

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL, KONSTANTA, DAN SINGKATAN	xv
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Kebaharuan Penelitian	5
1.6. Manfaat Penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aplikasi Medan Magnet Eksternal pada Sensor SPR di UGM	6
2.2. <i>Magneto-Optic Surface Plasmon Resonance</i> (MO-SPR)	10
2.3. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe ₃ O ₄ di UGM	15
2.4. Kajian Teoritik Pengaruh Nanopartikel Fe ₃ O ₄ pada Deteksi Biosensor Berbasis SPR	17

BAB III LANDASAN TEORI

3.1. Perambatan Gelombang Elektromagnetik	19
3.2. Indeks Bias dan Konstanta Dielektrik Kompleks	21
3.3. Sifat Optik Logam: Model Drude	22
3.4. Refleksi dan Transmisi Gelombang Cahaya	23
3.5. <i>Total Internal Reflection</i> (TIR)	25
3.6. <i>Surface Plasmon</i> pada Lapisan Tipis Logam	26
3.7. Eksitasi <i>Surface Plasmon</i> (SP) Melalui Kopling Prisma	33
3.8. <i>Surface Plasmon Resonance</i> dalam Konfigurasi Kretschmann- Raether	35

3.8.1 Relasi Dispersi Sistem Prisma/Au/Udara.....	36
3.8.2 Relasi Dispersi Sistem Prisma/Au/Dielektrik/ Udara	38
3.9. Reflektansi Sistem <i>Single Layer</i>	40
3.10 Reflektansi Sistem <i>Multilayer</i>	42
3.11 Prambatan Gelombang Cahaya di dalam Kristal.....	43
3.12 Magnetoplasmonik	46
3.13 Efek Magneto-optik pada Logam Mulia	47
3.14 Nanopartikel Magnetik	48
 BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian	50
4.2. Alat dan Bahan Penelitian	50
4.3. Diagram Alir Penelitian	52
4.4. Evaporasi Emas pada Prisma	53
4.5. Sintesis Nanopartikel Magnetik Fe_3O_4	53
4.6. Deposisi Nanopartikel Magnetik Fe_3O_4 pada Prisma	54
4.7. Pengamatan Fenomena SPR	55
 BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1 <i>Total Internal Reflection</i> (TIR) pada Prisma	58
5.2 Penentuan Resolusi Sudut SPR Hasil Eksperimen	61
5.3 Penentuan Ketebalan Lapisan Emas pada Sistem Prisma/Au/Udara.....	62
5.4 Pengaruh Deposisi Nanopartikel Fe_3O_4 pada Sistem SPR.....	65
5.5 Fenomena <i>Magneto-Optic Surface Plasmon Resonance</i> (MO-SPR)	69
5.6 Efek Magneto-Optik pada Material	81
5.7 Efek Magneto-Optik terhadap Polarisasi Cahaya	82
5.8 Efek Magneto-Optik terhadap Tensor Dielektrik	84
5.9 Efek <i>Nonreciprocal</i>	85
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
DAFTAR PUSTAKA.....	91
LAMPIRAN	
Lampiran 1	96
Lampiran 2.....	98
Lampiran 3.....	100
Lampiran 4.....	102
Lampiran 5.....	107
Lampiran 6.....	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 SPR pada sistem prisma/Ag/nanopartikel Fe ₃ O ₄ dalam konfigurasi Kretschmann (Megasari, 2012).	6
Gambar 2.2 (a) SPR pada sistem Prisma/Ag/Fe ₃ O ₄ , (b) SPR pada sistem Prisma/Ag/Fe ₃ O ₄ (+B), (c) SPR pada sistem Prisma/Ag/Fe ₃ O ₄ (-B), dan (d) SPR pada sistem Prisma/Ag/Fe ₃ O ₄ (+B) dan Prisma/Ag/Fe ₃ O ₄ (-B) (Megasari, 2012).	7
Gambar 2.3 Sistem lapisan tipis perak dalam Konfigurasi Kretschmann: (a-b) Prisma/Ag/CoFe ₂ O ₄ di bawah pengaruh medan magnet eksternal di depan prisma dan (c-d) Prisma/Ag/CoFe ₂ O ₄ di bawah pengaruh medan magnet eksternal di depan nanopartikel CoFe ₂ O ₄ (Mayasari dan Nuryadi 2015).	8
Gambar 2.4 Kurva ATR sistem prisma/Ag (garis putus-putus) dan sistem prisma/Ag/nanopartikel CoFe ₂ O ₄ (garis penuh) (Mayasari dan Nuryadi 2015).	9
Gambar 2.5 Kurva ATR sistem prisma/Ag/nanopartikel CoFe ₂ O ₄ , serta sistem prisma/Ag/nanopartikel di bawah pengaruh medan magnet eksternal dengan kutub utara dan kutub selatan di depan prisma (Mayasari dan Nuryadi 2015).	9
Gambar 2.6 Skema Sensor SPR dan MO-SPR (Manera dkk. 2014)	10
Gambar 2.7 (a) Kurva MO dari Au/Co/Au yang diseposisi pada prisma SF10 dan (b) kurva kalibrasi relatif pada deteksi antibodi menggunakan transduser optik dan magneto-optik Au/Co/Au (Manera, dkk. 2014)	12
Gambar 2.8 Konsep Magneto-Optik SPR (David, dkk. 2015)	12
Gambar 2.9 Kurva (a) simulasi SPR, (b) eksperimen SPR, dan respon MOSPR untuk Au 50 nm (hitam), Au-Co-Au (merah), dan Au-Aloy Co (biru).	13

