BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker merupakan penyakit yang terjadi akibat pertumbuhan dan penyebaran sel-sel abnormal yang tidak terkendali sehingga dapat mengganggu fungsi organ tubuh dan berisiko menyebabkan kematian (Hanahan & Weinberg, 2011). Penyakit ini menjadi salah satu penyebab kematian tertinggi di dunia, dengan angka kasus dan kematian yang terus meningkat setiap tahun. Pada tahun 2022, tercatat hampir 20 juta kasus baru kanker, dan sekitar 9,7 juta orang kehilangan nyawa akibat penyakit tersebut (Bray *et al*., 2024). Pengobatan kanker saat ini umumnya dilakukan melalui pembedahan, radioterapi, atau kemoterapi. Namun, metode-metode tersebut memiliki sejumlah keterbatasan, terutama dalam hal kemampuan untuk secara spesifik menargetkan sel kanker, sehingga sering kali menimbulkan efek samping pada pasien (Mortezaee *et al*., 2021). Maka diperlukan alternatif lain yang lebih spesifik dan minim efek samping, salah satunya adalah metode hipertermia magnetik.

Hipertermia magnetik merupakan salah satu metode terapi kanker yang menggunakan partikel magnetik untuk menghasilkan panas melalui paparan medan magnet bolak-balik. Berdasarkan hasil uji MTT assay dan trypan blue dye exclusion assay, metode hipertermia magnetik menunjukkan kemampuan dalam menyebabkan kematian sel kanker. MTT assay mengukur viabilitas sel berdasarkan aktivitas enzim mitokondria, sedangkan trypan blue dye exclusion assay membedakan sel hidup dan mati berdasarkan integritas membran sel (Velusamy *et al*., 2015). Panas yang dihasilkan oleh partikel magnetik mampu meningkatkan suhu jaringan kanker hingga mencapai 40 – 42 ℃ (Peiravi *et al*., 2022). Peningkatan suhu ini menyebabkan gangguan struktur dan fungsi sel kanker, merusak protein, membran sel, dan enzim DNA, sehingga sel kehilangan kemampuan bertahan dan bereplikasi, yang berujung pada kerusakan atau kematian (Cramer *et al*., 2024). Untuk mengukur efektivitas

nanopartikel dalam aplikasi hipertermia magnetik, dilakukan pengujian *Specific Absorption Rate* (SAR) (Lemine *et al*., 2021).

Material magnetik seperti Fe_3O_4, $ZnFe_2O_4$, dan $CuFe_2O_4$ digunakan untuk pengembangan aplikasi hipertermia magnetik. Material-material ini dipilih karena memiliki biokompatibilitas dan sifat magnetik yang sangat baik (Jiananda *et al*., 2023). Di antara material lainnya, nanopartikel Fe_3O_4 menunjukkan potensi sebagai material yang cocok karena memiliki beberapa sifat khas seperti sifat superparamagnetiknya, magnetisasi saturasi yang tinggi, tingkat biokompatibilitas yang baik, serta toksisitas yang rendah dan kemampuan untuk di sintesis dengan berbagai metode (Meneses-brassea *et al*., 2020). Namun permukaan nanopartikel Fe_3O_4 memerlukan pelapisan untuk mencegah agregasi akibat interaksi gaya tarik magnetik antarapartikel (A. Kumar & Gupta, 2005). Material pelapis yang umum digunakan meliputi dekstan, poli(asam akrilat), polisakalida, poli (asam amino) dan Asam Oleat. Diantara material pelapis ini Asam Oleat yang umum digunakan sebagai surfaktan (Velusamy *et al*., 2015).

Asam Oleat merupakan salah satu surfaktan yang efektif karena afinitasnya yang tinggi. Gugus karboksilat pada Asam Oleat dapat berinteraksi dengan atom Fe, membentuk lapisan pelindung yang stabil. Lapisan ini tidak hanya mencegah aglomerasi, tetapi juga meningkatkan stabilitas dispersi nanopartikel (Yang *et al*., 2010). Selain itu, Berdasarkan perhitungan menggunakan *Density Functional Theory* (DFT), Asam Oleat yang terikat kuat pada permukaan nanopartikel magnetit terbukti dapat meningkatkan nilai magnetisasi sebesar sekitar 1 μB per unit sel (Coaquira, 2021).

Terdapat beberapa metode konvesional yang digunakan untuk mensintesis nanopartikel Fe_3O_4 seperti *reverse micelle method*, sintesis *microwave* plasma, *sol – gel*, hidrotermal (Bukit *et al.*, 2015). Namun, metode-metode tersebut memiliki beberapa kekurangan, seperti penggunaan bahan kimia yang tidak ramah lingkungan,

biaya produksi yang tinggi, serta risiko dampak jangka panjang terhadap kesehatan manusia (Stepanova *et al*., 2022). Studi *Life Cycle Assessment* (LCA) menunjukan bahwa metode *green synthesis* Fe_3O_4 menggunakan ekstrak *Cymbopogon citratus* dan natrium karbonat memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode konvensional (Mabarroh *et al*., 2022). menjadikannya alternatif ramah lingkungan dalam pembentukan Fe_3O_4.

