

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Logam berat merupakan salah satu penyebab pencemaran di perairan. Semakin besar kadar logam berat, semakin besar pula potensi pencemaran perairan yang terjadi. Volesky (1988) menjelaskan keberadaan logam berat dalam perairan dapat terjadi secara alamiah maupun non alamiah. Faktor alamiah dapat berupa perubahan struktur lingkungan akibat bencana alam maupun peristiwa geologi, misalnya gunung meletus yang mengarahkan distribusi unsur logam lewat proses sebagai berikut: (1) kristalisasi magma, (2) pengendapan partikelnya dalam formasi batuan, (3) terkonsentrasi dalam lapisan tanah. Faktor non alamiah terjadi akibat sumber buatan manusia seperti proses industri dan non industri. Proses industri meliputi pertambangan, pengeboran minyak, pembangkit tenaga listrik, peleburan logam, proses pembuatan pupuk kimia dan aktivitas industri lainnya, sedangkan proses non industri seperti pertanian dan rumah tangga yang menghasilkan limbah. Proses tersebut mampu mengubah struktur lingkungan, juga menghasilkan limbah yang bisa mencemari perairan.

Peningkatan kebutuhan air penduduk dunia terancam oleh pencemaran logam berat pada sumber air. Seluas 75% bagian bumi tertutup air, namun hanya 3% yang layak dijadikan sumber air minum dan hanya 0,06% yang mudah diakses. Terdapat sekitar 80 negara di dunia, termasuk Indonesia menghadapi kesulitan mencukupi kebutuhan air warganya dan sekitar 1,2 miliar orang meminum air yang tidak bersih. Pada tahun 2025, PBB memperkirakan 2,7 miliar

orang akan menghadapi kekurangan ketersediaan air bersih (Ahuja, 2009:2; Ghifari, 2011:3).

Peningkatan kadar logam berat di perairan akibat aktivitas alamiah maupun non alamiah beresiko pada pencemaran primer maupun pencemaran sekunder. Pencemaran primer terjadi apabila air digunakan untuk kepentingan konsumsi, seperti air minum dan air untuk memasak, sedangkan pencemaran sekunder yang rawan terjadi diantaranya akumulasi logam berat pada jaringan makhluk hidup (tumbuhan, hewan, dan manusia) melalui rantai makanan, perairan digunakan untuk irigasi, dan penggunaan rumah tangga.

Salah satu logam berat berbahaya yang banyak mencemari perairan berupa kadmium (Cd). Air limbah yang mengandung kadmium sangat berbahaya karena memiliki kemungkinan yang cukup besar untuk masuk ke dalam sistem perairan. Proses ini akan lebih cepat bila memasuki tubuh manusia melalui jalur rantai makanan. Apabila suatu logam terakumulasi pada jaringan tumbuhan dan hewan, kemudian dikonsumsi oleh manusia, maka akan terjadi akumulasi logam tersebut dalam tubuh manusia sebagai tingkat tertinggi dalam piramida rantai makanan.

Penggunaan kadmium tersebar luas dalam berbagai industri antara lain: alloy dalam *electroplating*, industri cat, tekstil, plastik, baterai, smelting, fotografi, fotokonduktor, penyepuhan kayu, *glassware* dan lain-lain. Setiap tahunnya produksi kadmium di seluruh dunia mencapai 20.000 ton. Besarnya penggunaan kadmium dalam proses industri beresiko pada besarnya jumlah kadmium dalam limbah industri tersebut (Volesky, 2000; Darmono, 2001).

Penelitian Marganov (2003) menyebutkan bahwa kadmium dapat mengganti-kan ikatan logam esensial dalam protein, dalam hal ini merupakan *struktur* protein yang mengandung unsur seng. Seng dan kadmium berada dalam satu kelompok pada susunan unsur berkala, mempunyai bilangan oksidasi yang sama (+2), jika terionisasi akan membentuk partikel ion yang berukuran hampir sama. Berdasarkan banyak kesamaan tersebut, kadmium dapat menggantikan unsur seng dalam banyak sistem biologi (organik). Daya ikat kadmium terhadap zat organik 10 kali lebih besar dibandingkan dengan seng. Kadmium juga dapat menggantikan magnesium dan kalsium dalam ikatannya dengan struktur zat organik.

Keracunan kadmium kronis terjadi bila sejumlah dosis kecil kadmium terkonsumsi atau terinhalasi dalam waktu yang lama. Kadmium pada keadaan ini akan menyebabkan nefrotoksis yaitu gejala proteinuria, glikosuria, dan aminoasiduria disertai dengan penurunan laju filtrasi glumerolus ginjal. Kasus keracunan kadmium juga menyebabkan gangguan kardiovaskular dan hipertensi. Hal tersebut terjadi karena tingginya afinitas jaringan ginjal terhadap kadmium (Darmono, 1995).

