

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat telah mendorong berbagai penelitian pada bidang nanoteknologi di Indonesia, terutama dalam pengembangan dan pemanfaatan nanopartikel (Ningsih, 2021; Permana *et al.*, 2017; Kurnio, 2007). Tren utama dalam teknologi nano saat ini adalah penerapannya pada sensor, perangkat medis, serta material fungsional berbasis logam oksida (Kristina *et al.*, 2024). Nanopartikel yang berasal dari unsur besi (Fe), seperti magnetit (Fe_3O_4), menjadi fokus utama karena sifat kemagnetannya yang kuat (Rahmayanti *et al.*, 2021). Sumber daya alam yang terkandung di wilayah pesisir pantai Pulau Bali, seperti pasir hitam memiliki potensi besar sebagai bahan baku alami untuk menghasilkan nanopartikel dari unsur besi. Kandungan besi yang melimpah dalam pasir hitam Pulau Bali, menjadikan material ini layak dikembangkan sebagai bahan baku teknologi nano yang bernilai tinggi (Rachmawati *et al.*, 2023).

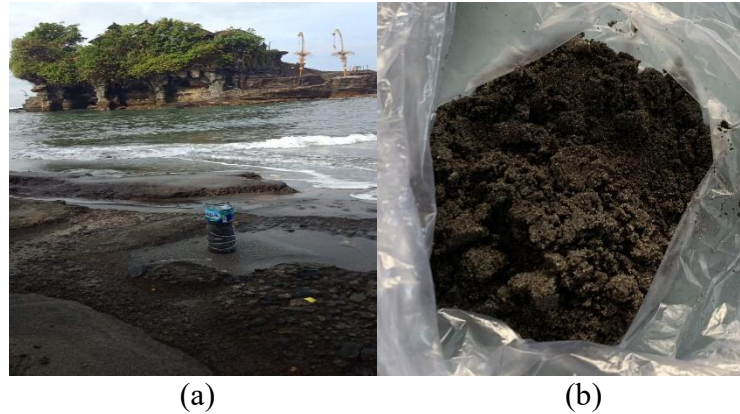
Nanopartikel merupakan material berukuran sangat kecil pada skala nanometer, umumnya berada dalam rentang 1 hingga 100 nanometer (Jeevanandam *et al.*, 2018; Poole & Owens, 2003). Dalam nanoteknologi, partikel dipahami sebagai objek berukuran kecil yang menunjukkan perilaku kolektif dalam hal sifat dan geraknya (Jeevanandam *et al.*, 2018; Hasan, 2015). Nanopartikel dianggap sebagai komponen mendasar dalam studi *nanoscience* yang bertujuan untuk

meneliti sifat-sifat material pada skala nano. Material pada skala nanometer memiliki sifat fisika, kimia, dan biologis yang berbeda dibandingkan dengan material dalam bentuk massal (*bulk*) (Ansori *et al.*, 2020; Jeevanandam *et al.*, 2018). Ketika ukuran material direduksi hingga skala nano, material tersebut menjadi nanomaterial yang memiliki sensitivitas dan kinerja yang jauh lebih tinggi dibandingkan material dalam bentuk *bulk* (Jeevanandam *et al.*, 2018). Perbedaan sifat antara material pada skala nanometer dan bentuk massalnya terutama disebabkan oleh peningkatan luas permukaan spesifik, yang berkontribusi pada kenaikan tingkat reaktivitas kimia (Jeevanandam *et al.*, 2018; Poole & Owens, 2003).

Berdasarkan sifat fisik dan kimianya, nanopartikel dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori utama, yaitu: 1) nanopartikel berbahan dasar karbon seperti graphene (Jeevanandam *et al.*, 2018); 2) nanopartikel semikonduktor seperti TiO_2 (Darminto *et al.*, 2011); 3) nanopartikel keramik seperti BaTiO_3 (Khedr *et al.*, 2023); 4) nanopartikel berbasis polimer seperti SiO_2 nonpori (Ansori *et al.*, 2020); dan 5) nanopartikel logam seperti Fe_3O_4 (Khan *et al.*, 2011).

