

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metal-Organic Framework (MOF) atau kerangka logam-organik merupakan padatan kristal hibrid anorganik-organik yang memiliki struktur nanopori (Lv et al., 2021). MOF terdiri dari logam pusat dan ligan dan memiliki sifat yang dapat berubah bergantung pada berbagai macam variasi logam dan ligan. Variasi tersebut menghasilkan MOF yang memiliki bentuk struktur, topografi, sifat fisika kimia yang berbeda-beda (Ma et al., 2021). MOF memiliki keunggulan yang unik, salah satunya ukuran pori yang dapat dikontrol dan permukaan pori yang dimodifikasi, kepadatan rendah dan luas permukaan yang tinggi. Sifat tersebut yang menyebabkan MOF telah banyak dimanfaatkan diberbagai bidang, seperti adsorpsi, fotokatalisis dan katalisis (Izadpanah Ostad et al., 2021). Selain itu, MOF telah menunjukkan potensi yang besar untuk aplikasi dalam penyimpanan gas, sistem *drug-delivery* dan banyak bidang lainnya. Selain memiliki ukuran pori yang dapat dikontrol, keunggulan lain dari MOF adalah memiliki porositas sangat tinggi, permukaan bagian dalam yang besar, stabilitas termal yang baik, dan selektivitas kimia yang tinggi (Shi et al., 2021). Beberapa metode yang dapat diaplikasikan dalam teknologi sintesis MOF adalah solvotermal, *microwave-assisted method*, ultrasonik, ionotermal dan *mechanochemical* (Lv et al., 2021).

Salah satu jenis MOF yang sedang banyak dikembangkan oleh peneliti adalah ZIF (*Zeolitic Imidazolate Framework*). ZIF merupakan salah satu sub-kelas baru dari MOF yang sedang menarik banyak perhatian para peneliti. ZIF memiliki sifat mirip dengan zeolit aluminosilikat, terutama dalam ketahanan termal dan hidrotermal, serta memiliki stabilitas kimia yang baik (Izadpanah Ostad et al., 2021). Kerangka dari ZIF telah banyak mengalami perkembangan sehingga memiliki stabilitas kimia, serta fitur hidrotermal dan termal yang baik. Struktur zeolit terdiri dari unit Si(Al)O_4 tetrahedral yang terhubung secara kovalen dengan menjembatani atom O untuk menghasilkan 150 jenis kerangka yang berbeda (Hoseinpour & Shariatnia, 2021). Struktur dan kerangka yang berbeda, menyebabkan terdapat banyak jenis ZIF dengan berbagai sifat dan manfaat yang berbeda. Salah satu jenis ZIF yang populer dalam pemanfaatannya adalah ZIF-8.

Sebagai subfamili dari MOF, kerangka ZIF-8 adalah salah satu jenis *frameworks* tiga dimensi (3D) yang penting dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang karena toksisitas yang rendah, dapat mengalami biodegradasi, memiliki porositas permanen dan bersifat hidrofobis sehingga dapat menjadi carrier yang efektif (Ma et al., 2021). ZIF-8 memiliki kerangka struktur berbentuk sodalit (SOD) yang terdiri dari logam Zn dan ligan 2-metilimidazol (MeIM) yang terkoordinasi secara tetrahedral. ZIF-8 telah menjadi bahan yang terkenal diantara MOF lainnya karena memiliki luas permukaan yang besar, yaitu sekitar 1700 m²/g, stabilitas termal yang tinggi 400°C, struktur yang sangat berpori, dan kepadatan rendah (Hoseinpour & Shariatnia, 2021). Karena memiliki fungsionalitas dan porositas yang sangat cocok dan dapat disesuaikan, ZIF-8 telah digunakan untuk katalisis, pemisahan, penangkapan CO₂ dan penyimpanan energi, dan dalam berbagai aplikasi lain. ZIF-8 memiliki kemampuan adsorpsi yang sangat baik dan efektif untuk reduksi elektrokatalitik CO₂ menjadi karbon monoksida dengan efisiensi mencapai 69,8%. Sebagai zeolite sodalit, ZIF-8 memiliki topologi yang digambarkan sebagai struktur oktahedron yang terpotong dan mengisi ruang. ZIF-8 memiliki kisi kubik yang memiliki rongga dengan ukuran pori 11,6 Å dan diameter pori 3,4 Å (Pangastuti et al., 2015).

Metode sintesis dan jenis pelarut merupakan hal yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan ZIF-8 dengan struktur dan stabilitas termal yang baik. Beberapa metode yang seringkali digunakan dalam sintesis ZIF-8 adalah metode solvotermal dan hidrotermal (Yuliantika, 2016). Dalam metode solvotermal, ZIF-8 telah berhasil disintesis dengan beberapa jenis pelarut. Menurut Chen & Tang (2019), ZIF-8 berhasil disintesis dengan sintesis solvotermal menggunakan seng nitrat sebagai sumber logam dan *2-methylimidazole* sebagai ligan organik. Pada penelitian tersebut diketahui bahwa suhu reaksi dan waktu reaksi berpengaruh pada morfologi kristal dan sampel, dimana kristal ZIF-8 seperti hydrangea berpori dapat diperoleh pada suhu yang berbeda dari 110 hingga 140 °C dengan ukuran partikel rata-rata sebesar 13µm, luas permukaan 1047 m²/g, diameter pori 1.5 nm dan temperature dekomposisi mencapai 480 °C. Metode solvotermal untuk sintesis ZIF-8 telah berhasil dilakukan dalam berbagai pelarut organik, yaitu metanol, *N,N*-

dimetilformamida (DMF), *N,N*-diethylformamida (DEF) dan air (Pangastuti et al., 2015).

