

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu pengetahuan yang semakin meningkat memberikan dampak dapat mempermudah keberlangsungan hidup manusia. Meningkatnya ilmu pengetahuan menyebabkan kebutuhan akan teknologi yang praktis dan mudah juga semakin tinggi¹. Dalam beberapa tahun terakhir, nanoteknologi telah bermetamorfosis menjadi global teknologi, memainkan peran penting tidak hanya dalam ilmu material, tetapi juga di beberapa bidang seperti teknologi telekomunikasi dan informasi, mikroelektronika, elektronika dan lain-lain².

Nanomaterial spinel ferit merupakan kelompok senyawa oksida logam berukuran nanometer yang dalam beberapa tahun terakhir telah mendapat perhatian lebih dan sangat diminati untuk diteliti karena keunikan sifat yang dimilikinya³. Spinel ferit menunjukkan sifat magnet struktural, spektral, dielektrik, dan morfologi bahan yang luar biasa⁴. Spinel ferit dilambangkan dengan rumus umum (MFe_2O_4) dengan M merupakan kation logam bivalen dari golongan logam transisi atau alkali tanah yang tersusun dalam kisi kubus berpusat muka. 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 nanomaterial yang potensial dan dapat digunakan luas dalam berbagai bidang⁵.

Berdasarkan sifat-sifat yang dimiliki spinel ferit, sifat magnet merupakan salah satu sifat yang penting dan menarik untuk diteliti, karena sifat magnet ini menjadikan nanomaterial spinel ferit dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti *magnetic resonance imaging* (MRI), *storage data*⁶, degradasi fotokatalitik⁷, *drug delivery*⁸, antibakteri⁹, perangkat elektronik, sensor gas dan lain-lain¹⁰.

Diantara nanomaterial spinel ferit seng ferit ($ZnFe_2O_4$) menarik perhatian dan banyak digunakan pada berbagai bidang seperti adsorben¹¹, *humidity sensing*¹², antibakteri, dan *drug delivery*¹³. Akan tetapi dalam penggunaannya untuk berbagai aplikasi ini $ZnFe_2O_4$ masih memiliki berbagai kekurangan, seperti sifat magnetnya yang relatif rendah. Untuk mengatasi kekurangan dan meningkatkan sifat-sifat dari $ZnFe_2O_4$ dapat dilakukan dengan modifikasi pada strukturnya baik itu dari segi bentuk, ukuran

maupun jumlah dan jenis ion yang disubstitusikan sehingga nanomaterial ZnFe_2O_4 dapat diaplikasikan pada bidang yang lebih luas lagi^{14,15}. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengubah jumlah ion yang disubstitusikan pada ZnFe_2O_4 adalah dengan melakukan doping pada struktur spinel ferit menggunakan berbagai ion logam divalen¹⁶. Tetiana dkk (2022) telah berhasil melakukan sintesis $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ dengan bantuan ekstrak buah kwinsi yang berhasil digunakan sebagai adsorben zat warna *congo red* dan memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi pada reaksi dekomposisi H_2O_2 ¹⁷.

Doping terhadap struktur ZnFe_2O_4 dapat mengubah struktur dan sifat magnetik dari nanomaterial ini. Contoh pendopongan nanomaterial ZnFe_2O_4 adalah menggunakan Cu yang menghasilkan nanomaterial $\text{Cu-ZnFe}_2\text{O}_4$ bersifat ferimagnetik dan memiliki energi aktivasi yang tinggi^{18,19}. Nair dkk (2017) telah berhasil melakukan doping Co^{2+} terhadap nanomaterial ZnFe_2O_4 yang digunakan sebagai katalis heterogen²⁰. Pendopongan ZnFe_2O_4 dengan Co^{2+} dapat meningkatkan sifat magnet dari nanomaterial yang dihasilkan. Selain itu, besi dan kobal adalah elemen penting yang dibutuhkan tubuh manusia sehingga menjanjikan untuk digunakan dalam hipertermia magnetik dan pengobatan nano²¹. Simab Gul dkk (2020) juga telah dilakukan pendopongan ZnFe_2O_4 dengan Al yang menyebabkan ukuran kristal ZnFe_2O_4 menurun seiring dengan meningkatnya kandungan Al didalam ZnFe_2O_4 yang disintesis dan telah berhasil digunakan untuk mendegradasi zat warna metilen biru²².

Aplikasi spinel ferit yang banyak digunakan adalah sebagai fotokatalitik, dimana spinel ferit merupakan katalis yang efektif untuk mendegradasi polutan dari limbah industri karena memiliki sifat semikonduktor dengan nilai celah pita yang relatif sempit serta memiliki bentuk bola dengan luas permukaan yang lebih tinggi sehingga memiliki kemampuan dalam adsorpsi zat warna dan meningkatkan efisiensi katalitiknya²³. Kontaminan organik, anorganik dan mikroba yang terdapat dalam limbah menimbulkan ancaman bagi manusia dan lingkungan. Sebagian besar permasalahan ini berasal dari dunia perindustrian seperti tekstil, kosmetik, makanan, cat dan lain-lain. Limbah cair yang berasal dari industri ini dapat mengganggu penetrasi radiasi matahari dalam sistem perairan sehingga mengakibatkan gangguan pada proses biologis. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka pemanfaatan proses fotokatalitik menggunakan semikonduktor sebagai katalis untuk mendegradasi zat warna merupakan hal yang menjanjikan²⁴. Selain itu, nanomaterial spinel ferit memiliki sifat magnet sehingga dapat

