

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Metilen biru adalah salah satu senyawa pewarna organik yang digunakan dalam jumlah besar sebagai pewarna wol, sutra, dan kapas. Metilen biru memiliki dampak seperti iritasi pada saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan kondisi kebiruan pada kulit jika terhirup akibat kurangnya oksigen dalam darah, dan iritasi pada kulit jika terkena oleh kulit (Hadayani dkk., 2015).

Kandungan metilen biru bervariasi dalam air limbah. Salah satunya, air limbah industri tekstil di Probolinggo mengandung zat metilen biru sebesar 24,7 mg/L (Triana, 2015). Konsentrasi metilen biru pada industri tekstil di Probolinggo melebihi baku mutu berdasarkan Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, di mana konsentrasi metilen biru yang diizinkan pada air limbah golongan I sebesar 5 mg/L dan sebesar 10 mg/L untuk golongan II.

Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya filtrasi, flokulasi, penghilangan warna (dekolorisasi), dan adsorpsi. Metode pengolahan yang paling umum digunakan adalah adsorpsi (Maryudi dkk., 2021). Adsorpsi adalah metode yang dapat menyisihkan zat warna dari air limbah seperti metilen biru (Riwayati dkk., 2019). Adsorpsi merupakan peristiwa fisika yang terjadi di permukaan suatu material, bergantung pada karakteristik interaksi antara adsorben dan zat yang diserap (adsorbat). Metode adsorpsi disukai karena sederhana, mudah, cocok untuk zat beracun, murah, dan efektif.

Saat ini sudah banyak penelitian untuk mengembangkan adsorben dengan kapasitas besar dan efisien, di antaranya menggunakan bahan organik seperti pelepah kelapa, kulit padi, dan alang-alang (Riwayati dkk., 2019). Salah satu material yang dikembangkan adalah MXene. MXene adalah material berstruktur nano dengan ketebalan satu sampai 10 atom, yang tersusun dari beberapa lapis atom karbida, nitrida atau karbonitrida logam transisi. MXene ini disintesis dari fase MAX melalui proses etsa dalam larutan yang mengandung fluor seperti asam fluorida

(HF), asam klorida (HCl), dan litium fluorida (LiF). Fase MAX tersebut merupakan material tiga dimensi dengan rumus  $Mn+1AX_n$  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  $Mn+1X_n$  sehingga lapisan A diokupasi oleh spesies yang digunakan dalam proses etsa (misalnya O atau F) menghasilkan susunan berlapis dari  $Mn+1X_nTx$  dengan Tx menunjukkan jenis terminasi permukaan yang mengokupasi lapisan A yang sudah dipisahkan dan terikat dengan lemah. MXene memiliki struktur unik dengan sifat stabilitas kimia dan konduktivitas listrik yang tinggi, serta ramah lingkungan (Carey & Barsoum, 2021). MXene memiliki kelemahan, ketika berkontak dengan air lembaran 2D MXene mudah menumpuk sehingga luas permukaannya menjadi rendah (Carey & Barsoum, 2021). Kelemahan ini dapat diatasi dengan melakukan interkalasi, di mana ruang kosong dapat diisi dengan material lain sehingga struktur tidak terlalu padat dan kapasitas adsorpsinya meningkat (Y. Zhang dkk., 2018).

Penelitian modifikasi MXene sudah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya. MXene dapat menyisihkan metilen biru sebesar 94% ketika dietsa dengan  $Fe_3O_4$  (P. Zhang dkk., 2019). Pada penelitian yang dilakukan oleh Tran dkk., (2021) MXene dapat menyisihkan metilen biru 1,4 kali lebih tinggi dari karbon aktif dengan efisiensi penyisihan sebesar 91,9%. Penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi (2023) yang menggunakan MXene/eceng gondok untuk menyisihkan metilen biru dari larutan artifisial memperoleh efisiensi penyisihan sebesar 90,713%. Namun pada penelitian tersebut memerlukan waktu yang lama dikarenakan struktur eceng gondok yang lebih kompleks dan pori-pori yang lebih kecil dan tidak seragam. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan interkalasi MXene dengan material *nanofiber* lainnya yang berasal dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) untuk mengatasi kekurangan dari penelitian sebelumnya dan meningkatkan kinerja MXene di dalam air.

