

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan zaman dan pesatnya perkembangan teknologi, inovasi dalam pembuatan material fungsional khususnya material nanomagnetik, juga mengalami peningkatan yang signifikan. Salah satu jenis material magnetik yang terus menjadi fokus pengembangan adalah material berbasis ferit spinel, yang memiliki potensi aplikasi luas dalam berbagai bidang teknologi¹. Ferit spinel adalah oksida logam yang mengandung besi dan memiliki rumus struktur MFe_2O_4 (dimana M adalah ion logam divalen seperti Ni, Co, Cu, Mn, Mg, Zn, Fe) yang memiliki struktur kristal kubik spinel, bersifat semikonduktor tipe-p, dan menunjukkan perilaku magnetik². Nanopartikel ferit spinel memiliki sifat unggul seperti resistivitas listrik yang tinggi dan permeabilitas yang tinggi³. Karena memiliki sifat-sifat unik, material magnetik nanokristalin telah menarik perhatian di berbagai bidang ilmu seperti fisika, kimia, biologi, kedokteran, ilmu material, dan teknik. Nanopartikel sendiri memiliki ukuran partikel hingga 100 nanometer dan rasio luas permukaan terhadap volume yang sangat tinggi, sehingga menyebabkan perubahan atau peningkatan pada sifat reaktivitas, termal, mekanik, optik, listrik, maupun magnetiknya dibandingkan dengan material dalam bentuk *bulk* (massa besar)⁴.

Nanopartikel berbasis ferit spinel ideal untuk berbagai aplikasi teknologi modern. Keunggulan utamanya terletak pada kerugian arus *eddy* yang sangat kecil, sehingga hampir dapat diabaikan. Hasilnya, material ini mendukung perambatan gelombang elektromagnetik dengan sangat efisien dan andal, terutama pada frekuensi tinggi. Hal ini merupakan persyaratan penting dalam berbagai perangkat dan sistem berteknologi tinggi⁵. Nanopartikel ferit spinel memiliki stabilitas termal dan kimia yang sangat baik sehingga sifat struktural, magnetik, optik, listrik, dan dielektrik khusus dapat digunakan dalam berbagai teknologi seperti fotokatalisis, fotoluminesensi, biosensor, dan sensor kelembaban. Beberapa kegunaan lain dari material ini seperti katalisis, pendinginan magnetik, magnet permanen, dan pengiriman obat magnetik (terapi termal)⁴.

Salah satu material ferit spinel yang banyak dimanfaatkan adalah nikel ferit ($NiFe_2O_4$), karena sifatnya yang mendukung dan memiliki beragam manfaat dalam berbagai aplikasi. Secara struktur, $NiFe_2O_4$ memiliki bentuk spinel kubik terbalik, di mana ion Fe^{3+} menempati posisi tetrahedral (A) dan oktahedral (B), sedangkan ion Ni^{2+} hanya berada di posisi oktahedral (B). Dalam satu sel satuan kubik $NiFe_2O_4$ terdapat 8 ion Ni^{2+} , 16 ion Fe^{3+} , dan 32 ion O^{2-} . Partikel-partikel kecil dari nikel ferit memiliki struktur spinel, sedangkan ukuran yang lebih besar cenderung menunjukkan sifat spinel terbalik⁶. Nikel ferit ($NiFe_2O_4$) termasuk ferit spinel lunak yang punya permeabilitas tinggi namun konduktivitasnya rendah. Seiring meningkatnya riset, $NiFe_2O_4$ kini tidak hanya difokuskan pada fungsi penyerap gelombang mikro, tetapi juga dikaji terkait potensi magnetoelektriknya. Struktur spinel nikel ferit memungkinkan adanya

interaksi antara ion Ni^{2+} dan Fe^{3+} pada posisi oktahedral dan tetrahedral, yang dapat terganggu oleh keberadaan ion Fe^{2+} maupun cacat kisi sehingga memunculkan spin canting dan menghasilkan *magnetoelectric coupling*. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa melalui rekayasa struktur, kristalisasi yang baik, serta pengendalian ukuran partikel hingga skala nanometer, NiFe_2O_4 mampu menampilkan sifat multiferroik bahkan pada suhu ruang. Hal ini menjadikan NiFe_2O_4 berpotensi besar digunakan pada sensor medan magnet maupun memori berbasis medan listrik dan magnet. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk menelaah sifat listrik dan magnet NiFe_2O_4 guna mendukung pengembangannya sebagai material magnetoelektrik yang prospektif⁷.

Nanopartikel NiFe_2O_4 banyak dimanfaatkan dalam perangkat elektronik karena memiliki permeabilitas tinggi pada frekuensi tinggi, resistivitas listrik yang besar, serta stabilitas kimia dan mekanik yang baik. Sifat-sifat ferrit ini sangat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk partikel, yang bergantung pada metode sintesis yang digunakan⁸. Berbagai metode telah dikembangkan untuk mensintesis nikel ferit dalam bentuk nanokristalin, seperti metode hidrotermal, kopresipitasi, *solid state*, termolisis, teknik kopresipitasi basah, dan metode *self-propagating*⁹. Pada penelitian ini, digunakan metode kopresipitasi dengan bantuan NaOH sebagai basa hidroksida untuk membantu proses pengendapan. Metode kopresipitasi dipilih karena dapat dilakukan pada suhu rendah, bahkan dapat dilakukan pada suhu ruang. Prinsip dasarnya adalah pengendapan garam logam dengan basa hidroksida, lalu hasil endapan tersebut mengalami perubahan bentuk teroksidasi melalui proses pemanasan¹⁰.

