UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Fabrikasi, Karakterisasi, dan Kajian Dielektrik Green-Synthesized Nanopartikel Magnetite (Fe3O4)
FRISKA SURYANI S, Dr. Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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_3O_4) 13

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Fabrikasi, Karakterisasi, dan Kajian Dielektrik Green-Synthesized Nanopartikel Magnetite (Fe3O4)
FRISKA SURYANI S, Dr. Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.1.1 Sifat superparamagnetik nanopartikel Fe_3O_4 14
3.2 *Green Synthesis* 16
3.3 *Moringa Oleifera* (MO) 18
3.4 *Amaranthus Viridis* (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 Fe3O4 41

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Fabrikasi, Karakterisasi, dan Kajian Dielektrik Green-Synthesized Nanopartikel Magnetite (Fe3O4)
FRISKA SURYANI S, Dr. Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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 Fe3O4.....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_3O_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 Analisi Kajian Dielektrik Nanopartikel Fe_3O_4.....66
5.3.1 Permitivitas dielektrik sebagai fungsi frekuensi..... 67
5.3.2 Pengaruh konsentrasi ekstrak MO dan AV terhadap permitivitas dielektrik..... 69
5.3.3 Loss tangent nanopartikel green-synthesized Fe_3O_4..... 70
5.3.4 Impedansi nanopartikel *green-synthesized* Fe_3O_4..... 72
BAB VI PENUTUP..... 74
6.1 Kesimpulan.....74
6.2 Saran.....75
DAFTAR PUSTAKA..... 76

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Fabrikasi, Karakterisasi, dan Kajian Dielektrik Green-Synthesized Nanopartikel Magnetite (Fe3O4)
FRISKA SURYANI S, Dr. Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Spin magnetik material ferrimagnetik (Adhim, 2018) 13
Gambar 3.2 Struktur kristal magnetik (Fe_3O_4).....14
Gambar 3.3 Kurva magnetisasi versus medan terapan untuk nanopartikel Fe_3O_4(Mabarroh dkk., 2022).....15
Gambar 3.4 Material *green* bio-sintesis Fe_3O_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 *Amaranthus Viridis*.....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 α_d (0) E_0 hingga α_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

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Fabrikasi, Karakterisasi, dan Kajian Dielektrik Green-Synthesized Nanopartikel Magnetite (Fe3O4)
FRISKA SURYANI S, Dr. Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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) *Nyquist* dan *Bode*, (c) Impedansi total, (d) Plot sudut fase (Lvovich, 2012) 32

Gambar 3.19 (a) *Cole-Cole plot* hubungan antara $\boldsymbol{\varepsilon_r}$'' terhadap $\boldsymbol{\varepsilon}$' 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 Fe3O4.....43

Gambar 4.4 Definisi lebar setengah puncak (FWHM).....43

Gambar 4.5 Analisis FT-IR nanopartikel LAP, Fe_3O_4, LAP-Fe_3O_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 absorbsi dan analisis energi gap dari Fe_3O_4 pada suhu annealing yang berbeda (Aisida dkk., 2021) 47

Gambar 4.8 Proses kompaksi nanopartikel (a) memasukkan Fe_3O_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 *green-synthesized* nanopartikel Fe_3O_4 ekstrak variasi MO dan ekstrak AV.....51

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Fabrikasi, Karakterisasi, dan Kajian Dielektrik Green-Synthesized Nanopartikel Magnetite (Fe3O4)
FRISKA SURYANI S, Dr. Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.2 Pola XRD nanopartikel *green-synthesized* Fe_3O_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_3O_4 ekstrak MO 0 mL.....57
Gambar 5.5 (a) Citra morfologi dan (b) distribusi ukuran nanopartikel *green-synthesized* Fe_3O_4 ekstrak MO 10 mL 58
Gambar 5.6 Cincin difraksi (a) Fe_3O_4 ekstrak MO 0 mL (b) Fe_3O_4 ekstrak MO 10 mL.....59
Gambar 5.7 Spektrum FTIR (a) ekstrak MO (b) ekstrak AV (c) nanopartikel Fe_3O_4 (d) nanopartikel Fe_3O_4 ekstrak MO 10 mL dan (e) nanopartikel Fe_3O_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 *green-synthesized* Fe_3O_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 *loss tangent* pada nanopartikel *green-synthesized* Fe_3O_4 71
Gambar 5. 15 Grafik impedansi pada nanopartikel *green-synthesized* Fe_3O_4 72

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Fabrikasi, Karakterisasi, dan Kajian Dielektrik Green-Synthesized Nanopartikel Magnetite (Fe3O4)
FRISKA SURYANI S, Dr. Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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 *green-synthesized* Fe_3O_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_3O_4, green-synthesized Fe_3O_4 ekstrak MO dan Fe_3O_4 ekstrak AV 61
Tabel 5.3 Nilai energi celah pita nanopartikel *green-synthesized* Fe_3O_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_3O_4 69
Tabel 5.6 Pengaruh konsentrasi ekstrak MO dan AV terhadap nilai permitivitas dielektrik imajiner (ε'') pada nanopartikel *green-synthesized* Fe_3O_4 70
Tabel 5.7 Pengaruh konsentrasi ekstrak MO dan AV terhadap nilai *loss tangent* pada nanopartikel Fe_3O_4 72
Tabel 5.8 Pengaruh konsentrasi ekstrak MO dan AV terhadap nilai impedansi pada nanopartikel Fe_3O_4 73