

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumber daya mineral, salah satunya adalah pasir besi. Pasir besi banyak ditemukan di daerah pesisir pantai dan umumnya mengandung mineral magnetit (Fe_3O_4) dan hematit (Fe_2O_3) yang merupakan sumber utama besi. Selama ini, pasir besi lebih banyak dimanfaatkan secara tradisional, seperti untuk bahan baku industri semen atau besi baja, sehingga nilai tambahnya masih terbatas. Padahal, pasir besi berpotensi besar sebagai bahan dasar dalam pembuatan material fungsional bernilai tinggi, salah satunya nanopartikel ferit.

Nanopartikel ferit mempunyai formula umum $M\text{Fe}_2\text{O}_4$ dimana M adalah logam divalen contohnya Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, dan Mg dengan struktur kristal seperti kubik spinel. Sifat bahan ini mempunyai permeabilitas magnet dan hambatan jenis yang tinggi serta koersivitas rendah (Gestarila dan Puryanti, 2020). Salah satu material yang banyak dikembangkan adalah nanopartikel berbasis ferit, khususnya zinc ferit (ZnFe_2O_4). Material ini dikenal memiliki sifat magnetik dan semikonduktor yang baik, stabilitas kimia yang tinggi, serta ramah lingkungan, sehingga berpotensi diaplikasikan dalam berbagai bidang teknologi dan lingkungan.

Dalam bidang lingkungan, nanopartikel ZnFe_2O_4 banyak dimanfaatkan sebagai katalis dan fotokatalis untuk degradasi polutan organik dan zat warna berbahaya dalam limbah cair, serta sebagai adsorben logam berat yang mudah dipisahkan menggunakan medan magnet eksternal. Pada bidang sensor, ZnFe_2O_4 berpotensi digunakan sebagai material aktif sensor gas karena sensitivitasnya yang baik terhadap perubahan lingkungan dan kestabilannya pada suhu tinggi. Selain itu, dalam bidang elektronik dan magnetik, ZnFe_2O_4 dapat diaplikasikan sebagai material inti magnet frekuensi tinggi, perangkat penyimpanan data, serta komponen sensor magnetik. Di bidang biomedis, nanopartikel ZnFe_2O_4 juga menunjukkan potensi untuk aplikasi penghantaran obat berbasis magnetik, agen kontras

pencitraan medis, serta terapi hipertermia magnetik, dengan catatan dilakukan modifikasi permukaan untuk meningkatkan biokompatibilitas. Untuk menghasilkan ZnFe₂O₄ diperlukan sumber besi (Fe) dan seng (Zn). Pada penelitian ini, pasir besi digunakan sebagai sumber Fe, sedangkan ZnCl₂ digunakan sebagai sumber Zn.

Metode-metode yang digunakan untuk sintesis nanopartikel magnetik antara lain adalah reaksi padatan, metode kopresipitasi, dan metode sol-gel. Reaksi padatan melibatkan pencampuran dan pemanasan padatan pada suhu tinggi untuk menghasilkan produk padatan (Rohman dkk., 2016). Metode kopresipitasi mengandalkan pengendapan secara simultan beberapa substansi saat melewati titik jenuh (Nasution dan Fitri, 2018), sedangkan metode sol-gel digunakan untuk sintesis bahan anorganik melalui reaksi kimia pada suhu rendah (Damayanti, 2021). Metode sol-gel memiliki beberapa keuntungan dibanding metode lainnya karena menggunakan temperatur yang rendah, ekonomis, proses sintesis yang tidak terlalu lama dan dapat menghasilkan partikel dalam ukuran skala nano (Eddy dkk., 2015).

Penelitian sintesis nanopartikel zinc ferrite dengan metode kopresipitasi telah dilakukan oleh Gestarila dan Puryanti (2020) yang menghasilkan ukuran kristal dari 10,15 nm hingga 15,21 nm. Simbolon dkk. (2021) juga melakukan sintesis ZnFe₂O₄ menggunakan metode sol-gel dan mendapatkan ukuran kristal rata-rata sebesar 1 μm dengan kondisi optimum dari sifat kemagnetan yaitu magnetik saturasi 0,4 emu/g, magnetik remanensi 0,2 emu/g, dan koersifitas 230 Oe. Gharagozlou dkk. (2021) telah melakukan sintesis nanopartikel ZnFe₂O₄ menggunakan metode sol-gel dengan variasi suhu kalsinasi 400 °C hingga 900 °C. Hasil sintesis menunjukkan bahwa suhu kalsinasi 900 °C adalah kondisi yang optimum untuk menghasilkan serbuk ZnFe₂O₄ dengan magnetisasi saturasi bernilai \pm 7,5 emu/g namun partikel yang dihasilkan tidak seragam dan berukuran di atas 100 nm.

