

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN .....</b>	<b>v</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>INTI SARI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I: PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II: TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
<b>BAB III: LANDASAN TEORI.....</b>	<b>12</b>
3.1 Material Dielektrik .....	12
3.2 Momen Dipol Listrik.....	12
3.3 Polarisasi.....	14
3.4 Konstanta Dielektrik dan Kapasitansi .....	15
3.5 Konstanta Dielektrik Kompleks.....	17
3.6 <i>Loss Tangent</i> (Rugi Tangen).....	19
3.7 Disipasi Energi.....	20
3.8 Impedansi.....	20
3.9 Spektroskopi Impedansi .....	22
3.10 Nanopartikel Magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) .....	25
3.11 Metode Sintesis Kopesipitasi (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ).....	26
3.12 <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG).....	26
3.13 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	27
3.14 <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM) .....	29
3.15 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	31

<b>BAB IV: METODE PENELITIAN .....</b>	<b>37</b>
4.1 Bahan Penelitian .....	37
4.2 Alat Penelitian.....	37
4.3 Prosedur Penelitian.....	38
4.4 Teknik Analisis Data .....	41
4.4.1 Perhitungan konstanta kisi .....	41
4.4.2 Perhitungan indeks miller.....	42
4.4.3 Estimasi ukuran partikel.....	43
4.4.4 Perhitungan fasa lain yang muncul.....	43
4.4.5 Perhitungan distribusi ukuran partikel hasil tem .....	44
4.4.6 Analisis ikatan gugus fungsi sampel.....	45
4.5 Pencetakan Keping (Kompaksi) Sampel.....	45
4.6 Pengujian Sifat Dielektrik Sampel .....	46
4.6.1 Prinsip Perhitungan.....	47
<b>BAB V: HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
5.1 Preparasi Sampel.....	51
5.2 Analisis <i>X Ray Diffraction</i> (XRD) dan <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM) .....	51
5.3 Analisis <i>Fourier Transform infrared</i> (FTIR) .....	57
5.4 Analisis Pengukuran Sifat Dielektrik Nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan Nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4$ yang Dienkapsulasi PEG-4000 .....	61
5.4.1 Respon konstanta dielektrik (riil dan imajiner) terhadap perubahan frekuensi .....	61
5.4.2 Pengaruh konsentrasi PEG-4000 terhadap konstanta dielektrik (riil dan imajiner) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	67
5.4.3 Respon <i>loss tangent</i> terhadap perubahan frekuensi.....	70
5.4.4 Pengaruh konsentrasi PEG-4000 terhadap <i>loss tangent</i> $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	72
5.4.5 Respon impedansi terhadap perubahan frekuensi .....	73
5.4.6 Pengaruh konsentrasi PEG-4000 terhadap impedansi nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....	74
<b>BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>75</b>
5.1 Kesimpulan .....	75
5.2 Saran .....	76
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>77</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>82</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Grafik dielektrik konstan ( $\epsilon'$ ) vs frekuensi pada $\text{Ni}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ( $x = 0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0$ ).....	7
Gambar 2.2	Grafik loss tangent ( $\tan \delta$ ) vs frekuensi pada $\text{Ni}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ( $x = 0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0$ ).....	8
Gambar 3.1	Dipol listrik.....	13
Gambar 3.2.	Torka yang ditimbulkan pada dipol akibat medan listrik.....	13
Gambar 3.3	Keping dielektrik yang diletakkan pada medan listrik luar $E_o$ (Puri dan Babbar, 1997) .....	14
Gambar 3.4	Kapasitor dengan material dielektrik .....	16
Gambar 3.5	Diagram fasor impedansi (Suvarna dkk, 2012) .....	21
Gambar 3.6	Contoh grafik <i>Cole-Cole Plot</i> polimerisasi <i>ferroelectric liquid crystal</i> (Kaur dkk, 2009).....	22
Gambar 3.7	Skema rangkaian RC dalam penentuan konstanta dielektrik material (Suharyadi, 1998) .....	23
Gambar 3.8	Nilai dari $V_T$ dan $V_\theta$ dari kurva lissajous .....	24
Gambar 3.9	Struktur kristal $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (atom biru merupakan atom $\text{Fe}^{3+}$ pada posisi tetrahedral, Atom merah merupakan atom $\text{Fe}^{2+}$ pada posisi oktahedral, atom putih merupakan atom oksigen ) (Xu, 2009).....	26
Gambar 3.10	Struktur PEG (Owens dan Peppas,2006) .....	27
Gambar 3.11	Diagram X-Ray Difraktometer (Waseda dkk, 2011).....	28
Gambar 3.12	Difraksi sinar-x (a) bidang–bidang dalam struktur kristal yang diwakili dengan indeks miller dan (b) pemodelan hukum difraksi Bragg.....	29
Gambar 3.13	Komponen TEM (Anonim A, 2015).....	31
Gambar 3.14	Gambar regangan simetri dan asimetri.....	34
Gambar 3.15	Gambar vibrasi <i>bending</i> (a) <i>rocking</i> , (b) <i>scissoring</i> , (c) <i>wagging</i> , dan (d) <i>twisting</i> .....	34
Gambar 3.16	Sistem optik pada Spektrofotometer FTIR.....	35
Gambar 4.1	Diagram alir metode penelitian.....	39
Gambar 4.2	Contoh grafik hasil XRD (disisipi grafik hasil <i>fitting</i> puncak utama).....	42
Gambar 4.3	Contoh grafik hasil <i>fitting</i> pada puncak tertinggi .....	43

