

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah krom merupakan salah satu limbah logam berat yang kerap ditemukan di alam. Kandungan krom di alam sebenarnya merupakan hal yang alami, dimana logam kromium sendiri merupakan salah satu logam alami bumi yang berlimpah. Fase oksidasi dari logam krom juga beragam, logam krom terbagi dalam berbagai kovalen, dengan kovalen kromium trivalen (Cr (III)) merupakan kovalensi yang paling stabil dan ditemukan banyak di alam sebagai mineral alami (Reif & Murray, 2024). Turunan dari kovalen kromium trivalen yaitu kromium heksavalen (Cr (VI)) merupakan hasil oksidasi dari kromium trivalen, pada fase ini kromium bersifat toksik dan memiliki sifat karsinogen, dimana yang menjadikan logam ini berbahaya adalah ionnya yang mudah terserap dan larut, mempermudah untuk masuk di alam, serta mampu untuk menembus dinding sel, menjadikannya berbahaya bagi makhluk hidup (Coetzee *et al.*, 2020).

Pada lingkungan, krom terutama kromium trivalen merupakan salah satu mikronutrien esensial dan terdapat pada tanah secara alami, namun adanya reaksi dengan senyawa lain baik yang berasal dari alam maupun berasal dari adanya kandungan polutan lain yang berinteraksi dengan krom, menjadikan krom tersebut mengalami reaksi oksidasi dan berubah menjadi kromium heksavalen, menjadikan logam krom memiliki sifat-sifat toksik dan mampu mencemari baik tanah maupun perairan, karakteristiknya yang mudah untuk larut dalam air menjadikannya semakin berbahaya apabila terlalu lama terekspos dalam lingkungan (Mandiwana *et al.*, 2007). Polusi lingkungan oleh logam krom turut meningkat seiring dengan berkembangnya industrialisasi, menjadikan daerah tanah di sekitar kawasan industri memiliki tingkat pencemaran yang tinggi, mengingat tingginya solubilitas dan mobilitas kromium heksavalen menjadikannya juga turut mencemari perairan pada air resapan, sehingga semakin mencemari lingkungan mulai dari tanah hingga ke perairan (Sun *et al.*, 2022). Penggunaan logam krom yang mencakup berbagai sektor industri, mulai dari industri metalurgi, industri tekstil, industri bahan bangunan, industri penyamakan kulit dan industri kayu, seluruhnya menggunakan kromium heksavalen dalam proses produksinya, menjadikan polusi

oleh logam krom semakin banyak tersebar, sehingga dampak yang ditimbulkan dari akumulasi logam baik bagi lingkungan dan bagi manusia disekitarnya sangatlah besar (Iskra & Fedoruk, 2022).

Industri metalurgi menggunakan krom pada pelapisan logam (*metal plating*), untuk memberikan ketahanan terhadap korosi pada logam dan memperkuat struktur. Pada industri tekstil beberapa jenis pewarna memiliki kandungan logam krom pada struktur kimianya dan logam krom juga berfungsi sebagai fiksasi warna pada kain wol. Industri bahan bangunan menggunakan krom sebagai bahan pembuatan keramik dan batu bata tahan panas dimana reaksi logam krom dengan magnesium pada proses pembuatan batu bata dapat mengakibatkan pembentukan kromium heksavalen. Industri penyamakan kulit menggunakan krom untuk mengoksidasi kandungan organik pada kulit, menjadikan kulit lebih kuat dan lentur. Pada industri kayu, krom digunakan dalam pengawetan kayu melalui reaksi dengan logam tembaga dan arsen, membentuk CCA (*Chromium Copper Arsenic*) (Çetin et al., 2008; Lunk, 2015; Iskra & Fedoruk, 2022). Banyaknya polusi oleh logam krom juga dipengaruhi oleh penanggulangan limbah yang tidak teregulasi dari industri-industri yang menggunakan krom, karenanya mencemari lebih banyak lagi badan lingkungan, tidak hanya di kawasan industri tersebut, namun tersebar melalui perairan dan tanah (Titah et al., 2021).

