

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri yang sangat pesat, berdampak pada permasalahan lingkungan yang harus serius ditangani. Industri perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu yang paling banyak menghasilkan limbah baik itu padat, cair, ataupun gas. Indonesia menempati peringkat 1 produsen kelapa sawit dunia dengan luas area 14.456.611 ha dan total produksi 47,1 juta ton pada tahun 2019 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021). Salah satu komponen yang sangat berbahaya adalah logam berat hasil limbah cair yaitu Zn, Pb, Mn, Cd, Fe, dan Cu (Danarto, 2007). Logam berat dapat berbahaya bagi manusia dan dapat menyebar dari satu organisme ke organisme lainnya melalui rantai makanan (Minda *et al.*, 2022). Salah satu logam berat yang paling umum ditemukan di perairan adalah seng(Zn), dan pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan masalah yang perlu ditangani secara menyeluruh. Menurut data Badan Lingkungan Hidup (2018), konsentrasi logam Zn dalam air melebihi standar mutu yang ditetapkan yaitu 0,06 mg/L merupakan bahaya yang signifikan. Adanya logam berat seng (Zn) di dalam air yang melampaui batas dapat menyebabkan efek racun (Ariyani *et al.*, 2018), karena dapat terakumulasi pada makhluk hidup dan tidak dapat terdegradasi (Karri & Sahu, 2018).

Upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan kandungan logam berat limbah industri kelapa sawit adalah dengan metode adsorpsi. Karbon aktif dapat menjadi adsorben alternatif karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu biaya rendah, pengoperasian sederhana, dan masa pakai yang lama (Wang *et al.*, 2021). Karbon aktif dapat dibuat dari limbah organik, salah satunya adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS termasuk limbah padat dari perkebunan kelapa sawit dan tersedia sangat melimpah karena menyumbang sekitar 23% dari total tandan buah segar (Maslahat *et al.*, 2018). Limbah TKKS mengandung bahan lignoselulosa yang terdiri dari 30–55% selulosa, 15–35% hemiselulosa dan 20-30% lignin (Hidayah & Wusko, 2020) Lignoselulosa dari TKKS dapat diubah menjadi karbon melalui proses pirolisis pada suhu 300-700°C dan Kandungan karbon dalam TKKS dapat berkisar

antara 40,93-68,3% (Surugau *et al.*, 2019). Beberapa penelitian sebelumnya telah banyak melakukan adsorpsi menggunakan karbon aktif TKKS. (Intarachandra *et al.*, 2019) melaporkan karbon aktif TKKS untuk adsorpsi larutan pewarna metilen biru menghasilkan kapasitas adsorpsi yang baik yaitu 13,03-23,81 %. Karbon aktif TKKS juga digunakan oleh (Zubir *et al.*, 2021) dengan modifikasi nanopartikel Fe Cu yang berhasil meningkatkan karakterisasi sifat adsorbennya. Karbon aktif TKKS juga telah digunakan untuk adsorpsi logam berat merkuri (Hg) (Gova & Oktasari, 2019), dan juga digunakan dalam adsorpsi Pb dengan penyerapan 99,48%. (Tran Thi Dieu *et al.*, 2021) menggunakan karbon aktif TKKS dengan modifikasi nitrogen untuk superkapasitor.

Salah satu cara inovatif untuk meningkatkan hasil adsorpsi adalah dengan mensintesis bahan komposit dengan maksud untuk mencapai karakteristik adsorpsi baru seperti volume pori dan porositas yang tinggi. Komposit karbon berbasis *metal organic frameworks* (MOFs) telah menjadi perhatian karena luas permukaan dan reaktivitasnya yang tinggi serta kapasitas penyerapan dan stabilitas termalnya yang luar biasa (Lestari *et al.*, 2021). MOFs memiliki struktur yang kuat dan sangat berpori yang dapat menampung berbagai molekul tamu (Solis *et al.*, 2020). Berbagai penelitian telah menerapkan MOFs untuk menghilangkan kontaminan dari air limbah berbagai polutan beracun, termasuk logam berat, pestisida, polutan organik yang mudah menguap dan persisten (Senmache *et al.*, 2020). Lebih dari 20.000 jenis MOFs telah dibuat karena banyaknya kombinasi penghubung logam dan organik yang tersedia untuk sintesis (Solis *et al.*, 2020). Penelitian (Muñoz-Senmache *et al.*, 2020) melaporkan bahan adsorben komposit karbon berbasis MOFs MIL – 100(Fe) dan karbon aktif berhasil disintesis dan dikarakterisasi, analisis sifat tekstur serta urutan jangka panjang dari fase periodik mengungkapkan Kristal MOFs MIL 100 - Fe tumbuh didalam rongga mesopori dari karbon aktif dan kemampuan hidrofobik dalam komposit. Sifat hidrofobisitas membuat interaksi yang lebih baik dengan senyawa organik, oleh karena itu kapasitas dan selektifitas lebih besar dibanding dengan karbon aktif saja, bahkan dalam konsentrasi rendah. (Lestari *et al.*, 2021) melaporkan material komposit karbon MOFs ANZ MIL-100(Fe) berhasil di preparasi dan memiliki karakteristik kombinatorial, meningkatkan stabilitas

