

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Industri tekstil merupakan salah satu sektor yang berkembang pesat dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Namun, perkembangan ini muncul dengan meningkatnya penggunaan zat pewarna sintesis dalam proses produksi. Secara global zat warna dihasilkan sekitar 40 juta ton tekstil setiap tahun, yang kemudian menghasilkan kurang lebih 3.600 ton limbah pewarna berkonsentrasi tinggi yang dibuang ke sumber air (A. Sahu & Poler, 2024). Metilen biru (MB) adalah jenis pewarna kationik yang banyak dimanfaatkan dan memiliki penggunaan luas di berbagai sektor industri, termasuk industri tekstil (Eltaweil dkk., 2020). Tingginya penggunaan MB di berbagai bidang menjadikannya sebagai salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan, karena zat pewarna organik ini sering dibuang ke lingkungan (Berehe dkk., 2025). Salah satu upaya efektif untuk menangani pencemaran akibat zat warna organik adalah melalui proses fotokatalitik (X. Yang dkk., 2024). Dalam proses fotokatalisis, energi cahaya dimanfaatkan untuk membentuk spesies radikal, yang mampu mendegradasi polutan organik secara efisien. Agar proses fotokatalitik berlangsung optimal, material fotokatalis harus memiliki celah pita yang sesuai untuk menyerap cahaya, kemampuan pemisahan dan transfer muatan yang efisien (Guo dkk., 2024). Selain pengembangan material fotokatalis, strategi lain yang juga banyak diterapkan adalah pemanfaatan material berpori yang memiliki kemampuan adsorpsi tinggi. *Metal-Organic Framework* (MOF) merupakan salah satu material berpori yang banyak dikembangkan karena memiliki luas permukaan tinggi dan kemampuan adsorpsi yang baik terhadap

berbagai jenis zat warna (Wu dkk., 2022). Salah satu material MOF dengan sifat fungsional yang unggul adalah *Zeolitic Imidazolate Framework-8* (ZIF-8), yang berperan dalam meningkatkan pemisahan dan transport pembawa muatan (Yuan dkk., 2023). ZIF-8 merupakan material dengan celah pita yang besar yaitu sekitar 4.9-5.1 eV sehingga aktivitas fotokatalitiknya terbatas (Kumar dkk., 2024). Dalam kombinasi dengan semikonduktor lain seperti TiO_2 dan $\text{g-C}_3\text{N}_4$, ZIF-8 berfungsi sebagai media transfer muatan, peningkatan adsorpsi serta membantu pemisahan pasangan elektron-*hole* pada antarmuka *heterojunction*.

Penggabungan ZIF-8 dengan material semikonduktor lain diperlukan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya. Salah satu material yang banyak digunakan dalam sistem fotokatalisis adalah titanium dioksida (TiO_2), karena fotostabilitasnya yang tinggi dan aktivitas katalitik yang baik dibawah iradiasi sinar UV (Abdi dkk., 2019). Namun, TiO_2 masih memiliki keterbatasan berupa celah pita yang relatif besar sekitar 3,2 eV (Alekseeva dkk., 2026). Untuk mengatasi hal tersebut, material lain yang responsif terhadap cahaya tampak seperti *graphitic carbon nitride* ($\text{g-C}_3\text{N}_4$) yang memiliki celah pita lebih sempit yaitu sekitar 2,5-2,9 eV, serta stabilitas kimia yang tinggi (Alshammari dkk., 2025). Terlepas dari itu, $\text{g-C}_3\text{N}_4$ juga masih memiliki keterbatasan, seperti luas permukaan yang rendah dan rekombinasi muatan yang relatif cepat (Hao dkk., 2018). Secara umum, setiap material dalam sistem komposit memiliki peran yang berbeda. ZIF-8 sebagai material pendukung berfungsi meningkatkan adsorpsi zat warna melalui struktur berporinya, TiO_2 berperan sebagai komponen aktif fotokatalitik terutama pada daerah ultraviolet, sedangkan $\text{g-C}_3\text{N}_4$ berkontribusi dalam memperluas penyerapan

cahaya. Penelitian Chandra dkk. (2016) melaporkan bahwa $\text{TiO}_2@\text{ZIF-8}$ mampu mendegradasi metilen biru hingga 87,5% dalam 120 menit. Efisiensi tersebut masih dibatasi oleh tingginya rekombinasi elektron-*hole*. Di sisi lain keberadaan $\text{g-C}_3\text{N}_4$ terbukti mampu mendukung proses fotokatalitik dengan efisiensi degradasi masing-masing 70% dan 60% (J. He dkk., 2020; T. T. Zhou dkk., 2020). Namun, kajian mengenai penggabungan ZIF-8, TiO_2 dan $\text{g-C}_3\text{N}_4$ dalam suatu komposit *ternary* masih terbatas.

Dengan demikian, penggabungan ZIF-8, TiO_2 dan $\text{g-C}_3\text{N}_4$ dalam suatu sistem komposit diharapkan mampu membentuk *heterojunction* yang efektif dalam meningkatkan pemisahan pasangan elektron-*hole* serta mempercepat proses transfer muatan. Struktur berpori ZIF-8 menyediakan lebih banyak situs aktif untuk proses adsorpsi polutan. Lebih lanjut, variasi jumlah $\text{g-C}_3\text{N}_4$ dalam komposit juga dapat mempengaruhi kemampuan penyerapan cahaya, efisiensi pemisahan muatan, serta luas permukaan aktif yang tersedia selama proses fotokatalisis, sehingga berpotensi dalam peningkatan kinerja degradasi polutan (Alshammari dkk., 2025). Jumlah $\text{g-C}_3\text{N}_4$ dalam komposit menjadi faktor penting karena menentukan keseimbangan antara kemampuan penyerapan cahaya dan ketersediaan situs aktif pada permukaan material. Berdasarkan uraian tersebut, pengembangan material komposit yang mampu mengintegrasikan fungsi adsorpsi dan aktivitas fotokatalitik menjadi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi degradasi zat warna. Namun, kajian mengenai pengaruh variasi komposisi $\text{g-C}_3\text{N}_4$ dalam komposit ZIF-8/ TiO_2 / $\text{g-C}_3\text{N}_4$ terhadap performa fotokatalitik masih relatif terbatas. Oleh karena itu,

penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi g-C₃N₄ terhadap aktivitas degradasi metilen biru.

I.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis komposit ZIF-8/TiO₂/g-C₃N₄ dengan variasi kandungan g-C₃N₄.
2. Mengkarakterisasi material menggunakan XRD, FTIR, UV-DRS, dan BET.
3. Mengevaluasi aktivitas fotokatalitik komposit ZIF-8/TiO₂/g-C₃N₄ terhadap degradasi metilen biru serta menentukan konstanta laju reaksi.