Paparan logam kromium pada lingkungan yang mengkontaminasi air dan tanah dapat mengancam keberlangsungan hidup organisme disana, dan mengganggu keseimbangan ekosistem pada alam disana (Sari & Atina, 2024). Pada sektor agrikultur, krom kerap digunakan sebagai pestisida yang terbilang efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri pada tanaman, namun paparan yang berlebihan dari logam krom terhadap tanaman dapat menyebabkan hambatan pertumbuhan juga, dikarenakan adanya degradasi klorofil yang juga mempengaruhi laju fotosintesis, sehingga efeknya juga dapat merugikan laju metabolisme tanaman (Paul et al., 2023). Mengingat tingkat solubilitas yang tinggi dari kromium heksavalen, dan karakteristiknya yang tidak mudah menguap menjadikannya berbahaya jika diserap oleh hewan maupun tumbuhan yang kerap dikonsumsi oleh manusia ataupun melalui penyebarannya pada daerah dengan

aktivitas antropogenik yang tinggi. Sifatnya yang beracun dan juga karsinogenik, dapat menyebabkan berbagai penyakit dan gangguan pada kesehatan manusia (Coetzee *et al.*, 2020).

Penanganan limbah krom melalui metode bioremediasi cukup banyak dilakukan, mengingat biayanya yang lebih terjangkau dan tidak menimbulkan pencemaran lebih lanjut, dengan memanfaatkan organisme hidup untuk mendegradasi kromium heksavalen menjadi kovalen yang lebih aman, bioremediasi memberikan hasil yang efektif dalam pengurangan limbah dan preservasi lingkungan (Coetzee *et al.*, 2020). Bioremediasi limbah krom melibatkan beberapa mikroorganisme yang kerap digunakan, diantaranya ada mikroorganisme berupa mikroba (bakteri), alga dan fungi (jamur), menggunakan prinsip bio-absorpsi yang menyerap kandungan krom pada badan lingkungan dan biotransformasi yang mengubah kandungan krom pada badan lingkungan menjadi turunan yang lebih aman dan stabil (Malik, 2022,).

Bakteri merupakan salah satu mikroorganisme yang kerap digunakan dalam bioremediasi limbah logam, dikarenakan karakteristiknya yang mampu beradaptasi dengan lingkungannya, sehingga dapat bertahan pada lingkungan hidupnya yang terkontaminasi (Dell'Anno *et al.*, 2021). Pada remediasi logam krom, bakteri cukup sering digunakan, dimana dilihat potensial bakteri dalam mendegradasi kovalensi toksik dari kromium heksavalen menjadi kovalennya yang non-toksik pada kromium trivalen. Bakteri yang digunakan diisolasi dari tanah yang sudah tercemar kromium heksavalen pada lokasi industri, menjadikan bakteri yang digunakan memiliki resistensi terhadap pencemaran kromium, karena memiliki resistensi terhadap polutan, bakteri yang diisolasi pun memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan tersebut menjadi lebih aman (Adamu & Adamu, 2022). Penggunaan mikroba dalam mengurangi kadar polusi dapat terbilang efektif dimana kadar polusi dapat berkurang signifikan juga membantu pencegahan paparan polusi yang lebih luas, namun karakteristik bakteri yang berbeda-beda dapat turut mempengaruhi kemampuan degradasi dari bakteri, terutama pada faktor abiotik lingkungan sehingga perlu melakukan penilaian mengenai metode bioremediasi yang dilakukan (Bhattacharjee *et al.*, 2021).

Setiap spesies bakteri memiliki kemampuan yang berbeda dalam mendegradasi polutan, karenanya penggunaan konsorsium bakteri untuk penanggulangan limbah dan polutan logam berat menjadikannya lebih efektif (Paneerselvam *et al.*, 2013). Isolat bakteri yang memiliki kemampuan degradasi logam krom tinggi dapat digabungkan sebagai konsorsium untuk mendapatkan hasil penyerapan dan degradasi logam krom heksavalen yang lebih efektif, menjadikan kadar polutan dalam badan lingkungan berkurang secara signifikan (Adamu & Adamu, 2022).