Green synthesis merupakan metode sintesis nanopartikel yang menggunakan bahan alami, seperti ekstrak tumbuhan atau mikroorganisme, sebagai agen pereduksi dan stabilisator (Sahaya *et al*., 2014). Keunggulan utama dari metode ini adalah prosesnya yang lebih ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan, sehingga menjadi alternatif yang lebih aman dibandingkan dengan metode sintesis konvensional.

Ekstrak tanaman yang digunakan yaitu *Moringa oleifera* atau yang dikenal sebagai kelor, merupakan tanaman yang kaya akan senyawa bioaktif seperti flavonoid, asam fenolat, dan vitamin. Senyawa-senyawa ini berperan penting sebagai agen pereduksi dan penstabil dalam sintesis nanopartikel. Kandungan polifenol dan flavonoid dalam daun *Moringa oleifera* mampu mereduksi ion logam menjadi nanopartikel sekaligus menstabilkan struktur nanopartikel yang terbentuk. Keunggulan utama tanaman ini adalah kelimpahannya, biaya yang relatif rendah, serta sifatnya yang non-toksik (Vongsak *et al*., 2013)

Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan kajian struktur kristal, gugus fungsi dan sifat magnet dari nanopartikel Fe_3O_4 yang yang dienkapsulasi Asam Oleat menggunakan ekstrak *Moringa oleifera*. Lapisan Asam Oleat pada nanopartikel Fe_3O_4 dapat meningkatkan stabilitas, sehingga menghasilkan nilai *Specific Absorption Rate* (SAR) yang optimal untuk aplikasi hipertermia magnetik, mempertahankan struktur kristal magnetit, dan meningkatkan sifat magnetiknya

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana mensistesis nanopartikel Fe_3O_4 yang dienkapsulasi Asam Oleat dengan ekstrak *Moringa oleifera* menggunakan metode *green synthesis*?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi Asam Oleat terhadap struktur kristal, gugus fungsi dan sifat magnet dari nanopartikel Fe_3O_4 yang dienkapsulasi Asam Oleat?
3. Bagaimana pengaruh variasi massa dan kuat medan magnet terhadap nilai SAR?

1.3 Batasan Masalah

Batasan yang diterapkan untuk memudahkan analisis penelitian ini antara lain:

1. Sintesis Fe_3O_4 yang dienkapsulasi dengan Asam Oleat menggunakan metode *green synthesis* dengan ekstrak *Moringa oleifera*.
2. Analisi hasil Fe_3O_4 yang dienkapsulasi Asam Oleat di karakterisasi menggunakan XRD, FTIR, VSM
3. Pengukuran SAR pada nanopartikel Fe_3O_4 yang dienkapsulasi dengan Asam Oleat diilakukan menggunakan metode kalorimetri, dengan variasi massa yaitu 0,05, 0,075, 0,1, dan 0,125 gram, serta variasi medan magnet eksternal 150 Oe dan 250 Oe.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Memperoleh nanopartikel Fe_3O_4 yang dienkapsulasi Asam Oleat dengan metode *green synthesis* menggunakan *Moringa oleifera*.
2. Menganalisis struktur kristal, gugus fungsi dan sifat magnet dari nanopartikel Fe_3O_4 yang dienkapsulasi Asam Oleat.
3. Menganalisis pengaruh variasi massa dan medan magnet pada uji SAR.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan *green synthesis* nanopartikel Fe_3O_4 yang dienkapsulasi Asam Oleat menggunakan ekstrak *Moringa oleifera* yang berpotensi untuk aplikasi hipertermia magnetik. Selain itu diharapan dapat memberika informasi mengenai struktur kristal, gugus fungsi dan sifat magnet dari nanopartikel Fe_3O_4 yang dienkapsulasi Asam Oleat

1.6 Sistematikan Penulisan

Sistematika penulisan skripsi secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan beberapa teori yang berkaitan dengan penelitian seperti nanopartikel magnetit, Asam Oleat, *Moringa oleifera*, *green synthesis*, hipertermia magnetik, metode kalorimetri, serta metode karakterisasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Bab ini menjelaskan tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan ketika penelitian, dan prosedur penelitian.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini menyajikan hasil yang diperoleh serta analisis data dari proses penelitian.

BAB V Penutup

Bab ini merangkum keseluruhan penelitian yang telah dilakukan serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya berdasarkan hasil analisis yang telah dibahas.

Daftar Pustaka

Memuat sumber referensi ilmiah yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG