

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran logam berat, seperti kromium (Cr) yang dihasilkan dari industri penyamakan kulit menjadi salah satu masalah lingkungan yang serius. Air limbah yang mengandung Cr bersifat toksik, dapat membahayakan ekosistem serta kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan baik (Zuhrah dkk., 2022). Salah satu industri penyamakan kulit yang menggunakan Cr dalam proses produksinya adalah Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Penyamakan Kulit Padang Panjang, yang berlokasi di Kelurahan Silaing Bawah. Berdasarkan studi karakteristik tahun 2024, konsentrasi Cr pada *influent* dan *effluent* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) UPTD tersebut didapatkan sebesar 2,3 mg/L dan 0,8 mg/L. Mengacu pada baku mutu logam berat kromium total pada industri penyamakan kulit menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 tahun 2014, yaitu sebesar 0,6 mg/L, konsentrasi ini masih belum memenuhi standar yang ditetapkan. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan tambahan untuk menurunkan konsentrasi logam berat Cr.

Metode penyisihan logam yang biasa digunakan pada air limbah adalah adsorpsi, elektrokoagulasi, dan fitoremediasi. Metode adsorpsi digunakan karena teknologi yang sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan, sehingga metode ini cocok diterapkan. Adsorpsi adalah proses menempelnya suatu zat (adsorbat) pada permukaan bahan (adsorben) karena adanya gaya tarik menarik antar permukaan (Astari dkk., 2018). Pada sistem adsorpsi *batch*, partikel adsorben dicampurkan dengan larutan adsorbat dan diaduk agar kontak merata tanpa adanya aliran masuk atau keluar dari sistem (Tchobanoglous dkk., 2014). Efisiensi adsorpsi bergantung pada luas permukaan adsorben serta gugus fungsi yang sesuai dengan adsorbat. Saat ini, banyak penelitian dilakukan untuk mengembangkan adsorben yang sederhana, mudah dibuat, dan efektif, termasuk yang berasal dari bahan dua dimensi (Darjito dkk., 2014).

Salah satu bahan dua dimensi yang mulai dikembangkan adalah MXene. MXene adalah material dua dimensi yang dihasilkan dari pengelupasan kimia fase MAX ($M_{n+1}AX_n$), yang terdiri dari logam transisi (M), elemen logam golongan IIIA dan IVA (A), serta karbon atau nitrogen (X). MXene memiliki permukaan spesifik yang tinggi dan struktur berlapis yang memberikan area permukaan yang luas untuk interaksi dengan adsorbat, meningkatkan kapasitas adsorpsi dan memiliki kelebihan yaitu struktur halus, stabil secara kimia, dan bersifat hidrofilik, sehingga unggul dalam pengolahan limbah fase cair (Song dkk., 2020). Menurut Shah dkk. (2023) MXene mampu menyisihkan logam Cr dalam air limbah dengan kapasitas adsorpsi 1.090 mg/g dan efisiensi penyisihan 80%. Walaupun kapasitas adsorpsi tanpa modifikasi sudah tinggi, MXene juga memiliki kelemahan, yaitu membentuk agregat jika berkontak dengan air sehingga jarak antara panel dan permukaan menjadi kecil, dan banyak gugus fungsi di permukaan tidak berfungsi (Carey & Barsoum, 2021). Oleh karena itu, diperlukan penyisipan material di antara lapisan adsorben MXene untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi, membantu mencegah aglomerasi, menjaga kestabilan kimia MXene, yaitu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).

Produksi kelapa sawit di Sumatera Barat mencapai 1.420.000 ton per tahun. Dari jumlah tersebut, 23% merupakan TKKS (BPS, 2023). TKKS sebagian besar belum dimanfaatkan, hanya sedikit yang dikembalikan ke kebun sebagai pupuk organik. Menurut Ariyani (2017), TKKS mengandung sekitar 55-60% selulosa berdasarkan berat keringnya yang mampu menyerap logam berat karena mengandung gugus-gugus aktif seperti OH dan COOH. Selain kadar selulosa yang tinggi, TKKS juga mudah ditemukan, ramah lingkungan, dan lebih ekonomis. Berdasarkan penelitian Salleh dkk. (2022), TKKS dapat menyisihkan Cr sebanyak 63%, dengan konsentrasi akhir 10 mg/L.

Penelitian modifikasi MXene sudah dilakukan sebelumnya, seperti penelitian Wan dkk., (2021) menunjukkan penggabungan MXene dengan chitosan untuk menyisihkan Cr, mendapatkan efisiensi penyisihan 30,4% dan kapasitas adsorpsi 50,6 mg/g. Hasil ini menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi MXene yang dikombinasikan dengan chitosan terbilang cukup kecil. Penelitian lain oleh Melliaroza (2022), penggunaan MXene/ Eceng Gondok dengan

variasi dosis dan rasio nanokomposit untuk menyisihkan logam Cu dengan efisiensi penyisihan 76,17% dan kapasitas adsorpsi 19,04 mg/g. Namun, eceng gondok memiliki struktur kompleks, waktu pembuatan lama, bahan kimia yang banyak dalam pembuatannya dan kandungan selulosa yang lebih sedikit dari TKKS yaitu sebanyak 35% (Elbasiouny dkk. 2021). Oleh karena itu, dilakukan penggabungan MXene dengan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) untuk meningkatkan kinerja adsorpsi dan efisiensi penyisihan.

