

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran air yang disebabkan oleh air limbah industri menimbulkan ancaman besar terhadap ekosistem akuatik dan kesehatan manusia. Salah satu contoh industri yang menghasilkan air limbah yang mengandung logam berat, khususnya logam berat krom total yang bersifat beracun adalah industri penyamakan kulit (Rahmahida & Salimin, 2013). Air limbah dari industri penyamakan kulit yang mengandung krom dalam konsentrasi tinggi dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Devega dkk., 2019). Sifat toksik dari logam krom juga dapat menyebabkan dampak negatif pada kesehatan manusia (Rahmahida & Salimin, 2013).

Salah satu industri penyamakan kulit yang menggunakan Cr pada proses produksinya yaitu Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Penyamakan Kulit Padang Panjang. Unit usaha ini berlokasi di Kelurahan Silaing Bawah (Dahlia & Sembiring, 2023). UPTD ini menggunakan krom dalam operasionalnya dan telah memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan dari proses penyamakan kulit (Tamsin, 2017). Berdasarkan studi pendahuluan, hasil pengukuran Cr pada *influent* IPAL yang telah diambil yaitu 2,3 mg/L dan 0,8 mg/L pada *effluent*. Baku mutu kadar logam berat Cr bagi usaha dan/atau kegiatan industri penyamakan kulit menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 ialah 0,60 mg/L, sehingga hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa masih diperlukan pengolahan tambahan karena konsentrasi Cr belum memenuhi baku mutu walaupun sudah diolah di IPAL. Salah satu contoh pengolahan tambahan untuk menurunkan kadar Cr di perairan adalah metode adsorpsi.

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang dianggap sebagai metode yang sangat disukai karena prosesnya sederhana, efektif, memiliki kapasitas adsorpsi tinggi, selektif, memiliki biaya operasional yang rendah, dan tidak menimbulkan efek samping berupa zat beracun (Astuti, 2018). Zat yang menempel pada proses adsorpsi disebut adsorbat, sedangkan permukaan tempat zat itu menempel disebut adsorben.

Ada berbagai jenis adsorben yang digunakan seperti biosorben, adsorben berbasis metal dan adsorben yang berasal dari bahan dua dimensi (Astari & Utami, 2018). Salah satu contoh bahan dua dimensi yang masih dalam pengembangan adalah MXene.

MXene ($Ti_3C_2T_x$) dikenal sebagai salah satu adsorben dua dimensi (2D) yang selektif dan potensial untuk menghilangkan kontaminan berbahaya dalam air limbah. Bahan ini memiliki sifat stabilitas fisika-kimia yang tinggi, kemampuan penukaran ion, serta ramah lingkungan (Karthikeyan dkk., 2020). Material MXene dikenali dengan rumus umum $M_{n+1}X_nT_x$ ($n=1,2,3$), di mana M menunjukkan logam transisi awal (Ti, V, Cr, Nb, Hf, Ta, Sc, Zr), X adalah singkatan dari atom C dan/atau N, dan T_x mewakili gugus penghenti permukaan (-O, -OH, dan -F) (Tan dkk., 2021). MXene dapat menyisihkan larutan Cr dengan kinerja 2,2 kali lebih baik dibandingkan karbon aktif. Hal ini terbukti dari kapasitas adsorpsi Cr oleh MXene 1.090 mg/g (Shah dkk., 2023). MXene memiliki kelemahan ketika terkena air, di mana MXene akan mudah menumpuk sehingga banyak gugus fungsi di permukaan MXene yang tidak berfungsi. Dengan demikian, dibutuhkan penyisipan material di antara lapisan adsorben MXene untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya (Zhang dkk., 2018).

Penelitian modifikasi MXene dengan menyisipkan nanomaterial sudah banyak dilakukan sebelumnya. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Herlina (2022) yang menggunakan MXene/Eceng Gondok untuk menyisihkan logam Cu. Hasil yang didapatkan yaitu efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi sebesar 77,66% dan 19,42 mg/g. Namun, pada penelitian yang menggunakan nanokomposit MXene/Eceng Gondok memerlukan waktu pembuatan yang lama karena eceng gondok memiliki struktur yang lebih kompleks dan pori-pori yang lebih kecil atau tidak seragam. Elbasiouny dkk. (2021) mendapatkan bahwa batang eceng gondok memiliki jumlah selulosa 35%, sedangkan kadar selulosa TKKS menurut Ariyani (2017) sebesar 55-60%. Semakin tinggi kadar selulosa pada suatu adsorben, maka semakin banyak gugus fungsi yang dapat berikatan dengan logam. Maka dari itu pada penelitian ini dilakukan percobaan penyisipan MXene dengan material *nanofiber* yang berasal dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) untuk meningkatkan kemampuan penyisihan MXene.

Produksi kelapa sawit di Sumatera Barat sebesar 1.420.000 ton per-tahun di mana 23% kelapa sawit merupakan TKKS (BPS, 2023). TKKS belum banyak dimanfaatkan; hanya sebagian kecil yang dikembalikan ke kebun sebagai pupuk organik. Menurut Ariyani (2017), TKKS mengandung sekitar 55-60% lignoselulosa berdasarkan berat keringnya yang mampu menyerap logam berat karena mengandung gugus-gugus aktif seperti OH dan COOH. Selain itu, berdasarkan penelitian Salleh dkk. (2022), TKKS dapat menyisihkan Cr sebanyak 63%. Hal ini dibuktikan dengan konsentrasi Cr awal dari penelitiannya sebesar 10 mg/L dengan konsentrasi setelah penyisihan sebesar 3,7 mg/L. Selain kadar selulosa yang tinggi, TKKS juga mudah ditemukan, ramah lingkungan, dan lebih ekonomis.