Penggunaan konsorsium bakteri pada bioremediasi limbah krom dapat membuat waktu remediasi lebih singkat dibandingkan menggunakan satu spesies bakteri, waktu yang dipersingkat mencapai 20% dengan kadar degradasi krom yang sama, menjadikannya lebih efisien dalam bioremediasi limbah krom (Asri *et al.*, 2023). Bakteri dengan karakteristik resistensi terhadap krom memiliki jenis yang berbeda-beda, dimana hal ini utamanya dipengaruhi oleh perbedaan pada tempat polusi terjadi, dimana tempat terjadinya polusi memiliki mikroorganisme yang lebih resisten terhadap polutan yang terkandung pada lingkungan tersebut, sehingga bakteri yang dijadikan sebagai agen bioremediasi limbah logam kromium diambil juga dari situs yang tercemar logam itu sendiri, namun secara umum, bakteri yang biasa ditemukan pada situs industri logam krom dan memiliki resistensi terhadap polutan kromium serta memiliki potensi yang tinggi dalam mendegradasi polutan krom berasal dari genus *Bacillus*, *Mycobacterium* dan *Pseudomonas* (Paneerselvam *et al.*, 2013; Bhattacharjee *et al.*, 2021; Adamu & Adamu, 2022). Efisiensi yang ditunjukkan oleh konsorsium bakteri dapat berbeda-beda sesuai dengan faktor yang ada pada lingkungan tersebut. Salah satu faktor yang berpengaruh besar adalah kombinasi dari spesies bakteri yang digunakan pada konsorsium, mengingat karakteristik dan potensi setiap bakteri yang berbeda-beda, menjadikan efisiensinya juga berbeda-beda. Faktor lain yang dapat mempengaruhi efektivitas dalam bioremediasi ini juga ada dan terpenuhinya faktor abiotik pendukung yang optimal bagi pertumbuhan dan aktivitas bakteri, ataupun bahan pendukung lain yang dapat meningkatkan aktivitas bakteri dalam mendegradasi limbah kromium.

Penelitian ini dilakukan dengan prinsip yang sama dengan penelitian sebelumnya dilakukan oleh Nur Aziema dengan judul “Uji Kemampuan Formula Konsorsium Bakteri Rhizosfer Dalam Bioremediasi Logam Kromium Secara In Vitro” (Aziema, 2024). Penelitian yang akan dilaksanakan akan dilakukan dengan menggunakan sampel bakteri yang didapatkan dari tempat pembuangan limbah krom yang sama dengan penelitian sebelumnya, sampel bakteri yang didapatkan akan berbeda dengan penelitian sebelumnya sehingga dapat memberikan data yang lebih beragam mengenai bakteri apa saja yang terdapat di tempat pembuangan limbah tersebut dan bagaimana kemampuan bakteri tersebut dalam mendegradasi kandungan krom pada lingkungan, perbedaan pada penelitian ini juga terletak, pada metode identifikasi bakteri, dimana pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan metode identifikasi aktivitas biokimia bakteri untuk identifikasi genus bakteri dan didapatkan genus dari 5 bakteri yang didapatkan, yaitu genus *Pseudomonas*, *Citrobacter*, *Bacillus*, *Azotobacter*, dan *Micrococcus*, pada penelitian sebelumnya juga didapatkan kombinasi konsorsium paling stabil berupa *Pseudomonas* dan *Micrococcus*. Perbedaan yang terdapat pada penelitian ini selain perbedaan sampel bakteri yang digunakan adalah akan digunakannya metode identifikasi bakteri dengan menggunakan gen 16S rRNA untuk identifikasi spesies bakteri dengan lebih akurat. Melalui akurasi spesies bakteri dalam penelitian bakteri diharapkan dapat membantu remediasi limbah krom dengan data yang lebih spesifik, serta mendapatkan data mengenai spesies bakteri apa saja yang memiliki potensi baik dalam bioremediasi limbah krom pada lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah disampaikan sebelumnya, maka rumusan masalah yang didapatkan adalah sebagai berikut: “Kombinasi spesies bakteri apa saja di dalam konsorsium yang berpotensi dalam mendegradasi kandungan logam krom untuk menanggulangi limbah kromium pada lingkungan?”

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, terdapat pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Genus dan spesies bakteri apa saja yang ditemukan dari sampel

2. Kombinasi spesies apa saja yang kompatibel dalam konsorsium dan memiliki potensi dalam mendegradasi polutan krom
3. Bagaimana potensi konsorsium dalam mendegradasi kandungan krom pada media

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Isolat bakteri yang digunakan hanya yang memiliki resistensi terhadap limbah krom
2. Kemampuan penyerapan dan degradasi limbah krom diuji secara *In vitro*
3. Identifikasi spesies bakteri dengan menggunakan gen 16S rRNA
4. Uji reduksi krom dilakukan untuk melihat potensi bakteri dalam bioremediasi krom

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kombinasi bakteri dalam konsorsium dengan potensi untuk mendegradasi kandungan logam krom untuk menanggulangi limbah kromium pada lingkungan.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat sebagai berikut

1. Memberikan wawasan baru mengenai penanganan limbah krom pada lingkungan
2. Membantu dalam identifikasi dan penggunaan bakteri untuk menangani polusi oleh krom
3. Memperkaya referensi dalam penelitian mengenai bioremediasi limbah krom