. https://doi.org/10.1111/1462-2920.70168

Dewiyanti, I., Darmawi, D., Muchlisin, Z. A., Helmi, T. Z., Arisa, I. I., Rahmiati, R., Destri, E., & Fanisha, S. (2022). Characteristic and activity of cellulolytic bacteria isolated from mangrove soil in Northern Coast of Aceh Province, Indonesia. *Biodiversitas,* 23(12), 6587–6599. https://doi.org/10.13057/biodiv/d231258

James, G., Radhakrishnan, V., Marathippallam Jamal, J., Geetha, P. P., Pillai, D., et al. (2025). Exploring the probiotic potential of B. cereus and B. velezensis associated with mangrove sediments in aquaculture. *Discover Oceans*, 2, Article 15. https://doi.org/10.1007/s44289-025-00053-w

Liu, G.-H., Liu, D.-Q., Wang, P., Chen, Q.-Q., Che, J.-M., Wang, J.-P., Li, W.-J., & Zhou, S.-G. (2022). Temperature drives the assembly of Bacillus community in mangrove ecosystem. *Science of the Total Environment,* 846, 157496. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157496

Liu, Y., Chen, S., Liang, J., Song, J., Sun, Y., Liao, R., Liang, M., Cao, H., Chen, X., Wu, Y., Bei, L., Pan, Y., Yan, B., Li, Y., Tao, Y., Bu, R., & Gong, B. (2024). Bacterial community structure and

environmental driving factors in the surface sediments of six mangrove sites from Guangxi, China. *Microorganisms,* 12(12), 2607. https://doi.org/10.3390/microorganisms12122607

Nimnoi, P., & Pongsilp, N. (2022). Insights into bacterial communities and diversity of mangrove forest soils along the Upper Gulf of Thailand in response to environmental factors. *Biology,* 11(12), 1787. https://doi.org/10.3390/biology11121787

Saavedra, R., Vasquez, R., & Sorroza, L. (2024). Isolation and identification of Bacillus spp. from mangrove: Morphological, biochemical, physiological characteristics and inhibition tests. *Manglar,* 21(4), 507–516. https://doi.org/10.57188/manglar.2024.055

Sefrji, F. O., Marasco, R., Michoud, G., Seferji, K. A., Merlino, G., & Daffonchio, D. (2022). Insights into the cultivable bacterial fraction of sediments from the Red Sea mangroves and physiological, chemotaxonomic, and genomic characterization of Mangrovibacillus cuniculi gen. nov., sp. nov., a novel member of the Bacillaceae family. *Frontiers in Microbiology*, 13, 777986. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.777986

Tang, R., Yang, S., Han, S., Xie, C.-J., Huang, G.-M., Narsing Rao, M. P., Liu, G.-H., & Zhou, S.-G. (2023). Bacillus litorisediminis sp. nov., a thermophilic bacterium isolated from mangrove sediment. *Current Microbiology*, 80(2), Article 79. https://doi.org/10.1007/s00284-023-03180-9

Xu, X., & Kovács, Á. T. (2024). How to identify and quantify the members of the Bacillus genus? *Environmental Microbiology,* 26(2), e16593. https://doi.org/10.1111/1462-2920.16593