Berdasarkan informasi dari masyarakat sekitar, Pantai Tanah Lot di Desa Beraban, Kabupaten Tabanan, Bali, selain dikenal sebagai lokasi suci dan objek wisata, juga menyimpan potensi sumber daya alam berupa pasir hitam yang mengandung mineral besi. Pasir hitam yang kaya akan mineral besi di Bali sering kali disebut “Bias Melela” dengan warna khas hitam pekat. Mineral magnetik khususnya magnetit (Fe_3O_4), umumnya terkandung dalam pasir-pasir berwarna gelap di sepanjang pesisir yang terbentuk dari pelapukan batuan vulkanik (Ansori *et al.*, 2020). Studi terdahulu di kawasan pesisir Bali khususnya di Pantai Nyanyi,

Kabupaten Tabanan menunjukkan keberlimpahan material magnetik hingga mencapai ~95,5% dan fraksi berat total, dengan kandungan oksida besi (Fe_2O_3) 86,7% dan kandungan unsur Fe mencapai 89,41%, yang menandakan dominasi mineral magnetik seperti magnetit (Rachmawati *et al.*, 2023). Pada studi terdahulu oleh Widiantera *et al.* (2024) melaporkan Pasir besi Sungai Taman memiliki kandungan Fe sebesar 84,72%. Hasil kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa beberapa wilayah pesisir Bali memiliki pasir besi dengan kandungan Fe yang cukup tinggi. Namun, karakteristik pasir besi dapat berbeda antar lokasi sehingga diperlukan karakterisasi lebih lanjut pada masing-masing pasir besi sesuai dengan wilayahnya. Dalam penelitian ini, pasir yang digunakan diambil dari area pantai publik dengan mempertimbangkan etika pengambilan sampel tanpa mengganggu kawasan suci maupun kegiatan wisata yang berlangsung. Pengambilan sampel pasir hitam dalam penelitian ini juga dilakukan secara selektif dengan mempertimbangkan lokasi yang memiliki kandungan mineral besi paling tinggi dengan jarak 1 km dari tempat suci dan wilayah pariwisata. Lokasi pengambilan pasir difokuskan pada area yang menunjukkan warna hitam pekat dengan tekstur cenderung halus, yang umumnya menjadi indikator visual keberadaan mineral besi dalam konsentrasi tinggi (Ansori *et al.*, 2020; Kurnio, 2007). Area tersebut dapat berada di sepanjang pesisir pantai, dekat dengan zona ombak, maupun di bagian tengah pantai, bergantung pada distribusi alami endapan mineral (Ansori *et al.*, 2020). Oleh karena itu, sampel tidak diambil secara acak, melainkan berdasarkan pengamatan visual awal dan potensi kandungan mineral agar hasil penelitian lebih representatif.



Gambar 1.1
(a) Pantai Tanah Lot dan (b) Pasir Pantai Tanah Lot

Informasi yang diperoleh dari masyarakat sekitar juga menyebutkan bahwa potensi pasir hitam di kawasan ini berasal dari material vulkanik Gunung Batukaru yang bersifat andesitik dan basaltik, yang memiliki komposisi mineral dan kandungan silika yang berbeda (Rachmawati *et al.*, 2023; Kurnio, 2007). Batuan andesitik umumnya memiliki kandungan silika menengah dan menghasilkan pasir besi yang lebih peka terhadap lingkungan asam, sedangkan batuan basaltik dengan kandungan silika yang lebih rendah menghasilkan pasir besi yang cenderung lebih stabil atau reaktif dalam lingkungan basa (Kurnio, 2007). Informasi dari masyarakat sekitar, Gunung Batukaru merupakan salah satu gunung berapi/kerucut vulkanik yang terbentuk akibat aktivitas vulkanik masa lampau. Seiring waktu, material batuan vulkanik yang terdapat di permukaan mengalami proses pelapukan dan erosi akibat pengaruh air dan kondisi lingkungan. Material hasil pelapukan tersebut kemudian terdeportasi melalui aliran sungai menuju wilayah pesisir dan mengalami pengendapan (Tyl & Sadler, 2017; Kurnio, 2007). Proses perombakan, derportasi, dan pengendapan tersebut menyebabkan terakumulasinya mineral-mineral dengan densitas relatif tinggi dan berwarna gelap, sehingga berkontribusi terhadap terbentuknya endapan pasir hitam di wilayah pantai (Febryanti *et al.*, 2026). Salah

