

# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Material spinel ferrit merupakan kelompok senyawa oksida logam yang dalam beberapa tahun terakhir telah mendapat perhatian lebih dan sangat diminati untuk diteliti akibat keunikan sifat yang dimilikinya. Spinel ferrit dilambangkan dengan rumus umum ( $MFe_2O_4$ ) dengan M merupakan kation logam bivalen dari golongan logam transisi dan alkali tanah yang tersusun dalam kisi kubus berpusat muka<sup>1,2</sup>. Susunan kation logam, orientasi struktur dan morfologi didalam kisi kristal dapat mempengaruhi sifat fisika, kimia, optik, listrik dan magnetiknya. Selain itu, sifat fisika dan kimianya juga dipengaruhi oleh komposisi, ukuran partikel, jumlah dan posisi kation logam, serta interaksi partikel dengan matriks disekitarnya, sehingga menjadikannya sebagai material potensial yang dapat digunakan luas dalam berbagai bidang<sup>2,3</sup>. Hingga saat ini, pengembangan material spinel ferrit terus dilakukan dan telah dimanfaatkan sebagai katalis, perangkat elektronik, penyimpanan data, biosensor, penghantar obat, sensor gas, fotokatalis, antibakteri, dan lain-lain<sup>3,4</sup>. Diantara jenis material spinel ferrit,  $CuFe_2O_4$  menjadi material yang diminati karena memiliki kelebihan, yaitu bersifat magnetik, memiliki komposisi kimia stabil, mampu menyerap energi pada daerah sinar tampak, dan dapat digunakan kembali, sehingga sangat berpotensi digunakan sebagai material fotokatalis dalam mendegradasi polutan organik dalam media cair. Meskipun demikian,  $CuFe_2O_4$  merupakan material penyerap polutan yang tidak baik dan menampilkan aktivitas fotokatalitik yang lemah. Kemampuan penyerapan dan aktivitas fotokatalitik yang lemah berkaitan dengan sulitnya pembentukan pori, serta lemahnya pembentukan pasangan elektron dan *hole* (lubang) pada permukaan material, sehingga perlu dimodifikasi dengan material lain yang memiliki daya penyerapan dan aktivitas baik, agar diperoleh material baru dengan sifat kombinasi material pembentuknya<sup>5</sup>.

Karbon aktif merupakan persenyawaan karbon yang kapasitas penyerapannya telah ditingkatkan melalui aktivasi menggunakan suatu aktivator. Pemilihan karbon aktif sebagai pendukung katalis  $CuFe_2O_4$  disebabkan oleh kapasitas penyerapannya besar, struktur porinya dapat mengembang, area permukaannya luas, laju penyerapannya cepat, dan memiliki sifat mekanik yang baik, sehingga sangat cocok digunakan sebagai material penyerap polutan organik dalam perairan<sup>6</sup>. Dalam beberapa tahun terakhir, kayu telah menjadi bahan utama yang sangat diminati dalam pembuatan material karbon aktif. Namun, mahalnya biaya untuk mendapatkan bahan

utama menyebabkan produksi material karbon aktif sering terhambat. Oleh karena itu, ketertarikan penggunaan bahan utama yang lebih murah, dan ramah terhadap lingkungan menjadi berkembang dan lebih diminati dalam pembuatan material karbon aktif, seperti bahan-bahan yang berasal dari limbah produksi pertanian<sup>7</sup>. Limbah tandan kosong kelapa sawit merupakan bahan yang ideal dalam pembuatan material karbon aktif karena mengandung sejumlah selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang melimpah<sup>8,9</sup>. Tandan kosong kelapa sawit merupakan salah satu limbah pertanian yang kurang dimanfaatkan, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan dasar pembuatan material karbon aktif yang dapat menyerap dan mendukung katalis  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dalam mendegradasi limbah organik didalam perairan<sup>10,11</sup>. Namun, material karbon aktif diketahui hanya mampu menyerap polutan organik, serta sulit dipisahkan dengan campuran limbah sehingga juga berpotensi menghasilkan limbah baru.

Untuk mengatasi kelemahan material  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dan karbon aktif, dapat dilakukan dengan cara menggabungkan kedua jenis material tersebut untuk menghasilkan material komposit bersifat magnetik yang dapat menyerap dan mendegradasi polutan organik secara bersamaan hingga dapat dipisahkan menggunakan medan magnet dari luar. Komposit  $\text{MFe}_2\text{O}_4$ /Karbon aktif telah berhasil disintesis dengan beberapa metode, seperti *ball* milling, refluks, impregnasi, kopresipitasi, hidrotermal, dan lain-lain, serta telah dikembangkan dalam menghilangkan polutan organik dalam media cair. Shao *et al* (2012), telah berhasil mensintesis komposit  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ /Karbon aktif dengan metode kopresipitasi untuk menghilangkan limbah tetrasiklin<sup>12</sup>. Jiang *et al* (2015) dan Fröhlich *et al* (2019), juga telah berhasil mensintesis komposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ /Karbon aktif dengan metode hidrotermal untuk menghilangkan *metil orange*, *ibuprofen*, dan *ketoprofen* didalam media cair<sup>13,14</sup>. Selain itu, Foroutan *et al* (2019), juga telah berhasil mengembangkan komposit  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ /Karbon aktif menggunakan karbon yang berasal dari biji kurma untuk menghilangkan zat warna (anionik, kationik, dan non ionik)<sup>10,11</sup>. Namun, beberapa metode tersebut memiliki kelemahan seperti pengerjaan yang rumit, biaya pengolahan dan operasional mahal, peralatannya khusus, menggunakan bahan kimia berbahaya, hingga menghasilkan sejumlah limbah beracun yang dapat mencemari lingkungan.

Kombinasi metode hidrotermal dengan pendekatan secara *green synthesis* menjadi metode yang diminati, karena menggunakan bahan baku terbarukan, pengerjaannya sederhana, biayanya murah, kristalinitas produk yang dihasilkan tinggi, tidak menggunakan bahan kimia beracun, memanfaatkan bahan alam, dan menggunakan suhu rendah sehingga aman dan ramah terhadap lingkungan<sup>15,16</sup>.

Pendekatan *green synthesis* melalui pemanfaatan tumbuh-tumbuhan sebagai sumber karbon dan agen *capping* yang alami telah berkembang dan menjadi teknik yang diminati dalam sintesis material berukuran nano. Hal ini berkaitan dengan ketersediaannya yang melimpah di alam, sifatnya yang tidak beracun, dan mampu mengontrol kristalinitas material, hingga mampu meningkatkan aktivitasnya dengan cara mencegah pembentukan aglomerasi pada material yang disintesis<sup>17,18</sup>. Beberapa ekstrak tumbuh-tumbuhan yang diketahui telah dimanfaatkan dalam sintesis nanomaterial antara lain, daun sirih<sup>17</sup>, okra<sup>19</sup>, buah lemon<sup>20</sup>, daun gambir<sup>18</sup>, kulit rambutan<sup>21</sup>, bawang putih dan biji tulusi<sup>22</sup>, bunga kembang sepatu<sup>23</sup>, dan lain-lain. Ekstrak daun sirih hijau dapat digunakan sebagai media sintesis material, karena pengerjaannya mudah, sederhana, biayanya murah, dan bahannya tersedia bebas di alam<sup>4</sup>. Selain itu, adanya kandungan sejumlah pati, gula, minyak esensial, dan beberapa senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak daun sirih hijau diketahui dapat berperan sebagai agen *capping*, penstabil, dan pereduksi dalam sintesis nanomaterial<sup>24,25</sup>.

Hingga saat ini, belum ada laporan mengenai sintesis material komposit CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Karbon aktif dengan metode hidrotermal melalui pendekatan *green synthesis*. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Karbon aktif secara hidrotermal dengan menggunakan karbon yang berasal dari limbah tandan kosong kelapa sawit dan ekstrak daun sirih hijau sebagai *capping agent*, serta uji aktivitasnya terhadap degradasi zat warna rodamin B. Selanjutnya, komposit CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Karbon aktif dikarakterisasi menggunakan XRD, FT-IR, DRS UV-Vis, SEM-EDX, VSM, dan Spektrofotometer UV-Vis yang bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai struktur dan komposisi kristal, gugus fungsi, energi celah pita, morfologi permukaan serta kandungannya, sifat magnet dari komposit, dan hasil uji aktivitas fotokatalitik terhadap degradasi zat warna rodamin B.

## 1.2 Perumusan Masalah

1. Apakah ekstrak daun sirih hijau dan limbah tandan kosong kelapa sawit dapat digunakan sebagai *capping agent* dan sumber karbon dalam sintesis nanopartikel CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> serta material karbon aktif?
2. Apakah komposit CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Karbon aktif dapat disintesis secara hidrotermal menggunakan CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan karbon aktif yang telah disintesis sebelumnya?
3. Bagaimana ukuran kristal, interaksi ikatan, sifat optik, sifat magnet, dan morfologi komposit CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Karbon aktif yang dihasilkan?

4. Bagaimana aktivitas komposit  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ /Karbon aktif terhadap degradasi zat warna rodamin B dengan bantuan sinar matahari?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis nanopartikel  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dan material karbon aktif menggunakan ekstrak daun sirih hijau sebagai *capping agent* dan karbon yang berasal dari limbah tandan kosong kelapa sawit.
2. Mensintesis komposit  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ /Karbon aktif secara hidrotermal menggunakan  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  dan karbon aktif yang telah disintesis sebelumnya.
3. Mengetahui ukuran kristal, interaksi ikatan, sifat optik, sifat magnet, dan morfologi komposit  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ /Karbon aktif yang dihasilkan.
4. Menguji aktivitas komposit  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ /Karbon aktif terhadap degradasi zat warna rodamin B dengan bantuan sinar matahari

### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi dalam pembuatan komposit  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ /Karbon aktif dengan menggunakan karbon dari tandan kelapa sawit yang jumlahnya berlimpah dan belum optimal pemanfaatannya.
2. Berpotensi sebagai acuan informasi dan bentuk pengembangan teknologi *green chemistry* dalam mengolah limbah beracun dalam perairan yang sederhana dan ramah terhadap lingkungan.