ditarik kembali dari dalam air setelah digunakan untuk dipakai pada proses selanjutnya²⁵. Selanjutnya, spinel ferit juga telah digunakan untuk sistem penghantar obat (*drug delivery*). Pengembangan sistem penghantaran obat ini penting untuk dilakukan karena banyaknya obat-obatan yang gagal mencapai target kerja obat terutama pada penyakit berbahaya seperti kanker sehingga menimbulkan efek samping yang tidak diinginkan²⁶. Spinel ferit dapat digunakan dalam sistem penghantar obat karena memiliki ukuran nano sehingga dapat menembus ruang yang tidak dapat ditembus oleh partikel yang lebih besar. Selain itu, kelebihan penggunaan spinel ferit dalam sistem penghantar obat adalah memiliki sifat magnetik sehingga mudah dikontrol dari luar dan menghasilkan kinerja obat yang lebih selektif²⁷.

Ada berbagai metode yang dapat digunakan untuk mensintesis nanomaterial spinel ferit, dimana berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan proses sintesis nanomaterial spinel ferit ini sangat mempengaruhi sifat ferit yang dihasilkan²⁸. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mensintesis nanomaterial ferit diantaranya metode *solid state*,²⁹ sol-gel,³⁰ solvotermal,³¹ dan presipitasi³². Namun metode-metode ini juga memiliki beberapa kelemahan seperti biaya yang mahal, menggunakan bahan kimia yang beracun, membutuhkan sejumlah energi besar, dan menghasilkan limbah sehingga menyebabkan polusi lingkungan³³. Kombinasi metode sintesis yang digunakan dengan pendekatan secara *green synthesis* menjadi terobosan baru yang diminati karena pengerjaannya sederhana, biayanya murah, menggunakan suhu rendah, dan memanfaatkan bahan alam sehingga ramah terhadap lingkungan³⁴.

Dalam proses *green synthesis* dapat digunakan bahan alam seperti enzim, mikroorganisme dan ekstrak tumbuhan³⁵. Beberapa ekstrak tumbuhan yang telah digunakan dalam proses sintesis nanomaterial adalah *Simarouba glauca* yang digunakan dalam proses sintesis CuFe_2O_4 untuk mendegradasi timbal (II) dalam air³⁶. Selain itu ekstrak daun simbang darah (*Iresine herbstii*) yang digunakan dalam proses sintesis ZnFe_2O_4 dengan aplikasi sebagai antibakteri dan fotokatalitik³⁷. Selanjutnya ekstrak daun sirih hijau juga dapat digunakan dalam sintesis nanomaterial ferit karena mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, fenolik dan tanin yang dapat berperan sebagai *capping agent* dalam mengontrol pembentukan dan pertumbuhan ukuran nanomaterial³⁸.

Pada penelitian ini, dilakukan sintesis nanomaterial ZnFe_2O_4 yang didoping dengan ion Co^{2+} menggunakan metode hidrotermal dan kopresipitasi dengan bantuan ekstrak

daun sirih hijau (*Piper betle* L.). Perpaduan metode sintesis dengan pendekatan *green synthesis* memiliki keunggulan seperti bahan yang mudah didapatkan, biaya murah, serta ramah lingkungan³⁹. Penggunaan dua metode sintesis dilakukan bertujuan untuk melihat produk hasil sintesis yang paling cocok digunakan sebagai aplikasi fotokatalitik dan *drug delivery*. Produk sintesis akan dikarakterisasi untuk melihat sifat dan karakter nanomaterial yang dihasilkan. Adapun instrumen karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier transform infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) dan *Diffuse Reflectance Spectroscopy* UV-Vis (DRS UV-Vis).

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah nanomaterial $\text{Co}_x\text{Zn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ dapat disintesis dengan metode hidrotermal dan kopresipitasi dengan adanya penambahan ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle*, L.) sebagai *capping agent*?
2. Bagaimana perbandingan karakteristik dari nanomaterial $\text{Co}_x\text{Zn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ yang disintesis secara hidrotermal dan kopresipitasi dengan adanya penambahan ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle*, L.) sebagai *capping agent*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Sintesis nanomaterial $\text{Co}_x\text{Zn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ secara hidrotermal dan kopresipitasi dengan adanya penambahan ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle*, L.) sebagai *capping agent*
2. Membandingkan karakteristik nanomaterial $\text{Co}_x\text{Zn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ yang disintesis secara hidrotermal dan kopresipitasi dengan penambahan ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle*, L.) sebagai *capping agent*

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai sintesis nanomaterial $\text{Co}_x\text{Zn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ dengan metode hidrotermal dan kopresipitasi dengan penambahan ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle*, L.) sebagai *capping agent* serta mengetahui karakteristik dari nanomaterial tersebut.