

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri yang pesat telah meningkatkan limbah beracun yang dibuang ke lingkungan, termasuk logam berat dari industri *electroplating*. Tembaga (Cu) adalah salah satu contoh logam berat yang sering ditemukan dalam air limbah dari proses *electroplating* (Liu dkk., 2020). Tembaga (Cu) apabila kadarnya berlebih di perairan dapat menyebabkan bioakumulasi dan membahayakan kesehatan manusia, seperti memicu mutagenesis, kerusakan hati, otak, serta gangguan sistem saraf pusat. (Setiawan dkk., 2021). Kadar maksimum Cu yang diizinkan dalam air limbah industri pelapisan logam dan galvanis menurut PermenLH No 5 Tahun 2014 adalah 0,5 mg/L. Berlandaskan pada peraturan tersebut, masih ada beberapa limbah industri *electroplating* yang masih melewati baku mutu Cu yang telah ditetapkan, seperti menurut penelitian Fuad dkk., (2013) di daerah Sukodono, Jawa Timur kandungan Cu pada limbah *electroplating* pada effluent pabrik sebesar 20,13 mg/L sehingga diperlukannya pengolahan dalam air limbah *electroplating* yang mengandung banyak logam di dalam limbahnya.

Pengolahan air limbah yang telah diterapkan umumnya menggunakan penambahan bahan kimia, sedimentasi, netralisasi, dan lumpur aktif. Teknologi ini umum digunakan pada semua jenis limbah industri sehingga kurang efektif bila diterapkan pada industri berbasis logam dengan kandungan limbah yang spesifik (Mukimin, 2016). Adsorpsi merupakan salah satu pengolahan tersier pada pengolahan air limbah yang menggunakan media adsorben untuk menangkap logam berat. Adsorpsi dapat digunakan untuk menyisihkan logam berat secara spesifik dan sering dipilih karena prosesnya mudah dilaksanakan, sederhana, dan efisien dalam beberapa kondisi tertentu (Fauzan dkk., 2022).

Adsorben yang dapat digunakan untuk menyisihkan logam berat dari air meliputi karbon aktif, polianilin, fullerene, serat yang mengandung karbon, serta yang terbaru, yaitu nanomaterial rekayasa, terutama nanomaterial dua dimensi (2-D). Salah satu adsorben yang dikembangkan dalam bentuk material dua dimensi adalah

MXene. MXene, sebagai material 2-D, memiliki kemampuan adsorpsi yang baik karena strukturnya yang berlapis dan sifat hidrofiliknya (Dong dkk., 2019). MXene memiliki kemampuan untuk menyisihkan ion Cu dalam larutan dengan efisiensi 2,7 kali lebih tinggi dibandingkan karbon aktif. Hal ini disebabkan oleh permukaan MXene yang unik, yang dilengkapi dengan gugus fungsional yang memungkinkan interaksi kimia yang lebih efektif daripada karbon aktif. (Shahzad dkk., 2017). Kekurangan MXene jika berkontak dengan air akan menjadi rapuh dan memiliki risiko oksidasi pada permukaannya seiring waktu yang menyebabkan partikel MXene yang disintesis cenderung bertumpuk, mengakibatkan penurunan kemampuan adsorpsinya (Feng dkk., 2018).

Kelemahan ini dapat diatasi dengan cara interkalasi, agar ruang kosong yang kurang terbentuk dapat disanggah dengan material lain sehingga tidak terlalu rapat dan dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi (Rofifah, 2018). Salah satu material yang telah digunakan untuk interkalasi adalah Eceng Gondok (Yadi, 2023). Namun, pembuatan nanokomposit MXene/Eceng Gondok memerlukan waktu yang cukup lama dan melibatkan penggunaan bahan kimia dalam jumlah besar, sehingga kurang efisien dan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan pengembangan dengan menggunakan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai material interkalasi.