Gambar 4.4	(a) Contoh butir nanopartikel hasil TEM (b) Ilustrasi grafik hubungan dengan ukuran butir yang terukur dengan frekuensi kemunculannya .....	44
Gambar 4.5	Contoh pola cincin difraksi.....	45
Gambar 4.6	Proses kompaksi material serbuk, (a) Peletakan serbuk dalam cetakan (b) Kompaksi serbuk (c) Pengeluaran hasil kompaksi.....	46
Gambar 4.7	(a) Sistem Rangkaian Alat Spektroskopi Impedansi Terkomputerisasi (Majid, 2012) .....	47
Gambar 4.8	Diagram fasor hubungan $I_R$ dan $I_C$ (Von Hippel, 1954).....	48
Gambar 5.1	Pola spektrum XRD; (a) Sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> tanpa dienkapsulasi PEG-4000; dan (b) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> yang telah dienkapsulasi PEG-4000	52
Gambar 5.2	Morfologi dan pola difraksi (a) sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> tanpa dienkapsulasi PEG-4000, (b) sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> yang dienkapsulasi PEG-4000 .....	54
Gambar 5.3	Distribusi ukuran nanopartikel pada(a) sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> tanpa dienkapsulasi PEG-4000, (b) sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> yang dienkapsulasi PEG-4000 .....	57
Gambar 5.4	Spektrum FTIR (a) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , (b) PEG, dan (c) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> +PEG .....	58
Gambar 5.5	Skema penempelan polimer PEG pada permukaan nanopartikel magnetit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (Nuzully, 2012) .....	59
Gambar 5.6	Grafik bagian riil konstnta dielektrik ( $\epsilon'$ ) terhadap frekuensi pada nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan variasi konsentrasi PEG (0%, 20%, 33%, 50%, dan 75%) .....	62
Gambar 5.7	Grafik bagian imajiner konstnta dielektrik ( $\epsilon''$ ) terhadap frekuensi pada nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan variasi konsentrasi PEG (0%, 20%, 33%, 50%, dan 75%) .....	62
Gambar 5.8	Plot relaksasi Debye (Moliton, 2007) .....	64
Gambar 5.9	Grafik cole-cole nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan variasi konsentrasi PEG (0%, 20%, 33%, 50%, dan 75%).....	65
Gambar 5.10	Ilustrasi butir-butir konduktif dengan batas butir ferit.....	66
Gambar 5.11	Perbandingan peristiwa polarisasi pada nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan ukuran butir berbeda. (a) sebelum dan (b)sesudah dikenai medan listrik eksternal .....	68
Gambar 5.12	Grafik <i>loss tangent</i> terhadap frekuensi pada nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan variasi konsentrasi PEG (0%, 20%, 33%, 50%, dan 75%).....	71

- Gambar 5.13 Grafik impedansi terhadap frekuensi pada nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan variasi konsentrasi PEG (0%, 20%, 33%, 50%, dan 75%) ..... 73
- Gambar 5.14 Ilustrasi Perbandingan batas butir pada nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan ukuran butir berbeda (konsentrasi PEG berbeda) ..... 74

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Komposisi PEG dan sifatnya .....	28
Tabel 3.2.	Tabel beberapa gugus fungsi molekul (Sastroamidjojo, 2001).....	35
Tabel 4.1.	Preparasi sampel dengan perbandingan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan PEG.....	41
Tabel 5.1.	Hasil analisa XRD pada sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> tanpa dan enkapsulasi PEG .....	53
Tabel 5.2.	Hasil rasio volume fasa pada sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> tanpa enkapsulasi dan dengan enkapsulasi PEG-4000 (50%) .....	55
Tabel 5.3.	Jenis ikatan (gugus fungsi) dan bilangan gelombang pada sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , PEG, dan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> +PEG .....	60
Tabel 5.4.	Konstanta dielektrik kompleks pada sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan variasi enkapsulasi PEG untuk frekuensi 10 kHz, 50 kHz dan 100 kHz .....	67
Tabel 5.5.	<i>Loss tangent</i> (tan δ) pada sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan variasi enkapsulasi PEG untuk frekuensi 10 kHz, 50 kHz dan 100 kHz .....	72
Tabel 5.6.	Impedansi pada sampel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dengan variasi enkapsulasi PEG untuk frekuensi 10 kHz, 50 kHz dan 100 kHz .....	74