satu sumber material pasir hitam di Bali berkaitan dengan hasil pengikisan batuan vulkanik Gunung Batukaru dan gunung api di sekitarnya seperti Gunung Agung (Rachmawati *et al.*, 2023). Kandungan mineral yang kaya akan unsur besi pada pasir hitam tersebut menjadikannya berpotensi sebagai sumber bahan baku untuk memperoleh mineral besi, termasuk mineral oksida besi yang bersifat magnetik. Oleh karena itu, pasir hitam Pantai Tanah Lot berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber material yang mengandung besi untuk diekstraksi dan selanjutnya digunakan dalam sintesis nanopartikel magnetit (Fe_3O_4).

Pasir besi mengandung mineral magnetik seperti magnetit (Fe_3O_4), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dengan memiliki struktur ion cenderung berbeda yakni magnetit (Fe^{2+} dan Fe^{3+}), hematit (Fe^{3+}), serta maghemit (Fe^{3+}) (Yuwanda *et al.*, 2022). Potensi pasir besi tidak hanya terbatas pada aspek geologis, tetapi juga mencakup nilai ekonomis yang menjanjikan. Berdasarkan laporan Putri (2022), harga patokan ekspor pasir besi pada tahun 2021 mencapai US\$72,14 per ton, namun menurun menjadi US\$64,01 per ton pada tahun 2022. Salah satu cara untuk menambah nilai ekonomi pasir besi ini adalah dengan memanfaatkannya sebagai bahan dasar dalam pembuatan nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) (Kristina *et al.*, 2024).

Magnetit (Fe_3O_4) merupakan mineral dari kelompok oksida besi yang terkenal dengan sifat kemagnetannya yang kuat serta memiliki struktur kristal kubik (Febriliani *et al.*, 2025). Perubahan ukuran partikel magnetit dapat memengaruhi karakteristik khususnya (Prasetyowati *et al.*, 2021). Dari segi struktur, nanopartikel Fe_3O_4 tersusun dalam pola kristal *spinel invers* berbentuk kubik, dalam kubik ada 8 kation Fe^{2+} yang menempati posisi oktahedral, 8 kation Fe^{3+} pada posisi tetrahedral, dan 8 kation Fe^{3+} lainnya di posisi oktahedral. Kation Fe^{3+} di posisi

tetrahedral dan oktahedral memiliki momen magnetit yang sama besar namun arahnya saling berlawanan (Khan *et al.*, 2011).

Nanopartikel Fe_3O_4 memiliki potensi aplikasi luas di berbagai bidang, mulai dari bidang teknologi medis, nanopartikel Fe_3O_4 digunakan sebagai media perekaman, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan sebagai media penghantar obat (*drug delivery system*) karena sifat superparamagnetiknya yang responsif terhadap medan magnet eksternal (Kristina *et al.*, 2024; Hariani *et al.*, 2013). Selain itu, nanopartikel Fe_3O_4 dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat seperti Pb dalam pengolahan limbah cair (Sartika *et al.*, 2019). Di samping itu, nanopartikel Fe_3O_4 juga berperan dalam pengembangan sensor dan perangkat elektronik magnetik, serta sebagai katalis dalam berbagai reaksi kimia karena kestabilan struktur kristalnya dan kemudahan fungsionalisasi permukaan (Prasetyowati *et al.*, 2021).

