

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan industri tekstil memberikan dampak positif dengan meningkatkan lapangan pekerjaan serta dampak negatif bagi lingkungan berupa limbah zat warna yang dihasilkan karena dapat mengurangi nilai estetika perairan. Perkembangan yang pesat menimbulkan masalah bagi lingkungan terutama masalah yang diakibatkan oleh limbah cair pewarnaan. Limbah cair tersebut mengandung bahan-bahan yang beracun dan berbahaya. Kemajuan industri tekstil memberikan dampak positif dengan meningkatkan lapangan pekerjaan serta dampak negatif bagi lingkungan berupa limbah zat warna yang dihasilkan karena dapat mengurangi nilai estetika perairan serta menghalangi sinar matahari menembus perairan yang dapat mengganggu proses fotosintesis dalam perairan. Berkembangnya sektor industri saat ini menyebabkan peningkatan penggunaan zat warna yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu zat warna yang digunakan dalam industri ini adalah *Methylene Blue* (Hadayani *et al.*, 2016).

*Methylene Blue* ( $C_{16}H_{18}ClN_3S$ ) merupakan salah satu senyawa organik sintetis yang banyak digunakan sebagai pewarna dalam berbagai industri, seperti tekstil, kertas, makanan, dan farmasi (Koyuncu & Kul, 2020). Pewarna ini tidak terlalu beracun bagi manusia, tetapi dapat menyebabkan iritasi mata, iritasi kulit, efek sistemik termasuk perubahan darah. Selain itu paparan senyawa ini pada tingkat tertentu dapat menyebabkan muntah, mual, diare, pusing, keringat berlebih dan radang pencernaan (Sen *et al.*, 2011).

Beberapa metode penyaringan limbah yang berhasil diterapkan adalah filtrasi, koagulasi, adsorpsi, dan fotokatalisis (Pouramini *et al.*, 2023). Antara lain, adsorpsi dan fotokatalisis merupakan metode umum untuk membersihkan limbah pewarna. Proses ini dapat memutus rantai kimia pewarna menjadi molekul sederhana sehingga tidak menimbulkan kontaminan baru dan ramah lingkungan (Tumbelaka *et al.*, 2022). Metode fotokatalisis ialah metode yang digunakan untuk menguraikan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan menggunakan energi foton dan radiasi sinar UV (Ayu *et al.*, 1907). Metode fotokatalisis merupakan suatu metode yang dapat dilakukan karena memiliki harga yang relatif murah dan mudah diterapkan di Indonesia. Metode fotokatalisis ini menguraikan zat warna menjadi komponen lebih sederhana sehingga lebih aman bagi lingkungan.

Proses fotokatalitik dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain konsentrasi kontaminan, massa katalis, pH, dan luas permukaan. Keadaan pH terbaik untuk setiap bahan baku dan setiap jenis limbah berbeda-beda (J. Zhang *et al.*, 2018). Selain itu, berbagai pendekatan telah dijelajahi untuk mencapai kapasitas atau kinerja proses fotokatalitik. Salah satu alternatif yang menjanjikan adalah penggunaan material nano sebagai katalis. Material nano, seperti nanopartikel logam, oksida logam,

atau komposit, menawarkan luas permukaan yang lebih besar dan lebih banyak situs aktif dibandingkan dengan material konvensional (Wassel *et al.*, 2020).