Beberapa prosedur yang umumnya digunakan untuk pengambilan logam berat dari perairan yaitu metode pengendapan, pertukaran ion, koagulasi, reverse osmosis, ekstraksi pelarut, dan fitoremediasi (Rich dan Cherry, 1987). Metode tersebut dinilai memiliki banyak kekurangan diantaranya: kebutuhan energi dan reagen yang tinggi, proses pengambilan logam berat yang tidak terselesaikan, terbentuknya limbah baru yang bersifat toksik, sehingga diperlukan teknologi lain

yang efektif untuk proses pengambilan logam berat dari larutan/ perairan (Ahalya *et al.*, 2003).

Pencemaran air dan ekosistemnya oleh logam berat memerlukan penanganan berupa sistem pengolahan limbah logam berat yang tidak mengganggu ekosistem, tidak menambah pencemaran, dan mudah serta layak diperhitungkan secara ekonomis. Salah satu langkah yang memenuhi syarat tersebut yakni pengolahan limbah logam berat menggunakan mikroorganisme.

Penelitian terhadap teknologi baru, yakni bioremediasi yang meliputi proses biosorpsi dan bioakumulasi telah banyak dilakukan. Metode ini dapat digunakan untuk prosedur pengambilan logam berat dari perairan. Bioremediasi merupakan alternatif untuk menyerap logam berat dengan menggunakan mikroorganisme yang mempunyai komponen material biologi dengan kapasitas pengikatan logam berat yang besar.

Ragi *Saccharomyces cerevisiae* telah banyak diteliti berkaitan dengan potensinya sebagai biosorben logam berat termasuk kadmium. Volesky (1994) menjelaskan dalam keadaan mati, *S. cerevisiae* mampu menyerap kadmium 15-45 mg kadmium per berat kering biomassa. *S. cerevisiae* memiliki material dinding sel sebagai sumber pengikatan logam (Norris dan Kelly, 1976).

Sel *S. cerevisiae* telah berhasil digunakan untuk bioremediasi logam berat Cu²⁺ dan Co²⁺ pada penelitian yang dilakukan oleh Brady dan Duncan tahun 1994. Hasil penelitian Norris dan Kelly (1976) yang bertujuan untuk mempelajari proses inhibisi pada biosorpsi menggunakan *S. cerevisiae* menyatakan bahwa akumulasi ion logam Cd²⁺ dan Co²⁺ mempengaruhi secara drastis konsentrasi ion

K^+ dan Mg^{2+} dalam *S. cerevisiae*. *S. cerevisiae* memiliki kelebihan diantaranya: (1) mudah dihasilkan, (2) harga terjangkau, (3) efisiensi tinggi, (4) tidak membutuhkan nutrien tambahan, (5) minimnya *sludge* kimia atau biologi yang dapat terbentuk, (6) biosorben dapat diregenerasi, (7) dapat dilakukan *recovery* logam (Kratochvil, 1998).

Penelitian ini mempelajari ada tidaknya pengaruh ion logam Co^{2+} yang digunakan sebagai ion penginterferensi ion logam Cd^{2+} ketika dibiosorpsi oleh sel ragi *S. cerevisiae*. Proses biosorpsi ini diteliti pada variasi pH media dan waktu kontak. Keberadaan ion logam lain yakni ion logam Co^{2+} , diperkirakan mampu mempengaruhi proses biosorpsi ion logam Cd^{2+} oleh sel *S. cerevisiae*.

Pemilihan ion logam Co^{2+} pada penelitian ini didasarkan pada fakta bahwa *perairan* yang tercemar ion logam Cd^{2+} juga dapat dicampuri oleh ion logam lain seperti Co^{2+} dan prediksi adanya kompetisi kedua logam ini dalam berikatan dengan dinding sel *S. cerevisiae* berdasarkan konsep asam basa lunak keras. Day dan Underwood (1987) menjelaskan bahwa konsep asam basa lunak-keras dapat meramalkan terjadi atau tidaknya suatu reaksi, yaitu asam-asam keras memilih bersenyawa dengan basa-basa keras, sedangkan asam-asam lunak memilih bersenyawa dengan basa-basa lunak.

Ion logam Cd^{2+} pada konsep asam basa lunak- keras terletak pada golongan asam lunak, sedangkan ion logam Co^{2+} terletak pada daerah batas/intermediate yang dapat memiliki kecenderungan kedua sifat baik lunak maupun keras. Dinding sel *S. cerevisiae* yang tersusun dari rangkaian polisakarida dan protein memiliki banyak gugus fungsi, baik yang bersifat basa lunak maupun basa keras.

