

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) termasuk limbah padat dari perkebunan kelapa sawit dan tersedia sangat melimpah karena jumlahnya sekitar 23% dari jumlah tandan buah segar. Limbah tandan kosong kelapa sawit sudah banyak dijadikan produk komersil berupa pupuk melalui proses pengomposan, namun limbah tandan kosong kelapa sawit juga berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku karbon aktif yang dapat diperuntukkan sebagai material adsorpsi dikarenakan limbah TKKS mengandung bahan lignoselulosa yang terdiri atas 30–55% selulosa, 15–35% hemiselulosa dan 20–30% lignin. Lignoselulosa dari TKKS dapat diubah menjadi karbon melalui proses pirolisis pada suhu 300–700°C. Kandungan karbon dalam TKKS dapat berkisar antara 40,93–68,3% (Minda et al., 2022).

Karbon aktif merupakan karbon amorf yang luas permukaannya berkisar antara 300–3500 m²/g dan telah mendapat perlakuan dengan uap serta panas sampai mempunyai afinitas yang kuat untuk menyerap (adsorpsi) berbagai bahan dengan kemampuan yang besar yaitu 25–100% terhadap berat karbon aktif. Hal ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Handika et al., 2017a). Karbon aktif populer karena luas permukaannya yang tinggi (hingga 1100 m²/g) dan volume pori yang tinggi (hingga 0,40 m³/g) yang memfasilitasi adsorpsi polutan (hingga 50% dari konsentrasi awal) (Wibowo et al., 2021).

Karbon aktif memiliki struktur berpori dan kapasitas adsorpsi yang kuat dan banyak digunakan di berbagai bidang industri, termasuk pemisahan, penghilangan warna dan polutan dari air limbah, serta sebagai katalis. Untuk memaksimalkan kemampuan adsorpsi karbon aktif, memodifikasi karbon aktif dengan oksida logam dapat meningkatkan porositas yang bervariasi dalam hal struktur pori dan kelompok

fungsi permukaan. Oksida logam seperti aluminium oksida, besi oksida, seng oksida, mangan oksida, tembaga oksida dan vanadium oksida yang digunakan pada karbon aktif dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi (Zubir et al., 2022) Namun idealnya adsorben tidak hanya memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, tetapi juga selektivitas adsorpsi yang tinggi pada polutan organik yang persisten (Feng et al., 2018). Pada penelitian yang dilakukan oleh Zega (2021) mengenai sifat adsorpsi logam berat Fe pada modifikasi Fe-Cu karbon aktif tandan kosong kelapa sawit menunjukkan hasil bahwa karbon aktif dan karbon aktif modifikasi Fe-Cu yang dihasilkan bersifat amorf dan penyerapan yang dihasilkan tidak maksimal (Zega, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Khairunnisa (2022) mengenai studi kinetika dan kesetimbangan adsorpsi Cu(II) pada karbon aktif termodifikasi Fe-Cu tandan kosong kelapa sawit, penelitian tersebut menunjukkan hasil karakterisasi XRD karbon aktif dan karbon aktif termodifikasi Fe-Cu sama-sama membentuk struktur bersifat amorf namun karbon aktif termodifikasi Fe-Cu menunjukkan sedikit peningkatan kristalinitas. Karakterisasi berdasarkan SEM pada perbesaran 2000x karbon aktif Fe-Cu memiliki pori dengan rongga yang lebih kecil daripada karbon aktif, namun karbon aktif termodifikasi Fe-Cu memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif yaitu $17,052 \text{ m}^2/\text{g}$ berbanding $14,891 \text{ m}^2/\text{g}$. Karakterisasi BET pada karbon aktif dan karbon aktif Fe-Cu sesuai dengan kurva isoterm tipe III dan berukuran mesopori. Hasil adsorpsi karbon aktif termodifikasi Fe-Cu juga belum menunjukkan penyerapan yang maksimal (Khairunnisa, 2022). Hal tersebut menunjukkan karbon aktif memiliki kelemahan karena sifatnya yang tidak stabil yaitu dalam proses aktivasi pada suhu tinggi zat pengaktif mudah lepas sehingga apabila digunakan untuk menyerap ion logam kurang maksimal, serta memiliki gugus fungsi yang bertindak sebagai sisi aktif dalam jumlah terbatas (Desiyani, 2021). Munoz – Senmache, et al (2020) melaporkan bahwa karbon aktif mengalami ketidakaturan pori dan interaksi antara adsorbat dengan adsorbennya lemah (Muñoz-Senmache et al., 2020a). Oleh karenanya, untuk meningkatkan kualitas dan memperbaiki struktur karbon aktif maka dapat dilakukan dengan mengkompositkan karbon aktif dengan polimer berpori atau *Metal Organic Frameworks* (MOFs).