Berdasarkan uraian di atas, penting untuk dilakukan penelitian mengenai proses adsorpsi menggunakan adsorben nanokomposit MXene/TKKS, yaitu MXene ($Ti_3C_2T_x$) yang dimodifikasi dengan penyisipan *nanofiber* dari TKKS di antara lapisan MXene untuk menyisihkan logam berat Cr dari air limbah. Percobaan dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi, persamaan isoterm adsorpsi, dan kinetika adsorpsi yang sesuai untuk mempelajari mekanisme adsorpsi yang terjadi pada proses adsorpsi Cr oleh MXene/TKKS. Nilai pH memengaruhi kelarutan logam di perairan dan percobaan variasi rasio nanokomposit dilakukan untuk menentukan rasio terbaik dari adsorben MXene/TKKS dalam menyisihkan logam Cr. Oleh karena itu, percobaan ditinjau dari variasi pH dan rasio nanokomposit. Hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi informasi kemampuan MXene sebagai adsorben dan menjadi alternatif teknologi pengolahan air limbah yang mengandung logam berat.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kemampuan MXene/TKKS sebagai adsorben untuk menyisihkan logam berat Cr dengan variasi pH dan rasio nanokomposit.

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyisihan Cr total oleh adsorben nanokomposit MXene/TKKS pada variasi pH dan rasio nanokomposit;

2. Menentukan isoterm yang sesuai pada proses adsorpsi Cr total oleh adsorben MXene/TKKS;
3. Menentukan kinetika adsorpsi logam Cr total yang sesuai pada proses adsorpsi Cr oleh adsorben MXene/TKKS.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diantaranya:

1. Mengatasi kelemahan MXene dan meningkatkan kemampuan adsorpsi material MXene dengan menyelipkan TKKS pada lapisan 2 dimensi MXene;
2. Memanfaatkan efektivitas MXene/TKKS dalam penyisihan logam berat Cr sehingga air yang dibuang ke badan air memenuhi baku mutu;
3. Sebagai studi pendahuluan dalam penentuan kemampuan adsorpsi MXene/TKKS sebagai adsorben sebelum dilakukannya penerapan di lapangan untuk mengolah air limbah dengan skala laboratorium.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Percobaan menggunakan MXene ($Ti_3C_2T_x$) yang dibuat dengan mengetsa fasa MAX(Ti_3AlC_2) dengan asam fluorida (HF);
2. Percobaan menggunakan *nanofiber* TKKS yang dibuat dengan metode hidrolisis asam;
3. Percobaan adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan skala laboratorium pada air limbah artifisial untuk mendapatkan kondisi optimum.
4. Percobaan adsorpsi menggunakan adsorben nanokomposit MXene/TKKS untuk menyisihkan logam Cr total pada air limbah dengan konsentrasi awal 0,8 mg/L dan dosis 0,6 g/L;
5. Percobaan dilakukan secara *triplo* dengan variasi pH adsorben 2, 4, 6, 8 dan rasio nanokomposit MXene/TKKS 40:1; 20:1; 10:1; 5:1. Rasio MXene/TKKS dibuat berdasarkan perbandingan berat;
6. Hasil percobaan adsorpsi pada kondisi terbaik selanjutnya diterapkan pada percobaan aplikasi menggunakan air limbah *effluent* IPAL Industri Penyamakan Kulit Padang Panjang;

7. Analisis konsentrasi logam berat Cr total dilakukan dengan dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dengan acuan SNI 6989.17:2009 Air dan Air Limbah-Bagian 17: Cara uji krom total (Cr-T) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala;
8. Analisis karakteristik material MXene/TKKS menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR);
9. Analisis statistik menggunakan uji normalitas, ANOVA, dan uji korelasi;
10. Persamaan isoterm yang diuji kesesuaiannya, yaitu Freundlich dan Langmuir;
11. Kinetika adsorpsi MXene/TKKS terhadap air limbah diuji kesesuaiannya, yaitu orde nol, orde satu, orde dua, *pseudo first order*, dan *pseudo second order*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori dan tinjauan pustaka mengenai pencemaran air oleh logam berat, logam berat Cr, air limbah yang mengandung logam Cr, dampak pencemaran air akibat logam Cr, baku mutu konsentrasi logam Cr, proses adsorpsi menggunakan material dua dimensi, adsorben yang efektif, MXene dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai adsorben, analisis karakteristik material yang digunakan dalam penelitian, analisis statistik yang digunakan dalam penelitian, dan teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan, studi literatur, uji karakteristik air limbah yang digunakan, persiapan

percobaan mencakup alat dan bahan, percobaan penentuan waktu kontak, percobaan adsorpsi, metode analisis laboratorium terkait logam Cr, analisis karakteristik material yang digunakan, analisis statistik yang digunakan, lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai pembahasannya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan.

