



DAFTAR ISI

TESIS	i
TESIS	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
TESIS	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Kebaharuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
1.7 Sistematika penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
BAB III LANDASAN TEORI.....	13
3.1 Nanopartikel Magnetit (Fe ₃ O ₄).....	13



3.1.1 Sifat superparamagnetik nanopartikel Fe ₃ O ₄	14
3.2 <i>Green Synthesis</i>	16
3.3 <i>Moringa Oleifera</i> (MO)	18
3.4 <i>Amaranthus Viridis</i> (AV)	20
3.5 Material Dielektrik	21
3.6 Polarisasi dan Konstanta Dielektrik	22
3.7 Momen Dipol dan Polarisasi Kelistrikan	24
3.8 Mekanisme Polarisasi	26
3.9 Konstanta Dielektrik dan Loss Dielektrik Bergantung Frekuensi	27
3.9.1 Konstanta dielektrik	27
3.9.2 Loss Tangent (Tangen Rugi)	30
3.9.3 Impedansi	30
3.10 Spektroskopi Impedansi	31
3.11 Karakterisasi Material	33
3.11.1 X-ray diffractometer (XRD)	33
3.11.2 Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR)	34
3.11.3 Transmission Electron Microscopy (TEM)	35
3.11.4 Spektrofotometri Uv-Vis	36
BAB IV METODE PENELITIAN	38
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	38
4.2 Bahan dan Alat Penelitian	38
4.3 Skema Penelitian	39
4.4 Prosedur Penelitian	40
4.4.1 Sintesis larutan MO dan AV	40
4.4.2 Green synthesis nanopartikel magnetik Fe ₃ O ₄	41



4.5 Karakterisasi Material dan Teknik Analisis Data.....	42
4.5.1 Karakterisasi XRD.....	42
4.5.2 Karakterisasi FTIR.....	45
4.5.3 Karakterisasi TEM.....	45
4.5.4 Karakterisasi UV-Vis.....	46
4.6 Kompaksi Sampel Green-Synthesized Nanopartikel Fe ₃ O ₄	47
4.7 Pengujian Sifat Dielektrik.....	48
4.8 Prinsip Perhitungan Kajian Dielektrik.....	49
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
5.1 Mekanisme Pembentukan Nanopartikel Fe ₃ O ₄	50
5.2 Karakterisasi Nanopartikel Magnetik.....	53
5.2.1 Analisa struktur kristal dan ukuran kristalit.....	53
5.2.2 Analisa morfologi dan ukuran partikel.....	56
5.2.3 Analisa gugus fungsi.....	59
5.2.4 Analisa sifat optik dan energi celah pita.....	62
5.3. Hasil dan Analisa Kajian Dielektrik Nanopartikel Fe ₃ O ₄	66
5.3.1 Permittivitas dielektrik sebagai fungsi frekuensi.....	67
5.3.2 Pengaruh konsentrasi ekstrak MO dan AV terhadap permittivitas dielektrik.....	69
5.3.3 Loss tangent nanopartikel green-synthesized Fe ₃ O ₄	70
5.3.4 Impedansi nanopartikel <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄	72
BAB VI PENUTUP.....	74
6.1 Kesimpulan.....	74
6.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Spin magnetik material ferrimagnetik (Adhim, 2018)	13
Gambar 3.2	Struktur kristal magnetik (Fe ₃ O ₄).....	14
Gambar 3.3	Kurva magnetisasi versus medan terapan untuk nanopartikel Fe ₃ O ₄ (Mabarroh dkk., 2022).....	15
Gambar 3.4	Material <i>green</i> bio-sintesis Fe ₃ O ₄ -NPs (Yew dkk., 2018).....	16
Gambar 3.5	Beberapa metode dalam pembentukan nanopartikel (Kumar dkk., 2013).....	17
Gambar 3.6	Mekanisme synthesis nanopartikel (Kumar dkk., 2013)	17
Gambar 3.7	Tanaman Moringa Oleifera, daun dan biji (Tiloke dkk., 2018)	18
Gambar 3.8	Struktur kimia dari senyawa fenolik yang terdapat pada bagian daun MO (Ramabulana dkk., 2016)	19
Gambar 3.9	Tanaman <i>Amaranthus Viridis</i>	21
Gambar 3.10	Material dielektrik yang diletakkan pada plat kapasitor sejajar	22
Gambar 3.11	Momen dipol listrik (Sulistiyo, 2017)	20
Gambar 3.12	(a) Material dielektrik berada pada pengaruh medan listrik, (b) muatan yang terpolarisasi merupakan polarisasi molekul bahan, (c) mewakili dielektrik total dengan istilah muatan polarisasi permukaan $+Qp$ dan $-Qp$	24
Gambar 3.13	(a) Material dielektrik tanpa pengaruh medan listrik, (b) material dielektrik pada pengaruh medan listrik, (c) batas butir yang menimbulkan polarisasi antarmuka, (d) ion positif dan negatif dalam batas butir	25
Gambar 3.14	Konstanta dielektrik sebagai fungsi frekuensi terhadap mekanisme polarisasi muatan ruang, orientasi atau dipolar, ion dan elektronik (Kasap, 2018)	26
Gambar 3.15	Momen dipol p menurun dari $\alpha_d(0) E_0$ hingga $\alpha_d(0) E$	28
Gambar 3.16	(a) Medan ac diterapkan pada media polar dengan polarisasi $P(P=Np)$ tidak sefase dengan medan ac. (b) permitivitas relatif	



	merupakan jumlah kompleks bagian riil dan imajiner yang menunjukkan relaksasi pada $\omega \approx 1/\tau$ (Kasap, 2018).....	29
Gambar 3.17	Gambaran data impedansi: (a) Gambar Lissajous; (b) Plot impedansi kompleks (Lvovich, 2012)	30
Gambar 3.18	(a) Diagram rangkaian R-C dan hubungannya, (b) <i>Nyquist</i> dan <i>Bode</i> , (c) Impedansi total, (d) Plot sudut fase (Lvovich, 2012)	32
Gambar 3.19	(a) <i>Cole-Cole plot</i> hubungan antara ϵ'' terhadap ϵ' sebagai fungsi frekuensi, dari frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi, (b) Kapasitor dengan dielektrik dipolar serta rangkaian setara dalam persamaan relaksasi Debye ideal (Kasap, 2018)	32
Gambar 3.20	Ilustrasi difraksi pada bidang kristal (Cullity, 2009).....	34
Gambar 3.21	Alat FTIR merk Bruker Alpha II.....	34
Gambar 3.22	Diagram skema alat FTIR (Lewis, 2009).....	35
Gambar 3.23	Mikroskop Elektron Transmisi (TEM) (Inkson, 2016)	36
Gambar 4.1	Skema Penelitian	40
Gambar 4.2	Diagram Pembuatan Larutan MO dan AV	41
Gambar 4.3	Pola difraksi sinar-x dari Fe ₃ O ₄	43
Gambar 4.4	Definisi lebar setengah puncak (FWHM).....	43
Gambar 4.5	Analisis FT-IR nanopartikel LAP, Fe ₃ O ₄ , LAP-Fe ₃ O ₄ (Yew dkk., 2018).....	45
Gambar 4.6	Gambaran mikroskopi elektron transmisi (TEM) dari film Si dan pola difraksi elektron	46
Gambar 4.7	Contoh absorpsi dan analisis energi gap dari Fe ₃ O ₄ pada suhu annealing yang berbeda (Aisida dkk., 2021)	47
Gambar 4.8	Proses kompaksi nanopartikel (a) memasukkan Fe ₃ O ₄ sampel berupa serbuk pada cetakan, (b) proses kompaksi sampel, dan (c) hasil kompaksi berupa pelet.....	47
Gambar 4.9	Sistem rangkaian alat spektroskopi impedansi terkomputerisasi (Majid, 2012).....	48
Gambar 5.1	Mekanisme <i>green-synthesized</i> nanopartikel Fe ₃ O ₄ ekstrak variasi MO dan ekstrak AV.....	51



Gambar 5.2	Pola XRD nanopartikel <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄ dengan variasi MO (a) 0 mL, (b) 5 mL, (c) 10 mL, (d) 15 mL, (e) 20 mL (f) AV 10 mL.	54
Gambar 5.3	Pola difraksi pada bidang (311).....	55
Gambar 5.4	(a) Citra morfologi dan (b) distribusi ukuran nanopartikel Fe ₃ O ₄ ekstrak MO 0 mL.....	57
Gambar 5.5	(a) Citra morfologi dan (b) distribusi ukuran nanopartikel <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄ ekstrak MO 10 mL	58
Gambar 5.6	Cincin difraksi (a) Fe ₃ O ₄ ekstrak MO 0 mL (b) Fe ₃ O ₄ ekstrak MO 10 mL.....	59
Gambar 5.7	Spektrum FTIR (a) ekstrak MO (b) ekstrak AV (c) nanopartikel Fe ₃ O ₄ (d) nanopartikel Fe ₃ O ₄ ekstrak MO 10 mL dan (e) nanopartikel Fe ₃ O ₄ ekstrak AV 10 mL	60
Gambar 5.8	Spektra UV-vis untuk ekstrak MO dan AV	62
Gambar 5.9	Spektra UV-vis untuk nanopartikel <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄ untuk variasi ekstrak (a) 5 mL, (b) 10 mL, (c) 15 mL, (d) 20 mL, dan (e) ekstrak AV 5 mL	63
Gambar 5.10	$(\alpha hv)^2$ sebagai fungsi energi foton (hv) untuk menentukan energi celah pita sampel	65
Gambar 5.11	Grafik perbandingan nilai permitivitas dielektrik riil pada frekuensi 10-900 kHz	67
Gambar 5.12	Grafik perbandingan nilai permitivitas dielektrik imajiner pada frekuensi 10-900 kHz	68
Gambar 5.13	(a) Material dielektrik tanpa pengaruh medan listrik, (b) material dielektrik pada pengaruh medan listrik, (c) batas butir yang menimbulkan polarisasi antarmuka, (d) ion positif dan negatif dalam batas butir (Kasap, 2018).....	69
Gambar 5.14	Grafik perbandingan nilai <i>loss tangent</i> pada nanopartikel <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄	71
Gambar 5.15	Grafik impedansi pada nanopartikel <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄	72



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Penelitian terbaru terkait sintesis nanopartikel dengan MO	19
Tabel 5.1	Nilai ukuran kristalit rata-rata dan parameter kisi sampel nanopartikel <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄ dengan variasi MO (0, 5, 10, 15, dan 20 mL) dan AV 10 mL.....	56
Tabel 5.2	Hasil analisis spektrum FTIR ekstrak MO, ekstrak MO, nanopartikel Fe ₃ O ₄ , <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄ ekstrak MO dan Fe ₃ O ₄ ekstrak AV	61
Tabel 5.3	Nilai energi celah pita nanopartikel <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄	66
Tabel 5.4	Ukuran diameter dan tebal pelet sampel	67
Tabel 5.5	Pengaruh konsentrasi ekstrak MO dan AV terhadap nilai permitivitas dielektrik riil (ϵ') pada nanopartikel Fe ₃ O ₄	69
Tabel 5.6	Pengaruh konsentrasi ekstrak MO dan AV terhadap nilai permitivitas dielektrik imajiner (ϵ'') pada nanopartikel <i>green-synthesized</i> Fe ₃ O ₄	70
Tabel 5.7	Pengaruh konsentrasi ekstrak MO dan AV terhadap nilai <i>loss tangent</i> pada nanopartikel Fe ₃ O ₄	72
Tabel 5.8	Pengaruh konsentrasi ekstrak MO dan AV terhadap nilai impedansi pada nanopartikel Fe ₃ O ₄	73