Metal Organic Frameworks (MOFs) merupakan bagian dari material polimer berpori dengan memiliki keunggulan berupa porositasnya yang besar, luas permukaan yang baik serta sifat permukaan yang dapat diatur. MOFs dapat diterapkan diberbagai bidang penelitian seperti superkapasitor, baterai dan bahan bakar, katalisis, adsorpsi serta penyimpanan gas (Bhattarai et al., 2021). MOFs dibentuk dari ion atau gugus logam dan ligan organik, sehingga kelimpahan berbagai ion logam dan ligan organik memberi MOFs keragaman yang cukup besar (He & Wang, 2019). Ligan organik yang paling banyak digunakan dalam pembuatan MOFs ialah Depolimerasi Polietilen Tereftalat (PET) dan Asam Tereftalat (Pérez-Mayoral et al., 2023). MOFs dapat dikombinasikan dengan polimer untuk membuat komposit MOF-polimer. Dengan cara ini, porositas dan stabilitas MOFs dapat ditingkatkan (Yang et al., 2021).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Munoz-Senmache, et al, (2020) mengenai adsorpsi kontaminan berbahaya dalam air menggunakan komposit karbon aktif MOFs menunjukkan karbon aktif memiliki struktur amorf dan komposit karbon aktif MOFs memiliki struktur kristal dengan volume pori yang dihasilkan karbon aktif sebesar $0,40 \text{ cm}^3/\text{g}$ sedangkan komposit karbon aktif MOFs sebesar $0,72 \text{ cm}^3/\text{g}$. Dalam hal luas permukaan yang dihasilkan, karbon aktif menghasilkan luas permukaan yaitu sebesar $380 \text{ m}^2/\text{g}$ sedangkan komposit karbon aktif MOFs sebesar $815 \text{ m}^2/\text{g}$. Hal ini menunjukkan baik pori-pori maupun luas permukaan yang dihasilkan oleh komposit karbon aktif MOFs lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif. (Muñoz-Senmache et al., 2020). Namun, pada penelitian yang dilakukan oleh Sari (2023) mengenai adsorpsi β -karoten menggunakan komposit MOFs Cu(TAC) dengan menggunakan perbandingan 1:3:2 terhadap logam, ligan dan karbon aktif yang digunakan menunjukkan MOFs Cu(TAC) dan Komposit MOFs Cu(TAC) memiliki struktur kristal dan karbon aktif memiliki struktur amorf, karakterisasi komposit MOFs Cu(TAC) menggunakan SEM pada perbesaran 4000x menunjukkan pori-pori komposit Cu(TAC) lebih kecil dibandingkan karbon aktif. Pada luas permukaan yang dihasilkan menunjukkan luas permukaan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) lebih besar daripada karbon aktif yaitu $14,89 \text{ m}^2/\text{g}$ berbanding $19,06 \text{ m}^2/\text{g}$. Peningkatan luas permukaan karbon aktif termodifikasi terjadi karena bereaksinya antara karbon aktif dengan MOFs

