

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan industri mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satu limbah berbahaya dari pencemaran lingkungan itu adalah logam Cu yang terlarut di dalam perairan (Ashish dkk., 2013). Banyak industri yang menghasilkan logam berat, salah satunya industri *electroplating*. Industri *electroplating* menggunakan berbagai logam berat untuk melapisi plat logam lain. Logam Cu ini dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit untuk proses fisiologis, sedangkan dalam jumlah banyak dapat menyebabkan gangguan kesehatan, keracunan, hingga kematian (Liu dkk., 2020).

Penelitian terkait pengujian konsentrasi Cu dari air limbah *electroplating* sudah dilakukan di Indonesia, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Pulungan, (2017) yang menemukan bahwa konsentrasi Cu pada air limbah *electroplating* di Kota Bandar Lampung sebesar 15,12 mg/L. Selain itu, penelitian Fuad dkk., (2013) menunjukkan konsentrasi Cu sebesar 20,13 mg/L pada air limbah *electroplating* di Kecamatan Sukodono, Provinsi Jawa Timur. Sebagai perbandingan, menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 baku mutu Cu pada air limbah industri berada pada rentang 0,5-3 mg/L, sehingga dapat disimpulkan bahwa berdasarkan beberapa penelitian tersebut kadar Cu melebihi baku mutu dan diperlukan pengolahan air limbah.

Penyisihan logam berat dapat dilaksanakan dengan berbagai metode seperti pertukaran ion, *reverse osmosis*, filtrasi membran, koagulasi-flokulasi-sedimentasi (CFS) dan adsorpsi. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam pengolahan air karena lebih murah, desain yang sederhana dan lebih mudah untuk diaplikasikan (Siregar, 2019). Adsorpsi adalah proses pengumpulan suatu substansi (adsorbat) pada permukaan padatan adsorben (Reynolds & Richards, 1996). Pada saat ini ada berbagai jenis adsorben yang digunakan untuk penyisihan kontaminan melalui proses adsorpsi seperti biosorben, adsorben berbasis metal dan adsorben yang berasal dari bahan dua dimensi. Salah satu bahan dua dimensi yang masih dikembangkan adalah MXene.

MXene adalah logam fasa padat yang berstruktur nano dengan ketebalan satu sampai 10 atom sehingga disebut sebagai material dua dimensi (2D). Struktur MXene tersebut berbentuk lapisan yang tersusun dari beberapa lapis atom karbida, nitrida atau karbonitrida logam transisi. MXene dibuat melalui sintesis fasa MAX dengan rumus $M_{n+1}X_nT_x$, di mana M menyatakan logam transisi, dan X mewakili karbon atau nitrogen. Fase MAX sendiri merupakan material tiga dimensi dimana M adalah logam transisi, A adalah golongan unsur A (umumnya golongan 13 dan 14), dan X adalah C atau N dengan $n = 1-3$. MXene diperoleh melalui proses etsa selektif terhadap lapisan A menghasilkan $M_{n+1}X_n$ sehingga lapisan A diokupasi oleh spesies yang digunakan dalam proses etsa (misalnya O atau F) menghasilkan susunan berlapis dari $M_{n+1}X_nT_x$ dengan T_x menunjukkan jenis terminasi permukaan yang mengokupasi lapisan A yang sudah dipisahkan dan terikat dengan lemah.

Struktur atom berlapis pada MXene yang membuat MXene memiliki kelebihan yaitu dapat menyimpan energi dengan sangat baik dan memiliki konduktivitas yang tinggi (Song dkk., 2020). Namun, jarak antar lapisan yang cukup dekat pada struktur atom ini membuat MXene tidak begitu mudah untuk digunakan sebagai adsorben. Sehingga jarak antar lapisan MXene perlu diperbesar dengan menyelipkan molekul lain, seperti molekul alkali, besi, serta serat alam (Carey & Barsoum, 2021; Vakili dkk., 2019).

Penelitian terdahulu tentang MXene menunjukkan bahwa kemampuan MXene sebagai adsorben masih bisa terus dikembangkan. Shahzad dkk., (2017) menemukan bahwa larutan Cu dapat disisihkan oleh MXene dengan kekuatan 2,7 kali lebih baik daripada adsorpsi dengan karbon aktif. Hal ini terbukti dari besarnya kapasitas adsorpsi Cu oleh MXene, yaitu sebesar 78,45 mg/g. Pada penelitian Dong dkk., (2019), MXene digabungkan dengan polimer dengan tujuan untuk memperbesar jarak antar lapisan MXene. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa penambahan rasio nanokomposit dan nilai pH berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi dengan mencegah terbentuknya agregat dan meningkatkan jumlah gugus fungsi yang tersedia di permukaan MXene. Percobaan adsorpsi tersebut dilakukan pada rentang pH 2–6 dan hasilnya menunjukkan bahwa kondisi terbaik tercapai pada pH 5 karena pada saat nilai pH mencapai tingkat tersebut ($pH \geq 5$), kurva adsorpsi tampak mendatar dan menunjukkan adsorpsi berlangsung stabil. Dengan

demikian, dapat disimpulkan bahwa penggabungan MXene dengan polimer dengan rasio tertentu dan nilai pH larutan adsorbat dapat memengaruhi kemampuan adsorpsi adsorben.