Nanopartikel ZnFe₂O₄ yang berukuran tidak seragam dapat dimodifikasi, misalnya dengan menambahkan zat yang berfungsi sebagai *capping agent*. Penggunaan *polyethylene glycol* (PEG) dan *polyvinyl alcohol* (PVA) dapat digunakan sebagai cetakan, mencegah aglomerasi, mengontrol pertumbuhan, serta

memberikan lapisan pelindung pada nanopartikel. Fajaroh dkk. (2019) menggunakan PEG 6000 sebagai *capping agent* dan menghasilkan morfologi yang seragam dengan ukuran kristal dari 11,48 nm hingga 13,13 nm. Sintesis Mn_{1-x}Zn_xFe₂O₄ dengan dilapisi 10 wt% PVA dan 10 wt% PEG yang dilakukan Kareem dkk. (2015) menghasilkan ukuran kristal dari 4,58 nm hingga 11,01 nm. Penambahan PEG dan PVA terbukti dapat mencegah aglomerasi dan meningkatkan keseragaman ukuran.

Capping agent seperti PEG dan PVA yang sering digunakan dalam sintesis nanopartikel termasuk dalam bahan anorganik. Namun, bahan anorganik ini cukup mahal dan sering kali beracun. Alternatifnya, sintesis nanomaterial dapat dilakukan dengan menggunakan *capping agent* berbasis organik. Metode ini sederhana, ramah lingkungan, dan ekonomis karena sumber *capping agent* organik yang digunakan menggunakan ekstrak tanaman (*green synthesis*). *Green synthesis* memanfaatkan ekstrak yang ada dalam berbagai jenis tanaman yang memiliki kandungan senyawa bioaktif (flavonoid, fenol, asam sitrat, asam askorbat, polifenol, terpen dan alkaloid). Senyawa bioaktif dalam tanaman berperan dalam proses reduksi, *capping agent* (Willian dkk., 2021).

Bahan organik yang potensial digunakan sebagai *capping agent* salah satunya ekstrak daun teh hijau. Ekstrak daun teh hijau merupakan tanaman yang memiliki antioksidan yang tinggi serta mengandung komponen penting diantaranya polifenol, kafein, polisakarida, dan florin. Teh hijau memiliki kadar polifenol, senyawa yang berfungsi sebagai *capping agent* yang mencegah nanopartikel mengalami aglomerasi (penggumpalan). Gugus hidroksil pada struktur polifenol dapat berinteraksi dengan permukaan nanopartikel, membentuk lapisan pelindung yang menjaga kestabilan ukuran dan distribusi nanopartikel (Mittal dkk., 2013).

Penelitian menggunakan bahan organik telah berhasil dilakukan oleh Repiani dkk. (2023) melalui sintesis ZnO menggunakan metode sol-gel yang memanfaatkan ekstrak daun kakao sebagai *capping agent*. Morfologi yang dihasilkan berbentuk bulat dengan ukuran partikel yang didapatkan 36 nm hingga 133 nm. Handani dkk. (2022) melakukan penelitian pada lapisan tipis seng oksida (ZnO) dengan ekstrak daun gambir sebagai *capping agent*. Morfologi permukaan

yang dihasilkan berbentuk padat, homogen dan merata dengan ukuran kristalit 27 nm. Penambahan *capping agent* pada penelitian ini membuktikan bahwa senyawa polifenol yang terdapat pada *capping agent* dapat mengikat partikel, menstabilkan inti, dan mencegah nanopartikel yang lebih besar bergabung, sehingga mengendalikan pertumbuhan nanopartikel.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada penelitian ini $ZnFe_2O_4$ akan disintesis menggunakan metode sol gel dengan menambahkan ekstrak daun teh hijau sebagai *capping agent*. Ekstrak daun teh hijau menggantikan *capping agent* anorganik seperti PEG dan PVA dengan senyawa organik dari tanaman, seperti polifenol, untuk meningkatkan stabilitas nanopartikel, mencegah penggumpalan, serta menghasilkan partikel dalam ukuran nano. Dengan demikian tanaman memiliki potensi sebagai bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis dalam proses sintesis nanopartikel.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan nanopartikel *zinc ferrite* ($ZnFe_2O_4$) menggunakan metode *green synthesis* dengan ekstrak daun teh hijau sebagai *capping agent*.
2. Karakterisasi struktur, morfologi, dan sifat magnet nanopartikel *zinc ferrite* ($ZnFe_2O_4$).
3. Mempelajari pengaruh suhu kalsinasi terhadap struktur, morfologi, dan sifat magnet nanopartikel *zinc ferrite* ($ZnFe_2O_4$).

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan material berbasis $ZnFe_2O_4$ yang berpotensi diterapkan pada bidang teknologi magnetik, katalis, pengolahan limbah, maupun aplikasi biomedis.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Green synthesis nanopartikel $ZnFe_2O_4$ dilakukan dengan metode sol gel menggunakan ekstrak daun teh hijau sebagai *capping agent*. Variasi suhu kalsinasi

yang akan digunakan 500°C , 700°C , 900°C . Karakterisasi struktur, morfologi, dan sifat magnet nanopartikel masing-masing menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

