

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah pelapisan logam merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah cair anorganik yang mengandung berbagai zat berbahaya seperti logam berat, asam, dan senyawa kimia lainnya. Limbah cair dari proses pengolahan baja memiliki karakteristik yang mengandung polutan logam berat seperti Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Seng (Zn), Besi (Fe), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) (Sitogasa et al., 2022). Logam-logam ini dapat mencemari tanah dan air, serta mengganggu ekosistem jika tidak dikelola dengan baik. Kromium (Cr) tidak bisa terurai secara alami, sehingga zat ini menumpuk di lingkungan. Kromium juga dapat terakumulasi dalam rantai makanan melalui proses biomagnifikasi (Yunita, 2011). Karakteristik yang dimiliki limbah cair industri pelapisan logam dapat merusak lingkungan, dapat diolah terlebih dahulu untuk mengurangi zat yang berbahaya.

Konsentrasi kromium dalam limbah dari proses pelapisan logam dapat bervariasi, namun sering kali mencapai angka yang cukup tinggi. Beberapa penelitian mengindikasikan bahwa kadar kromium dalam limbah cair dari industri pelapisan logam bisa berkisar antara 2 mg/L hingga 5 mg/L, tergantung pada jenis proses dan bahan kimia yang diterapkan (Romadhan et al., 2017). Menurut Mustanginah, (2024) Pada salah industri pelapisan logam memiliki limbah cair yang mengandung konsentrasi Cr(VI) yaitu mencapai 1427,39 ppm. Tingginya kadar kromium dalam limbah ini menjadi perhatian utama karena dapat menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan. Dari hasil konsentrasi kromium (Cr) yang hasil oleh industri pelapisan logam, perlu pengolahan air limbah yang dapat mengurangi konsentrasi kromium tersebut.

Pengolahan air limbah cair anorganik industri baja dapat dilakukan menggunakan metode koagulasi flokulasi dengan koagulan PAC (Polyaluminium Chloride), presipitasi, flotasi, adsorpsi, reverse osmosis, dan ion exchange (Willy & Mukono, 2023). Proses koagulasi dengan koagulan PAC dengan konsentrasi

tertentu dapat menurunkan kadar logam berat secara signifikan (Nurhayati et al., 2020). Metode presipitasi besi dalam bentuk Fe^{2+} dapat diubah menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang lebih mudah diendapkan (Wijayanti, 2022). Flotasi sering digabungkan dengan filtrasi untuk meningkatkan efisiensi pemisahan logam berat. Proses adsorpsi memanfaatkan bahan seperti karbon aktif atau zeolit untuk menyerap logam berat dari air limbah (Maslukah et al., 2017). Namun, pada proses koagulasi flokulasi menghasilkan lumpur sebagai produk sampingan yang perlu dikelola. Pengelolaan lumpur ini dapat menjadi tantangan tambahan, karena memerlukan proses pemisahan, pengeringan, dan pembuangan yang tepat.

Pengolahan dengan proses fotokatalis menjadi salah satu alternatif teknologi yang sudah ada. Cara kerjanya adalah dengan menggunakan cahaya dan material katalis untuk mempercepat reaksi kimia (Arief et al., 2021). Dalam fotokatalisis, energi cahaya digunakan untuk mengaktifkan katalis, yang kemudian berinteraksi dengan substrat untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Katalis mempercepat reaksi kimia dengan menyediakan jalur baru yang membutuhkan lebih sedikit energi untuk memulai reaksi. Selama proses ini, katalis akan membentuk senyawa sementara dengan reaktan, lalu melepaskan produk sambil kembali ke bentuk awalnya (Ramadhanti, 2023). Proses fotokatalisis menggunakan bahan semikonduktor TiO_2 dapat mendegradasi kromium (Cr). Mekanisme kerja Kadar ion Cr (IV) dapat diturunkan secara signifikan setelah penyinaran UV, dengan efisiensi pengurangan yang meningkat seiring dengan waktu penyinaran (Wildan & Mutiara, 2019).

Pada proses fotokatalis, resin saja tidak efektif untuk degradasi polutan. Fungsi resin hanya sebatas mengeliminasi polutan melalui mekanisme pertukaran ion. Fotokatalis seperti TiO_2 dan ZnO saat ini ditempelkan atau diimobilisasi pada media pendukung berupa resin. Tujuannya adalah untuk memperluas area permukaan katalis, yang pada akhirnya akan meningkatkan efisiensi dalam proses fotokatalis (Ayuningtiyas et al., 2022). Tujuan yang lain untuk mempertahankan aktivitas fotokatalis tersebut (Kosim & Prambudi, 2021). RIPT (*Resin Immobilized Photocatalyst Technology*) adalah sebuah teknologi yang mengintegrasikan

fotokatalis dengan resin penukar ion. Dalam sistem ini, fotokatalis diikat dalam resin, sehingga memungkinkan pengolahan limbah yang lebih efisien dan efektif. Teknologi ini memberikan manfaat dalam hal kemudahan pemisahan dan pengolahan limbah, serta meningkatkan kemampuan dalam menghilangkan polutan (Setyaningrum et al., 2019). Material resin immobilized photocatalyst-TiO₂ (RIP-TiO₂) terbukti efektif menurunkan kadar kromium (Cr). Proses imobilisasi ini membuat fotokatalis lebih stabil dan bisa digunakan berulang kali tanpa kehilangan efektivitasnya.