Struktur kristal yang unik ini menghasilkan sifat fisik yang khas pada nanopartikel Fe_3O_4 . Salah satu kelebihan nanopartikel Fe_3O_4 lainnya adalah kemampuannya untuk dipisahkan dari medium melalui proses magnetik dengan cara yang mudah, efektif, hemat biaya, dan ramah lingkungan (Hariani *et al.*, 2013). Beberapa metode sintesis nanopartikel Fe_3O_4 yang umum digunakan meliputi kopresipitasi (Gong & Lin, 2003), *ball milling* (Meng *et al.*, 2005), penggunaan hidrogel (Goiti *et al.*, 2007), serta dekomposisi termal (Maity *et al.*, 2009). Sintesis tersebut bertujuan untuk mengubah sifat serta ukuran partikel atau kristal magnetit yang dihasilkan (Darminto *et al.*, 2011).

Metode kopresipitasi merupakan salah satu teknik sintesis kimia basah yang umum digunakan untuk menghasilkan nanopartikel (Ceramics International, 2022),

salah satunya dalam memperoleh powder Fe_3O_4 dari pasir besi sebagai bahan mentah. Pada proses ini, garam logam anhidrat digunakan sebagai sumber ion logam, sementara larutan basa seperti NaOH atau KOH bertindak sebagai pengendap (Blaney, 2007). Umumnya, metode ini menawarkan berbagai kelebihan, antara lain kemudahan dalam mengendalikan ukuran partikel yang dihasilkan serta fleksibilitas dalam pemilihan jenis prekursor yang digunakan selama proses sintesis (Febriliani *et al.*, 2025). Secara spesifik metode ini memiliki beberapa keunggulan dalam sintesis nanopartikel Fe_3O_4 jika dibandingkan dengan metode lainnya seperti metode sol-gel, hidrotermal, dan reduksi kimia (Kristina *et al.*, 2024; Prayoga, 2022; Prasetyowati *et al.*, 2021). Pertama, metode ini tergolong sederhana dan mudah diterapkan, karena tidak memerlukan peralatan yang kompleks maupun kondisi operasi yang ekstrem (Kristina *et al.*, 2024). Kedua, biaya/*cost* yang dibutuhkan relatif lebih terjangkau, sehingga metode ini efisien dan ekonomis untuk digunakan dalam skala laboratorium maupun pengembangan material lokal (Prasetyowati *et al.*, 2021). Ketiga, proses kopresipitasi juga terbukti efektif untuk menghasilkan nanopartikel dalam kondisi suhu rendah dan waktu reaksi yang relatif singkat, tanpa mengurangi kestabilan fase kristal dan sifat magnetik material yang dihasilkan serta relevan untuk menghasilkan nanopartikel magnetit ideal dengan pembentukan partikel homogen (Kristina *et al.*, 2024; Prayoga, 2022).

Meskipun metode kopresipitasi memiliki sejumlah keunggulan, metode ini juga menunjukkan beberapa keterbatasan dalam sintesis nanopartikel Fe_3O_4 . Salah satu keterbatasan utama dari metode ini adalah kecenderungan terjadinya aglomerasi partikel akibat tidak meratanya ukuran dalam pembentukan kristal selama proses sintesis, sehingga dapat menyebabkan ukuran partikel menjadi tidak

seragam (Kristina *et al.*, 2024; Widiantera *et al.*, 2024; Prasetyowati *et al.*, 2021). Selain itu, meskipun variasi pH atau konsentrasi NH_4OH dapat memengaruhi ukuran kristal yang terbentuk, perubahan tersebut tidak selalu mampu meningkatkan homogenitas struktur maupun meningkatkan sifat superparamagnetik secara signifikan. Sebaliknya, ukuran kristal yang terlalu besar dapat menurunkan sifat magnetik dari nanopartikel Fe_3O_4 (Kristina *et al.*, 2024; Prasetyowati *et al.*, 2021). Hasil karakterisasi SEM-EDS juga menunjukkan bahwa unsur pengotor seperti Si, Ti, dan Mn masih teridentifikasi pada permukaan partikel meskipun telah dilakukan pencucian, yang menunjukkan keterbatasan metode ini dalam mencapai tingkat kemurnian material (Kristina *et al.*, 2024; Rachmawati *et al.*, 2023). Oleh sebab itu, optimasi parameter sintesis seperti pH, suhu dan waktu reaksi, kecepatan pengadukan, dan teknik pencucian dioptimalkan untuk meminimalkan kekurangan terhadap hasil sintesis pada metode ini (Nejabat *et al.*, 2021).

