

## DAFTAR ISI

|                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>SURAT PERNYATAAN KARYA SENDIRI.....</b>                             | <b>ii</b>  |
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN.....</b>                                         | <b>iii</b> |
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI .....</b>                                | <b>iv</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                   | <b>v</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                  | <b>vi</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                             | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                 | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                              | <b>xi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                          | <b>13</b>  |
| 1.1 Latar Belakang .....                                               | 13         |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                              | 15         |
| 1.3 Batasan Masalah.....                                               | 15         |
| 1.4 Tujuan penelitian.....                                             | 16         |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                                            | 16         |
| 1.6 Sistematika Penulisan.....                                         | 16         |
| <b>BAB II DASAR TEORI.....</b>                                         | <b>18</b>  |
| 2.1. Kajian Riset Hipertermia Magnetik pada Nanopartikel Magnetik..... | 18         |
| 2.2. Nanomaterial Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) .....           | 19         |
| 2.3. Polietilen Glikol (PEG) .....                                     | 20         |
| 2.4. <i>Moringa oleifera</i> (MO) .....                                | 20         |
| 2.5. <i>Greensynthesis</i> .....                                       | 21         |
| 2.6. Hipertermia Magnetik .....                                        | 22         |
| 2.7. Metode Karakterisasi Material .....                               | 27         |
| 2.5.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....                             | 27         |
| 2.5.2. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....                 | 28         |
| 2.5.3. <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....                | 29         |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                             | <b>31</b>  |
| 3.1. Garis Besar Penelitian .....                                      | 31         |
| 3.2. Waktu dan Tempat Penelitian.....                                  | 31         |
| 3.3. Alat dan Bahan .....                                              | 32         |
| 3.2.1. Alat.....                                                       | 32         |
| 3.2.2. Bahan.....                                                      | 32         |
| 3.4. Skema Penelitian .....                                            | 33         |

