

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah, salah satunya di sektor pertambangan timah yang menjadikan Indonesia pemain penting di pasar global (Kementerian ESDM, 2023). Bangka Belitung merupakan daerah yang dilalui Jalur Sabuk Timah Asia Tenggara (Hutabarat dkk., 2023). Daerah kepulauan ini merupakan penghasil timah terbesar di Indonesia yang memenuhi kebutuhan nasional hingga internasional (Haryadi dkk., 2025). Berdasarkan data Minerba One Data Indonesia (MODI), produksi timah nasional pada tahun 2024 mencapai 39.814 ton, dengan 259 perusahaan tambang di Bangka Belitung bergerak (IKPLHD, 2024). Kegiatan pertambangan timah ini menunjukkan adanya peran strategis dalam pembangunan ekonomi nasional, namun juga memiliki dampak negatif yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan biotik, abiotik, dan sosial budaya (Subari dkk., 2021). Menurut penelitian Mongabay (2022), Tercatat sebanyak 12.327 kolong bekas tambang di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dengan total luas mencapai 15.579 ha. Sekitar 26% wilayah tergolong sebagai lahan potensial kritis, 9% tergolong kritis, dan 4% tergolong sangat kritis (Mongabay, 2022; Suwardi & Octaviana, 2024).

Aktivitas tambang timah menyebabkan perubahan bentang lahan dan vegetasi, membentuk lereng curam yang rawan longsor, mengganggu sistem hidrologi, serta menurunkan kesuburan tanah sehingga lahan menjadi kritis dan tidak produktif (Gultom dkk., 2022; Putri dkk., 2023). Penurunan kualitas

tanah pada lahan bekas tambang timah menyebabkan perubahan kondisi fisik, kimia, dan biologi tanah, seperti tingkat porositas tinggi, tekstur tanah yang kasar dengan dominasi pasir, kapasitas menahan air rendah, kapasitas tukar kation yang tergolong sangat rendah, pH tanah cenderung sangat masam, kadar C-organik dan unsur hara yang sangat rendah (Hamid dkk., 2017; Rosa dkk., 2023). Penelitian pada lahan bekas tambang timah juga menunjukkan bahwa tanah memiliki pH sekitar 4,6–4,7, kandungan C-organik sebesar 0,14–1,27%, N-total sekitar 0,14%, P-tersedia sebesar 1,57 ppm, dan K-tersedia sekitar 11,62 ppm yang tergolong rendah hingga sangat rendah (Rukmini & Putra, 2017). Kondisi tanah yang tidak stabil, minim nutrisi dan bahan organik, serta kontaminasi logam berat juga menyebabkan penurunan keragaman bakteri serta perubahan dalam struktur komunitas mikroba tanah, sehingga mampu meningkatkan dominasi kelompok tertentu dan menekan kelompok lainnya (Zadel dkk., 2020; Wang dkk., 2025). Akibatnya, kelompok bakteri yang tahan terhadap logam seperti Proteobacteria, Actinobacteria, dan Firmicutes menjadi lebih dominan, sementara kelompok yang lebih sensitif seperti Acidobacteria dan Chloroflexi berkurang (Hemmat-Jou, dkk., 2021).

Lahan bekas timah dapat mengalami suksesi alami yang ditandai dengan munculnya vegetasi pionir. Namun, proses suksesi alami tersebut berlangsung dalam waktu yang sangat lama (Isnaniarti dkk., 2018). Oleh karena itu, upaya pemulihan lahan dilakukan melalui reklamasi dan revegetasi untuk mengembalikan fungsi lahan secara optimal (Mulyani dkk., 2021). Meskipun demikian, keberhasilan reklamasi lahan pasca tambang timah di

Bangka Belitung masih tergolong rendah, dengan tingkat keberhasilan maksimal sekitar 25%. Beberapa area bekas tambang masih menunjukkan kondisi tandus serta pertumbuhan tanaman yang belum optimal (Haryadi dkk., 2018). Perbaikan sifat tanah menjadi langkah utama dalam reklamasi lahan bekas tambang timah. Salah satu upaya yang dilakukan yaitu penggunaan campuran kompos dengan *fly ash & bottom ash* yang terbukti mampu meningkatkan sifat kimia tanah dan kandungan unsur hara (Suwardi & Octaviana, 2024). Selain itu, penelitian Iskandar dkk. (2020) menyatakan bahwa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) diketahui mampu memperbaiki kualitas tanah dan menyediakan unsur hara bagi tanaman. Namun, tingginya kandungan selulosa pada bahan organik menyebabkan proses dekomposisi berlangsung relatif lambat.

Beberapa vegetasi lokal seperti *Acacia mangium*, *Syzygium buxifolium*, *Syzygium racemosum* B., *Syzygium* sp., *Schima wallichii*, *Trema orientalis*, *Eugenia* sp., *Alstonia angustifolia*, *Ficus padana*, *Alstonia scholaris*, *Vitex pinnata* L, *Melastoma malabathricum* L dan *Melastoma polyanthum* diketahui telah dimanfaatkan dalam proses revegetasi (Fanni dkk., 2022). Vegetasi yang dipilih pada penelitian ini meliputi *Acacia mangium*, *Anacardium occidentale*, *Casuarina equisetifolia*, *Melaleuca leucadendron*, *Melastoma malabathricum*, dan *Pennisetum* sp. Enam vegetasi tersebut merupakan vegetasi yang dominan dan mampu tumbuh sebagai vegetasi pionir secara alami maupun melalui proses revegetasi pada lahan bekas tambang timah di Bangka Belitung. Keberhasilan vegetasi tersebut tumbuh pada kondisi lingkungan yang miskin

unsur hara dan terdegradasi diduga tidak terlepas dari peran mikroorganisme rizosfer yang berasosiasi dengan perakarannya.