Mengidentifikasi sifat nanopartikel, diperlukan berbagai teknik karakterisasi seperti spektroskopi, teknik penyebaran cahaya, difraksi sinar-X (XRD), mikroskop elektron, fluoresensi sinar-X (XRF), mikroskop elektron pemindaian (SEM), mikroskop elektron transmisi (TEM), mikroskop gaya atom (AFM), spektrometer sinar-X dispersi energi (EDS), serta magnetometri sampel bergetar (VSM) (Callister *et al.*, 2017). Dalam studi tentang magnetit Fe_3O_4 , teknik karakterisasi yang digunakan mencakup XRD, XRF, SEM-EDS, dan VSM. Analisis XRD berfungsi untuk menentukan parameter kisi, struktur kristal, serta ukuran kristal dari sampel (Muttaqin, 2023; Wahyuni & Hastuti, 2010). Sementara itu, XRF digunakan untuk mengetahui kandungan unsur dalam sampel dengan mendeteksi

sinar fluoresensi yang dipancarkan oleh atom saat terkena sinar-X. Teknik SEM-EDS berperan dalam menampilkan gambar permukaan sampel pada skala mikroskopik sekaligus mengidentifikasi elemen-elemen penyusunnya. Adapun pengujian menggunakan VSM ditujukan untuk mengkaji sifat kemagnetan, seperti nilai magnetisasi, bentuk kurva histeresis, dan tingkat koersivitas (Callister *et al.*, 2017).

Penelitian terdahulu berhasil mensintesis nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) dari pasir besi dengan memodifikasi parameter sintesis tertentu. Berdasarkan penelitian Widiantra *et al.* (2024), digunakan metode kopresipitasi dengan pelarutan pasir Sungai Taman dalam larutan HCl 37% pada suhu ruang yang menghasilkan nanopartikel Fe_3O_4 dengan kemurnian Fe pada uji pendahuluan sebesar 84,72%. Berdasarkan hasil XRD, ditunjukkan bahwa nanopartikel Fe_3O_4 yang dihasilkan memiliki struktur kristal kubik dengan ukuran kristal sebesar 18,43 nm dan parameter kisi $a = b = c = 8,331 \text{ \AA}$. Uji SEM-EDX menunjukkan ukuran partikel berkisar antara 25-30 nm. Spektrum EDX mengonfirmasi bahwa pembentukan nanopartikel Fe_3O_4 dengan adanya Fe (51,79%) dan O (25,68%). Hasil VSM menunjukkan bahwa sampel Fe_3O_4 memiliki sifat superparamagnetik yang mengindikasikan bahwa material tersebut termasuk dalam kategori magnet lunak.

Sejalan dengan penelitian tersebut, (Prasetyowati *et al.*, 2021) meneliti Fe_3O_4 dari pasir besi Pantai Glagah, Kulon Progo dengan metode kopresipitasi menggunakan variasi konsentrasi larutan pengendap NH_4OH mendapatkan hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan pengendap NH_4OH maka ukuran kristal yang terbentuk semakin besar. Pembesaran ukuran kristal menyebabkan sifat superparamagnetiknya mengalami penurunan.

Proses sintesis nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) dengan menggunakan metode kopresipitasi, terdapat sejumlah parameter penting yang memengaruhi hasil akhir, seperti suhu reaksi, kecepatan pengadukan, dan variasi pH. Masing-masing parameter ini berperan dalam mengatur laju nukleasi, pembentukan kristal, dan morfologi partikel. Di antara parameter tersebut, pH larutan merupakan kunci dalam menentukan ukuran dan struktur kristal magnetit yang terbentuk, sebagaimana ditunjukkan (Kristina *et al.*, 2024). Peningkatan dari pH 9 ke pH 11 menghasilkan penurunan ukuran kristal Fe_3O_4 dari 18,00 nm menjadi 13,68 nm, pH mempengaruhi proses pembentukan fase magnetit (Fe_3O_4). Jika dilihat dari manfaat Fe_3O_4 sebagai adsorben logam, berdasarkan hasil eksperimen mengindikasikan adsorpsi dipengaruhi sangat kuat oleh pH dan temperatur (Sartika *et al.*, 2019; Tyl & Sadler, 2017). pH berpengaruh terhadap kerapatan atau aglomerasi partikel, semakin tinggi pH khususnya dalam rentang 9 hingga 11 menyebabkan permukaan menjadi negatif (Fe-O^-) hingga gaya tarik elektrostatis antar partikel meningkat, aglomerasi nanopartikel menurun repulsinya dan meningkatkan agregat, sehingga struktur partikel menjadi lebih rapat (Prasetyowati *et al.*, 2021; Sartika *et al.*, 2019). Fe_3O_4 dengan kerapatan tinggi memiliki sisi aktif adsorben yang tinggi pula sehingga dalam aplikasinya sebagai penyerap logam berat bekerja maksimal. Umumnya logam berat memiliki tingkatan toksisitas seperti $\text{Hg} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{Al} > \text{Co}$ (Sartika *et al.*, 2019).

Variasi pH penting dalam sintesis magnetit khususnya pada rentang pH 9, 10, dan 11. Pada kondisi pH tersebut, ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} dapat mengendap dengan lebih stabil membentuk Fe_3O_4 . Pada saat $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ bereaksi dan dipengaruhi oleh pH, khususnya pada pH 9, 10, 11 yang merupakan tingkat

konsentrasi pH yang ideal, karena OH^- cukup untuk mengendapkan keduanya hingga dapat membentuk Fe_3O_4 dengan baik. Dengan memvariasikan pH, dapat mengetahui kondisi optimal terbentuknya Fe_3O_4 . pH yang terlalu rendah atau tinggi dapat menghasilkan fase lain seperti Fe_2O_3 atau $\text{Fe}(\text{OH})_3$ saja (Kristina *et al.*, 2024).

Berdasarkan paparan tersebut, penulis mengambil judul penelitian **“Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) pada Pasir Hitam Pantai Tanah Lot menggunakan Metode Kopresipitasi dengan Variasi pH”** yang bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi nanopartikel Fe_3O_4 berbahan dasar pasir hitam Pantai Tanah Lot menggunakan metode kopresipitasi dengan variasi kontrol pH. Urgensi penelitian ini terletak pada potensi pasir hitam lokal, khususnya di wilayah Pantai Tanah Lot, yang selama ini lebih dikenal sebagai kawasan pariwisata dan belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber material fungsional bernilai tinggi.

Penelitian ini berperan dalam mendorong pengembangan metode sintesis yang efisien dan terkontrol, khususnya melalui pendekatan kopresipitasi dengan variasi pH, yang efektif dalam mempengaruhi ukuran, morfologi, dan kualitas kristal dari nanopartikel magnetit. Dengan karakterisasi yang tepat, hasil sintesis ini dapat menjadi acuan awal dalam proses rekayasa material magnetik berbasis sumber daya alam lokal, yang hingga kini masih kurang dioptimalkan dalam penelitian ilmiah skala laboratorium maupun industri. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan dampak positif yang signifikan secara ekonomi serta dapat berkontribusi terhadap kemajuan teknologi dan penelitian material, khususnya dalam studi terkait mineral magnetit (Fe_3O_4) sekaligus memberikan manfaat praktis

dalam pengolahan sumber daya alam lokal menjadi material yang memiliki potensi aplikasi di bidang industri, teknologi, dan biomedis.

1.2 Pernyataan Masalah dan Batasan

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa rumusan masalah dan keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, pasir besi yang digunakan sebagai material utama dalam penelitian ini bersumber dari endapan pasir Pantai Tanah Lot yang telah melewati uji pendahuluan menggunakan uji *X-ray Fluorescence* (XRF). Proses sintesis nanopartikel Fe_3O_4 dilakukan dengan metode kopresipitasi, dengan asam klorida (HCl) sebagai pelarut pasir hitam, amonium hidroksida (NH_4OH) sebagai pengendap, dan air deionisasi atau *aquades* sebagai larutan pencuci. Selanjutnya, sampel nanopartikel Fe_3O_4 dilakukan proses karakterisasi menggunakan berbagai teknik analisis seperti uji *X-ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersion Spectroscopy* (SEM-EDS), dan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM).

Keterbatasan-keterbatasan ini sangat penting karena menggarisbawahi sumber bahan, metode sintesis, dan teknik karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini. Pemanfaatan pasir hitam dari Tabanan dan penerapan metode kopresipitasi dengan komponen kimia tertentu merupakan bagian integral dari kerangka penelitian. Lebih lanjut, teknik karakterisasi yang meliputi XRD, SEM-EDS, dan VSM, akan memberikan wawasan yang komprehensif tentang sifat-sifat nanopartikel Fe_3O_4 yang dihasilkan. Semua keterbatasan ini mendukung pencapaian tujuan penelitian yang efektif dan relevan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah yang dapat diangkat sebagai berikut.

1. Bagaimana mensintesis nanopartikel Fe_3O_4 berbahan pasir hitam Pantai Tanah Lot melalui metode kopresipitasi variasi pH?
2. Bagaimana karakteristik nanopartikel Fe_3O_4 yang disintesis menggunakan metode kopresipitasi berbahan pasir hitam Pantai Tanah Lot?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang di atas, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mensintesis nanopartikel Fe_3O_4 berbahan pasir hitam Pantai Tanah Lot melalui metode kopresipitasi variasi pH.
2. Mengkarakterisasi fisik, kimia, dan sifat magnetik dari nanopartikel Fe_3O_4 yang disintesis menggunakan metode kopresipitasi berbahan pasir hitam Pantai Tanah Lot.

1.5 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini, penulis berharap dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis yang dijabarkan sebagai berikut.

1. Secara teoritis, penelitian ini memiliki potensi yang signifikan untuk mencakup berbagai aspek karakterisasi nanopartikel, khususnya partikel Fe_3O_4 . Pemanfaatan pasir besi sebagai sumber bahan baku dalam metode kopresipitasi membuka peluang baru dalam mengeksplorasi material berskala nano dengan aplikasi luas di berbagai bidang ilmiah dan industri. Dalam konteks

pengembangan penelitian lebih lanjut, temuan dari penelitian ini dapat menjadi dasar untuk penelitian selanjutnya yang melibatkan peningkatan efisiensi sintesis. Akibatnya, penelitian ini memiliki potensi dampak signifikan dalam bidang ilmiah dan industri, dan diharapkan dapat menginspirasi penelitian lebih lanjut untuk mempelajari lebih dalam perihal karakterisasi nanopartikel dan pengembangan metode sintesis yang inovatif.

2. Dari sudut pandang praktis, hasil penelitian ini berpotensi berdampak langsung pada pengembangan teknologi dan industri. Misalnya, di bidang teknologi informasi, partikel Fe_3O_4 berpotensi diaplikasikan dalam penyimpanan data, pengembangan sensor, dan perangkat elektronik canggih lainnya. Selain itu, dalam industri medis, potensi penggunaan partikel ini dalam terapi hipertermia dan pemberian obat dapat meningkatkan perawatan pasien. Penelitian ini juga membawa implikasi sosial-ekonomi yang signifikan. Pasir hitam merupakan sumber daya alam lokal yang melimpah, dan ekstraksi partikel Fe_3O_4 dapat menciptakan sumber pendapatan baru bagi masyarakat setempat. Hal ini dapat meningkatkan kualitas hidup mereka dan mengurangi ketergantungan pada mata pencaharian tradisional.