Berdasarkan uraian di atas, penting untuk dilakukan penelitian mengenai proses adsorpsi menggunakan adsorben nanokomposit MXene/TKKS dengan variasi dosis adsorben dan rasio nanokomposit, yaitu MXene yang dimodifikasi dengan penyisipan *nanofiber* dari TKKS di antara lapisan MXene. Variasi tersebut merupakan faktor yang memengaruhi adsorpsi karena dapat mengoptimalkan jumlah adsorben dan komposisi nanokomposit untuk menyisihkan logam berat Cr dari air limbah. Kemampuan penggabungan tersebut dianalisis melalui kapasitas adsorpsi, persamaan isoterm adsorpsi, dan kinetika adsorpsi yang sesuai untuk mempelajari mekanisme adsorpsi yang terjadi pada proses adsorpsi Cr oleh MXene/TKKS. Hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi informasi kemampuan MXene sebagai adsorben dan dapat menjadi alternatif teknologi pengolahan limbah.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menguji variasi dosis adsorben optimum dan rasio nanokomposit MXene/TKKS terbaik dalam menyisihkan kromium total. Variasi dosis adsorben yang digunakan (0,2; 0,4; 0,6; 0,8 g/L) dan rasio nanokomposit (5:1, 10:1, 20:1, 40:1).

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan efisiensi penyisihan kromium total dari larutan artifisial dan air limbah industri penyamakan kulit pada variasi dosis adsorben dan rasio nanokomposit menggunakan adsorben MXene/TKKS;
2. Menentukan kapasitas adsorpsi kromium total dari larutan artifisial dan air limbah industri penyamakan kulit menggunakan adsorben MXene/TKKS pada variasi dosis adsorben dan rasio nanokomposit;

3. Menganalisis perbedaan efisiensi penyisihan kromium total dan kapasitas adsorpsi adsorben MXene/TKKS, MXene saja, dan TKKS saja, pada dosis adsorben optimum dan rasio nanokomposit terbaik;
4. Menentukan persamaan isoterm adsorpsi kromium total menggunakan nanokomposit MXene/TKKS;
5. Menentukan kinetika adsorpsi kromium total menggunakan nanokomposit MXene/TKKS.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

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 kromium total sehingga air yang dibuang ke badan air memenuhi baku mutu;
3. Sebagai studi karakteristik dengan skala laboratorium dalam pemanfaatan MXene/TKKS sebagai adsorben untuk mengolah air limbah setelah IPAL.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Percobaan dilakukan pada reaktor *batch* dengan skala laboratorium pada larutan artifisial Cr untuk mendapatkan kondisi terbaik. Hasil percobaan adsorpsi pada kondisi terbaik selanjutnya diterapkan pada sampel air limbah industri penyamakan kulit;
2. Percobaan menggunakan MXene ($Ti_3C_2T_x$) yang dibuat dari fase MAX (Ti_3AlC_2) dengan proses etsa menggunakan asam fluorida (HF);
3. Percobaan menggunakan nanoselulosa TKKS yang dibuat dengan metode hidrolisis asam;
4. Percobaan adsorpsi menggunakan adsorben nanokomposit MXene/TKKS untuk menyisihkan logam kromium total pada air limbah dengan konsentrasi awal 0,8 mg/L dan pH 6;
5. Percobaan adsorpsi dilakukan dengan variasi dosis adsorben dan rasio nanokomposit MXene/TKKS. Variasi dosis adsorben pada percobaan antara

lain 0,2 g/L; 0,4 g/L; 0,6 g/L; 0,8 g/L dan variasi rasio nanokomposit dengan perbandingan 40:1; 20:1; 10:1 dan 5:1. Rasio MXene/TKKS dibuat berdasarkan perbandingan berat. Rasio MXene/TKKS 40:1 berarti bahwa untuk setiap 40 bagian MXene, terdapat 1 bagian TKKS dalam campuran tersebut;

6. Analisis konsentrasi logam berat kromium total dilakukan dengan menggunakan metode *flame Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dengan acuan SNI 6989.17:2009 Air dan Air Limbah-Bagian 17: Cara uji kromium total (Cr-T) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala;
7. Analisis karakteristik material MXene/TKKS menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR);
8. Analisis statistik menggunakan uji normalitas, uji *one way* ANOVA, uji korelasi, dan uji regresi;
9. Persamaan isoterm yang diuji kesesuaiannya, yaitu Freundlich dan Langmuir;
10. Kinetika adsorpsi diuji menggunakan model orde nol, orde satu, dan orde dua. Model *pseudo-first order* dan *pseudo-second order* diterapkan jika data tidak sesuai dengan ketiga model tersebut.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang penelitian, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup 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 pendahuluan, 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 V KESIMPULAN DAN SARAN

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

