



Laporan Hasil Penelitian

“Penurunan Kadar Logam Cr (VI) Dan Zat Warna Dari Limbah Batik Menggunakan Adsorben Zeolit Terimpregnasi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ Dengan Metode Adsorpsi”

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pertumbuhan populasi serta kegiatan industri telah berdampak besar terhadap penurunan kualitas air (Razi dkk., 2023). Logam berat merupakan salah satu polutan yang berbahaya bagi ekosistem karena bersifat toksik, sulit terdegradasi secara alami, serta berpotensi terakumulasi di lingkungan perairan maupun dalam jaringan makhluk hidup (Siringoringo dkk., 2022). Salah satu sektor industri yang menghasilkan limbah cair mengandung logam berat adalah industri batik. Limbah cair industri batik diketahui mengandung berbagai logam berat, di antaranya timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg), dan kromium (Cr) (Indah & Utami, 2025). Selain logam berat, limbah cair batik juga mengandung zat warna yang dapat menurunkan kualitas lingkungan perairan. Pewarna yang umum digunakan dalam industri batik merupakan pewarna sintesis karena mudah diperoleh serta mampu menghasilkan warna yang lebih cerah. Jenis pewarna sintesis yang sering digunakan antara lain indigosol, naphtol, crystal violet, methylene blue (MB), remazol yellow, dan rhodamine B (Indah, M. Utami, 2024). Di Indonesia, sebagian besar produksi batik dilakukan oleh industri kecil dan menengah (IKM). Banyak IKM batik beroperasi di luar kawasan industri dan belum dilengkapi dengan fasilitas pengolahan limbah cair yang memadai. Berdasarkan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019, 2019) tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil, kadar maksimum logam kromium (Cr) yang diperbolehkan adalah 1 mg/L, sedangkan kadar maksimum zat warna sebesar 200 Pt-Co. Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan limbah yang efektif untuk menurunkan kandungan logam berat dan zat warna sebelum limbah dibuang ke lingkungan.

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menurunkan kadar logam berat dan zat warna adalah adsorpsi. Metode ini memanfaatkan adsorben yang berfungsi mengikat kontaminan dari limbah cair. Zeolit alam merupakan salah satu adsorben yang banyak digunakan karena memiliki struktur berpori, luas permukaan



Laporan Hasil Penelitian

“Penurunan Kadar Logam Cr (VI) Dan Zat Warna Dari Limbah Batik Menggunakan Adsorben Zeolit Terimpregnasi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ Dengan Metode Adsorpsi”

yang cukup besar, serta harga yang relatif murah. Namun, kemampuan adsorpsi zeolit alam masih terbatas sehingga diperlukan modifikasi untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Salah satu metode modifikasi yang dapat dilakukan adalah impregnasi, yaitu penambahan senyawa tertentu ke dalam struktur zeolit guna meningkatkan jumlah situs aktif adsorpsi (Muhsinun & Prayunisa, 2021). $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (ferric sulfate) telah banyak digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air dan air limbah (El Ouadrhiri dkk., 2025). Senyawa ini menghasilkan spesies Fe(III) yang pada kondisi pH tertentu memiliki afinitas tinggi terhadap berbagai kontaminan, termasuk logam berat dan senyawa organik (Aragaw dkk., 2021). Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ berpotensi digunakan sebagai bahan impregnasi pada zeolit untuk meningkatkan jumlah situs aktif Fe–OH sehingga diharapkan mampu meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap Cr(VI) dan zat warna (Du dkk., 2012; Guaya dkk., 2015).

Berdasarkan penelitian (Pandey & Sharma, 2017), laju alir memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi adsorpsi ion Cr(VI) pada kolom tetap (fixed bed). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi Cr(VI) mencapai 5,66 mg/g dengan efisiensi maksimum sekitar 85% pada laju alir terendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa laju alir yang lebih rendah memberikan waktu kontak yang lebih lama antara larutan dan permukaan adsorben, sehingga ion Cr(VI) memiliki peluang lebih besar untuk berinteraksi dan terikat pada situs aktif zeolit. Selain itu, (Susilowati dkk., 2025) melaporkan bahwa zeolit alam yang diimpregnasi menggunakan FeCl_3 dengan perbandingan zeolit dan FeCl_3 sebesar 3:1 mampu menurunkan konsentrasi zat warna dan logam Cu pada limbah batik. Kondisi optimum diperoleh pada massa adsorben 450 gram dengan efisiensi penurunan zat warna sebesar 27,86% dan logam Cu sebesar 30%. Peningkatan massa adsorben terbukti mampu memperbesar luas permukaan aktif serta meningkatkan jumlah situs adsorpsi yang tersedia. Mengacu pada penelitian (Pandey & Sharma, 2017) serta (Susilowati dkk., 2025), penelitian ini menawarkan kebaruan berupa penggunaan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (besi(III) sulfat) sebagai bahan impregnasi zeolit alam untuk menggantikan FeCl_3 . Pemanfaatan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ diharapkan mampu meningkatkan jumlah situs aktif pada permukaan zeolit sehingga adsorpsi logam



Laporan Hasil Penelitian

“Penurunan Kadar Logam Cr (VI) Dan Zat Warna Dari Limbah Batik Menggunakan Adsorben Zeolit Terimpregnasi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ Dengan Metode Adsorpsi”

Cr(VI) dan zat warna dapat berlangsung secara simultan dengan efisiensi yang lebih baik.

Pada penelitian ini, variabel yang dikaji meliputi variasi laju alir dan massa adsorben zeolit alam terimpregnasi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ dalam proses penurunan kadar logam Cr(VI) dan zat warna pada limbah cair batik menggunakan sistem fixed bed column. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas zeolit alam terimpregnasi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ sebagai adsorben dalam menurunkan kadar logam Cr(VI) dan zat warna. Melalui pemahaman mengenai pengaruh laju alir dan massa adsorben terhadap kinerja adsorpsi, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah cair industri batik yang lebih efektif serta mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) nomor 6, yaitu menjamin ketersediaan dan pengelolaan air bersih serta sanitasi yang berkelanjutan bagi semua.

I.2 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh laju alir pada kolom tetap (*fixed bed column*) untuk penurunan konsentrasi logam Cr(VI) dan zat warna menggunakan adsorben zeolit terimpregnasi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.
2. Mengetahui pengaruh massa adsorben pada kolom tetap (*fixed bed column*) untuk penurunan konsentrasi logam Cr(VI) dan zat warna menggunakan adsorben zeolit terimpregnasi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

I.3 Manfaat

1. Mengurangi potensi pencemaran logam berat dan zat warna beracun ke lingkungan perairan.
2. Memberikan kontribusi ilmiah bagi penelitian adsorpsi dan teknologi pengolahan limbah.
3. Mendukung pencapaian target Sustainable Development Goals (SDGs), terutama poin 6 (air bersih dan sanitasi layak).