Gambar 2.10 Set-up eksperimen untuk membangkitkan gelombang SPP pada interface antara logam dan dielektrik (Manera, dkk. 2017).	14
Gambar 2.11 Kurva eksperimen (a) SPR, (b) MO-SPR, dan (c) kurva kalibrasi untuk menentukan sensitivitas transduser (Manera, dkk. 2017).	14
Gambar 2.12 Histerisis NP Fe_3O_4 yang disintesis menggunakan metode co-presipitasi pada suhu 60°C (Nuzully, 2013).	16
Gambar 2.13 (a) Morfologi NP Fe_3O_4 menggunakan TEM dan (b) distribusi ukuran NP Fe_3O_4 yang disintesis menggunakan metode co-presipitasi pada suhu 60°C (Ekariyani, 2014).	16
Gambar 2.14 Grafik hasil analisa XRD NP Fe_3O_4 yang disintesis menggunakan metode co-presipitasi pada suhu 60°C (Ekariyani, 2014).	17
Gambar 2.15. Kurva ATR (a) tanpa dan (b) dengan pengaruh nanopartikel Fe_3O_4 (10 nm) dengan variasi ketebalan perak (Sihombing, 2013).	18
Gambar 2.16. Bagian real dan imajiner permeabilitas kompleks nanopartikel Fe_3O_4 dengan variasi damping α (Sihombing, 2013).	18
Gambar 3.1 Reflektivitas Perak (Ag) pada daerah inframerah hingga ultraviolet (Fox, 2010).	23
Gambar 3.2 Pemantulan dan pembiasan cahaya pada bidang batas dua medium (Fujiwara, 2007).	24
Gambar 3.3 Medan listrik E dan induksi magnet B untuk cahaya (a) terpolarisasi- p dan (b) terpolarisasi- s (Fujiwara, 2007).	24
Gambar 3.4 Terjadinya TIR (Fujiwara, 2007).	26
Gambar 3.5 Kurva Reflektansi sistem Prisma/Udara (Fujiwara, 2007).	26
Gambar 3.6 Surface Plasmon pada bidang batas antara logam dan dielektrik (Rubio, 2015).	27
Gambar 3.7 Pembiasan cahaya pada bidang batas antara dua medium dengan sudut datang θ (Rubio, 2015).	27
Gambar 3.8 (a) Geometri perambatan SPP pada <i>interface</i> antara logam dan dielektrik, (b) peluruhan SPP secara eksponensial sebagai fungsi posisi (Fox, 2010).	28