Pemilihan metode sintesis dapat dilakukan dengan memperhatikan sifat fisik dan kimia material yang diinginkan untuk aplikasi tertentu. Bentuk dan ukuran suatu partikel berpengaruh terhadap sifat fungsional, sifat fisik dan kimia suatu material. Sifat fisik dan kimia MOF dan ZIF yang dapat dipengaruhi oleh metode sintesis yaitu morfologi dan ukuran kristal (Chen & Tang, 2019). Perbedaan metode sintesis bertujuan untuk memanipulasi morfologi dan ukuran kristal MOF maupun ZIF, sesuai dengan fungsi dan kegunaannya (Nadjib et al., 2017). Variasi parameter sintesis yang dapat digunakan agar diperoleh variasi morfologi dan ukuran kristal MOF atau ZIF adalah variasi pelarut, sumber logam, konsentrasi reaktan, temperatur, waktu sintesis, dan perbandingan molar reaktan.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini, dilakukan studi perbandingan metode sintesis pada ZIF-8 terhadap sifat fisika-kimianya. Penelitian ini merupakan studi perbandingan metode sintesis pada ZIF-8 dalam bentuk studi literatur dari beberapa artikel jurnal bereputasi sebagai data sekunder. Metode sintesis ZIF-8 meliputi metode solvothermal, sonokimia, mekanokimia, *microwave*, dan hidrotermal. Karakteristik ZIF-8 yang disintesis melalui berbagai metode akan dibandingkan terkait dengan difraktogram XRD, spektrum FTIR, morfologi, ukuran, dan kestabilan termal untuk mengetahui perbedaan baik sifat fisika maupun kimia dari ZIF-8.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan penelitian ini, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh metode sintesis ZIF-8 terhadap sifat fisika dan kimianya? Untuk memudahkan di dalam pelaksanaan penelitian, dirumuskan secara lebih rinci sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat kristalinitas ZIF-8 yang disintesis melalui berbagai metode sintesis?
2. Bagaimana karakteristik khas dari puncak serapan spektrum FTIR ZIF-8?
3. Bagaimana stabilitas termal ZIF-8 yang disintesis melalui berbagai metode?

4. Bagaimana morfologi dan ukuran ZIF-8 yang disintesis melalui berbagai metode sintesis?
5. Bagaimana aplikasi ZIF-8 yang memiliki berbagai kelebihan dari sifat yang dihasilkan dari berbagai metode sintesis?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan:

1. Pengaruh metode sintesis terhadap sifat kristalinitas ZIF-8
2. Pengaruh metode sintesis terhadap hasil karakterisasi FTIR
3. Pengaruh metode sintesis terhadap stabilitas termal ZIF-8
4. Pengaruh metode sintesis terhadap morfologi dan ukuran ZIF-8
5. Kelebihan sifat ZIF-8 yang dihasilkan dari berbagai metode untuk aplikasinya di berbagai bidang

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat pada pengembangan penelitian material berpori ZIF-8, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan proses sintesis ZIF-8 sesuai dengan sifat fisika dan kimia yang diperlukan dalam sediaan ZIF-8.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal meliputi:

1. Artikel jurnal bereputasi terindeks Scopus yang digunakan berjumlah 5 artikel
2. Metode sintesis yang dibandingkan meliputi: solvotermal, *microwave*, sonokimia, mekanokimia, *microwave-sonokimia*, dan hidrotermal

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Struktur organisasi skripsi berisi mengenai keseluruhan isi skripsi dan pembahasannya. Struktur organisasi skripsi dapat dijabarkan dan dijelaskan dengan sistematika penulisan yang runtun, dimulai dari BAB I hingga BAB V pada skripsi. BAB I pada skripsi ini berisi uraian mengenai pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, Batasan penelitian, dan struktur organisasi skripsi. BAB II mencakup kajian teori-teori yang terdiri dari

metal-organic framework, sub-kelas *metal organic framework* yaitu ZIF, serta membahas mengenai ZIF-8. Selain itu, pada BAB II terdapat teori mengenai metode sintesis dan jenis sintesis MOF yang terdiri dari metode solvotermal, hidrotermal, dan *microwave-assisted method*. Selain itu, tinjauan mengenai berbagai metode karakterisasi ZIF-8 diuraikan pada BAB II, yaitu difraksi XRD, FTIR, Scanning Electron Microscope, dan Thermal-Gravimetri Analysis (TGA). Pada BAB III terdapat uraian yang berfokus pada metodologi penelitian dalam *literature review*. Adapun aspek atau poin dalam BAB ini mencakup jenis penelitian, pemilihan unit analisis, data dan sumber data, teknik pengambilan data dan analisis data. Pada penelitian, jenis penelitian yang dilakukan adalah metode kepustakaan (*literature review*), dimana data yang diperoleh merupakan data sekunder, bersumber dari beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. BAB IV pada penelitian ini membahas mengenai temuan dan pembahasan berdasarkan data sekunder yang telah dikumpulkan dan relevan terhadap penelitian. Sedangkan BAB V berisi penafsiran dan pemaknaan peneliti terhadap hasil analisis dari studi yang dilakukan. BAB tersebut menyajikan simpulan terhadap hasil analisis temuan dari penelitian yang menjawab tujuan dari penelitian.