termal dan meningkatkan adsorpsi CO₂ hingga 300 % dengan memberikan pori pori tambahan dan situs aktif dari MIL-100(Fe).

Pada penelitian ini karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dengan *metal organic frameworks* dari logam Cu dan ligan organik asam tereftalat (TAC). Pemilihan Cu sebagai logam pusat pada MOFs ini dikarenakan dapat meningkatkan selektivitas yang tinggi dan daya adsorpsi yang tinggi. (Zhang *et al.*, 2020) melaporkan efek sinergis Cu⁺ sebagai alasan utama memiliki selektivitas yang tinggi dan membantu situs aktif dapat terekspos ke permukaan. Disamping itu, pemilihan Cu juga berdasarkan prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*) karna logam Cu merupakan salah satu logam berat hasil limbah cair industri sawit. Berdasarkan paparan tersebut, peneliti ingin memodifikasi komposit karbon aktif tandan kosong kelapa sawit dengan *metal organic frameworks* Cu(TAC) dalam mengadsorpsi Zn(II) dengan nama komposit KA-Cu(TAC) dan bertujuan untuk meningkatkan daya adsorpsi.

1.2 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Subjek penelitian adalah tandan kosong kelapa sawit, logam Zn(II).
2. Objek penelitian adalah karbon aktif dan KA-Cu(TAC).
3. Karakterisasi karbon aktif, MOFs Cu(TAC), dan KA-Cu(TAC) menggunakan FTIR untuk menganalisa gugus fungsi, SEM – EDX untuk analisa morfologi, XRD untuk menentukan struktur, dan BET untuk penentuan jenis, luas permukaan dan volume pori.
4. Parameter penelitian adalah kondisi optimum variasi konsentrasi, massa, waktu, dan suhu

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakterisasi karbon aktif, MOFs Cu(TAC) dan KA-Cu(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit.
2. Bagaimana kemampuan adsorben karbon aktif, dan KA-Cu(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit dalam mengadsorpsi ion logam Zn(II).
3. Bagaimana kondisi optimum proses adsorpsi ion logam Zn(II) dengan adsorben karbon aktif, dan KA-Cu(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit.

4. Bagaimana kinetika dan kesetimbangan adsorpsi Zn(II) pada karbon aktif dan KA-Cu(TAC) ?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakterisasi karbon aktif, MOFs Cu(TAC) dan KA-Cu(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit.
2. Mengetahui kemampuan adsorben karbon aktif, dan KA-Cu(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit dalam mengadsorpsi ion logam Zn(II).
3. Mengetahui kondisi optimum proses adsorpsi ion logam Zn(II) dengan adsorben karbon aktif, dan KA-Cu(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit.
4. Mengetahui kinetika dan kesetimbangan adsorpsi Zn(II) pada karbon aktif dan KA-Cu(TAC).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat teoritis dari penelitian ini yaitu dapat menjadi pengembangan kajian ilmu pengetahuan tentang adsorpsi logam berat Zn(II) limbah industri sawit menggunakan karbon aktif TKKS dengan MOFs Cu(TAC) . Manfaat praktis yaitu dapat menambah wawasan dan pengetahuan baru serta menambah referensi bagi peneliti lanjutan mengenai adsorpsi Zn(II) menggunakan adsorben karbon aktif TKKS dan KA-Cu(TAC) dan memberikan informasi tentang penghilangan logam berat limbah cair industri sawit sehingga bisa diterapkan.