Bakteri rizosfer indigenous merupakan bakteri yang hidup secara alami dan beradaptasi secara optimal pada suatu lingkungan tertentu. Dibandingkan mikroba eksogen, bakteri indigenous memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan setempat sehingga berpotensi dimanfaatkan dalam proses reklamasi lahan terdegradasi (Akimbekov dkk., 2022). Penelitian Novalia dkk. (2021), menunjukkan bahwa bakteri seperti *Azotobacter* dan *Azospirillum* asal rizosfer tanaman lada di lahan bekas tambang timah berperan dalam penyediaan unsur N, produksi hormon tumbuh IAA, serta pemantapan agregat tanah. Penelitian Fulyani dkk. (2022) juga menunjukkan bahwa bakteri rizosfer tanaman kayu putih berperan sebagai indikator tingkat kesuburan tanah, penyedia unsur hara, serta penghasil zat pengatur tumbuh seperti giberelin, sitokinin, dan indol asam asetat (IAA). Selain itu, bakteri rizosfer diketahui memiliki kemampuan menghasilkan siderofor, serta mendegradasi bahan organik melalui aktivitas enzim selulase sehingga berkontribusi dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara dan mendukung proses bioremediasi pada lahan terdegradasi (Oleńska dkk., 2020; da Silva dkk., 2020).

Eksplorasi bakteri indigenous pada lahan terdegradasi menjadi langkah awal penting dalam mendukung reklamasi tanah karena kemampuannya beradaptasi pada kondisi miskin hara serta berpotensi menyediakan unsur hara bagi tanaman (Hajoeningtjas, 2023). Sebelum dimanfaatkan lebih lanjut, bakteri asal rizosfer perlu dikarakterisasi untuk memperoleh informasi

mengenai identitas, keragaman, dan potensi fungsionalnya. Karakterisasi morfologis dan fisiologis dilakukan melalui pengamatan morfologi koloni, morfologi sel, serta sifat fisiologis yang berkaitan dengan kemampuan adaptasi bakteri terhadap kondisi lingkungan tertentu (Nurkanto & Agusta, 2016). Meskipun potensi bakteri rizosfer pada lahan pascatambang telah banyak dilaporkan, penelitian mengenai karakterisasi morfologis dan fisiologis bakteri asal rizosfer vegetasi di lahan bekas tambang timah, khususnya di Bangka Belitung, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan sebagai langkah awal untuk mengeksplorasi potensi bakteri indigenous dalam mendukung pemulihan lahan bekas tambang timah secara berkelanjutan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini berjudul "Karakterisasi Morfologis dan Fisiologis Bakteri Asal Rizosfer Vegetasi di Lahan Bekas Tambang Timah."

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang diidentifikasi pada latar belakang di atas, dapat dirumuskan sebagai berikut.

- 1.2.1. Bagaimana karakteristik morfologis bakteri asal rizosfer pada vegetasi yang berbeda di lahan bekas tambang timah?
- 1.2.2. Bagaimana potensi fisiologis bakteri asal rizosfer pada vegetasi yang berbeda di lahan bekas tambang timah dalam mendukung reklamasi lahan?
- 1.2.3. Isolat unggul mana yang berpotensi dikembangkan sebagai konsorsium bakteri untuk mendukung reklamasi lahan bekas tambang timah?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk:

- 1.3.1. Mengkarakterisasi morfologi bakteri asal rizosfer pada vegetasi yang berbeda di lahan bekas tambang timah.
- 1.3.2. Menganalisis potensi fisiologis bakteri asal rizosfer pada vegetasi yang berbeda di lahan bekas tambang timah dalam mendukung upaya reklamasi lahan.
- 1.3.3. Mengidentifikasi isolat unggul yang berpotensi dikembangkan sebagai kandidat konsorsium bakteri untuk mendukung reklamasi lahan bekas tambang timah berdasarkan karakter morfologis, fisiologis, pola pertumbuhan, dan produksi biomassa.

1.4. Manfaat

Manfaat dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

- 1.4.1. Memberikan informasi mengenai keragaman dan potensi bakteri rizosfer pada berbagai vegetasi di lahan bekas tambang timah sebagai dasar pengembangan pemulihan lahan.
- 1.4.2. Mendukung pengembangan teknologi reklamasi yang ramah lingkungan berbasis bakteri rizosfer (biofertilizer dan bioremediasi) untuk mempercepat pemulihan ekosistem lahan bekas tambang timah secara berkelanjutan.
- 1.4.3. Menjadi dasar dalam pemilihan isolat bakteri unggul yang berpotensi dikembangkan sebagai kandidat konsorsium bakteri untuk mendukung reklamasi lahan bekas tambang timah.