Alasan menggunakan Cd²⁺ adalah untuk mengetahui kemampuan biosorpsi ragi *S. cerevisiae* terhadap Cd²⁺ dan pengaruh Co²⁺ terhadap biosorpsinya. Berdasarkan konsep tersebut dapat dijelaskan bahwa *S. cerevisiae* kemungkinan hanya akan menjerap salah satu dari ion logam tersebut atau akan menjerap keduanya, namun dengan kapasitas yang berbeda. Selain itu diduga ion logam Co²⁺ dapat mempengaruhi biosorpsi ion logam Cd²⁺ karena Co²⁺ yang berada pada posisi *intermediate* bisa memiliki kecenderungan sifat seperti Cd²⁺ yang bersifat asam lunak.

Pemilihan waktu kontak didasarkan pada masa pertumbuhan ragi yang diperoleh dari pengamatan profil pertumbuhan ragi. Hal ini dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai waktu yang diperlukan untuk mencapai biosorpsi optimum terhadap ion logam Cd²⁺. Pemilihan pH media yang efektif ditunjukkan oleh konsentrasi ion logam Cd²⁺ yang terbiosorpsi paling banyak, sehingga konsentrasi tersebut dapat digunakan untuk mempelajari ada atau tidaknya interferensi Co²⁺ pada konsentrasi akhir Cd²⁺ yang diketahui dari hasil analisis konsentrasi menggunakan spektrofotometer serapan atom.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut.

1. Variasi konsentrasi larutan kadmium yang dapat digunakan dalam proses biosorpsi, diantaranya CdSO₄, CdCl₃ dan Cd(OH)₂

2. Variasi konsentrasi larutan kobalt yang dapat digunakan dalam proses biosorpsi, diantaranya CoCl_2 atau $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$
3. Variasi jenis ragi yang dapat digunakan pada proses biosorpsi, di antaranya ragi *S. cerevisiae*, *Yarrowia lipotyca* dan *Chlorella vulgaris*.
4. Kemampuan biosorpsi oleh mikroorganisme dipengaruhi antara lain: konsentrasi ion yang akan dibiosorpsi, waktu kontak, pH media, dan suhu inkubasi yang optimum pada proses biosorpsi.
5. Perbandingan konsentrasi ion Cd^{2+} dengan konsentrasi ion Co^{2+} yang digunakan dapat mempengaruhi interferensi ion Co^{2+} terhadap biosorpsi ion Cd^{2+} .

C. Pembatasan Masalah

Batasan dalam penelitian ini meliputi :

1. Larutan kadmium yang digunakan dalam penelitian ini berupa larutan kadmium CdSO_4 .
2. Larutan kobalt yang digunakan dalam penelitian ini untuk meneliti ada tidaknya interferensi terhadap biosorpsi Cd^{2+} berupa larutan CoCl_2 .
3. Ragi yang digunakan pada penelitian ini adalah strain *Saccharomyces cerevisiae*.
4. Variasi konsentrasi larutan Co^{2+} yang digunakan meliputi 0, 5, 10, 15, dan 20 ppm.
5. Variasi waktu kontak meliputi 0,5; 2; 4; 6; 8; dan 10 jam.
6. Variasi pH media yang digunakan meliputi pH 3, 5, 7, dan 9.

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah diajukan rumusan masalah sebagai berikut

1. Adakah pengaruh interferensi ion logam Co^{2+} terhadap efisiensi biosorpsi ion logam Cd^{2+} oleh sel ragi *S. cerevisiae* pada waktu kontak 0,5; 2; 4; 6; 8; dan 10 jam ?
2. Adakah pengaruh interferensi ion logam Co^{2+} terhadap efisiensi biosorpsi ion logam Cd^{2+} oleh sel ragi *S. cerevisiae* pada variasi pH media 3, 5, 7, dan 9 ?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

1. Ada atau tidaknya pengaruh interferensi ion logam Co^{2+} terhadap efisiensi biosorpsi ion logam Cd^{2+} oleh sel ragi *S. cerevisiae* pada variasi waktu kontak.
2. Ada atau tidaknya pengaruh interferensi ion Co^{2+} terhadap efisiensi biosorpsi ion Cd^{2+} oleh sel ragi *S. cerevisiae* pada variasi pH media.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Bagi industri, sebagai informasi tentang cara menanggulangi pencemaran limbah logam berat pada limbah industri.
2. Bagi masyarakat, sebagai informasi pengetahuan tentang adanya sel ragi *S. cerevisiae* yang dapat digunakan sebagai bahan adsorben pencemaran logam.

3. Bagi lembaga, sebagai tambahan khasanah pengetahuan, khususnya mengenai potensi sel ragi *S. cerevisiae* dalam membantu mengatasi pencemaran logam di lingkungan perairan.