KAJIAN MAGNETO-OPTIC SURFACE PLASMON RESONANCE GREEN-SYNTHESIZED NANOKOMPOSIT Fe3O4/Ag UNTUK DETEKSI BOVINE SERUM ALBUMIN
Rafiqa Wulandani, Prof. Dr.Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

SAMPUL ..... **i**

HALAMAN PENGESEHAN ..... **ii**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ..... **iii**

MOTTO DAN PERSEMBAHAN ..... **iv**

PRAKATA ..... **v**

DAFTAR ISI ..... **vii**

DAFTAR GAMBAR ..... **xi**

DAFTAR TABEL ..... **xv**

INTISARI ..... **xvi**

ABSTRACT ..... **xvii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 5

1.3 Batasan Masalah 5

1.4 Tujuan Penelitian 6

1.5 Manfaat Penelitian 6

1.6 Sistematika Penulisan 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **8**

2.1 *Green Synthesis* Nanopartikel Fe_3O_4, Nanopartikel Ag dan Nanokomposit Fe_3O_4/Ag 8

2.2 Kajian SPR untuk Biosensor 11

2.3 Kajian MOSPR pada Lapisan Material Magnetik 12

BAB III LANDASAN TEORI **16**

3.1 Gelombang Elektromagnetik dalam Bahan 16

3.2 Karakteristik Optis Bahan 20

KAJIAN MAGNETO-OPTIC SURFACE PLASMON RESONANCE GREEN-SYNTHESIZED NANOKOMPOSIT Fe3O4/Ag UNTUK DETEKSI BOVINE SERUM ALBUMIN
Rafiqa Wulandani, Prof. Dr.Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3 Reflektansi Gelombang Cahaya 24
3.4 Gelombang Evanescent 27
3.5 *Surface Plasmon* 29
3.6 Eksitasi *Surface Plasmon* melalui Kopling Prisma 30
3.7 *Surface Plasmon Resonance* (SPR) 32
3.8 *Magneto-Optic Surface Plasmon Resonance* (MOSPR) 34
3.9 Magnetit (Fe_3O_4) 37
3.10 Perak (Ag) 37
3.11 Metode *Green Synthesis* 38
3.12 Bovine Serum Albumin 39
3.13 Karakterisasi Material 40
3.13.1 *X-Ray Diffractometer* (XRD) 41
3.13.2 *High Resolution-Transmission Electron Microscopy* (HR-TEM) 42
3.13.3 *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 44
3.13.4 *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) 45
3.13.5 Spektroskopi *Ultraviolet-Visible* (UV-Vis) 46
3.13.6 *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) 48
BAB IV METODE PENELITIAN 49
4.1 Waktu dan Tempat Penelitian 49
4.2 Bahan dan Alat Penelitian 49
4.3 Skema Penelitian 51
4.4 Prosedur Penelitian 52
4.4.1 Pembuatan Larutan *Moringa oleifera* 52
4.4.2 *Green Synthesis* Nanopartikel Fe_3O_4 53
4.4.3 Modifikasi Permukaan Nanopartikel Fe_3O_4/APTMS 53
4.4.4 *Green Synthesis* Nanopartikel Ag 54

KAJIAN MAGNETO-OPTIC SURFACE PLASMON RESONANCE GREEN-SYNTHESIZED NANOKOMPOSIT Fe3O4/Ag UNTUK DETEKSI BOVINE SERUM ALBUMIN
Rafiqa Wulandani, Prof. Dr.Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.4.5 *Green Synthesis* Nanokomposit Fe_3O_4/Ag 54
4.5 Deposisi Nanokomposit Fe_3O_4/Ag dan BSA 55
4.6 Pengamatan Fenomena SPR 56
4.7 Karakterisasi Material dan Teknik Analisis Data 57
4.7.1 Karakterisasi XRD 57
4.7.2 Karakterisasi HR-TEM 58
4.7.3 Karakterisasi SEM-EDX 59
4.7.4 Karakterisasi VSM 60
4.7.5 Karakterisasi UV-Vis 60
4.7.6 Karakterisasi FTIR 61
4.8 Analisis Data SPR dan MOSPR 62
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 63
5.1 Karakterisasi Nanokomposit Fe_3O_4/Ag 63
5.1.1 Analisis Struktur Kristal 63
5.1.2 Analisis Morfologi, Ukuran Partikel dan Komposisi Nanokomposit 66
5.1.3 Analisis Sifat Magnetik 69
5.1.4 Analisis Gugus Fungsi 71
5.1.5 Analisis Sifat Optik 74
5.2 Mekanisme Pembentukan *Green-Synthesized* Nanokomposit Fe_3O_4/Ag 75
5.3 Kajian SPR pada Deteksi Bovine Serum Albumin 77
5.4 Kajian MOSPR 81
5.5 Perbandingan Kuantitatif SPR dan MOSPR 88
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 93
6.1 Kesimpulan 93
6.2 Saran 94

KAJIAN MAGNETO-OPTIC SURFACE PLASMON RESONANCE GREEN-SYNTHESIZED NANOKOMPOSIT Fe3O4/Ag UNTUK DETEKSI BOVINE SERUM ALBUMIN
Rafiqa Wulandani, Prof. Dr.Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR PUSTAKA **95**

LAMPIRAN 1 ..... **111**

LAMPIRAN 2 ..... **112**

LAMPIRAN 3 ..... **116**

LAMPIRAN 4 ..... **119**

LAMPIRAN 5 ..... **121**

LAMPIRAN 6 ..... **124**

LAMPIRAN 7 ..... **125**

LAMPIRAN 8 ..... **127**

LAMPIRAN 9 ..... **129**

LAMPIRAN 10 ..... **130**

KAJIAN MAGNETO-OPTIC SURFACE PLASMON RESONANCE GREEN-SYNTHESIZED NANOKOMPOSIT Fe3O4/Ag UNTUK DETEKSI BOVINE SERUM ALBUMIN
Rafiqa Wulandani, Prof. Dr.Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Geometri perambatan gelombang pada bidang datar (Maier, 2007) 18
Gambar 3.2 Pembiasan cahaya pada dua medium dengan kerapatan yang berbeda (Fujiwara, 2007) 25
Gambar 3.3 Medan listrik E dan induksi magnet B untuk cahaya (a) polarisasi-p dan (b) polarisasi-s (Fujiwara, 2007)..... 26
Gambar 3.4 Gelombang *evanescent* (Eddin dan Fen, 2020)..... 28
Gambar 3.5 (a) Logam disinari dengan cahaya dan (b) terjadi dipol listrik dan menghasilkan gaya pemulih dengan arah yang berlawanan (Rubio, 2015)..... 29
Gambar 3.6 SP pada permukaan batas medium logam-dielektrik (Rubio, 2015) 30
Gambar 3.7 Relasi dispersi dari (a) *Bulk plasmon* (b) *Surface plasmon* suatu logam (Fox, 2010) 31
Gambar 3.8 Relasi dispersi SPP (Rubio, 2015) dan (b) Relasi Dispersi untuk sistem *multilayer* 32
Gambar 3.9 Pergeseran sudut SPR (Yesudasu, Pradhan dan Pandya, 2021)... 33
Gambar 3.10 Eksitasi Surface Plasmon melalui kopling prisma pada konfigurasi (a) Kretschmann-Raether dan (b) Otto (Rubio, 2015)..... 34
Gambar 3.11 (a) konfigurasi *transversal*, (b) konfigurasi *polar*, dan (c) konfigurasi *longitudinal* (Yamamoto dan Matsuda, 2017)..... 35
Gambar 3.12 Pemodelan struktur kristal Fe_3O_4 (Sombut *et al.*, 2025) 37
Gambar 3.13 Skematik proses green synthesis (Sajjad et al., 2018)..... 39
Gambar 3.14 Struktur protein BSA (Chuang dan Otagiri, 2013)..... 40
Gambar 3.15 Prinsip Gonoimeter (Epp, 2016)..... 41
Gambar 3.16 Difraksi Bragg sebagai prinsip dasar XRD (Callister Jr dan Rethwisch, 2020)..... 42
Gambar 3.17 Skema ilustrasi (a) HR-TEM dan (b) STEM (Cabral, Chen dan Liao, 2023)..... 43
Gambar 3.18 Diagram skematik prinsip kerja SEM (Zhu *et al.*, 2014) 45

KAJIAN MAGNETO-OPTIC SURFACE PLASMON RESONANCE GREEN-SYNTHESIZED NANOKOMPOSIT Fe3O4/Ag UNTUK DETEKSI BOVINE SERUM ALBUMIN
Rafiqa Wulandani, Prof. Dr.Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.19 Kurva hysteresis pada material ferromagnetik dan ferrimagnetik (Suharyadi *et al.,* 2022) 46
Gambar 3.20 Skema spektrofotometer UV-Vis (Double-beam) (De Caro, Toledo dan Claudia, 2015)..... 47
Gambar 3.21 Absorbsi sinar UV-Vis oleh larutan sampel dalam kuvet (De Caro, Toledo dan Claudia, 2015) 48
Gambar 3.22 Skematik FTIR (Bacsik, Mink dan Keresztury, 2004)..... 48
Gambar 4.1 Skema penelitian 52
Gambar 4.2 Ekstraksi larutan *Moringa oleifera*..... 53
Gambar 4.3 *Green synthesis* nanopartikel Fe_3O_4 53
Gambar 4.4 Modifikasi permukaan nanopartikel Fe_3O_4/APTMS..... 54
Gambar 4.5 *Green synthesis* Nanopartikel Ag..... 54
Gambar 4.6 *Green Synthesis* Nanokomposit Fe_3O_4/Ag 55
Gambar 4.7 Skema sistem *multilayer* prisma untuk konfigurasi Kretschmann 56
Gambar 4.8 *Set-up* Perangkat SPR..... 56
Gambar 4.9 (a) Foto *set-up* dan (b) Skema *set-up* MOSPR dalam konfigurasi transversal..... 57
Gambar 4.10 Contoh hasil karakterisasi XRD dari nanopartikel Fe_3O_4 dan Fe_3O_4@Ag (Garcia *et al.*, 2023)..... 58
Gambar 4.11 Contoh hasil karakterisasi HR-TEM dari nanokomposit Fe_3O_4/Ag (Padmavathy *et al.*, 2022)..... 59
Gambar 4.12 Contoh hasil karakterisasi SEM-EDX dari nanokomposit Fe_3O_4/Ag (Swastika *et al.*, 2025) 59
Gambar 4.13 Contoh hasil karakterisasi VSM dari nanokomposit Fe_3O_4/Ag (Darmawan *et al.*, 2023)..... 60
Gambar 4.14 Contoh hasil karakterisasi UV-Vis kurva absorbansi Fe_3O_4/Ag dengan variasi konsentrasi Ag (Wahyuni *et al.*, 2023) 61
Gambar 4.15 Contoh hasil Uji FTIR Fe_3O_4/Ag (Riswan *et al.*, 2023)..... 61
Gambar 4.16 Perbandingan kurva SPR dan TMOKE (MOSPR) (Li *et al*., 2023) 62
Gambar 5.1 Pola difraksi sinar-x pada sampel Fe_3O_4 dan Fe_3O_4/Ag.....64

KAJIAN MAGNETO-OPTIC SURFACE PLASMON RESONANCE GREEN-SYNTHESIZED NANOKOMPOSIT Fe3O4/Ag UNTUK DETEKSI BOVINE SERUM ALBUMIN
Rafiqa Wulandani, Prof. Dr.Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.2 Pola difraksi pada bidang (311) sampel (a) ICDD No. 01–079–0419, (b) Fe_3O_4 dan (c) Fe_3O_4/Ag 65
Gambar 5.3 Citra HR-TEM dengan pola kisi, SAED dan distribusi partikel (dari kiri ke kanan) untuk (a–c) nanopartikel Fe_3O_4 dan (d–f) nanokomposit Fe_3O_4/Ag. 67
Gambar 5.4 Hasil karakterisasi SEM EDX (a) morfologi permukaan dan (b) presentase massa Fe_3O_4 68
Gambar 5.5 Hasil karakterisasi SEM EDX (a) morfologi permukaan dan (b) presentase massa Fe_3O_4/Ag 69
Gambar 5.6 Kurva histeresis Fe_3O_4 dan Fe_3O_4/Ag 69
Gambar 5.7 Spektrum FTIR (a) Fe_3O_4 (b) Fe_3O_4/Ag, (c) Fe_3O_4/Ag/BSA dan (d) BSA 71
Gambar 5.8 Mekanisme adsorpsi BSA ke permukaan Ag 73
Gambar 5.9 Spektrum serapan UV–vis pada (a) Fe_3O_4, (b) Fe_3O_4/Ag, (c) BSA, (d) Fe_3O_4/Ag/BSA 1 mg/mL, (e) Fe_3O_4/Ag/BSA 3 mg/mL dan (f) Fe_3O_4/Ag/BSA 5 mg/mL 74
Gambar 5.10 Mekanisme pembentukan nanokomposit Fe_3O_4/Ag melalui metode green synthesis. 77
Gambar 5.11 Citra FE-SEM *titled cross-section* pada sistem substrat/Au/Fe_3O_4/Ag/BSA/udara 78
Gambar 5.12 Kurva SPR dari (a) prisma/Au/udara, (b) prisma/Au/Fe_3O_4/Ag/udara, (c) prisma/Au/Fe_3O_4/Ag/BSA1/udara, (d) prisma/Au/Fe_3O_4/Ag/BSA3/udara dan (e) prisma/Au/Fe_3O_4/Ag/BSA5/udara 79
Gambar 5.13 Kurva SPR dari (a) prisma/Au/udara, (b) prisma/Au/Fe_3O_4/Ag/udara, (c) prisma/Au/Fe_3O_4/Ag/BSA1/udara, (d) prisma/Au/Fe_3O_4/Ag/BSA1/udara 40 Oe, (d) prisma/Au/Fe_3O_4/Ag/BSA1/udara 50 Oe dan (f) prisma/Au/Fe_3O_4/Ag/BSA1/udara 60 Oe 84
Gambar 5.14 (a) Kurva non-resiprokal SPR dan (b) Perbandingan kurva SPR dan TMOKE 86

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KAJIAN MAGNETO-OPTIC SURFACE PLASMON RESONANCE GREEN-SYNTHESIZED NANOKOMPOSIT Fe3O4/Ag UNTUK DETEKSI BOVINE SERUM ALBUMIN
Rafiqa Wulandani, Prof. Dr.Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.15 Ilustrasi fenomena LSPR dibawah pengaruh medan magnet eksternal..... 87
Gambar 5.16 Hubungan linier sudut resonansi terhadap indeks bias BSA..... 90
Gambar 5.17 Hubungan linier sudut resonansi terhadap konsentrasi BSA 91

KAJIAN MAGNETO-OPTIC SURFACE PLASMON RESONANCE GREEN-SYNTHESIZED NANOKOMPOSIT Fe3O4/Ag UNTUK DETEKSI BOVINE SERUM ALBUMIN
Rafiqa Wulandani, Prof. Dr.Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 4.2 Komposisi variasi konsentrasi larutan BSA 55
Tabel 5.1 Ukuran kristalit, parameter kisi dan jarak antar bidang (311) pada nanopartikel Fe_3O_4 dan nanokomposit Fe_3O_4/Ag 66
Tabel 5.2 Sifat magnetik sampel 70
Tabel 5.3 Hasil analisis spektrum FTIR 71
Tabel 5.4 Panjang gelombang puncak serapan dari Fe_3O_4, Fe_3O_4/Ag, BSA dan Fe_3O_4/Ag/BSA berbagai konsentrasi 75
Tabel 5.5 Sudut SPR dan pergeseran sudut SPR saat deteksi BSA 80
Tabel 5.6 Sudut SPR dan pergeseran sudut SPR pada berbagai variasi medan magnet eksternal..... 85
Tabel 5.7 Indeks bias BSA berbagai konsentrasi 89