

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Berdasarkan data statistik dari Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura (2017), Sumatera Utara merupakan penggarap kelapa sawit terbesar ketiga di Indonesia dengan tingkat produksi sebesar 12,02% dari total 1.758.936 ton. Seiring besarnya produksi kelapa sawit, maka jumlah limbah yang dihasilkan juga semakin banyak. Pengoperasian pabrik kelapa sawit menghasilkan produk utama berupa CPO (*Crude Palm Oil*), PKO (*Palm Kernel Oil*) dan PK (*Palm Kernel*), serta produk samping berupa limbah padat, limbah cair dan polutan di udara (Ilmannafian et al., 2020).

Dibandingkan dengan limbah lainnya, limbah cair kelapa sawit/ Palm Oil Mill Effluent (POME) adalah salah satu limbah substansial dari industri kelapa sawit yang mempunyai potensi pencemaran lingkungan paling besar. Limbah cair kelapa sawit mengandung logam berat seperti Cu, Ni, Ag, Zn, Fe, dan Pb (Irawan et al., 2019). Apabila dibuang langsung ke lingkungan, sebagian akan mengendap, terurai perlahan, menghabiskan oksigen terlarut dalam air, menyebabkan kekeruhan, berbau menyengat dan merusak ekosistem (Ilmannafian et al., 2020).

Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah padat utama berlignoselulosa yang belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga banyak tandan kosong yang tidak diolah. TKKS yang tidak diolah menimbulkan bau busuk dan menjadi tempat bersarangnya lalat. Oleh karena itu, dianggap sebagai limbah yang mampu mencemari lingkungan dan menyebarkan patogen (Sopiah et al., 2017). Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan memanfaatkan TKKS sebagai produk tambahan yang bernilai. TKKS mengandung selulosa 22,2-65%, hemiselulosa 19,5-38,8% dan lignin 10-34,37% dari berat kering (Zubir, et al., 2021). Selain itu, TKKS mengandung 40,98-68,3% unsur karbon. Kandungan karbon dan selulosa TKKS yang tinggi membuatnya cocok digunakan sebagai adsorben.

Salah satu adsorben yang umum digunakan dalam adsorpsi logam adalah karbon aktif (KA). KA merupakan padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, mempunyai kapasitas adsorpsi yang sangat tinggi yaitu 25-1000% dari berat KA dan dapat diregenerasi (Anggriani, Hasan, & Purnamasari, 2021). Sayangnya, sifat hidrofobik dari bahan KA membatasi potensi adsorpsinya. Oleh karena itu, fungsionalisasi KA diperlukan untuk mengubah keseimbangan hidrofobik/hidrofilik permukaan dan untuk mengeksplorasi metode yang sangat efektif dan berguna untuk memisahkan bahan KA. Fungsionalisasi KA juga dikatakan meningkatkan sifat adsorpsi dan katalitik. Fungsionalisasi dapat dilakukan dengan berbagai gugus fungsi, termasuk karboksil, fenol, lakton, kuinon, sulfur, nitrogenasi, dan ligan koordinasi (Ranti, 2018).

Penelitian sebelumnya yang menggunakan KA TKKS sebagai adsorben telah dilaporkan oleh Alam *et al* (2008) mengenai kapasitas adsorpsi fenol. Proses adsorpsi mengikuti isoterm adsorpsi Freundlich dan model kinetika pseudo orde dua dengan  $R^2 = 0,9997$ . Kapasitas adsorpsinya adalah 18,8 mg/g (Winy Kurniawan *et al.*, 2016). Zega (2021) memanfaatkan TKKS sebagai KA termodifikasi Fe-Cu dalam mengadsorpsi ion Fe(II) dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,4660 mg/g. Namun, pemodelan kinetika dan isoterm adsorpsi tidak diselidiki dalam penelitian ini.

Penelitian sebelumnya yang mengkaji model kinetika dan isoterm adsorpsi antara lain Chowdhury *et al* (2011) menunjukkan bahwa KA dari tempurung kelapa yang diaktivasi dengan NaOH dapat meningkatkan luas permukaan KA dari 3,774  $m^2/g$  menjadi 467,1  $m^2/g$ . KA mempunyai kemampuan mengadsorpsi ion Mn (II) berdasarkan model kinetika pseudo orde dua dan model isoterm Freundlich. Penelitian yang dilakukan oleh Khairunnisa (2022), mengadsorpsi ion Cu (II) dari TKKS sebagai KA termodifikasi Fe-Cu. Proses adsorpsi mengikuti isoterm adsorpsi Freundlich dan model kinetika pseudo orde satu dengan  $R^2 = 0,9978$ . Kapasitas adsorpsinya adalah 1,9850 mg/g.

