

# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kemajuan industri di Indonesia membawa beberapa manfaat dan membawa berbagai permasalahan terkait pencemaran lingkungan khususnya di perairan. Pencemaran air yang disebabkan oleh limbah industri menjadi perhatian serius dalam beberapa tahun terakhir. Zat organik, logam berat, dan senyawa antibiotik menjadi polutan utama dalam limbah cair, yang tidak hanya berbahaya bagi kesehatan manusia tetapi juga merugikan kehidupan organisme di ekosistem perairan<sup>1</sup>.

Senyawa antibiotik dapat menyebabkan kerusakan lingkungan karena resisten terhadap bakteri, toksisitas, dan memiliki sifat *non-degradability*. Antibiotik dapat berasal dari pembuangan limbah medis, limbah perkotaan, dan limbah manusia. Obat golongan fluoroquinolon paling banyak digunakan dalam bidang medis untuk pengobatan infeksi bakteri. Salah satunya yaitu antibiotik ciprofloxacin yang memiliki kandungan atom fluor (F) didalam strukturnya yang menyebabkan resistensi terhadap lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan langkah inovatif untuk menanggulangi permasalahan tersebut. Langkah yang telah dilakukan sebelumnya seperti filtrasi, elektrokoagulasi, adsorpsi dan lain-lain. Namun, langkah tersebut belum mampu menghilangkan polutan antibiotik<sup>2,3</sup>.

Proses fotokatalisis dilakukan untuk mengurangi polutan perairan dikarenakan lebih efisien, efektif, dan waktu reaksi yang relatif singkat. Dalam proses fotokatalisis terdapat hambatan yaitu pemisahan katalis dari media peraksi nya, maka diperlukan langkah strategis untuk menghindari adanya polusi sekunder di lingkungan. Dengan adanya bahan katalis yang memiliki sifat magnetik, sehingga larutan dapat terpisah dari katalis dikarenakan adanya medan magnet dalam suatu katalis magnetik<sup>3</sup>.

Ferit adalah bahan semikonduktor bersifat magnet dengan rumus  $MFe_2O_4$ , dimana M adalah kation logam *divalent*. Kinerja magnet ferit dapat ditingkatkan dengan mensubstitusi ion logam *divalent* (misalnya,  $Zn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ , dan  $Co^{2+}$ )<sup>4,5</sup>. *Zinc ferrit* ( $ZnFe_2O_4$ ) merupakan salah satu senyawa ferit yang memiliki struktur spinel normal, dimana kation  $Zn^{2+}$  menempati situs tetrahedral<sup>4</sup>.  $ZnFe_2O_4$  memiliki peran penting karena sifat dan aplikasi yang unggul seperti konduktivitas termal tinggi, stabilitas kimia yang baik, memiliki sifat optik dan resistif magnet, serta biaya sintesis murah<sup>6</sup>.  $ZnFe_2O_4$  adalah bahan semikonduktor yang stabil secara kimia dan termal yang cocok untuk berbagai aplikasi termasuk bahan magnetik, katalis, fotokatalis, *magnetic resonance imaging* (MRI), pengiriman obat dan *pigmen*<sup>4-7</sup>.

Sifat-sifat dari zink ferit dapat ditingkatkan dengan melakukan modifikasi pada strukturnya dari segi bentuk, ukuran, jumlah dan jenis ion yang disubstitusikan sehingga dapat diaplikasikan pada bidang yang lebih luas lagi<sup>8</sup>. Baru-baru ini, ferit berbasis Mg dan Zn telah menarik banyak perhatian karena resistivitas listriknya yang tinggi dengan sifat magnetik yang baik untuk transformator, ferrofluida, *chemical sensor*, dan inti magnetik. Dalam studi tersebut dipelajari aplikasi potensial ferit Zn yang didoping Mg dalam induktor chip multilayer, *microwave*, dan hipertermia<sup>9</sup>.

Metode sintesis nanopartikel ferit berpengaruh penting terhadap komposisi, struktur, dan morfologi secara implisit, dan sifat-sifat nanopartikel spinel ferit. Beberapa metode sintesis nanoferit yang telah digunakan, seperti kopresipitasi<sup>10</sup>, metode hidrotermal<sup>11</sup>, metode sol-gel *autocombustion*<sup>12</sup>, dan metode solvothermal<sup>13</sup>. Studi ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> didoping dengan Mg telah dilakukan sebelumnya dengan metode *microwave combustion* dan dihasilkan material yang bersifat feromagnetik<sup>4</sup>. ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> didoping dengan Mg menggunakan metode kopresipitasi menunjukkan bahwa ferit memiliki sifat superparamagnetik dan berpotensi dalam aplikasi biomedis seperti pengobatan kanker dan hipertermia<sup>10</sup>.

Metode sol-gel digunakan dalam sintesis berbagai material karena memiliki keuntungan seperti morfologi teratur, temperatur kalsinasi yang rendah, ukuran nanopartikel dan luas permukaan yang besar<sup>14</sup>. Namun beberapa metode tersebut memiliki keterbatasan seperti penggunaan senyawa kimia sebagai prekursor dan prosedur yang rumit. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan *green synthesis* untuk memperoleh nanopartikel ferit karena dapat meminimalkan pembentukan limbah kimia<sup>11</sup>.

