

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan tingkat keanekaragaman hayati tertinggi di dunia, termasuk pada tingkat mikroorganisme. Keberadaan beragam ekosistem ekstrem, seperti sumber air panas, danau vulkanik, serta tanah gambut, menyediakan habitat unik bagi kelompok mikroba ekstremofil (Setiawan & Pratiwi, 2022). Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2023), terdapat lebih dari 200 titik sumber air panas alami yang tersebar di berbagai wilayah nusantara. Lingkungan-lingkungan tersebut berfungsi sebagai laboratorium alam yang potensial untuk penemuan mikroorganisme dengan karakter fisiologis dan biokimia yang jarang ditemui pada habitat biasa.

Sumber air panas merupakan salah satu tipe ekosistem ekstrem yang ditandai oleh suhu tinggi, variasi pH, serta kandungan mineral yang melimpah (Rahmawati *et al.*, 2021). Kondisi tersebut menciptakan tekanan seleksi yang mendorong terbentuknya komunitas mikroorganisme termotoleran dengan adaptasi fisiologis khusus. Mikroorganisme yang hidup pada lingkungan ekstrem ini sering menghasilkan enzim yang memiliki kestabilan tinggi terhadap suhu dan perubahan kondisi kimia, sehingga memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi bioteknologi industri (Ali *et al.*, 2020).

Di antara biomolekul yang sering menjadi fokus eksplorasi dari mikroba ekstrem, enzim selulase menempati posisi penting. Enzim ini berperan dalam menghidrolisis selulosa menjadi gula sederhana yang dapat dimanfaatkan sebagai

bahan baku bioenergi maupun produk industri lainnya (Singh & Kumar, 2021). Dalam ekosistem sumber air panas, selulosa dapat berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang terbawa aliran air atau terendapkan di sedimen. Selulase yang dihasilkan oleh bakteri termotoleran umumnya memiliki keunggulan berupa kestabilan termal dan toleransi pH yang tinggi, sehingga ideal untuk proses industri bersuhu tinggi. Oleh karena itu, eksplorasi mikroorganisme penghasil selulase dari lingkungan ekstrem menjadi strategi penting untuk memperoleh enzim yang lebih stabil dan efisien dibandingkan enzim dari mikroorganisme mesofilik.

Dalam beberapa tahun terakhir, industri bioteknologi menunjukkan peningkatan permintaan terhadap enzim yang stabil pada suhu tinggi. Laporan MarketsandMarkets (2022) memproyeksikan bahwa pasar enzim industri global akan mencapai nilai USD 8,7 miliar pada tahun 2027 dengan pertumbuhan tahunan 6,3%. Kondisi ini menunjukkan bahwa pencarian sumber enzim baru yang lebih stabil dan efisien menjadi kebutuhan penting dalam pengembangan industri berbasis bioteknologi. Enzim hidrolitik, termasuk selulase, menjadi salah satu segmen terbesar karena penggunaannya yang luas pada industri bioetanol, pulp dan kertas, pakan ternak, hingga pengolahan limbah organik. Namun, sebagian besar enzim komersial yang tersedia saat ini berasal dari mikroba mesofilik, yang memiliki keterbatasan stabilitas pada suhu tinggi.

Penelitian sebelumnya di Indonesia telah berhasil mengisolasi bakteri selulolitik termotoleran dari sejumlah sumber air panas, seperti Gunung Pancar (Ismail *et al.*, 2020) dan Kawah Kamojang (Prasetyo & Handayani, 2021). Temuan-temuan tersebut mengindikasikan potensi besar bakteri lokal dalam menghasilkan

enzim selulase yang tahan panas. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ekosistem geotermal merupakan habitat potensial bagi mikroorganisme penghasil enzim selulase yang stabil pada suhu tinggi. Meski demikian, aktivitas penelitian masih terkonsentrasi pada lokasi tertentu, sementara banyak sumber air panas lainnya belum mendapat perhatian, termasuk di wilayah Jawa Tengah.

Salah satu lokasi sumber air panas yang belum banyak diteliti dari perspektif mikrobiologi adalah Sumber Air Panas Kaliulo di Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Sebagian besar penelitian yang dilakukan di kawasan ini masih berfokus pada aspek geologi dan geokimia, sedangkan studi mengenai keanekaragaman mikroorganisme, khususnya bakteri penghasil enzim selulase, masih sangat terbatas. Padahal, kondisi lingkungan yang bersuhu tinggi dan kaya mineral pada sedimen Kaliulo berpotensi menjadi habitat bagi bakteri termotoleran yang mampu menghasilkan enzim dengan stabilitas tinggi.

Keterbatasan informasi tersebut menimbulkan kesenjangan penelitian (research gap) yang signifikan. Hingga kini, pengetahuan tentang keanekaragaman bakteri selulolitik termotoleran dari Kaliulo masih terbatas, padahal potensi aplikasinya cukup besar. Penelitian terdahulu umumnya hanya melakukan identifikasi secara morfologis atau biokimia, sedangkan pendekatan molekuler seperti analisis gen 16S rRNA untuk konfirmasi identitas bakteri belum dilakukan secara komprehensif (Prasetyo & Handayani, 2021).

Dari perspektif aplikatif, eksplorasi bakteri selulolitik termotoleran dari sumber air panas berpotensi menghasilkan kandidat enzim baru yang relevan untuk berbagai sektor industri. Misalnya, industri bioenergi memerlukan enzim yang

optimal pada suhu tinggi untuk mempercepat hidrolisis biomassa (Singh & Kumar, 2021). Selain itu, industri pulp, kertas, dan pakan ternak juga membutuhkan enzim dengan stabilitas tinggi dalam kondisi proses yang ekstrem.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada isolasi dan karakterisasi bakteri selulolitik termotoleran dari sedimen Sumber Air Panas Kaliulo. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi mikroorganisme lokal sebagai sumber enzim selulase yang stabil pada suhu tinggi, serta membuka peluang pemanfaatannya dalam berbagai aplikasi bioteknologi industri.

Penelitian mengenai bakteri selulolitik dari sumber air panas telah dilakukan di beberapa wilayah di Indonesia, namun eksplorasi mikroorganisme dari Sumber Air Panas Kaliulo di Kabupaten Semarang masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri selulolitik termotoleran dari sedimen Sumber Air Panas Kaliulo serta mengkaji aktivitas enzim selulase yang dihasilkan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi baru mengenai potensi bakteri selulolitik dari ekosistem geotermal lokal sebagai sumber enzim selulase yang berpotensi dimanfaatkan dalam bidang bioteknologi.

1.2 Permasalahan

- 1.2.1 Bagaimana karakteristik isolat bakteri selulolitik termotoleran yang diisolasi dari sedimen sumber air panas Kaliulo?

1.2.2 Bagaimana karakteristik (temperatur optimum dan pH optimum) aktivitas selulase dari isolat yang terpilih?

1.3 Tujuan

- 1.3.1 Mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri selulolitik termotoleran yang diisolasi dari sedimen sumber air panas Kaliulo
- 1.3.2 Mengetahui dan mengkarakterisasi aktivitas selulase hingga temperatur optimum dan pH optimum dari isolat yang terpilih.

1.4 Manfaat

- 1.4.1 Memperkaya informasi ilmiah dalam perkembangan riset terkait produksi enzim selulase dari bakteri potensial yang hidup pada ekosistem ekstrem.