Gambar 3.9 Geometri Perambatan Gelombang pada Bidang Datar (Maier, 2007)	29
Gambar 3.10 Geometri perambatan SPP pada <i>interface</i> antara logam dan dielektrik (Maier, 2007).....	31
Gambar 3.11 Relasi dispersi dari (a) <i>bulk plasmon</i> dan (b) <i>surface plasmon</i> suatu logam (Fox, 2010).....	34
Gambar 3.12 Relasi dispersi SPP (Rubio, 2015)	345
Gambar 3.13 Eksitasi Surface Plasmon melalui kopling prisma pada konfigurasi (a) Kretschmann-Raether dan (b) Otto (Rubio, 2015).....	35
Gambar 3.14 Sistem Prisma/Au/Udara (Arifin, 2011).....	36
Gambar 3.15 Sistem Prisma/Au/Dielektrik/Udara (Arifin, 2011)	38
Gambar 3.16 Sistem single layer (Sidiropoulos, 2010)	41
Gambar 3.17 Kurva Reflektansi sistem Prisma/Au/Udara (Sidiropoulos, 2010) ..	42
Gambar 3.18 Sistem Multilayer (Sidiropoulos, 2010).....	42
Gambar 3.19 Permukaan vektor gelombang (Fowles, 1968).....	45
Gambar 3.20 Konstanta Magneto-Optik Au dalam pengaruh medan magnet eksternal 1 T (Armelles, 2013).....	48
Gambar 3.21 Diagram energi material ferromagnetik dan superparamagnetik (Xu, 2004)	49
Gambar 3.22 (a) Subkisi tetrahedral, (b) subkisi oktahedral, (c) gabungan tetrahedral dan oktahedral, dan (d) struktur kristal Fe_3O_4 (Cullity, 1978)	49
Gambar 4.1. (a) <i>Vacuum evaporator</i> dan (b) ruang vakum (Nurrohman, 2016)...	50
Gambar 4.2. Diagram Alir Penelitian	52
Gambar 4.3. Konfigurasi Kretschmann Prisma/Au/ Fe_3O_4 /Udara.....	55
Gambar 4.4. Set-up Perangkat SPR	55
Gambar 4.5. (a) Aplikasi medan magnet eksternal pada perangkat SPR dan Skema Elektromagnet	56
Gambar 4.6 Skema Aplikasi medan magnet eksternal pada sistem SPR dengan konfigurasi <i>in-plane</i> dalam arah (a) positif dan (b) negatif	57

Gambar 4.7 Skema Aplikasi medan magnet eksternal pada sistem SPR dengan konfigurasi <i>out-of-plane</i> dalam arah (a) positif dan (b) negatif	57
Gambar 5.1 Simulasi Pengaruh Indeks Bias Prisma pada Kurva Reflektansi Prisma/Udara menggunakan Program Winspall 3.0	58
Gambar 5.2 Kurva Reflektansi Prisma A, B, C, D, E, dan F	59
Gambar 5.3. Simulasi Kurva SPR dengan Variasi Indeks Bias Prisma menggunakan Program Winspall 3.0.....	60
Gambar 5.4 <i>Full Width Half Maximum peak</i> (FWHM).....	61
Gambar 5.5 Kurva Reflektansi Sistem Prisma/Au/Udara (a) Sampel 1-6 dan (b) sampel 7-12	62
Gambar 5.6 Simulasi Pengaruh ketebalan Emas pada Kurva SPR menggunakan Program Winspall 3.0.....	63
Gambar 5.7. Relasi dispersi gelombang SPP pada sistem tiga layer dengan variasi ketebalan logam (Arifin, 2011).....	64
Gambar 5.8 Simulasi pengaruh ketebalan Fe ₃ O ₄ menggunakan program Winspall 3.0.....	65
Gambar 5.9 Kurva Reflektansi Prisma/Au/Fe ₃ O ₄ /Udara (a) Sampel 1-6 dan (b) sampel 7-12.	66
Gambar 5.10 Relasi dispersi gelombang SPP pada sistem empat layer dengan variasi ketebalan lapisan tipis PEDOT:PSS (Arifin, 2011).	68
Gambar 5.11 Variasi medan magnet eksternal terhadap waktu	69
Gambar 5.12 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal +40 Oe dengan konfigurasi longitudinal (<i>in-plane</i>).....	71
Gambar 5.13 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal +50 Oe dengan konfigurasi longitudinal (<i>in-plane</i>).....	71
Gambar 5.14 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal 60 Oe dengan konfigurasi longitudinal (<i>in-plane</i>)	72
Gambar 5.15 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal -40 Oe dengan konfigurasi longitudinal (<i>in-plane</i>).....	72
Gambar 5.16 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal -50 Oe dengan konfigurasi longitudinal (<i>in-plane</i>).....	73

