

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Logam berat merupakan salah satu pencemaran yang masuk ke badan perairan (Pratama *et al.* 2012). Pencemaran logam berat memiliki dampak yang berkepanjangan, termasuk pada perairan di Semarang. salah satu penyebab tercemarnya perairan di Semarang, yakni faktor antropogenik atau aktivitas manusia, seperti limbah rumah tangga dan industri yang tidak diolah sesuai standar, kegiatan di pelabuhan yang produk sampingnya akan terbawa arus. Penyebab antropogenik, diantaranya korosi besi tua, navigasi kapal, pengecatan kapal, pelabuhan perikanan, transportasi kegiatan pertambangan (Asih *et al.* 2022).

Salah satu wilayah di Semarang yang terdampak cemaran logam berat adalah Tambak Mulyo. Tambak Mulyo merupakan bagian dari Tambak Lorok yang terletak di pesisir kota Semarang. lokasi Tambak Mulyo dikelilingi oleh industri-industri yang menghasilkan berbagai limbah yang kemudian masuk ke arus perairan Tambak Mulyo sehingga menyebabkan pencemaran logam berat.

Logam berat adalah logam yang memiliki kepadatan tinggi, yakni di atas 5 g/cm^3 . Beberapa logam berat bersifat esensial, yakni masih dibutuhkan dalam jumlah sedikit. Contoh logam berat esensial adalah Cu, Fe, Zn, Co, Mn. Logam berat tersebut berperan pada aktivitas enzim dalam tubuh. Akan tetapi, ketika jumlahnya melebihi ambang batas, logam berat tersebut dapat membahayakan kesehatan. Sementara itu, logam berat non-esensial tidak

dibutuhkan oleh tubuh. Contohnya, Pb, Hg, Cr, As, Cd. cemaran logam berat pada perairan dapat berpengaruh ke tersebut, seperti akumulasi pada organisme laut, gangguan fisiologis dan reproduksi, biomagnifikasi berantai, asidifikasi. Logam berat memiliki sifat akumulatif pada lingkungan yang artinya akan masuk ke badan air dan menyebabkan logam berat terakumulasi dalam organisme, perairan, maupun sedimen (Maddusa *et al.* 2017). Logam berat menyebabkan gangguan pada pertumbuhan, perilaku, dan karakteristik morfologi berbagai organisme dan merugikan kesehatan manusia (Azaman *et al.* 2015).

Salah satu logam yang ditemukan di perairan adalah logam timbal. Logam ini dapat berasal dari berbagai sumber, yakni dari bidang industri, seperti industri percetakan dan industri kimia. Limbah-limbah dari sumber tersebut, ketika tidak diolah dan dibuang dengan baik, maka dapat meningkatkan cemaran logam timbal di perairan. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut Lampiran III, dinyatakan bahwa batas maksimum logam berat timbal untuk biota laut adalah 0,008 mg/L. Akan tetapi, penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kandungan timbal pada kerang hijau dan perairan melebihi ambang batas tersebut. Hasil analisis kandungan logam timbal pada perairan di Pelabuhan Tanjung Emas, Semarang menghasilkan kandungan Pb pada kisaran 0,390 – 0,640 mg/L, di mana hasil tersebut telah melebihi ambang batas (Sulistyo *et al.*, 2024). Kandungan logam timbal yang berlebih dapat mempengaruhi biota laut, bahkan hingga manusia. Dampak timbal pada

manusia, diantaranya adalah anemia (J. Liu et al., 2012) dan gangguan pada fungsi hati (Minarti et al., 2015).

Logam tembaga juga menjadi salah satu logam yang ditemukan di perairan. Dalam badan air, tembaga ditemukan dalam bentuk ion, seperti CuCO_3 dan CuOH (Palar, 2008). Tembaga dapat memasuki perairan karena berasal dari berbagai macam sumber, seperti kegiatan antropogenik, proses geologis, deposisi atmosfer. Penyebab lainnya adalah emisi udara, industri pelapisan (Sires, 2017). Tembaga adalah salah satu logam esensial karena dibutuhkan sebagai kofaktor dalam enzim. Akan tetapi, tembaga yang melebihi kadar toleransi pada suatu organisme dapat memberikan dampak buruk. Ambang batas tembaga menurut Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan (POM) No. 03725/B/SK/VII/89, yakni 20 mg/kg. Saat ini, logam tembaga juga telah mencemari perairan laut, ditandai dengan kandungan logam Cu yang melebihi ambang batas. Kandungan logam Cu pada perairan di Semarang telah melebihi ambang batasnya, yakni berkisar antara 0,016 - 0,063 mg/L, di mana ambang batasnya adalah 0,008 mg/L (Falah *et al.*, 2018).