selama proses modifikasi yang tidak hanya memperluas permukaan pori tetapi juga mengaktifkan sisi pori. Masuknya MOFs dengan jumlah yang telah ditentukan pada karbon aktif mempengaruhi volume pori. Karakterisasi EDX menunjukkan adanya kandungan Cu yang terdapat didalam MOFs Cu(TAC) dan komposit Cu(TAC) tetapi dalam jumlah yang sangat kecil (Sari, 2023). Komposit MOFs Cu(TAC) yang masih menunjukkan rendahnya kandungan logam Cu didalamnya mengindikasikan adanya interaksi yang terbatas untuk logam Cu mengikat ligan dalam membentuk pori.

Oleh karenanya dalam penelitian ini, akan dilakukan sintesis komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dari bahan baku tandan kosong kelapa sawit. Sintesis komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dari TKKS melibatkan penggunaan logam tembaga (Cu) dan besi (Fe) yang terkoordinasi dengan ligan TAC (*Terephthalic Acid*) dalam struktur MOFs. Dengan mempertahankan perbandingan komposisi karbon, logam, dan ligan yang sama, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan komposit karbon aktif MOFs sebagai material dengan sifat dan struktur yang lebih baik ditandai dengan tingkat kristalinitas dan morfologi permukaannya. Pembuatan komposit karbon aktif MOFs dari tandan kosong kelapa sawit melibatkan proses karbonisasi dan aktivasi. Dalam proses aktivasi, karbon aktif yang dihasilkan direaksikan dengan asam tereftalat untuk membentuk MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC). Dalam penelitian ini, karakterisasi MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) yang dihasilkan akan dilakukan melalui beberapa metode analisis seperti SEM, EDX dan XRD.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan mengangkat judul **“Sintesis dan Karakterisasi Komposit Karbon Aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Komposisi Karbon, Logam dan Ligan Yang Sama”** dengan harapan penelitian ini dapat berjalan dengan baik, dengan begitu kedepannya dapat menjadi referensi kepada pembaca dan dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

1.2. Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Pengaturan Komposisi: Komposisi karbon, logam, dan ligan dalam MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) harus diatur dengan proporsi yang tepat. Perbandingan antara logam dan ligan serta karbon aktif dapat mempengaruhi struktur dan sifat fisikokimia MOFs yang dihasilkan.
2. Pembuatan Komposit Karbon Aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC): Pembuatan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) adalah suatu proses yang kompleks dan memerlukan pemahaman yang baik mengenai parameter-parameter yang mempengaruhinya seperti tingkat kristalinitas dan morfologi permukaan yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi yang cermat mengenai proses pembuatan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC).

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Penggunaan logam Cu dan Fe sebagai logam sintesis komposit *Metal Organic Frameworks* (MOFS).
2. Karakterisasi Komposit Karbon Aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dilakukan dengan menggunakan SEM, EDX dan XRD
3. Komposisi Karbon, Logam dan Ligan menggunakan perbandingan yang sama

1.4. Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah Bagaimana pengaruh komposisi karbon, logam dan ligan yang sama terhadap tingkat kristalinitas dan morfologi permukaan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan komposit karbon aktif MOFs Fe(TAC) ?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah mengetahui pengaruh komposisi karbon, logam dan ligan yang sama terhadap tingkat kristalinitas dan morfologi permukaan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan komposit karbon aktif MOFs Fe(TAC).

1.6. Manfaat

Adapun manfaat dalam penelitian ini antara lain :

1. Manfaat teoritis dalam penelitian ini adalah sebagai sumber informasi serta rujukan bagi pembaca dalam mempelajari pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai komposit karbon aktif *Metal Organic Frameworks* (MOFs).
2. Manfaat praktis dalam penelitian ini adalah sebagai referensi tentang pengaruh komposisi karbon, logam, dan ligan yang sama terhadap sintesis komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC).

