

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perairan Tambakrejo yang terletak di pesisir Kota Semarang merupakan kawasan yang dipengaruhi oleh berbagai aktivitas antropogenik, seperti industri, limbah domestik, aktivitas pelabuhan, dan pembangunan infrastruktur pesisir (Pratama & Rahmawati, 2025). Lokasi Tambakrejo yang berdekatan dengan Pelabuhan Tanjung Emas dan kawasan industri menyebabkan wilayah ini berpotensi menerima masukan berbagai bahan pencemar, termasuk logam berat yang berasal dari aktivitas perkapalan, limbah industri, serta korosi konstruksi logam (Suryono & Indardjo, 2023). Kondisi tersebut meningkatkan risiko akumulasi logam berat pada perairan dan organisme yang hidup di dalamnya.

Salah satu organisme yang rentan terhadap pencemaran logam berat adalah kerang hijau (*Perna viridis*). Selain memiliki nilai ekonomis sebagai komoditas perikanan dan pangan masyarakat, kerang hijau merupakan organisme *filter-feeder* yang memperoleh makanan dengan menyaring sejumlah besar air dari lingkungan sekitarnya (Sagita *et al.*, 2017). Sifat ini menyebabkan kerang hijau mampu mengakumulasi berbagai bahan pencemar, termasuk logam berat, di dalam jaringan tubuhnya. Kemampuan akumulasi tersebut menjadikan kerang hijau sering digunakan sebagai bioindikator pencemaran perairan (Ningsih *et al.*, 2021; Saleh *et al.*, 2021).

Dari berbagai jenis logam berat yang terdapat di lingkungan perairan, timbal (Pb) dan tembaga (Cu) merupakan dua logam yang banyak ditemukan pada

kawasan pesisir yang dipengaruhi aktivitas industri dan pelabuhan (Dixit *et al.*, 2015). Timbal merupakan logam non-esensial yang bersifat toksik dan dapat mengganggu berbagai proses fisiologis organisme, sedangkan tembaga merupakan logam esensial yang diperlukan dalam jumlah kecil tetapi dapat menjadi toksik apabila terakumulasi dalam konsentrasi tinggi (Igiri *et al.*, 2018). Keberadaan kedua logam tersebut di lingkungan perairan tidak hanya berdampak pada organisme makro, tetapi juga pada komunitas mikroorganisme yang hidup berasosiasi dengan organisme akuatik.

Akumulasi Pb dan Cu pada jaringan kerang hijau menyebabkan mikrobiota yang berasosiasi di dalamnya terpapar secara terus-menerus oleh tekanan logam berat. Kondisi ini dapat mendorong terjadinya seleksi alami terhadap mikroorganisme yang memiliki mekanisme toleransi atau resistensi terhadap logam berat. Beberapa penelitian melaporkan bahwa kerang hijau menjadi habitat berbagai kelompok bakteri, seperti *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Alteromonas*, yang mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan perairan yang tercemar (Saleh *et al.*, 2021). Penelitian Nurhayati dan Putri (2019) juga menunjukkan bahwa bakteri yang diisolasi dari kerang hijau memiliki kemampuan resistensi terhadap logam berat seperti Pb, Cd, dan Hg serta berpotensi digunakan dalam proses bioremediasi.

Kemampuan bakteri untuk bertahan pada lingkungan yang tercemar logam berat didukung oleh berbagai mekanisme adaptasi fisiologis dan biokimia. Salah satu respons penting yang sering diamati adalah peningkatan sistem pertahanan antioksidan, terutama enzim Superoksida Dismutase (SOD).

Paparan logam berat dapat memicu pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang menyebabkan stres oksidatif dan kerusakan komponen seluler. Untuk mengurangi dampak tersebut, mikroorganisme meningkatkan aktivitas enzim antioksidan yang berfungsi menetralkan ROS sehingga sel tetap dapat bertahan hidup (Wang *et al.*, 2018; Nnaji *et al.*, 2024). Oleh karena itu, aktivitas SOD dapat digunakan sebagai indikator respons fisiologis bakteri terhadap tekanan logam berat.

Berdasarkan kondisi tersebut, isolasi dan karakterisasi bakteri yang berasosiasi dengan kerang hijau dari Perairan Tambakrejo menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri resisten logam berat dari kerang hijau (*Perna viridis*), menguji kemampuan resistensi dan bioremediasinya terhadap logam Pb dan Cu, mengevaluasi aktivitas enzim SOD sebagai respons terhadap paparan logam berat, serta mengidentifikasi isolat potensial secara molekuler menggunakan gen 16S rRNA. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi bakteri lokal sebagai agen bioremediasi pada lingkungan perairan yang tercemar logam berat.

Namun, hingga saat ini belum terdapat kajian yang secara spesifik mengkaji analisis enzimatik bakteri kerang hijau (*Perna viridis*) di wilayah Tambakrejo yang mempunyai kemampuan resistensi terhadap logam berat Pb dan Cu. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri resisten terhadap logam berat Pb dan Cu dari jaringan kerang hijau (*Perna viridis*) yang berasal dari perairan Tambakrejo, serta melakukan karakterisasi enzimatik dan

identifikasi isolat bakteri tersebut. Melalui pendekatan ini diharapkan dapat diketahui aktivitas enzim yang berperan sebagai profil adaptasi mikroba terhadap paparan logam berat, dengan demikian dapat diketahui kemampuan efektivitas mikroba dalam mekanisme resistensi logam berat maupun sebagai agen bioremediasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik morfologi makroskopis dan mikroskopis bakteri yang berhasil diisolasi dari jaringan yang bersumber kerang hijau (*Perna viridis*) dari perairan Tambakrejo yang dapat bertahan pada media yang diberi paparan logam berat Pb dan Cu pada konsentrasi 10 ppm?
2. Apakah terdapat isolat bakteri yang memiliki kemampuan pertumbuhan terbaik pada media dalam kondisi terpapar dengan konsentrasi logam berat 10, 100 dan 1000 ppm
3. Bagaimana aktivitas enzim superoksida dismutase (SOD) pada isolat bakteri terbaik yang mampu tumbuh sebagai respons terhadap paparan logam berat Pb dan Cu?
4. Bagaimana identifikasi molekuler isolat bakteri terbaik yang resisten terhadap logam berat Pb dan Cu berdasarkan analisis gen 16S rRNA?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik morfologi makroskopis dan mikroskopis bakteri yang berhasil diisolasi dari kerang hijau (*Perna viridis*) yang hidup di perairan Tambakrejo tercemar logam berat Pb dan Cu.
2. Menentukan isolat bakteri toleran logam berat dengan kemampuan pertumbuhan terbaik pada media yang mengandung logam Pb dan Cu 10, 100 dan 1000 ppm berdasarkan uji resistensi.
3. Menganalisis aktivitas enzim superoksida dismutase (SOD) pada isolat bakteri terpilih sebagai indikator respons antioksidatif terhadap paparan logam berat Pb dan Cu.
4. Mengidentifikasi isolat bakteri terbaik yang toleran terhadap logam berat Pb dan Cu berdasarkan analisis molekuler gen 16S rRNA.

1.4 Manfaat

Saat dan setelah dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat berkontribusi pada hal-hal berikut:

1. Memberikan pemahaman baru mengenai mekanisme adaptasi bakteri terhadap paparan logam berat melalui pengukuran aktivitas enzim.
2. Menjadi referensi untuk pengembangan penelitian lanjutan terkait agen bioremediasi lingkungan berbasis bakteri resisten logam dalam bidang molekuler.