

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laju pertumbuhan penduduk dan kemajuan industri yang pesat menimbulkan peningkatan masuknya polutan ke lingkungan (Mustari dkk., 2017). Logam berat merupakan salah satu polutan yang dapat mencemari lingkungan karena sifatnya tidak mudah terurai dan tingkat bioakumulasi yang cukup besar (Elbasiouny dkk., 2021). Saat ini banyak industri yang menghasilkan logam berat, salah satunya industri *electroplating*. Industri *electroplating* merupakan manufaktur mesin dengan menggunakan berbagai logam berat untuk melapisi plat logam lain (Liu dkk., 2020). Salah satu logam berat yang sering ditemukan pada air limbah *electroplating* adalah tembaga (Cu), logam ini dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit untuk proses fisiologis. Sedangkan, dalam jumlah banyak dapat menyebabkan gangguan kesehatan, keracunan, bahkan kematian (Palar, 2012). Menurut WHO (2020) konsumsi Cu yang baik bagi manusia adalah 0,5 mg/kg berat tubuh per hari.

Penelitian terkait pengujian konsentrasi Cu dari air limbah *electroplating* pernah dilakukan di beberapa wilayah Indonesia, di antaranya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Pulungan (2017) menjelaskan bahwa konsentrasi Cu pada air limbah *electroplating* di Kota Bandar Lampung adalah 15,12 mg/L. Adapun penelitian dari Fuad dkk. (2013) menunjukkan konsentrasi Cu yang diperoleh sebesar 20,13 mg/L pada air limbah *electroplating* di Kecamatan Sukodono. Selain itu, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Alifaturrahma dan Hendriyanto (2018) menunjukkan bahwa konsentrasi Cu yang dihasilkan sebesar 128,90 mg/L pada air limbah *electroplating* di Jawa Timur. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 menunjukkan bahwa baku mutu Cu pada air limbah industri berada pada rentang 0,5-3 mg/L, sehingga berdasarkan beberapa penelitian tersebut kadar Cu melebihi baku mutu dan diperlukan pengolahan air limbah.

Upaya untuk menghilangkan kandungan logam berat Cu dalam air limbah dapat menggunakan metode konvensional, yaitu *ion exchange*, filtrasi membran,

adsorpsi, presipitasi kimia, koagulasi dan/atau flokulasi (Shahzad dkk., 2017). Dari semua metode pengolahan tersebut, adsorpsi dianggap sebagai teknologi yang paling sederhana, ekonomis, dan mudah dioperasikan sehingga banyak dimanfaatkan (Vakili dkk., 2019). Proses adsorpsi yang efektif memiliki adsorben dengan luas permukaan spesifik dan gugus fungsi yang tepat untuk adsorbat. Saat ini, bahan berpori telah banyak digunakan sebagai adsorben seperti karbon aktif, biosorben, dan adsorben berbahan dua dimensi (2D) (Zhang dkk., 2018). Berbahan 2D artinya bagian dari nanomaterial yang tebalnya hanya berukuran satu atau dua atom, salah satu adsorben bahan 2D yang sedang dikembangkan adalah MXene.

MXene memiliki fase padat dengan rumus kimia $M_{n+1}X_nT_x$, yang mana “M” menunjukkan logam transisi awal golongan IIIA dan IVA, “X” berupa komponen Karbon (C) dan/atau Nitrogen (N), $n = 1-3$, dan “ T_x ” mewakili gugus fungsi (-OH, -F, -O) (Tunesi dkk., 2021). MXene ($Ti_3C_2T_x$) terbuat dari fase MAX (Ti_3AlC_2) yang direaksikan melalui proses *etching* menggunakan larutan asam fluorida (HF) (Ding dkk., 2017). MXene memiliki struktur permukaan berlapis, hidrofilik, stabilitas kimia dan konduktivitas listrik yang tinggi (Zhang dkk., 2018). Kelebihan MXene juga disebutkan pada penelitian Shahzad dkk. (2017) bahwa kapasitas adsorpsi MXene yang mengalami delaminasi (pengelupasan) dengan ultrasonikasi dalam penyisihan Cu adalah 2,7 kali lebih tinggi dari karbon aktif dan memiliki kemampuan untuk regenerasi. Namun, kemampuan ini dibatasi oleh strukturnya berupa lembaran yang tidak mudah diakses karena bertumpuk dengan jarak yang sangat kecil (Vakili dkk., 2019).

Keterbatasan MXene dapat diatasi dengan cara merekayasa material nanokomposit sehingga luas permukaannya lebih besar (Carey & Barsoum, 2021). Penelitian Dong dkk. (2019b) menjelaskan bahwa penambahan rasio nanokomposit dan nilai pH berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi untuk mencegah terbentuknya agregat dan meningkatkan jumlah gugus fungsi yang tersedia di permukaan MXene. Penelitian Shahzad dkk. (2017) menjelaskan bahwa variasi pH yang dilakukan dengan rentang 2–6 dan memiliki kondisi terbaik pada pH 5 menunjukkan kapasitas adsorpsi Cu rendah pada pH yang lebih kecil dari 5, hal ini disebabkan karena pada pH rendah terdapat lebih banyak ion H^+ yang menyebabkan persaingan dengan kation logam untuk dijerap oleh gugus fungsi

MXene. Namun, pada nilai pH lebih besar dari 5, kapasitas adsorpsi juga menurun karena adanya muatan OH^- yang berpotensi mengakibatkan pengendapan dalam fase cair, tergantung pada suhu dan konsentrasi larutan. Penelitian Dong dkk. (2019b) juga menjelaskan bahwa variasi pH yang dilakukan dengan rentang 1–7 mendapatkan kondisi terbaik pada pH 5 karena pada saat nilai pH mencapai tingkat tertentu ($\text{pH} \geq 5$), kurva adsorpsi tampak mendatar dan menunjukkan adsorpsi berlangsung stabil. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai pH adsorbat dapat memengaruhi kemampuan adsorpsi.

