

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Keberadaan logam berat yang terakumulasi di lingkungan memiliki sifat yang sulit terurai serta persisten di lingkungannya dan menimbulkan efek yang kontinu bagi biota (Medfu *et al.*, 2020). Efek racun yang terdapat pada logam berat dapat menimbulkan dampak jangka panjang bagi fisiologis makhluk hidup, salah satunya sebagai stimulator penyakit kronis dan kanker (Septya & Pauzi, 2024). Dampak logam berat pada perairan dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang berujung pada matinya biota laut, sehingga berdampak kronis dan menyebabkan kelangkaan serta kepunahan beberapa spesies (Razi *et al.*, 2023). Berdasarkan riset yang telah dilakukan oleh Munadi & Lesilawang (2021) menyatakan bahwa kerang bulu (*Anadara inflata*) di perairan Pantai Tawiri mengandung logam berat Cd sebesar 0,46 mg/kg, dimana nilai tersebut melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan Menteri Lingkungan Hidup yaitu sebesar 0,001ppm. Kemudian hasil riset yang telah dilakukan Khairuddin *et al.*, (2021) menyatakan kandungan logam berat ikan pada Bandeng (*Chanos chanos* Forsk) yang berasal dari kampung melayu sebesar 27,3%, dimana jumlah tersebut melebihi nilai ambang batas yang diperbolehkan yaitu 20 ppm.

Selain terakumulasi pada perairan, pantai dan tubuh manusia, logam berat juga bisa terakumulasi pada air lindi. Air lindi merupakan cairan dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA), yang diproduksi di bawah pengaruh jumlah kelembaban di lokasi penimbunan sampah karena reaksi kimia dan fisik (Afolabi *et al.*, 2022). Sumber utama lindi berasal dari TPA yang umumnya berisi berbagai macam bahan limbah sisa dan residu pembakaran. Hal ini menjadi problematika serius yang berkaitan dengan operasi TPA (Viegas *et al.*, 2021). Lindi termasuk dalam limbah yang berbahaya bagi lingkungan, hal ini disebabkan adanya polutan dengan konsentrasi yang tinggi, baik yang bersifat *biodegradable* maupun *nonbiodegradable* (Bandala *et al.*, 2021). Curah hujan berpengaruh pada air lindi

TPA terlebih pada TPA dengan tempat penampungan air yang kurang baik sehingga menimbulkan perluasan lindi kemudian meningkatkan pencemaran bagi tanah, tambak dan aliran sungai yang ada disekitar TPA. Air lindi yang meluap selanjutnya meresap ke dalam tanah dan mengkontaminasi air tanah dengan membawa polutan seperti logam berat sehingga beresiko langsung terhadap fauna dan flora lingkungan (Mojiri *et al.*, 2021). Jenis logam berat yang umum terkandung pada air lindi yaitu timbal (Pb), besi (Fe), seng (Zn), kobalt (Co), tembaga (Cu), nikel (Ni), krom (Cr), merkuri (Hg), serta kadmium (Cd) (Rachmawati *et al.*, 2024).

Umumnya penanganan air lindi dilakukan dengan metode konvensional, seperti presipitasi kimia (*presipitation*), ultra-filtrasi (*ultrafiltration*), pertukaran ion (*ion exchange*), dan nanofiltrasi (*nanofiltration*). Metode-metode ini memiliki kekurangan seperti biaya yang dibutuhkan besar dan tidak ramah lingkungan karena meninggalkan residu dalam sedimen limbah (Irianto & Sidharta, 2022). Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif yang efektif dan ramah lingkungan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah bioremediasi.

Bioremediasi merupakan teknik pengolahan limbah yang menggunakan organisme hidup untuk mengubah kontaminan berbahaya menjadi senyawa tidak beracun. Tujuan akhir bioremediasi adalah memulihkan lokasi yang tercemar ke keadaan semula tanpa menyebabkan kerusakan tambahan pada lingkungan (Kondakindi *et al.*, 2024). Bioremediasi tidak menghasilkan produk sampingan berbahaya seperti lumpur dan residu kimia yang dihasilkan oleh instalasi pengolahan air limbah konvensional. Metode ini menyerap logam berat dari air limbah, sehingga mengurangi pencemaran air secara signifikan. Metode ini dinilai memiliki keuntungan karena ramah lingkungan, efektif dan efisien (Sariguna *et al.*, 2025).

Berbagai mikroorganisme berpotensi untuk menghilangkan logam berat dari air limbah, salah satunya adalah mikroalga (Goswami *et al.*, 2021). Mikroalga memiliki mekanisme adaptif yang dapat bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang keras, termasuk paparan beracun seperti logam berat (Danouche *et al.*, 2021). Hal ini karena keberadaan logam berat mampu merangsang sintesis protein pengikat logam berat seperti, *metallothionein* dan *fitokelatin* dalam mikroalga yang dapat mengubah ion logam berbahaya menjadi bentuk ikatan protein yang tidak

beracun (Fadhila & Purwanti, 2022). Mikroalga mendegradasi senyawa organik dalam limbah cair melalui beberapa mekanisme. Mikroalga mengeluarkan enzim yang memutus ikatan kimia senyawa organik kompleks serta memanfaatkan jalur metabolisme untuk mengolah senyawa organik menjadi bahan yang lebih sederhana (Touliabah *et al.*, 2022). Beberapa keuntungan penggunaan mikroalga dalam pengolahan air limbah antara lain yaitu, prinsip proses pengolahannya berjalan alami seperti prinsip ekosistem alam sehingga ramah terhadap lingkungan dan tidak menghasilkan limbah sekunder, kebutuhan energi rendah, pengurangan emisi gas rumah kaca, dan produksi biomassa mikroalga (Putra *et al.*, 2023)