Selain itu, modifikasi permukaan katalis juga menjadi strategi yang efektif. Dengan menambahkan bahan aditif atau polimer yang dapat meningkatkan interaksi antara katalis dan kontaminan, efisiensi reaksi dapat ditingkatkan (Ye *et al.*, 2022). Dalam hal ini, penggunaan polimer seperti *polyethylene glycol* (PEG) menjadi pilihan yang menarik. PEG memiliki sifat hidrofilik yang tinggi, berfungsi sebagai agen pengikat yang efektif, biokompatibel dan non-toksik, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi dalam pengolahan limbah cair, karena dapat mengurangi risiko pencemaran tambahan yang dapat ditimbulkan oleh bahan kimia berbahaya (Pacia *et al.*, 2014). Dengan memanfaatkan sifat-sifat tersebut, PEG juga berfungsi sebagai stabilisator yang efektif, mencegah aglomerasi nanopartikel, meningkatkan dispersibilitas dan stabilitas sistem serta mempercepat transfer elektron dalam reaksi fotokatalitik (LIANG, 2021). Dengan demikian, penggunaan PEG dalam sistem fotokatalitik diharapkan dapat berkontribusi signifikan terhadap pengembangan metode yang lebih efektif untuk fotodegradasi limbah cair, khususnya yang mengandung zat pewarna berbahaya seperti *Methylene Blue* (Hu *et al.*, 2017). Namun, meskipun memiliki banyak kelebihan, PEG juga memiliki kelemahan yang perlu diperhatikan. Salah satu kelemahan utama adalah keterbatasan dalam sifat mekanik, di mana PEG memiliki sifat mekanik yang relatif lemah, yang dapat mempengaruhi stabilitas dan ketahanan sistem fotokatalitik dalam jangka panjang (A. Sharma *et al.*, 2022). Selain itu, PEG cenderung terdegradasi di lingkungan, yang mungkin mengurangi efektivitasnya sebagai pengikat dalam aplikasi jangka panjang. Kelemahan lainnya adalah keterbatasan dalam reaktivitas, di mana PEG tidak memiliki sifat reaktif yang dapat berkontribusi langsung pada proses fotokatalitik, sehingga kinerjanya sangat bergantung pada material lain yang digabungkan (Fitriani *et al.*, 2010). Oleh karena itu, perlu dilakukan kombinasi dengan material lain untuk meningkatkan stabilitas dan memperbaiki kinerja fotokatalitik.

Salah satu caranya adalah dengan menggabungkan PEG dengan bahan magnetik, yaitu nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Nanopartikel magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) merupakan salah satu jenis oksida besi yang memiliki berbagai sifat unggul seperti toksisitas rendah, biokompatibilitas, magnetisasi tinggi, dan superparamagnetis (Ghereghlou *et al.*, 2022). Selain itu, nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dapat diproduksi secara kopresipitasi pada suhu rendah, sehingga mudah untuk mengontrol ukuran partikel dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat. Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang dihasilkan akan memiliki luas permukaan yang besar dan mobilitasnya dapat dengan mudah dikendalikan oleh medan magnet luar sehingga dapat memudahkan proses pemisahan fasa cair. Ketika dikombinasikan dengan PEG, sifat hidrofilik PEG dapat meningkatkan dispersibilitas dan stabilitas nanopartikel magnetit dalam larutan, sehingga meningkatkan efisiensi reaksi. Meskipun demikian, ada beberapa tantangan yang harus diatasi. Salah satunya adalah potensi aglomerasi nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , yang dapat menurunkan efisiensi fotokatalitik. Dalam hal ini, PEG berperan penting sebagai agen stabilisasi, mencegah aglomerasi dan membantu menjaga distribusi partikel yang merata dalam larutan. Selain itu, penggunaan PEG juga dapat meningkatkan transfer elektron, yang sangat penting dalam meningkatkan laju reaksi fotokatalitik.

Kombinasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan PEG dapat dilakukan dengan *stirring* atau sonikasi, dan melalui metode hidrotermal (Badnore *et al.*, 2018). Pemilihan metode hidrotermal sebagai teknik sintesis didasarkan pada beberapa keuntungan yang ditawarkannya. Pertama, kondisi suhu dan tekanan tinggi yang dihasilkan dalam proses hidrotermal dapat mempercepat reaksi kimia dan meningkatkan solubilitas prekursor, sehingga mendukung pembentukan struktur yang lebih baik dan meningkatkan kristalinitas dari material yang dihasilkan. Selain itu, metode ini memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap ukuran dan morfologi nanopartikel, yang sangat penting untuk aplikasi fotokatalitik di mana sifat optik dan reaktivitas sangat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk partikel. Kualitas tinggi material yang dihasilkan, yang sering kali memiliki kemurnian tinggi, juga berkontribusi pada peningkatan kinerja dalam aplikasi teknologi. Dengan demikian, kombinasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan PEG menggunakan metode hidrotermal diharapkan dapat menghasilkan material komposit yang efisien dan berkualitas tinggi untuk berbagai aplikasi, termasuk dalam pengolahan limbah cair dan fotokatalisis. Sintesis dan produksi yang dilakukan pada berbagai penelitian di atas menggunakan metode konvensional, dan dapat menghasilkan produk samping yang berbahaya (Roy *et al.*, 2021). Kekurangan metode konvensional tersebut dapat diatasi dengan pendekatan *green synthesis*.

