

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran air yang disebabkan oleh logam berat merupakan masalah lingkungan yang serius di banyak wilayah Indonesia. Limbah industri, pertanian, dan rumah tangga merupakan sumber pencemaran utama yang dapat menimbulkan konsekuensi serius bagi ekosistem perairan (Mitra *et al.*, 2022). Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat yang bertanggung jawab atas pencemaran air di perairan Indonesia. Konsentrasi tembaga di perairan Pekalongan dan Semarang melampaui batas aman Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebesar 0,008 mg/L, masing-masing sebesar 0,011 mg/L dan 0,0361 mg/L. Pencemaran ini dapat membahayakan kehidupan laut dan membahayakan kesehatan manusia (Tampubolon *et al.*, 2021; Zainuri *et al.*, 2023). Pencemaran logam berat dapat menyebabkan keracunan, kerusakan organ, dan bahkan kematian organisme. Beberapa logam berat seperti tembaga, seng, dan besi diperlukan dalam jumlah sangat kecil untuk proses fisiologis, namun sebagian besar tidak memiliki tujuan dan bisa menjadi racun pada konsentrasi tinggi (Ayangbenro & Babalola, 2017).

Mengacu pada hal tersebut, upaya harus dilakukan untuk mengurangi pencemaran tembaga. Bioremediasi adalah metode pembersihan polutan menggunakan mikroorganisme, yang menawarkan solusi ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk mengatasi pencemaran logam berat seperti tembaga. Pendekatan ini menjanjikan karena mampu mengurangi polusi secara efektif (Azubuike *et al.*, 2016). Salah satu mikroorganisme yang dapat digunakan

sebagai bioremediator adalah mikroalga. Mikroalga diketahui memiliki mekanisme biologis yang unik untuk menyerap dan menyimpan logam berat. Mekanisme ini terdiri dari beberapa proses, termasuk penyerapan pada permukaan sel, pengikatan pada gugus fungsi intraseluler, dan transpor aktif ke dalam sel (Mahlangu *et al.*, 2024; Vidyaxmi *et al.*, 2019). Selain itu, mikroalga mudah ditemukan karena populasinya yang besar di air, tidak bersifat patogen, dan memiliki siklus hidup yang pendek, sehingga memungkinkan panen yang lebih cepat. Namun, penggunaan mikroalga sebagai bioremediator harus dikonfirmasi terlebih dahulu melalui uji identifikasi molekuler (Purnamawati *et al.*, 2014).

Identifikasi molekuler diperlukan untuk memastikan jenis mikroalga yang tepat digunakan dalam proses bioremediasi. Hal ini dikarenakan mikroalga memiliki karakteristik yang berbeda-beda, yang mempengaruhi kemampuannya dalam menyerap logam berat (Gildantia *et al.*, 2022). Identifikasi molekuler membantu mengidentifikasi spesies mikroalga secara akurat. Identifikasi spesies yang tepat memastikan pemilihan mikroalga terbaik untuk bioremediasi berdasarkan target logam berat, kondisi lingkungan, dan faktor lainnya. Pemilihan penanda molekuler yang tepat memiliki peran penting dalam identifikasi molekuler guna menentukan variasi genetik serta mengidentifikasi spesies dengan tingkat akurasi yang tinggi (Jo *et al.*, 2017). Gen *tufA* berpotensi memberikan solusi yang sangat akurat untuk identifikasi taksonomi mikroalga berkat spesifisitasnya pada tingkat spesies. Gen ini mengkode faktor elongasi protein dalam proses translasi, yang penting untuk

sintesis protein dalam sel fotosintetik. Gen *tufA* memiliki keunggulan dibandingkan penanda genetik lainnya untuk identifikasi taksonomi, khususnya dalam kelompok Chlorophyta, karena kemudahan penggunaannya dan urutan genetik *tufA* sangat stabil dan mengalami sedikit perubahan di berbagai kelompok organisme, terutama mikroalga dan tumbuhan hijau seperti Chlorophyta (Wirawan *et al.*, 2022).

Salah satu contoh Chlorophyta yang penting dalam bioremediasi adalah *Dunaliella*. *Dunaliella* dikenal karena kemampuannya bertahan hidup di lingkungan yang keras (Smith *et al.*, 2010). *Dunaliella* dikenal luas sebagai bioremediator, karena kemampuannya dalam menurunkan kadar tembaga dalam air. Toleransi *Dunaliella* terhadap lingkungan yang ekstrim menjadikannya sebagai bioremediator yang ideal. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi secara molekuler spesies mikroalga *Dunaliella* sp. dari BBPBAP Jepara menggunakan penanda genetik *tufA*, dengan harapan dapat membuka jalan bagi pemanfaatan mikroalga dalam bioremediasi untuk mengatasi masalah pencemaran tembaga di perairan.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, didapatkan beberapa permasalahan yaitu:

1. Bagaimana karakteristik molekuler dari *Dunaliella* sp. menggunakan marka genetik *tufA*?

2. Bagaimana aktivitas *Dunaliella* sp. sebagai bioremediator logam berat tembaga (Cu)?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui karakteristik molekuler *Dunaliella* sp. berdasarkan marka genetik *tufA*.
2. Mengetahui aktivitas *Dunaliella* sp. sebagai bioremediator logam berat tembaga (Cu).

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakterisasi molekuler *Dunaliella* sp. yang diidentifikasi menggunakan marka genetik *tufA* serta mengetahui aktivitas *Dunaliella* sp. sebagai bioremediator tembaga (Cu) sehingga dapat dikembangkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan perairan.