Berdasarkan penelitian Fitri *et al.*, (2021) melaporkan bahwa rata-rata persentase penurunan logam berat pada logam Pb(II) oleh mikroalga *C. vulgaris* sebesar 80.6% dan Cu(II) 71.9% selama 21 hari percobaan. Penelitian terhadap aktivitas *C. vulgaris* ini juga dilakukan oleh Putriany *et al.*, (2023) yang melaporkan bahwa *C. vulgaris* memiliki kemampuan bioakumulasi tertinggi (1,70%) pada konsentrasi logam berat timbal (Pb) 25 ppm dan terendah (0,34%) pada konsentrasi media Pb sebesar 100 ppm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *C. vulgaris* memiliki kemampuan yang baik dalam menurunkan kadar logam berat pada air lindi. Alga *C. vulgaris* mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang terkontaminasi, karena memiliki phytohormone dan polyamine untuk adaptasi pada ekosistem air yang tercemar (Sidabutar *et al.*, 2024).

Penanganan bioremediasi air lindi di TPA terjun marelان menggunakan *C. vulgaris* belum pernah dilakukan. Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian “Uji Efektivitas Mikroalga *Chlorella vulgaris* Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat *Nonesensial* Pada Kolam Air Lindi Tempat Pembuangan Akhir Terjun Marelان”. Hal ini diharapkan dapat menjadi terobosan penelitian yang ditujukan untuk pengendalian logam berat yang terdapat di lingkungan kedepannya.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, terdapat beberapa masalah yang dapat diidentifikasi, sebagai berikut:

1. Kontaminasi air lindi pada lingkungan memberikan dampak penyakit kronis dan kanker serta penurunan kualitas air bagi kelangsungan hidup di sekitar kawasan TPA terjun marelان
2. Pengelolaan air lindi pada TPA terjun marelان masih menerapkan konsep penampungan yang cenderung menimbulkan luapan yang mencemari lingkungan dan tambak sekitar TPA.
3. Metode pengolahan logam berat pada air lindi belum efektif dan membutuhkan waktu yang cukup lama.

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini berfokus untuk mengetahui kadar logam berat *nonesensial* pada air lindi yang terdapat di TPA Terjun, mengukur pertumbuhan *C. vulgaris* yang diberi perlakuan air lindi dan melihat efektifitas mikroalga *C. vulgaris* dalam menurunkan logam berat pada air lindi dengan mengukur kadar logam berat yang terdapat pada air lindi melalui uji dan analisis kandungan logam berat pada air lindi.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah, maka diperlukan pembatasan masalah terhadap penelitian ini. Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Air lindi yang tercemar logam berat di TPA Terjun Jalan Paluh Nibung Kelurahan Terjun Kecamatan Medan Marelان.
2. Jenis logam berat *nonesensial* pada air lindi dari TPA Terjun Jalan Paluh Nibung Kelurahan Terjun Kecamatan Medan Marelان, yaitu kadmium dan timbal.
3. Kemampuan mikroalga *C. vulgaris* dalam menurunkan logam berat pada air lindi TPA Terjun Jalan Paluh Nibung Kelurahan Terjun Kecamatan Medan Marelان.

1.5. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang yang diperoleh dari permasalahan di atas, yakni sebagai berikut:

1. Berapa kadar kadmium dan timbal yang berasal dari air lindi di TPA Terjun Jalan Paluh Nibung Kelurahan Terjun Kecamatan Medan Marelان?

2. Bagaimana pertumbuhan *C. vulgaris* yang diberi perlakuan air lindi dari TPA Terjun Jalan Paluh Nibung Kelurahan Terjun Kecamatan Medan Marelan?
3. Bagaimana efektivitas *C. vulgaris* dalam mendegradasi logam berat pada air lindi di TPA?

1.6. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui berapa kadar kadmium dan timbal yang berasal dari air lindi di TPA Terjun Jalan Paluh Nibung Kelurahan Terjun Kecamatan Medan Marelan.
2. Untuk mengetahui pertumbuhan *C. vulgaris* yang diberi perlakuan air lindi dari TPA Terjun Jalan Paluh Nibung Kelurahan Terjun Kecamatan Medan Marelan.
3. Untuk mengetahui efektivitas *C. vulgaris* dalam mendegradasi logam berat pada air lindi di TPA.

1.7. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam berbagai bidang, yakni sebagai berikut:

1. Baik temuan dan rangkaian dari penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang kemampuan mikroalga, khususnya *C. vulgaris* dalam menyerap dan mendegradasi logam berat kadmium dan timbal pada air lindi TPA.
2. Temuan penelitian ini diharapkan dapat mendorong penerapan mikroalga sebagai agen bioremediasi di tempat pengolahan limbah domestik maupun industri.
3. Penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai efektivitas *C. vulgaris* dalam mendegradasi logam berat pada air lindi TPA sehingga mendukung pengolahan limbah berkelanjutan yang lebih ramah lingkungan, efektif dan efisien serta dapat diterapkan di berbagai daerah, terutama yang memiliki keterbatasan infrastruktur pengolahan limbah