Setiap 1 ton tandan buah segar kelapa sawit menghasilkan limbah TKKS sebesar 23% (Nafisah dkk., 2022). TKKS adalah produk sampingan dari proses produksi kelapa sawit, yang telah dipisahkan dari buahnya (Or dkk., 2017). TKKS memiliki kandungan utama seperti selulosa sebanyak 40-43%, hemiselulosa 22-25%, dan

lignin sebanyak 19-21%. Limbah TKKS belum diolah secara maksimal sehingga menimbulkan potensi limbah, hal ini menjadi salah satu faktor utama yang membuat TKKS sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan *nanofiber* selulosa (Nafisah dkk., 2022). Penyisihan zat warna oleh TKKS sudah pernah dilakukan sebelumnya dengan efisiensi penyisihan pewarna metilen biru dari air limbah industri yang diperoleh sebesar 92,06% (Somsiripan & Sangwichien, 2023).

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 metilen biru dari air limbah. Penelitian terkait penggabungan MXene dan TKKS juga dilakukan untuk mengembangkan material adsorben modifikasi baru, sehingga peneliti ingin menguji efisiensi penggabungan kedua adsorben tersebut untuk penyisihan metilen biru. Penelitian juga dilakukan untuk mengukur dan meningkatkan kinerja MXene/TKKS dalam menyisihkan metilen biru dari air limbah artifisial dengan variasi dosis dan rasio nanokomposit. Percobaan dilakukan untuk menentukan kapasitas, kinetika, dan persamaan isoterm adsorpsi yang sesuai untuk melihat proses adsorpsi yang terjadi oleh MXene/TKKS saat menyisihkan metilen biru. Hasil yang didapat dari penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi mengenai kemampuan MXene/TKKS sebagai adsorben dan dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan air limbah.

## **1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini, yaitu untuk menguji pengaruh variasi dosis adsorben dan variasi rasio nanokomposit MXene/TKKS dalam menyisihkan zat warna metilen biru.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi zat warna metilen biru dengan adsorben MXene/TKKS;

2. Menentukan dosis optimum adsorben pada penyisihan pewarna metilen biru;
3. Menentukan rasio nanokomposit MXene/TKKS yang terbaik dalam penyisihan zat pewarna metilen biru;
4. Menentukan kinetika adsorpsi nanokomposit MXene/TKKS pada penyisihan zat warna metilen biru;
5. Menentukan *isotherm* adsorpsi nanokomposit MXene/TKKS terhadap penyisihan zat warna metilen biru;

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu meningkatkan kemampuan MXene dengan menyisipkan TKKS pada lapisan 2 dimensi MXene sebagai adsorben dalam menyisihkan metilen biru, menjadi alternatif dalam pengolahan air limbah, dan memberikan informasi serta penawaran penggunaan MXene yang telah dimodifikasi untuk menyisihkan metilen biru dari air limbah yang lebih efektif.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Percobaan menggunakan MXene ( $Ti_3C_2Tx$ ) yang dibuat dengan mengetsa fasa MAX ( $Ti_3AlC_2$ ) dengan asam fluorida (HF);
2. Percobaan menggunakan *nanofiber* TKKS yang dibuat dengan proses hidrolisis asam;
3. Percobaan adsorpsi menggunakan adsorben nanokomposit MXene/TKKS untuk menyisihkan zat warna Metilen Biru pada air limbah dengan konsentrasi awal 50 mg/L;
4. Percobaan dilakukan pada larutan air limbah tekstil artifisial yang mengandung zat warna metilen biru;
5. Percobaan adsorpsi menggunakan sistem *batch*;
6. Percobaan dilakukan secara *triplo* dengan variasi dosis adsorben 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; g/L dan variasi rasio nanokomposit MXene berbanding TKKS 5:1; 10:1; 20:1; 40:1. Rasio MXene/TKKS 20:1 bermaksud bahwa untuk setiap 20 bagian MXene, terdapat 1 bagian TKKS dalam campuran tersebut;
7. Analisis konsentrasi metilen biru dilakukan dengan metode spektrofotometri (Baird & Bridgewater, 2017);

8. Analisis karakteristik 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, korelasi, regresi;
10. Persamaan *isotherm* yang diuji kesesuaiannya yaitu *Freundlich* dan *Langmuir*;
11. Kinetika adsorpsi MXene/TKKS terhadap metilen biru 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 metilen biru, proses adsorpsi menggunakan material dua dimensi, adsorben yang efektif, MXene dan nanoserat TKKS 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 alat dan bahan, metode analisis laboratorium, lokasi dan waktu penelitian

#### **BAB IV          HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai pembahasannya.

#### **BAB V            PENUTUP**

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

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**