Nanokomposit yang digunakan dapat berupa serat alam maupun buatan. Serat alam yang dapat digunakan salah satunya adalah eceng gondok. Batang eceng gondok memiliki jumlah selulosa (35%) dan hemiselulosa (30%) yang dapat dijadikan alternatif untuk mengolah air limbah (Elbasiouny dkk., 2021). Eceng gondok juga memiliki laju pertumbuhan yang tinggi, mudah didapatkan, efisiensi penyerapan polutan yang tinggi, dan ekonomis (Rezania dkk., 2015). Hal tersebut dibuktikan oleh penelitian Zheng dkk. (2016) yang menjelaskan bahwa akar eceng gondok mampu menyisihkan logam Cu sebesar 24 mg/g. Oleh karena itu, eceng gondok berpotensi sebagai material penyangga pada nanokomposit MXene/eceng gondok.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian terkait pencampuran MXene dengan nanoserat alam eceng gondok ini belum pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai proses adsorpsi menggunakan adsorben nanokomposit MXene/eceng gondok untuk menyisihkan logam berat Cu. Percobaan ini digunakan untuk menganalisis efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi logam Cu menggunakan variasi pH dan rasio nanokomposit. Persamaan isoterm dan kinetika adsorpsi juga dilakukan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi Cu yang terjadi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi informasi kemampuan nanokomposit MXene/eceng gondok sebagai adsorben dan menjadi alternatif teknologi pengolahan air limbah.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan MXene menjadi nanokomposit MXene/eceng gondok yang digunakan sebagai adsorben untuk menyisihkan logam berat Cu dalam air limbah.

Tujuan penelitian ini antara lain adalah:

1. Menentukan rasio nanokomposit MXene/eceng gondok dalam adsorpsi logam berat Cu pada variasi pH;
2. Menganalisis efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi pada variasi pH dan rasio nanokomposit;
3. Menentukan parameter isoterm dan kinetika adsorpsi MXene/eceng gondok terhadap logam berat Cu.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan kemampuan MXene sebagai adsorben dengan kapasitas yang lebih tinggi sehingga dapat diaplikasikan penggunaannya dalam upaya mengurangi pencemaran lingkungan;
2. Memanfaatkan eceng gondok sebagai material pencampur adsorben yang dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi MXene;
3. Meningkatkan kualitas air limbah sehingga tidak berbahaya jika dibuang ke badan air.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Percobaan menggunakan MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) yang sebelumnya dibuat dari fase MAX (Ti_3AlC_2) dengan metode *etching* (Song dkk., 2020);
2. Percobaan menggunakan eceng gondok yang dibuat dengan proses *digester sonication* (Asrofi dkk., 2018);
3. Percobaan menggunakan nanokomposit MXene/eceng gondok yang dibuat dengan proses pengadukan (Wei dkk., 2018);
4. Percobaan dilakukan pada larutan artifisial yang mengandung logam berat Cu dan sampel air limbah *electroplating* artifisial;
5. Percobaan adsorpsi dilakukan dengan menggunakan sistem *batch*;
6. Percobaan adsorpsi dilakukan dengan variasi pH (4, 5, 6, dan 7) dan variasi rasio nanokomposit MXene berbanding eceng gondok (10:1 dan 20:1);
7. Analisis konsentrasi logam berat Cu dilakukan dengan metode *Direct Air-Acetylene* dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) sesuai

Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 20th Edition (Greenberg dkk., 1999);

8. Analisis karakteristik material MXene/eceng gondok sebelum adsorpsi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDX);
9. Analisis ukuran partikel material MXene/eceng gondok dianalisis menggunakan *Particle Size Analysis* (PSA);
10. Analisis statistik menggunakan uji ANOVA dan uji-t;
11. Persamaan isoterm adsorpsi yang diuji kesesuaiannya, yaitu Langmuir dan Freundlich;
12. Model kinetika adsorpsi yang diuji kesesuaiannya, yaitu orde 0, orde 1 dan orde 2.

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 air limbah, logam berat Cu, adsorpsi, adsorben, MXene dan eceng gondok sebagai adsorben dan teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan, studi literatur, persiapan percobaan mencakup peralatan dan bahan penelitian, lokasi penelitian, metode analisis dan pembahasan hasil percobaan di laboratorium.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data karakterisasi adsorben, konsentrasi logam Cu setelah adsorpsi disertai pembahasannya mengenai efisiensi penyisihan, kapasitas adsorpsi, isoterm adsorpsi, kinetika adsorpsi,

perbandingan kinerja adsorpsi MXene/eceng gondok dengan kontrol, analisis statistik, dan percobaan aplikasi.

BAB V

PENUTUP

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

