

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia semakin berkembang dan secara langsung mendorong pertumbuhan industri. Industri tekstil memainkan peran penting dalam pembangunan ekonomi di beberapa negara berkembang (Masum, 2017). Pertumbuhan industri tekstil dan aneka pewarnaan yang semakin pesat menyebabkan peningkatan produk limbah cair (Behera, 2021). Selama ini limbah cair telah menjadi masalah serius bagi lingkungan (Titchou dkk., 2021). Limbah cair industri dapat mengandung berbagai pewarna organik (Adyani & Soleimani, 2019) dan logam berat dapat mencemari saluran air di sekitar lokasi industri (Gafur & Abbas, 2022). Salah satu pewarna organik yang terdapat pada limbah cair adalah *Methylene Blue* (MB). Air yang terkontaminasi pewarna MB dapat menimbulkan berbagai masalah serius bagi kesehatan manusia dan lingkungan, bahkan pada konsentrasi yang rendah (Gafur & Abbas, 2022). Oleh karena itu, diperlukan adanya metode penyaringan limbah cair untuk mengurangi dampak limbah pewarna terhadap lingkungan.

Beberapa metode penyaringan limbah yang berhasil diterapkan adalah filtrasi, koagulasi, adsorpsi, dan fotokatalisis (Pouramini dkk., 2023). Antara lain, adsorpsi dan fotokatalisis merupakan metode umum untuk membersihkan limbah pewarna. Berbeda dengan adsorpsi yang terjadi karena interaksi permukaan antara adsorben dan adsorben yang menyebabkan terbentuknya polutan baru, fotokatalisis merupakan teknologi perlakuan oksidasi tingkat lanjut, yaitu suatu proses kimia untuk menguraikan bahan melalui proses redoks. Proses ini dapat memutus rantai kimia pewarna menjadi molekul sederhana sehingga tidak menimbulkan kontaminan baru dan ramah lingkungan (Tumbelaka dkk., 2022). Fotokatalis memerlukan energi eksternal berupa cahaya untuk membantu menghasilkan radikal hidroksil. Radikal hidroksil yang dihasilkan dapat mengubah pewarna organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya (Sari dkk., 2023a).

Fotokatalisis mempunyai kelebihan yaitu ekonomis, mudah digunakan, sangat efisien, fleksibel dan ramah lingkungan.

Proses fotokatalitik dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain konsentrasi kontaminan, massa katalis, pH, dan luas permukaan (Zhang dkk., 2018). Keadaan pH terbaik untuk setiap bahan baku dan setiap jenis limbah berbeda-beda (Zhang dkk., 2018). Selain itu, menurut efek ukuran kuantum, semakin kecil ukuran suatu material, maka luas permukaannya akan semakin besar. Hal ini memberikan material nano luas permukaan lebih besar dibandingkan material curah. Luas permukaan yang lebih besar memiliki lebih banyak situs aktif, sehingga material dapat bekerja lebih efisien. Oleh karena itu, bahan nano dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan kapasitas atau kinerja fotokatalitik.

Nanomaterial yang umum digunakan sebagai fotokatalis adalah semikonduktor seperti  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  (Shawky dkk., 2022). *Carbon Dots (CDots)* merupakan salah satu nanomaterial yang masih menarik minat para peneliti (Shi dkk., 2022). *CDots* termasuk dalam karbon 0D dengan ukuran 1–10 nm, memiliki struktur kompleks yang dapat digambarkan sebagai inti karbon dengan banyak gugus fungsi di permukaan dan bersifat amorf (Das dkk., 2019). *CDots* dapat disintesis dengan metode hidrotermal, oksidasi kimia, ablasi laser, dan iradiasi gelombang mikro (Sakdaronnarong dkk., 2020). Selain itu, *CDots* dapat disintesis dari berbagai prekursor seperti asam organik (Sari dkk., 2023b), ekstrak buah, dan kulit semangka. *CDots* yang disintesis menggunakan prekursor biomassa dengan metode pemanasan sederhana dapat mereduksi 40% MB setelah 12 jam proses fotokatalitik (Haryadi dkk., 2018). Penggunaan kulit semangka pada pembuatan *CDots* memiliki banyak keunggulan diantaranya kulit semangka mengandung pektin, selulosa, hemiselulosa, lignin, silika, likopen, sitrulin, dan protein. Kandungan yang terbanyak dalam kulit semangka adalah sitrulin (Yongga, 2019). *CDots* dapat larut dalam air dengan dispersi tinggi, tidak beracun, memiliki biokompatibilitas yang baik dan memiliki efek yang canggih, sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi logam berat (Jiao dkk., 2019). *CDots* yang disintesis menggunakan prekursor biomassa dengan metode pemanasan sederhana dapat mereduksi MB sebesar 40% setelah 12 jam fotokatalisis (Haryadi dkk., 2018).