*Green synthesis* memiliki keunggulan dalam sintesis nanopartikel karena menggunakan bahan yang ramah lingkungan, hemat biaya, bebas dari produk samping yang tidak diinginkan dan menyediakan agen pengkelat alami. Ekstrak tumbuhan biasanya digunakan sebagai media karena mengandung senyawa metabolit sekunder dan metabolit primer yang dapat bertindak sebagai zat penahan dan penstabil nanopartikel yang terbentuk serta mencegah aglomerasi partikel<sup>15</sup>. Ekstrak bahan alam yang telah digunakan dalam sintesis nanopartikel pada penelitian sebelumnya antara lain yaitu ekstrak daun kenitu (*Chrysophyllum cainito L.*) dalam sintesis ZnO<sup>15</sup>, ekstrak jeruk lemon (*citrus limon*) dalam sintesis nanopartikel ceria terdoping Gadolinia 10% dan Neodimia 10%<sup>16</sup>, ekstrak pati sagu dalam sintesis *cobalt ferrite*<sup>12</sup> dan ekstrak pati sagu dalam sintesis CoPt-B<sup>17</sup>.

Sagu adalah tepung yang diperoleh dari batang pohon sagu atau rumbia (*Metroxylon Sago Rottb*). Pohon sagu pada umumnya banyak dijumpai di kawasan Asia Tenggara dan Asia Pasifik serta ditanam secara luas di berbagai negara seperti Malaysia, Indonesia, Papua Nugini, dan daerah tropis Amerika<sup>18</sup>. Nutrisi utamanya adalah karbohidrat yang lebih tinggi dari pada tepung beras dan gandum. Pati sagu telah dimanfaatkan dalam berbagai bidang penelitian, termasuk pengembangan pengemasan cerdas, produksi prebiotik, pembuatan film komposit, aplikasi dalam bidang farmasi dan medis, pembentukan elektrolit, penggunaan sebagai pengisi dalam busa keramik, dan pembentukan nanopartikel<sup>7,12,17</sup>. Ekstrak pati sagu termasuk biopolimer utama yang kaya akan zat enkapsulasi dan telah digunakan sebagai zat pengkelat dalam sintesis spinel ferit  $MFe_2O_4$  ( $M = Mn, Zn, \text{ dan } Ni$ ) menggunakan metode sol-gel *autocombution* yang menghasilkan sifat feromagnetik<sup>7</sup>. Kanagesan, dkk. (2016) menggunakan metode sintesis sol-gel *autocombution* dalam sintesis  $ZnFe_2O_4$  menunjukkan seng ferit bersifat feromagnetik<sup>19</sup>.

Pada penelitian ini, dilakukan sintesis nanopartikel  $ZnFe_2O_4$  yang didoping dengan Mg menghasilkan material  $Mg_xZn_{1-x}Fe_2O_4$  dengan metode sol-gel *autocombustion* dengan ekstrak sagu sebagai *chelating agent*. Pendopingan dengan ion Mg dilakukan untuk meningkatkan sifat magnetik dari  $ZnFe_2O_4$ . Material  $Mg_xZn_{1-x}Fe_2O_4$  yang dihasilkan akan diuji kemampuannya dalam proses degradasi secara fotokatalisis. Uji degradasi fotokatalisis menggunakan sinar tampak untuk sampel antibiotik ciprofloxacin (CIP). Material yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan peralatan seperti *X-ray diffraction* (XRD), *Fourier Transformed Infra-Red* (FTIR), *Thermogravimetric Analysis* (TGA), *Scanning Electron Microscopy dan Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), dan *Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS UV-Vis). Karakterisasi yang dilakukan untuk menganalisis struktur dan ukuran kristal, vibrasi ikatan, pengaruh suhu terhadap perubahan massa, morfologi permukaan material beserta komposisi unsurnya, sifat magnetik, dan sifat optik dari spinel ferit.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan bahwa:

1. Apakah  $Mg_xZn_{1-x}Fe_2O_4$  dapat disintesis menggunakan ekstrak sagu sebagai zat pengkelat menggunakan metode sintesis sol-gel *autocombustion*?
2. Bagaimana karakter dari material magnetik  $Mg_xZn_{1-x}Fe_2O_4$  yang dihasilkan?

3. Apakah material  $Mg_xZn_{1-x}Fe_2O_4$  yang dihasilkan mampu mendegradasi senyawa antibiotik ciprofloxacin?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mensintesis material  $Mg_xZn_{1-x}Fe_2O_4$  melalui metode sol-gel *autocombution* menggunakan ekstrak sagu sebagai zat pengkelat.
2. Mengkarakterisasi material magnetik  $Mg_xZn_{1-x}Fe_2O_4$  yang dihasilkan menggunakan XRD, FTIR, TGA, SEM-EDS, VSM, dan DRS UV-Vis.
3. Menguji kemampuan  $Mg_xZn_{1-x}Fe_2O_4$  dalam mendegradasi senyawa antibiotik ciprofloxacin.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai material  $Mg_xZn_{1-x}Fe_2O_4$  dapat disintesis dengan memanfaatkan bahan yang ramah lingkungan yaitu pati sagu sebagai zat pengkelat alami.
2. Pemanfaatan material  $Mg_xZn_{1-x}Fe_2O_4$  yang dapat diaplikasikan sebagai fotokatalis.

