

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam berat umumnya ditemukan dalam konsentrasi rendah di lingkungan. Logam berat merupakan salah satu komponen partikulat di atmosfer yang paling mengkhawatirkan karena dapat menjadi polutan persisten setelah disimpan di lingkungan (Lv *et al.*, 2023). Kontaminasi logam berat yang terdapat di bumi telah mencapai lebih dari 25%, dan air yang terkontaminasi logam berat memiliki dampak merugikan bagi manusia karena potensinya dalam toksisitas dan karsinogenisitasnya (Briffa *et al.*, 2020). Unsur-unsur logam berat yang umumnya diperhatikan salah satunya adalah kadmium (Cd). Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang memiliki penyebaran sangat luas di alam (Palar, 2008; Nur, 2013). Logam ini tidak diperlukan dan terlalu beracun bagi sebagian besar organisme hidup. Toksisitasnya 2 hingga 20 kali lebih tinggi dibandingkan kebanyakan logam berat lainnya (Ghosh & Singh, 2005; Nahvi *et al.*, 2017).

Pencemaran logam berat kadmium (Cd) telah ditemukan di beberapa wilayah Indonesia. Pencemaran ini sebagian besar diakibatkan oleh pembuangan limbah industri, kegiatan pertambangan, penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara berlebihan, dan pembuangan limbah rumah tangga ke aliran sungai (Sutrisno dan Kuntastyuti, 2015). Pada penelitian Jais dkk., (2020) menyatakan bahwa pada Waduk Saguling, Bandung Jawa Barat telah terpapar kadmium (Cd)

mencapai 0.31 mg/L, dimana penentuan ambang batas kadmium (Cd) mengacu pada PP No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air peruntukan air dengan kriteria kelas II, yaitu kadar maksimum kadmium (Cd) sebesar 0.01 mg/L. Berdasarkan penelitian Susanti dkk., (2014) yang melakukan analisis kadar logam berat di beberapa sungai di Jawa Tengah (Kaligarang, Juwana, Bengawan Solo, Kali Agung, Kali Banger) menunjukkan bahwa kelima sungai tersebut telah tercemar logam berat kadmium (Cd) yang cukup tinggi karena telah melebihi dari batas ambang yang ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO) maupun Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). Cemar logam berat kadmium (Cd) pada sedimen sungai Kalibanger Pekalongan cukup tinggi yaitu sebesar <0.39 ppm, dimana dengan kadar tersebut telah melampaui ambang batas yang ditetapkan WHO dan KLH sebesar 0 ppm. Kelarutan kadmium (Cd) yang mencapai konsentrasi 1 ppm dapat membunuh biota perairan (Tarigan *et al.*, 2003).

Keberadaan kadmium (Cd) dengan konsentrasi tinggi akan menimbulkan ancaman bagi kesehatan dan lingkungan karena kadmium termasuk logam anorganik yang lebih toksis dibanding logam berat timbal (Pb) (Purnamawati dkk., 2015). Melihat bahaya dari dampak pencemaran logam berat kadmium ini perlu adanya pencegahan ataupun penanggulangan dengan merancang strategi remediasi. Menurut Kumar *et al.*, (2022) teknik modern secara biologis dinilai lebih ekonomis serta dapat pendekatan yang berkelanjutan untuk menghilangkan logam berat. Metode biologi menerapkan dengan agen hayati untuk memperbaiki

kualitas lingkungan yang tercemar. Remediasi secara biologis disebut dengan bioremediasi. Pemanfaatan mikroalga sebagai bioremediasi telah banyak digunakan untuk mengatasi pencemaran di perairan, hal ini dilihat dari ketersediaannya yang banyak di perairan, reproduksinya relatif cepat, rentang toksisitas mikroalga yang lebar, banyak limbah yang dapat diremediasi, dan bersifat non patogen (Purnamawati dkk., 2015).

Salah satu jenis mikroalga yang dapat dimanfaatkan yaitu *Nannochloropsis* sp. Mikroalga *Nannochloropsis* sp. berpotensi dalam toleransi terhadap lingkungan ekstrim. Terbukti dalam penelitian Arriada *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa jenis mikroalga *Nannochloropsis* sp. dapat tumbuh dalam media yang terpapar logam Ni^{2+} , Cu^{2+} , dan Zn^{2+} . Selain itu, *Nannochloropsis* sp. dapat digunakan sebagai bioasorben Zn^{2+} dan Cd^{2+} baik dalam ion logam tunggal maupun dalam dua sistem logam (Hala *et al.*, 2014; Converti *et al.*, 2009). Potensi mikroalga *Nannochloropsis* sp. sebagai bioremediasi sangat mungkin diterapkan karena mikroalga ini mudah untuk dibudidayakan (Rizal *et al.*, 2020)