Proses fotokatalis terjadi di beberapa jenis reaktor. Salah satunya reaktor kontinyu yang merupakan sistem yang memungkinkan aliran limbah secara berkelanjutan melalui unit pengolahan. Sistem ini dapat meningkatkan efisiensi proses pengolahan dengan mempertahankan kondisi optimal untuk reaksi kimia dan biologis. Dalam konteks pengolahan limbah menggunakan metode RIPT, reaktor kontinyu dapat dimanfaatkan untuk memastikan bahwa resin dan fotokatalis tetap dalam keadaan aktif (Munandar et al., 2016). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fotokatalis menggunakan reaktor kontinyu yaitu intensitas UV, waktu tinggal (td), laju alir, serta desain reaktor. Intensitas UV berpengaruh energi foton harus \geq *band gap* katalis seperti TiO₂ (3,2 eV) dan daya lampu dengan jarak lampu yang ditentukan dapat meningkatkan transfer energi. Waktu tinggal (td) berpengaruh lamanya waktu kontak antara RIP (*Resin Immobilized Photocatalyst*) dengan air limbah yang dapat meningkatkan efisiensi degradasi kadar air limbah.

Pada penelitian sebelumnya, percobaan yang telah dilakukan efektivitas jarak lampu UV menggunakan resin *immobilized photocatalyst-ZnO* serta pengujian efektivitasnya untuk menghilangkan parameter COD, Total N, dan Fosfat limbah tahu dalam reaktor fotokatalisis *continue*. Berdasarkan penelitian tersebut, peneliti menggunakan material RIP-TiO₂ dalam reaktor fotokatalis. Pengujian akan dilakukan secara *continue* dengan memvariasikan debit aliran agar didapatkan kondisi optimum untuk mendegradasikan kromium heksavalen (Cr⁶⁺) sesuai dengan ambang batas sebesar 0,1 mg/L menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 dan Peraturan Gubernur No. 72 Tahun 2013 dalam industri

pelapisan logam. Tujuan dari penelitian ini adalah menemukan kondisi operasional paling efektif untuk reaktor fotokatalis. Setelah itu, hasil yang diperoleh akan ditingkatkan skalanya agar dapat diaplikasikan untuk mengolah air limbah di industri pelapisan logam.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah dalam penelitian ini.

1. Bagaimana kondisi optimum reaktor dan pengaruhnya dalam mendegradasikan kromium heksavalen (Cr^{6+}) limbah pelapisan logam pada reaktor fotokatalis *continue*?
2. Bagaimana efektivitas RIPT-TiO₂ dan resin kontrol dalam menurunkan kromium heksavalen (Cr^{6+}) limbah cair industri pelapisan logam pada reaktor fotokatalis *continue*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah.

1. Untuk menganalisis kondisi optimum reaktor dan pengaruhnya dalam mendegradasikan kromium heksavalen (Cr^{6+}) limbah pelapisan logam pada reaktor fotokatalis *continue*.
2. Untuk menganalisis efektivitas RIPT-TiO₂ dan resin kontrol dalam menurunkan kromium heksavalen (Cr^{6+}) limbah cair industri pelapisan logam pada reaktor fotokatalis *continue*.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah.

1. Bagi penulis, memberikan pengalaman dan pengetahuan tentang reaktor fotokatalisis secara *continue* dengan kondisi optimum reaktor dan pengaruhnya dalam mendegradasikan kromium heksavalen (Cr^{6+}) serta efektivitas RIPT-TiO₂ dengan resin kontrol dalam menurunkan kromium heksavalen (Cr^{6+}) dalam limbah industri pelapisan logam.
2. Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi akademisi lain untuk melakukan kajian lebih mendalam pada topik yang serupa.

3. Penelitian ini dapat memberikan alternatif teknologi pengolahan limbah cair yang efisien bagi para pelaku usaha atau industri pelapisan logam.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini meliputi.

1. Sampel limbah cair industri pelapisan logam.
2. Parameter yang diteliti adalah kromium heksavalen (Cr^{6+}), pH, kekeruhan dan suhu.
3. Media yang digunakan dalam penelitian adalah RIP-TiO₂.
4. Jenis lampu pada reaktor adalah lampu UV-C.
5. Menggunakan variasi debit aliran dan waktu dalam pengolahan reaktor fotokatalis tipe aliran *continue*.
6. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur.