

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Permasalahan lingkungan hidup yang memerlukan perhatian besar telah terkena dampak ledakan pertumbuhan industri ini. Penghasil limbah padat, cair, dan gas terbesar adalah sektor perkebunan kelapa sawit. Luas perkebunan kelapa sawit pada tahun 2019 adalah 2.605.026 Ha dan meningkat menjadi 2.801.668 Ha pada tahun 2021 menurut Yanti dan Lestari (2020). Produksi limbah mungkin meningkat sebanding dengan luas lahan kelapa sawit. Limbah padat terbesar yang kini tidak dimanfaatkan adalah sampah tandan kosong kelapa sawit (Praevia & Widayat, 2022). Dua puluh tiga persen dari tandan buah segar (TBS) yang dapat ditangani oleh pabrik kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS), yang merupakan sampah dari operasional pabrik. Permasalahan lingkungan yang memerlukan perhatian besar telah terkena dampak dari pertumbuhan industri yang sangat pesat. Penghasil limbah padat, cair, dan gas terbesar adalah sektor perkebunan kelapa sawit. Luas perkebunan kelapa sawit pada tahun 2019 adalah 2.605.026 Ha dan meningkat menjadi 2.801.668 Ha pada tahun 2021 menurut Yanti dan Lestari (2020). Produksi limbah mungkin meningkat sebanding dengan luas lahan kelapa sawit. Limbah padat terbesar yang kini tidak dimanfaatkan adalah sampah tandan kosong kelapa sawit (Praevia & Widayat, 2022). Dua puluh tiga persen tandan buah segar (TBS) yang bisa ditangani pabrik kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang merupakan sampah operasional pabrik (Dimawarnita dan Perwitasari, 2017). Apabila limbah tersebut terdekomposisi dan tidak dikelola dengan baik dapat menjadi penyebab pencemaran lingkungan dan sebagai sumber bibit penyakit (Sopiah et al., 2017). Zat lignoselulosa yang terdapat pada limbah TKKS tersusun atas 20–30% lignin, 15–35% hemiselulosa, dan 30–55% selulosa (Hidayah & Wusko, 2020; Noah, 2022). Untuk mencoba mengurangi limbah ini, TKKS lignoselulosa dapat digunakan. Thoe dkk., 2019; Wirasnita dkk., 2015;

Faisal dkk., 2021). Karena kandungan lignoselulosanya yang tinggi, bahan tersebut dapat dipirolisis pada suhu antara 300 dan 700°C untuk menghasilkan karbon aktif (Zairinayati & Khomsatun, 2017).

Salah satu jenis sampah organik yang dapat dijadikan karbon aktif adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Kandungan karbon TKS dapat bervariasi antara 40,93 hingga 68,3% (Minda et al., 2022). Luas permukaan karbon aktif bertambah seiring dengan bertambahnya kandungan karbon (Zairinayati & Khosamtun, 2022). Bahan karbon amorf dengan tingkat porositas tinggi dan luas permukaan bagian dalam yang cukup besar disebut karbon aktif. Keuntungan karbon aktif antara lain luas permukaannya yang tinggi, biaya rendah, dan tidak beracun. Karbon aktif adalah zat serbaguna yang telah dimanfaatkan oleh banyak industri berbeda. Reaktivitas permukaan yang tinggi, stabilitas termal yang kuat, dan konduktivitas listrik merupakan ciri-ciri karbon aktif (Suarsa, 2015; Rachmadani, 2017; Yahya, 2018; Kiani et al., 2020). Karbon aktif memiliki luas permukaan 807,54 m²/gram. Temuan ini menunjukkan bahwa karbon aktif yang terbuat dari tandan kosong kelapa sawit memiliki kualitas yang sama tingginya dengan karbon aktif yang terbuat dari batu bara (Mulyana G, 2014). Efisiensi karbon aktif tandan kosong kelapa sawit (*Elais guineensis* Jacq) dalam menyerap kadmium telah diteliti oleh Sopiah dkk. pada tahun 2017. Berdasarkan hasil tersebut, hingga 100% kadmium dapat diserap oleh karbon aktif yang telah dikarbonisasi pada suhu 350°C dan dipanaskan selama 60 menit pada suhu 120°C. Pori-pori karbon yang besar dari tandan kosong kelapa sawit memberikan karbon dengan kapasitas adsorpsi yang tinggi, dan adsorpsi terjadi sebagai akibat dari perbedaan energi potensial antara zat yang diserap dan permukaan karbon.

Dengan menambahkan oksida logam ke karbon aktif, porositas dapat ditingkatkan dengan struktur pori dan gugus fungsi permukaan yang berbeda (Zubir et al., 2022). Logam yang digunakan dalam pembuatan MOFs yaitu tembaga (Cu) dan Besi (Fe), penggunaan logam Cu memiliki beberapa kelebihan dalam aplikasinya. Keberadaan FeCu mampu membuat sisi aktif karbon aktif terlepas dari ketersediaan pori-pori (Safei dkk, 2019). Penelitian mengenai modifikasi karbon aktif dan MOF menjadi komposit

untuk adsorpsi amonium hidroksida telah dilakukan oleh Maulina (2023), modifikasi dilakukan untuk meningkatkan daya adsorpsi dan mengaktifkan sisi aktif karbon aktif, dan didapatkan bahwa dimana komposit karbon aktif yang dimodifikasi dengan MOFs Cu(TAC) mampu menyerap NH konsentrasi tinggi.

Karbon aktif dapat dimodifikasi dengan MOFs (Metal Organic Frameworks) untuk meningkatkan selektivitas dan kapasitas adsorpsi, Kerangka logam-organik (MOFs) adalah jenis bahan hibrida yang terdiri dari gugus logam yang dihubungkan oleh ligan rantai organik. Menurut Nordin dkk. (2014), MOF merupakan material dengan sifat menarik seperti kristalinitas tinggi, volume besar, dan ukuran pori besar. Volume pori bahan MOF biasanya antara 0,2 dan 0,8 cm³/g (Fajri, 2018). Ukuran pori dan morfologi MOF dapat disesuaikan dengan mengubah karakteristik dan konektivitas gugus anorganik dan penghubung organik. Karena modifikasi struktur pori dan polaritas permukaannya yang mudah, MOF dapat menjadi salah satu bahan yang paling menjanjikan untuk berbagai aplikasi. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa kekurangan yang sangat menghambat potensi penerapan dalam banyak proses industri. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan konstruksi komposit berbasis MOF sehingga diharapkan akan menghasilkan sifat-sifat yang menguntungkan dan kemungkinan-kemungkinan baru. Salah satu diantaranya, yaitu komposit MOF dan material berkarbon. Hal tersebut dikarenakan secara khusus, bahan berkarbon memiliki alotrop yang berbeda sehingga akan menghasilkan ketahanan kimia dan termal yang luar biasa, sifat elektronik dan optik yang sangat baik, toksisitas rendah, dan terkadang biaya rendah dapat dicapai secara bersamaan (Wu et al , 2022). Modifikasi dilakukan untuk meningkatkan daya adsorpsi dan mengaktifkan sisi aktif karbon aktif (Maulina, 2023).

Bahan karbon berpori yang berasal dari MOF tidak hanya mempertahankan struktur dan morfologi aslinya, tetapi juga mendapatkan stabilitas yang sangat baik di dalam air. Volume pori terpengaruh ketika sejumlah MOF ditambahkan ke karbon aktif (Liu et al., 2022). Saat membuat MOF, TAC digunakan sebagai ligan organik yang meningkatkan luas permukaan dan porositas MOF (Mahreni dan Yuli, 2020). Asam

terephthalat digunakan dalam situasi di mana gugus COOH dapat berikatan kuat dengan kation Cu^{2+} melalui interaksi koordinasi karena merupakan ligan luas dengan toksisitas sangat rendah dan ketersediaan mudah (Bagheri & Ghaedi, 2020). Ukuran pori, bentuk pori, dan lingkungan permukaan pori yang sesuai pada MOFs dapat dirancang dengan cermat untuk mencapai keunggulan struktural melalui pemilihan logam dan ligan yang bijaksana (Qiu et al., 2020). Modifikasi karbon nyatanya dapat meningkatkan efektivitas penyerapan (Maulina, 2023). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muñoz-Senmache (2020), diketahui bahwa kristal MOF yang ada didalam rongga mesopori karbon aktif, dapat menjadikan karbon aktif memiliki kemampuan hidrofobik sebagai adsorben. Selain itu, sintesis kristal MOFs untuk meningkatkan kualitas dan memperbaiki struktur karbon aktif.

Karbon aktif yang dimodifikasi dengan FeCu memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi karena keberadaan FeCu mampu membuat sisi aktif karbon aktif terlepas dari ketersediaan pori-pori. Selain itu, modifikasi karbon nyatanya dapat meningkatkan efektivitas penyerapan. Selain itu Fitri (2023) juga berhasil mensintesis MOFs Cu(TAC) dan dijadikan adsorben untuk menyerap logam Cu dengan efisiensi penyerapan sebesar 99,38%.

Pada tahun 2024 peneliti (Nugroho,2024) meneliti sintesis dari komposit karbon aktif MOFs Cu dan Fe dengan menggunakan komposisi perbandingan yang sama yaitu (2:2:2) dikarakteristik menggunakan XRD yang menunjukkan sistem kristalinitas dan tingkat kristalinitas pada Komposit KA-MOFs Cu(TAC) dan KA-MOFs Fe(TAC) yaitu sebesar 48,8% (Monoklinik, Triklinik) dan 55,4% (Triklinik) sedangkan Komposit KA-MOFs Cu(TAC) menunjukkan morfologi permukaan berupa serat-serat bersambung tidak beraturan yang tampak tidak homogen menurut karakterisasi SEM-EDX, sedangkan komposit KA-MOFs Fe(TAC) menghasilkan serat-serat berikat yang menghasilkan pori-pori tampak, gigi berlubang, lebih konsisten.

Penelitian (Permana,2024) meneliti sintesis dari komposit karbon aktif MOFs Cu dan Fe dengan menggunakan komposisi perbandingan yang sama yaitu (1:2:3) dijelaskan menggunakan EDX, yang mengungkapkan bahwa MOFs Cu(TAC), KA-

MOFs Cu(TAC), MOFs Fe(TAC), dan KA-MOFs Fe(TAC) menciptakan struktur kristal yang dibedakan dari sistem kristal lain dengan adanya puncak yang menonjol pada 2 theta. Dipercayai bahwa semua komponen yang digabungkan saling melekat satu sama lain karena karakterisasi SEM menunjukkan bahwa semua komponen tercampur secara seragam dan memiliki banyak permukaan kasar. Kandungan unsur karbon (C) merupakan yang tertinggi dari seluruh sampel, berkisar antara 52 hingga 61%, menurut karakterisasi EDX. Cu(TAC) MOFs mempunyai kandungan unsur Cu sebesar 2,9%, KA-MOFs Cu(TAC) mempunyai kandungan unsur Cu sebesar 3,9%, MOFs mempunyai kandungan unsur Fe sebesar 0,1%, dan KA-MOFs mempunyai kandungan unsur Fe sebesar 0,2% .

Berdasarkan uraian diatas, maka dari itu penulis ingin meneliti lebih lanjut dalam pembuatan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit dengan perbandingan Logam:TAC:KA (3:2:1). Dalam penelitian ini pembuatan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dilakukan dengan menggunakan kedua logam berupa tembaga (Cu) dan Besi (Fe), dalam proses sintesisnya dilakukan proses karbonisasi dan aktivasi sehingga menghasilkan komposit karbon aktif Mos Cu(TAC) dan Fe(TAC). Selanjutnya penelitian dilakukan dengan melihat pengaruh logam Cu, dengan demikian judul penelitian hang akan penulis lakukan yaitu **“Pengaruh Logam Cu dan Fe Dalam Pembuatan Komposit Karbon Aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit”**

1.2. Identifikasi Masalah

1. Pengaturan Komposisi: Komposisi karbon, logam, dan ligan dalam MOFs Co(TAC) dan Fe(TAC) harus disesuaikan dengan proporsi yang tepat. Proporsi logam, ligan, dan karbon aktif dapat mempengaruhi karakteristik dan struktur fisikokimia akhir MOFs.
2. Pembuatan Komposit Karbon Aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC): Metode pembuatan komposit karbon aktif Cu(TAC) dan Fe(TAC) MOFs rumit dan memerlukan pemahaman menyeluruh tentang variabel yang mempengaruhinya,

termasuk morfologi permukaan dan tingkat kristalinitas. Oleh karena itu, diperlukan penyelidikan menyeluruh terhadap teknik pembuatan komposit karbon aktif MOF Cu(TAC) dan Fe(TAC).

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian ini yaitu antara lain:

1. Logam yang digunakan dalam pembuatan komposit Metal Organic Frameworks (MOFs) hanya berfokus pada logam Tembaga (Cu) dan besi (Fe).
2. Karakterisasi Komposit Karbon Aktif MOFs Fe(TAC) dan Cu(TAC) dilakukan dengan menggunakan XRD, SEM- EDX.
3. Penelitian dibatasi pada pengaruh logam Cu dan Fe dalam pembuatan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit.

1.4. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu antara lain :

1. Bagaimana pengaruh logam Cu dan Fe dalam pembuatan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit.
2. Bagaimana karakterisasi komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit.

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu antara lain:

1. Mengetahui pengaruh logam Cu dan Fe dalam pembuatan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit.
2. Mengetahui karakterisasi komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit.

1.6. Manfaat

Penelitian ini bermanfaat secara teoritis dan praktis, adapun manfaat penelitian secara teoritis yaitu (1) Memperkaya khazanah ilmu pengetahuan, (2) Memberikan informasi dan masukan khususnya bagi mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA UNIMED mengenai pengaruh logam Cu dalam pembuatan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit. Sedangkan manfaat secara praktis dari penelitian ini yaitu (1) Menghasilkan komposit karbon aktif MOFs Cu(TAC) dan Fe(TAC) dari tandan kosong kelapa sawit sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi.

THE
Character Building
UNIVERSITY