Para peneliti memodifikasi KA-Cu(TAC) dari TKKS. MOFs merupakan material hibrida organik-anorganik yang terdiri dari kluster (logam) yang dihubungkan oleh ligan rantai organik. MOFs menunjukkan porositas tinggi karena MOFs merupakan adsorben sintetik yang berarti bahwa bentuk dan strukturnya

dapat disesuaikan dengan mengubah atau memilih kombinasi logam dan ligan yang diinginkan. Pada saat yang sama, karbon aktif adalah adsorben bahan alam. Ketika komposit dibuat dari bahan sintesis dan bahan alam, diharapkan cetakan karbon aktif akan mengikuti karakteristik MOFs untuk meningkatkan daya adsorpsi ion Fe(II).

Cu dipilih sebagai atom pusat karena Cu merupakan atom yang tidak stabil dari segi konfigurasi elektronnya yang masih memiliki orbital kosong sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsinya (Lestari, 2014). Selain itu, Cu juga merupakan salah satu logam yang diolah dari limbah cair kelapa sawit bersama dengan Pb, Cd, Fe dan Zn (A. R. Sari et al., 2019).

### **1.2. Ruang Lingkup Masalah**

Pemanfaatan limbah TKKS dari industri pengolahan kelapa sawit sebagai KA dan KA-Cu(TAC) untuk mengadsorpsi ion Fe(II).

### **1.3. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana karakterisasi KA dan KA-Cu(TAC) dari TKKS?
2. Bagaimana kondisi optimum untuk proses adsorpsi ion Fe(II) dengan KA dan KA-Cu(TAC) dari TKKS?
3. Bagaimana kemampuan KA dan KA-Cu(TAC) dari TKKS dalam mengadsorpsi ion Fe(II)?
4. Bagaimana sifat kesetimbangan adsorpsi dan kinetika adsorpsi ion Fe(II)?

### **1.4. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Fabrikasi KA, MOFs Cu(TAC), dan KA-Cu(TAC)
2. Karakterisasi KA dan KA-Cu(TAC) dari TKKS menggunakan FTIR, XRD, SEM-EDX dan BET
3. Sifat kesetimbangan adsorpsi yaitu isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich
4. Model kinetika adsorpsi yaitu pseudo orde satu dan pseudo orde dua
5. Pemanfaatan TKKS sebagai KA

6. Logam yang diadsorpsi adalah logam Fe dengan KA dan KA-Cu(TAC) dari TKKS
7. Variasi kondisi optimum adsorben pada adsorpsi ion Fe(II) yaitu massa, konsentrasi dan waktu kontak
8. Analisis proses adsorpsi menggunakan AAS
9. Proses adsorpsi ion Fe(II) menggunakan proses *batch*

### 1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Mengetahui karakterisasi KA dan KA-Cu(TAC) dari TKKS
- b. Mengetahui kondisi optimum untuk proses adsorpsi ion Fe(II) dengan KA dan KA-Cu(TAC) dari TKKS
- c. Mengetahui daya adsorpsi KA dan KA-Cu(TAC) terhadap ion Fe(II) dari TKKS
- d. Mengetahui sifat kesetimbangan adsorpsi dan kinetika adsorpsi ion Fe(II)

### 1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, adalah:

- a. Informasi ilmiah tentang pemanfaatan limbah TKKS sebagai KA dan KA-Cu(TAC) dalam mengadsorpsi ion Fe(II)
- b. Informasi ilmiah tentang karakterisasi KA dan KA-Cu(TAC) dari TKKS
- c. Informasi ilmiah tentang kondisi optimum untuk proses adsorpsi ion Fe(II) dengan KA dan KA-Cu(TAC) dari TKKS
- d. Informasi ilmiah tentang sifat kesetimbangan adsorpsi dan kinetika adsorpsi ion Fe(II)