Indonesia sebagai produsen dan eksportir terbesar minyak kelapa sawit (CPO) di dunia pada tahun 2017, memiliki 14,03 juta hektar lahan perkebunan sawit, menyumbang sekitar 56,6% atau sekitar 37,8 juta ton dari total kebutuhan minyak kelapa sawit global. Selain itu, Indonesia juga memiliki potensi limbah biomassa sawit terbesar di dunia (Wahyudi dkk., 2020). Selain menghasilkan minyak kelapa sawit, pengolahan kelapa sawit juga memproduksi limbah cair dan padat, seperti Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), cangkang, serat, lumpur, dan bungkil. Karena kandungan bahan organik dan potensi pencemarannya, manajemen limbah sangat penting. Sebagai contoh, tandan kosong kelapa sawit memiliki komposisi kimia yang mencakup selulosa 45,95%, hemiselulosa 22,84%, lignin 16,49%, minyak 2,41%, dan abu 1,23%, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan nanokomposit (Warsito dkk., 2017).

Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian mengenai proses adsorpsi menggunakan adsorben nanokomposit MXene/TKKS untuk menyisihkan logam berat Cu dari air limbah *electroplating*. Mekanisme penyisihan tersebut ditentukan dari kapasitas adsorpsi, persamaan isoterm adsorpsi, dan kinetika adsorpsi yang sesuai dengan variasi dosis adsorben dan rasio nanokomposit. Hasil penelitian diharapkan dapat melengkapi informasi mengenai kemampuan MXene sebagai adsorben serta menjadi alternatif teknologi dalam pengolahan air limbah yang mengandung logam berat.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menguji kemampuan material nanokomposit MXene/TKKS sebagai adsorben dalam menyisihkan logam Cu dari air limbah *electroplating*. Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi Cu oleh MXene/TKKS pada variasi dosis adsorben dan rasio nanokomposit;
2. Menentukan isoterm yang sesuai pada proses adsorpsi logam Cu dengan adsorben MXene/TKKS;
3. Menentukan kinetika adsorpsi logam berat Cu oleh adsorben MXene/TKKS.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan kemampuan MXene sebagai adsorben dengan kapasitas yang lebih tinggi dalam menyisihkan logam berat Cu;
2. Memanfaatkan MXene dengan tambahan nanokomposit TKKS sebagai adsorben dalam penyisihan logam berat Cu sehingga dapat diaplikasikan penggunaannya dalam upaya mengurangi pencemaran lingkungan;
3. Sebagai studi pendahuluan dalam pemanfaatan MXene/TKKS sebagai adsorben sebelum dilakukannya penerapan ke lapangan untuk mengolah air limbah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan pada penelitian ini adalah:

1. Percobaan dilakukan pada air limbah *electroplating* *artifisial* yang mengandung berat logam berat Cu;

2. Percobaan adsorpsi dilakukan secara *batch* pada skala laboratorium dengan variasi dosis adsorben dan rasio nanokomposit MXene/TKKS;
3. MXene ($Ti_3C_2T_x$) dibuat dengan proses etsa fasa MAX(Ti_3AlC_2) dengan asam fluorida (HF);
4. Rekayasa material nanokomposit MXene dilakukan dengan menggunakan *nanofiber* TKKS yang dibuat dengan metode hidrolisis asam;
5. Percobaan adsorpsi menggunakan adsorben nanokomposit MXene/TKKS;
6. Analisis konsentrasi logam berat Cu dilakukan dengan dengan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) sesuai dengan *Standard Methods APHA, 22nd Ed, Part 3111, 2012* dan SNI 6989.6:2009;
7. Analisis karakteristik MXene/TKKS menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDS) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR);
8. Analisis statistik hasil percobaan adsorpsi dilakukan dengan uji normalitas, ANOVA, Regresi, Korelasi, dan uji-t
9. Persamaan isoterm yang diuji kesesuaiannya, yaitu Freundlich dan Langmuir;
10. Kinetika adsorpsi MXene/TKKS terhadap air limbah *electroplating* 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 dari pencemaran air oleh logam berat, logam berat Cu, parameter Cu, proses adsorpsi menggunakan material dua dimensi, adsorben yang efektif, dan nanokomposit MXene/TKKS sebagai adsorben dan teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan dengan mencakup : studi literatur, persiapan percobaan mencakup alat dan bahan, metode analisis laboratorium, metode analisis data hasil percobaan laboratorium, serta lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian yang berisi hasil percobaan adsorpsi pada variasi dosis, variasi rasio nanokomposit, percobaan dengan air limbah electroplating, persamaan isotherm, dan kinetika adsorpsi. Uji statistik dilakukan uji normalitas, uji ANOVA, uji korelasi, uji regresi, dan uji-t.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