Isolat mikroalga *Nannochloropsis* sp. yang digunakan pada penelitian ini diperoleh secara komersial pada BBPBAP Jepara, sehingga diperlukan karakterisasi molekular. Karakterisasi molekular merupakan metode untuk mengetahui keberadaan suatu spesies secara genetik menggunakan marka genetik (Fama *et al.*, 2002). Gen yang digunakan sebagai marka genetik pada penelitian ini yaitu gen *tufA*. Hal ini karena gen *tufA* dinilai sebagai gen penanda yang baik untuk barcode DNA alga hijau yang berhabitat air tawar maupun di air laut

(Sharma *et al.*, 2021). Menurut Viera *et al.*, (2016), *tufA* diusulkan sebagai penanda molekuler mikroalga hijau dan berhasil membedakan klorofisia dengan penandanya tingkat strain dibandingkan dengan beberapa penanda universal yang telah digunakan untuk studi alga seperti *rbcL* (subunit besar rubisco), ITS (*internal transcribed spacer*), 18S rDNA. Gen *tufA* berfungsi untuk mengkode protein *elongation factor thermo-unstable* (EF-Tu) yang memediasi masuknya amino-asil tRNA di situs akseptor ribosom selama pemanjangan rantai peptida pada sintesis protein. Adanya cekaman dari logam berat Cd menyebabkan stres oksidatif, yang memicu ekspresi gen *tufA* sebagai respon adaptif. Peningkatan jumlah EF-Tu yang membantu sel mempertahankan kapasitas translasi (Khan *et al.*, 2015) karena diperlukan peningkatan sintesis protein chaperone seperti *heat shock protein* (HSP) untuk membantu sel mengatasi stres kadmium. Khususnya HSP70 berperan penting dalam menjaga efisiensi fotosintesis di bawah kondisi stres oksidatif (Mishra *et al.*, 2018). Peningkatan sintesis protein ini dikaitkan dengan peningkatan kemampuan bioremediasi Cd yang lebih baik. Secara keseluruhan, gen *tufA* penting dalam sintesis protein di plastida, yang esensial untuk proses fotosintesis. Cekaman oleh Cd dapat mempengaruhi aktivitas protein-protein yang terdapat pada plastida, termasuk yang dikode oleh *tufA*, yang akhirnya dapat mengganggu biosintesis klorofil dan karotenoid serta fungsi fotosistem, menyebabkan terjadinya penurunan kemampuan fotosintesis dan stres oksidatif.

Berdasarkan uraian tersebut dan menimbang dari hasil penelitian yang berkaitan dengan bioremediasi logam berat kadmium (Cd) dengan

Nannochloropsis sp. masih sangat terbatas, maka penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui potensi mikroalga *Nannochloropsis* sp. sebagai agen bioremediasi logam berat kadmium (Cd), serta mengetahui karakteristik molekuler *Nannochloropsis* sp. dari BBPBAP Jepara berdasarkan marka genetik *tufA*. Potensi *Nannochloropsis* sp. sebagai agen bioremediasi kadmium (Cd) diukur berdasarkan nilai efisiensi penyerapan terhadap logam berat yang diberikan dalam medium.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu :

- 1.2.1 Bagaimana karakter molekuler *Nannochloropsis* sp. menggunakan marka genetik *tufA*?
- 1.2.2 Bagaimana pengaruh perbedaan konsentrasi logam kadmium (Cd) terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp.?
- 1.2.3 Apakah terdapat perbedaan morfologi pada sel *Nannochloropsis* sp. setelah diberi perlakuan logam kadmium (Cd) dengan konsentrasi yang berbeda?
- 1.2.4 Bagaimana aktivitas *Nannochloropsis* sp. dalam mengabsorpsi logam kadmium (Cd) dengan konsentrasi yang berbeda?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini antara lain:

- 1.3.1 Mengetahui hasil karakterisasi molekular *Nannochloropsis* sp. menggunakan marka genetik *tufA*
- 1.3.2 Mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi logam kadmium (Cd) terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp.
- 1.3.3 Mengetahui perbedaan morfologi pada sel *Nannochloropsis* sp. setelah diberi perlakuan logam kadmium (Cd) dengan konsentrasi yang berbeda
- 1.3.4 Mengetahui aktivitas *Nannochloropsis* sp. dalam mengabsorbsi logam kadmium (Cd) dengan konsentrasi yang berbeda

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang karakterisasi molekular *Nannochloropsis* sp. berdasarkan marka gen *tufA* dan data mengenai potensi yang dimiliki *Nannochloropsis* sp. sebagai agen bioremediasi logam kadmium (Cd) sehingga nantinya dapat menjadi solusi bagi perairan yang tercemar logam berat kadmium (Cd).