Terkait dengan ketersediaan material yang potensial untuk digunakan sebagai adsorben. Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi yang memiliki lahan perkebunan sawit yang besar di Indonesia. Produksi perkebunan terbesar di Sumatera Barat berasal dari komoditas kelapa sawit yaitu sebesar 1.082.820 ton pada tahun 2014. Perkebunan kelapa sawit terbesar di provinsi ini terletak di Kabupaten Pasaman Barat dengan luas sebesar 154.067,18 Ha (Imansuri dkk., 2019). Setiap ton tandan buah segar dari kelapa sawit akan menghasilkan limbah padat berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sekitar 0,23 ton. TKKS ini belum banyak dimanfaatkan, hanya sebagian kecil yang dikembalikan ke kebun sebagai pupuk organik (Pratoto dkk., 2010). Oleh karena itu, pada penelitian ini TKKS dipilih sebagai *nanofiber* untuk memperbesar jarak antar lapisan MXene karena diketahui bahwa TKKS ini memiliki kadar selulosa sebanyak 37% hingga 48,56% sehingga potensial digunakan sebagai adsorben (Setyaningsih dkk., 2018). Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian mengenai proses adsorpsi menggunakan adsorben nanokomposit MXene/TKKS untuk menyisihkan logam Cu dari air limbah dengan menggunakan variasi pH dan rasio nanokomposit optimum. Penentuan persamaan isoterm dan kinetika adsorpsi yang sesuai juga dilakukan untuk mengetahui mekanisme adsorpsi yang terjadi pada proses adsorpsi Cu 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 mengetahui kemampuan adsorpsi dari nanokomposit material MXene/TKKS yang digunakan sebagai adsorben untuk menyisihkan logam Cu dalam air limbah.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan rasio nanokomposit MXene/TKKS yang lebih baik pada adsorpsi logam Cu dengan variasi pH;

2. Menganalisis efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi Cu oleh MXene/TKKS dengan variasi pH dan rasio nanokomposit;
3. Menentukan parameter isoterm dan kinetika adsorpsi MXene/TKKS pada penyisihan logam Cu.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan kemampuan adsorpsi material MXene dengan menyelipkan TKKS pada lapisan 2 dimensi MXene;
2. Memanfaatkan efektivitas MXene/TKKS dalam penyisihan logam Cu sehingga air yang dibuang ke badan air;
3. Sebagai studi pendahuluan dalam pemanfaatan MXene/TKKS sebagai adsorben sebelum dilakukannya penerapan di lapangan untuk mengolah air limbah dengan skala laboratorium.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. MXene ($Ti_3C_2T_x$) dibuat dengan mengekstrak fasa MAX (Ti_3AlC_2) dengan asam fluorida (HF);
2. Rekayasa material nanokomposit MXene dilakukan dengan menggunakan *nanofiber* TKKS yang dibuat dengan metode hidrolisis asam;
3. Percobaan adsorpsi menggunakan adsorben nanokomposit MXene/TKKS;
4. Air limbah *electroplating* yang mengandung logam Cu diwakili dengan air limbah artifisial;
5. Percobaan adsorpsi menggunakan sistem *batch* dengan variasi pH (4, 5, 6, dan 7) dan rasio nanokomposit MXene/TKKS (5:1, 10:1, 20:1, dan 40:1);
6. Analisis konsentrasi logam Cu dilakukan dengan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) berdasarkan Greenberg dkk. (1992) dan SNI 6989.6:2009 Air dan Air Limbah Bagian 6: Cara uji tembaga (Cu) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) - nyala;
7. Analisis karakteristik material MXene/TKKS menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX), *Fourier Transform Infrared* (FTIR);

8. Analisis statistik hasil percobaan adsorpsi dilakukan dengan uji normalitas, uji ANOVA, uji-t dan uji korelasi;
9. Persamaan *isotherm* yang diuji kesesuaiannya yaitu *Freundlich* dan *Langmuir*;
10. Kinetika adsorpsi MXene/TKKS yang 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, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori dan tinjauan pustaka dari logam 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 yang mencakup studi literatur, persiapan percobaan mencakup alat dan bahan, metode analisis laboratorium, metode analisis data hasil percobaan, serta lokasi dan waktu penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai pembahasan.

BAB V PENUTUP

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