Tambak Mulyo dimanfaatkan sebagai lokasi budidaya kerang hijau. Hal ini dikarenakan wilayah tersebut mendukung untuk pertumbuhan kerang hijau. Selain itu, kerang hijau banyak diminati sebagai konsumsi oleh masyarakat setempat. Tingginya minat kerang hijau dapat disebabkan oleh akses terhadap kerang hijau yang mudah dan kandungannya yang dibutuhkan oleh manusia. Kerang hijau mengandung 40,8% air, 21,9% protein, 14,5% lemak, 18,5% karbohidrat, dan 4,3% abu (Eshmat *et al.* 2014). Akan tetapi, saat

ini wilayahnya tercemar logam berat, ditandai dengan kandungan logam berat yang telah melampaui ambang batas yang telah ditetapkan. Kerang hijau yang memiliki kemampuan *filter feeder*, yakni kemampuan mengekstraksi nutrisi, fitoplankton, dan partikel-partikel organik, juga dapat mengakumulasi logam berat di dalam tubuhnya. Logam berat pada kerang hijau dapat berbahaya karena terdapat proses bioakumulasi (Nurhayati & Putri, 2019). Bakteri-bakteri yang hidup di kerang hijau pun beradaptasi dengan menerapkan berbagai mekanisme resistensi terhadap logam berat yang ada, seperti sistem efluks, penyesuaian ukuran dan bentuk sel, detoksifikasi dengan enzim. Bakteri dengan kemampuan resisten dan memiliki mekanisme dalam menghadapi logam berat dapat dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa isolat dengan kemampuan resisten terhadap logam timbal dan tembaga memiliki nilai biosorpsi terhadap timbal sebesar 90% dan terhadap tembaga sebesar 92% (Mohseni *et al.*, 2014). Selain itu, bakteri juga mampu menghasilkan biofilm ketika terpapar logam berat. Biofilm adalah kompleks komunitas mikroorganisme yang menempel pada suatu permukaan dan dapat membantu bakteri untuk bertahan di bawah paparan logam berat, termasuk logam timbal dan tembaga.

Keterbatasan data tentang potensi bioremediasi dan kemampuan degradasi dari bakteri dari kerang hijau dan air laut di Tambak Mulyo perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan eksplorasi bakteri pendegradasi logam berat Timbal dan Tembaga yang ditemukan pada daging kerang hijau dan air laut pada Tambak Mulyo,

mencari tahu potensi bioremediasinya dan keberadaan biofilm. Biofilm menjadi salah satu indikator suatu bakteri dapat menjadi agen bioremediasi karena biofilm merupakan salah satu mekanisme pertahanan bakteri terhadap kondisi lingkungan yang kurang sesuai.

1.2. **Rumusan Masalah**

1. Bagaimanakah karakteristik bakteri hasil isolasi kerang hijau dan air?
2. Bagaimanakah potensi bioremediasi bakteri yang berasal dari kerang hijau dan air di Tambak Mulyo, Semarang?
3. Bagaimanakah kemampuan bakteri dalam membentuk biofilm sebagai salah satu mekanisme resistensi terhadap logam berat timbal dan tembaga?
4. Bagaimanakah hasil identifikasi molekuler bakteri yang berpotensi melakukan bioremediasi terhadap logam berat timbal dan tembaga yang diisolasi dari rumpon kerang hijau di Tambak Mulyo, Semarang, berdasarkan analisis sekuens gen 16S rRNA dan analisis filogenetik?

1.3. **Tujuan**

1. Mengetahui Bagaimanakah karakteristik bakteri hasil isolasi dari kerang hijau dan air.
2. Mengetahui potensi bioremediasi bakteri yang berasal dari kerang hijau dan air di Tambak Mulyo, Semarang.

3. Mengetahui kemampuan bakteri dalam membentuk biofilm sebagai salah satu mekanisme resistensi terhadap logam berat timbal dan tembaga.
4. Mengetahui hasil identifikasi molekuler bakteri yang berpotensi melakukan bioremediasi terhadap logam berat timbal dan tembaga yang diisolasi dari rumpon kerang hijau di Tambak Mulyo, Semarang, berdasarkan analisis sekuens gen 16S rRNA dan analisis filogenetik.

1.3. **Manfaat**

Pelaksanaan penelitian ini mempunyai manfaat dan kegunaan sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme bakteri dalam melakukan bioremediasi terhadap logam berat timbal dan tembaga pada kerang hijau konsumsi di Semarang.
2. Menambah pengetahuan di bidang lingkungan tentang cemaran logam berat dampaknya terhadap lingkungan dan manusia.
3. Menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut terkait penanganan cemaran logam berat terhadap kerang hijau dan air laut.