Namun *CDots* memiliki kelemahan yaitu sulit dipisahkan dari fasa cairnya atau larutannya terurai karena ukurannya yang sangat kecil sehingga tidak dapat digunakan kembali (Sari dkk., 2023). Selain itu, pemisahan memerlukan prosedur yang rumit dan mahal sehingga tidak efektif dan tidak dapat diterapkan dalam skala besar seperti di industri. Oleh karena itu, perlu dilakukan kombinasi dengan material lain agar mudah dipisahkan dari zat cair dan dapat meningkatkan kualitas *CDots* sebagai fotokatalis.

Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan membuat komposit *CDots* menggunakan bahan magnetik, yaitu magnetit (Ghereghlou dkk., 2022). 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 dkk., 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. Karakteristik ini membuat nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  dapat digunakan kembali, efisien, dan efektif dalam fotokatalisis.

Kombinasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan *CDots* dapat dilakukan dengan stirring atau sonikasi, dan melalui metode hidrotermal (Fouad dkk., 2020) berhasil memproduksi  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  dengan mencampurkan bubuk  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan *CDots* yang mengandung n-propanol menggunakan gelombang ultrasonik untuk merangsang atau mempercepat reaksi kimia. Pembentukan  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  secara spontan menargetkan interaksi antara dua gugus fungsi. Selain itu,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  yang disintesis dengan metode hidrotermal dengan prekursor bubuk  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  komersial, asam asetat dan glukosa sangat efektif dalam menguraikan polutan MB hingga 83% pada proses fotokatalitik 30 menit dan dapat digunakan kembali (Sari dkk., 2023). Sintesis dan produksi yang dilakukan pada berbagai penelitian di atas menggunakan metode konvensional, dan dapat menghasilkan produk samping yang berbahaya

(Roy dkk., 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 (Bahrulolum dkk., 2021) dan mengurangi penggunaan bahan kimia. 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.

*Moringa oleifera* (MO) merupakan salah satu prekursor yang banyak digunakan dalam *green synthesis* logam oksida,  $Fe_3O_4$  dan memiliki tingkat keberhasilan sintesis tinggi (Tumbelaka dkk., 2022). MO mengandung fenolik dan flavonoid yang dapat mereduksi ion besi untuk membentuk nanopartikel besi dan besi oksida. MO juga dapat membersihkan permukaan dan mengendapkan zat organik ataupun mineral karena sifat koagulan dari protein kationiknya.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan kajian struktur kristal, gugus fungsi, dan sifat optik dari nanokomposit  $Fe_3O_4/CDots$  menggunakan ekstrak MO dan kulit semangka. Nanokomposit diujikan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi limbah pewarna organik. *Green synthesis*  $Fe_3O_4/CDots$  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 mensintesis *CDots* dari kulit semangka?

2. Bagaimana mensintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  melalui metode *green synthesis* menggunakan MO?
3. Bagaimana struktur kristal, gugus fungsi, dan sifat optik dari nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$ ?
4. Bagaimana pengaruh konsentrasi nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  terhadap aktivitas fotokatalitik?

### 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 synthesis*.
2. Pengaruh penambahan massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  terhadap struktur kristal, gugus fungsi, dan sifat optik pada nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$ .
3. Pengujian pemurnian limbah hanya dilakukan dalam skala Laboratorium dengan pengujian karakterisasi tidak divariasikan serta uji fotokatalitik menggunakan polutan pewarna organik MB.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Memperoleh nanopartikel *CDots* yang disintesis dari kulit semangka.
2. Memperoleh komposit nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  melalui metode *green synthesis* menggunakan MO.
3. Menganalisis struktur kristal, gugus fungsi, dan sifat optik dari nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$ .
4. Menganalisis pengaruh konsentrasi nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  terhadap aktivitas fotokatalitik.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai struktur kristal, gugus fungsi, dan sifat optik dari nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  berbasis *green synthesis*. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menyajikan informasi tentang aktivitas fotokatalitik dari nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  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 Penelitian**

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri atas lima 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 nanopartikel magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), *Carbon dots (CDots)*, *green synthesis*, *Moringa oleifera* (MO), metode kopresipitasi, metode karbonisasi, pewarna *Methylene Blue* (MB), aktivitas fotokatalitik, dan metode karakterisasi material.

### **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  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CDots}$  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 saran untuk pengembangan penelitian yang lebih baik di masa mendatang.