|                                         |                                                                                                                                                                |           |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.5.                                    | Prosedur Penelitian.....                                                                                                                                       | 34        |
| 3.5.1.                                  | Sintesis Ekstrak <i>Moringa oleifera</i> .....                                                                                                                 | 34        |
| 3.5.2.                                  | Sintesis Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Menggunakan Metode <i>Green-Synthesis</i> .....                                                                        | 34        |
| 3.5.3.                                  | Sintesis Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /PEG .....                                                                                                             | 35        |
| 3.6.                                    | Karakterisasi XRD .....                                                                                                                                        | 36        |
| 3.7.                                    | Karakterisasi FTIR .....                                                                                                                                       | 36        |
| 3.8.                                    | Karakterisasi VSM .....                                                                                                                                        | 37        |
| 3.9.                                    | Uji SAR.....                                                                                                                                                   | 37        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b> |                                                                                                                                                                | <b>39</b> |
| 4.1                                     | Mekanisme Pembentukan Nanokomposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan Metode <i>Greensynthesis</i> dan Modifikasi Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /PEG ..... | 39        |
| 4.2                                     | Karakterisasi Nanokomposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /PEG .....                                                                                           | 40        |
| 4.2.1                                   | Analisa Struktur Kristal.....                                                                                                                                  | 40        |
| 4.2.2                                   | Analisa Gugus Fungsi .....                                                                                                                                     | 42        |
| 4.2.3                                   | Analisa Sifat Kemagnetan.....                                                                                                                                  | 43        |
| 4.2.4                                   | Analisis SAR pada Hipertermia Magnetik.....                                                                                                                    | 45        |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>               |                                                                                                                                                                | <b>49</b> |
| 5.1                                     | Kesimpulan.....                                                                                                                                                | 49        |
| 5.2                                     | Saran.....                                                                                                                                                     | 49        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>             |                                                                                                                                                                | <b>51</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2 1</b> Stuktur Kristal $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (W. Wu dkk., 2015) .....                                                                      | 19 |
| <b>Gambar 2 2</b> <i>Moringa oleifera</i> (Ahmad dkk., 2014) .....                                                                                      | 20 |
| <b>Gambar 2 3</b> Sintesis Nanopartikel (Jeyaraj dkk., 2019).....                                                                                       | 22 |
| <b>Gambar 2 4</b> Skematik ilustrasi <i>greensynthesis</i> dari nanomaterial (Bao dkk., 2021).....                                                      | 22 |
| <b>Gambar 2 5</b> Skema terapi Hiperthermia magnetik (Martinkova dkk., 2018).....                                                                       | 23 |
| <b>Gambar 2 6</b> Siklus histeresis dari material ferromagnetik <i>multi-domain</i> (Ahmed dkk., 2020)<br>.....                                         | 25 |
| <b>Gambar 2 7</b> Simulasi Cara Kerja XRD (Falsafi dkk., 2020).....                                                                                     | 27 |
| <b>Gambar 2 8</b> Prinsip FTIR (Escribano, 2011.).....                                                                                                  | 28 |
| <b>Gambar 2 9</b> Prinsip Kerja VSM (Rafique, 2015.) .....                                                                                              | 29 |
| <b>Gambar 3 1</b> Diagram Alir Penelitian .....                                                                                                         | 34 |
| <b>Gambar 3 2</b> Skema Sintesis Ekstrak <i>Moringa oleifera</i> .....                                                                                  | 34 |
| <b>Gambar 3 3</b> Skema <i>Greensynthesis</i> Nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....                                                                | 34 |
| <b>Gambar 3 4</b> Skema sintesis komposit Nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ .....                                                         | 35 |
| <b>Gambar 3 5</b> Spektrum Difraksi Sinar-X $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (Yudiasatri, 2024.).....                                                            | 36 |
| <b>Gambar 3 6</b> Spektrum FTIR $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (Bertolucci dkk., 2015) .....                                                                   | 37 |
| <b>Gambar 3 7</b> Spektrum VSM $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ (Mahmud dkk., 2021) .....                               | 37 |
| <b>Gambar 3 8</b> Skema alat uji SAR .....                                                                                                              | 38 |
| <b>Gambar 4 1</b> Pola XRD sample (a) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ .....                                          | 41 |
| <b>Gambar 4 2</b> Spektrum FTIR dari (a) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ .....                                       | 42 |
| <b>Gambar 4 3</b> Kurva Histerisis dar $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ .....                                             | 44 |
| <b>Gambar 4 4</b> Grafik Perubahan Suhu terhadap Waktu nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ (a) 150 Oe dan<br>(b) 250 Oe .....               | 45 |
| <b>Gambar 4 5</b> Pengaruh Variasi (a) Massa Nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ dan (b) Medan Magnet Pada<br>Perubahan Kenaikan Suhu ..... | 46 |
| <b>Gambar 4 6</b> Pengaruh Variasi (a) Massa Nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ (b) Medan Magnet Pada<br>Nilai SAR.....                    | 47 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2 1</b> Penelitian Terkait Hipertermia Magnetik pada Nanopartikel Magnetik.....                                                  | 18 |
| <b>Tabel 3 1</b> Rancangan waktu pelaksanaan penelitian .....                                                                             | 31 |
| <b>Tabel 3 2</b> Alat yang digunakan.....                                                                                                 | 32 |
| <b>Tabel 3 3</b> Bahan yang digunakan .....                                                                                               | 32 |
| <b>Tabel 4 1</b> Komposisi Fasa, ukuran kristalit dan parameter kisi $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ ..... | 41 |
| <b>Tabel 4 2</b> Hasil analisis spektrum FTIR .....                                                                                       | 43 |
| <b>Tabel 4 3</b> Sifat Kemagnetan dari $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PEG}$ .....                               | 45 |
| <b>Tabel 4 4</b> Data Nilai SAR dari Sampel berdasarkan Variasi Medan Magnet.....                                                         | 47 |