Gambar 5.17 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal -60 Oe dengan konfigurasi longitudinal (<i>in-plane</i>).....	73
Gambar 5.18 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal 40 Oe dengan konfigurasi <i>out-of-plane</i> (polar).....	75
Gambar 5.19 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal 50 Oe dengan konfigurasi <i>out-of-plane</i> (polar).....	75
Gambar 5.20 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal 60 Oe dengan konfigurasi <i>out-of-plane</i> (polar).....	76
Gambar 5.21 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal -40 Oe dengan konfigurasi <i>out-of-plane</i> (polar)	76
Gambar 5.22 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal -50 Oe dengan konfigurasi <i>out-of-plane</i> (polar).	77
Gambar 5.23 Pergeseran Sudut SPR dalam pengaruh medan magnet eksternal -60 Oe dengan konfigurasi <i>out-of-plane</i> (polar)	77
Gambar 5.24 Kurva Reflektansi Sampel A dengan medan magnet eksternal +60 Oe dan -60 Oe	79
Gambar 5.25 Kurva Reflektansi Sampel B dengan medan magnet eksternal +60 Oe dan -60 Oe	79
Gambar 5.26 Kurva Reflektansi Sampel A dengan variasi medan magnet eksternal 0, 40 Oe, 50 Oe dan 60 Oe	80
Gambar 5.27 Kurva Reflektansi Sampel A dengan variasi medan magnet eksternal 0, -40 Oe, -50 Oe, dan -60 Oe	80
Gambar 5.28 Konfigurasi pemberian medan magnet eksternal terhadap sampel .	81
Gambar 5.29 Eksperimen <i>non-reciprocal reflection</i> dengan sudut datang (a) positif dan (b) negatif	86
Gambar 5.30 Pembalikan arah datang cahaya dapat diganti dengan pembalikan arah medan magnet pada sampel	86

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tensor Dielektrik Kristal	46
Tabel 4.1 Variasi konfigurasi, pembalikan arah, dan variasi besar medan magnet eksternal.....	57
Tabel 5.1. Indeks Bias dan Sudut Kritis Prisma.....	59
Tabel 5.2 Data Reflektansi Sistem Prisma Au/Udara	64
Tabel 5.3 Data Pergeseran Kurva SPR sebelum dan sesudah deposisi nanopartikel Fe_3O_4	67
Tabel 5.4 Nilai konstanta gelombang dan sudut resonansi sistem empat layer pada panjang gelombang 633 nm dan tebal Ag 31 nm (Arifin, 2011).....	68
Tabel 5.5. Data pergeseran sudut SPR dalam konfigurasi <i>in-plane</i>	70
Tabel 5.6. Data pergeseran sudut SPR dalam konfigurasi <i>out-of-plane</i>	74
Tabel 5.7 Data pergeseran sudut SPR Sampel A dengan medan magnet eksternal <i>in-plane</i> terhadap sampel.....	78
Tabel 5.8 Data pergeseran sudut SPR Sampel B dengan medan magnet eksternal <i>out-of-plane</i> terhadap sampel	78