*Green synthesis* merupakan proses sintesis yang memanfaatkan ekstrak atau bagian dari tanaman seperti daun, buah, bunga, atau mikroorganisme dan mengurangi penggunaan bahan kimia (Baharulolum *et al.*, 2021). Penggunaan bahan alam memberikan kelebihan pada pendekatan *green synthesis* dalam hal ramah lingkungan, tidak beracun, biokompatibilitas yang baik, hemat biaya dan dapat diproduksi dalam skala besar (Prajapati & Mondal, 2022). Dibandingkan dengan mikroorganisme, ekstrak tumbuhan lebih banyak digunakan karena tidak membutuhkan masa inkubasi dan preparasinya lebih mudah sehingga proses sintesis lebih singkat. Selain itu, ekstrak tumbuhan memiliki zat fitokimia yang dapat mereduksi ion logam sehingga dapat digunakan dalam sintesis nanopartikel logam dan logam oksida.

Salah satu sumber ekstrak tumbuhan yang berpotensi digunakan dalam *green sintesis* nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah daun kelor (*Moringa oleifera*). Daun kelor diketahui kaya akan senyawa fenolik, flavonoid, dan metabolit sekunder lainnya yang dapat berperan sebagai agen pereduksi dan penstabil dalam pembentukan nanopartikel (Sodvadiya *et al.*, 2020). Selain itu, daun kelor juga memiliki aktivitas antioksidan dan antimikroba yang dapat memberikan nilai tambah pada nanopartikel yang dihasilkan (Siddhuraju & Becker, 2003).

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan kajian struktur kristal, sifat optik, dan gugus fungsi dari nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$  menggunakan ekstrak MO. Nanokomposit diujikan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi limbah pewarna organik. *Green synthesis*  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$  menghasilkan ukuran nanokomposit yang lebih kecil dan energi celah pita yang lebih besar sehingga dapat mengurangi terjadinya rekombinasi pada proses fotokatalitik. Kedua hal tersebut akan meningkatkan efisiensi degradasi polutan MB.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana memperoleh nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$  dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak *Moringa oleifera* (MO)?
2. Bagaimana pengaruh penambahan PEG terhadap struktur kristal, sifat optik, dan gugus fungsi pada nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ ?
3. Bagaimana aktivitas fotokatalitik nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$  terhadap efisiensi degradasi zat pewarna MB?

## 1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan yang diterapkan untuk memudahkan analisa penelitian ini antara lain :

1. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode *green Syntesis*.
2. Pengaruh penambahan PEG terhadap struktur kristal, sifat optik, dan gugus fungsi pada nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ .
3. Pengujian pemurnian limbah hanya dilakukan dalam skala Laboratorium dengan uji fotokatalitik menggunakan polutan pewarna organik MB.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Memperoleh nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$  dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak MO.
2. Menganalisis pengaruh penambahan PEG terhadap struktur kristal, sifat optik, dan gugus fungsi pada nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$
3. Menganalisis aktivitas fotokatalitik nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$  terhadap efisiensi degradasi zat pewarna MB.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai struktur kristal, sifat optik, dan gugus fungsi dari nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$  dengan metode *green synthesis*. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menyajikan informasi tentang aktivitas fotokatalitik dari nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$  terhadap degradasi limbah pewarna MB. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan wawasan bagi para pembaca mengenai proses optimasi nanopartikel dengan metode *green synthesis* serta pemanfaatannya dalam pemurnian air limbah.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal penelitian tugas akhir ini terdiri atas tiga bab sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan tinjauan literatur mengenai kajian riset fotokatalis terdahulu, konsep dasar nanokomposit, nanomaterial  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , polietilen glikol (PEG), ekstrak daun *moringa oleifera* dalam sintesis *green synthesis*, fotodegradasi limbah *methylene blue*, dan mekanisme fotodegradasi *methylene blue* dengan nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ .

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang didalamnya mencakup tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan, dan prosedur penelitian.

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menggambarkan temuan dan analisis penelitian terkait dengan optimasi nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$  dalam mendegradasi limbah MB serta karakterisasi yang dilakukan terkait sifat optik, struktur kristal, dan gugus fungsi.

### BAB V PENUTUP

Pada bagian ini terdapat rangkuman dan penjelasan mengenai temuan penelitian, serta disampaikan sara untuk pengembangan penelitian yang lebih baik di masa mendatang.