Beberapa peneliti terus mengeksplorasi bagaimana perubahan parameter fisik dapat memengaruhi sifat intrinsik suatu material. Salah satu aspek penting yang telah banyak dikaji adalah pengaruh suhu kalsinasi terhadap karakteristik ferrit, di mana peningkatan suhu kalsinasi terbukti dapat meningkatkan kualitas material yang dihasilkan¹¹. Proses kalsinasi bertujuan untuk menghilangkan senyawa organik dalam sampel sekaligus mendorong terbentuknya fasa kristal yang diinginkan. Dalam pengembangan material berbasis nanostruktur, kalsinasi menjadi langkah penting untuk menjaga keutuhan partikel serta kestabilan struktur mikronya¹².

Dalam upaya mengembangkan material yang lebih berkelanjutan, pemanfaatan pasir besi sebagai sumber Fe hadir sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan (*green synthesis*) dibanding penggunaan prekursor kimia. Saat ini, berbagai penelitian dilakukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan pasir besi melalui beragam metode dan produk, hingga berhasil menghasilkan material dengan ukuran partikel pada skala nanometer untuk mendapatkan produk nanomaterial¹³. Berbagai penelitian telah melaporkan pemanfaatan pasir dalam dunia industri. Salah satu aplikasi pasir besi adalah sebagai bahan baku untuk menghasilkan nanopartikel Fe_3O_4 (magnetit). Fe_3O_4 merupakan salah satu bentuk senyawa oksida besi di alam selain maghemit ($\gamma\text{-Fe}_3\text{O}_4$) dan hematit ($\alpha\text{-Fe}_3\text{O}_4$). Material ini dikenal

sebagai oksida besi hitam dan merupakan salah satu oksida logam yang memiliki sifat kemagnetan paling kuat¹⁴.

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya dengan tujuan mensintesis NiFe_2O_4 serta mempelajari karakteristik struktur secara menyeluruh. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan sintesis nanopartikel NiFe_2O_4 dari pasir besi dengan metode kopresipitasi serta mengkaji sifat magnetiknya dengan variasi suhu sintesis dan konsentrasi NaOH sebesar 3 M, 5 M, dan 10 M sebagai agen pengendap. Berdasarkan penelitian tersebut, dilaporkan bahwa ukuran butir menurun dengan meningkatnya konsentrasi NaOH, namun meningkat seiring kenaikan suhu dan semua sampel menunjukkan sifat feromagnetik³. Walaupun sejumlah penelitian telah membahas pengaruh konsentrasi agen pengendap terhadap ukuran partikel, kajian mengenai peran suhu kalsinasi dalam proses sintesis NiFe_2O_4 masih terbatas, khususnya pada sintesis yang memanfaatkan pasir besi sebagai sumber ion Fe.

Pada penelitian ini, dilakukan sintesis nanopartikel NiFe_2O_4 menggunakan Fe_3O_4 yang diperoleh dari hasil ekstraksi pasir besi Pantai Kata, Pariaman, Sumatera Barat sebagai sumber ion Fe, melalui metode kopresipitasi dengan variasi suhu kalsinasi dan waktu pengadukan pada proses sintesis untuk mempelajari morfologi serta sifat optik, magnetik, dan listrik material yang dihasilkan. Karakterisasi sampel dilakukan untuk mengkaji struktur material dan menentukan karakteristik sifat listriknya. Beberapa instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *X-Ray Fluorescence (XRF)*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*, *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive (SEM-EDX)*, *Diffuse Reflectance Spectroscopy UV-Vis (DRS UV-Vis)*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh waktu pengadukan dan suhu kalsinasi terhadap pembentukan NiFe_2O_4 dengan metode kopresipitasi dari pasir besi yang berasal dari Pantai Kata, Pariaman, Sumatera Barat?
2. Bagaimana karakter nanopartikel NiFe_2O_4 yang di sintesis dengan metode kopresipitasi dari pasir besi yang berasal dari Pantai Kata, Pariaman, Sumatera Barat pada berbagai waktu pengadukan dan suhu kalsinasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, penelitian ini bertujuan:

1. Menganalisis pengaruh waktu pengadukan dan suhu kalsinasi terhadap pembentukan NiFe_2O_4 dengan metode kopresipitasi dari pasir besi yang berasal dari Pantai Kata, Pariaman, Sumatera Barat

2. Mempelajari struktur, morfologi, sifat magnet dan sifat listrik dari nanopartikel NiFe_2O_4 yang di sintesis dengan metode kopresipitasi dari pasir besi yang berasal dari Pantai Kata, Pariaman, Sumatera Barat pada berbagai waktu pengadukan dan suhu kalsinasi

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai bagaimana pengaruh suhu terhadap sintesis nanopartikel NiFe_2O_4 dari pasir besi Pantai Kata, Pariaman, Sumatera Barat dengan metode kopresipitasi dan dapat mendorong pemanfaatan pasir besi sebagai sumber Fe dalam sintesis NiFe_2O_4 , sehingga berkontribusi pada optimalisasi sumber daya alam lokal sekaligus menekan biaya produksi material.

