

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
INTISARI	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Dasar-Dasar Kemagnetan	13
3.2 Domain dan Dinding Domain Magnetik	15
3.3 Histerisis Loop	16
3.4 Feromagnetik	18
3.5 Antiiferomagnetik	19
3.6 <i>Giant Magnetoresistance</i> (GMR)	20
3.7 Lapisan Tipis <i>Spin Valve</i>	22
3.8 <i>Exchange Bias</i>	24
3.9 Nanopartikel Magnetik dan Sifat Superparamagnetik	25
3.10 Struktur Kristal Fe ₃ O ₄ dan Metode Kopresipitasi	27
3.11 <i>Polyethylene Glycole</i> (PEG)	28
3.12 Fungsionalisasi Fe ₃ O ₄ dengan <i>Polyethylene Glycole</i> (PEG)	29
3.13 Formalin	30
3.14 Gelatin	31

3.15	Interaksi Sensor dengan Partikel Magnetik	31
3.16	Jembatan Wheatstone	32
3.17	Metode Karakteristik Material.....	34
3.17.1	<i>X-Ray diffractometer</i> (XRD)	34
3.17.2	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	36
3.17.3	<i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	38
3.17.4	<i>Transmission Electron Microscop</i> (TEM).....	39
BAB IV METODE PENELITIAN		42
4.1	Alat Penelitian	42
4.1.1	Sintesis Nanopartikel Fe ₃ O ₄	42
4.1.2	Pengukuran Magnetoresistansi dan Tegangan	43
4.3	Tempat Penelitian	43
4.2	Bahan Penelitian	43
4.3	Prosedur Penelitian	44
4.3.1	Persiapan sampel	44
4.3.2	Sterilisasi <i>Probe</i> dan Sampel	45
4.3.3	Kalibrasi Medan Magnet Eksternal	45
4.3.4	Pengujian Konektivitas <i>Probe</i>	46
4.3.5	Pengujian Sifat GMR.....	46
4.3.6	Sintesis Nanopartikel Fe ₃ O ₄	49
4.3.7	Fungsionalisasi Fe ₃ O ₄ dengan PEG-4000 dan Penambahan Biomolekul.....	51
4.4	Teknik Analisis Data	53
4.4.1	Perhitungan Parameter Kisi	53
4.4.2	Perhitungan Indeks Miller	54
4.4.3	Estimasi Ukuran Partikel (Kristal)	54
4.4.4	Perhitungan Distribusi Ukuran Partikel Hasil TEM	54
4.4.5	Penentuan Gugus Fungsi Molekul	56
4.4.6	Pengukuran Tegangan	56
4.4.7	Perhitungan Selisih Tegangan	57
4.4.8	Pengukuran Resistansi	57
4.4.9	Perhitungan Ratio GMR	57
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		58
5.1	Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄	58
5.1.1	Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel dengan <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD).....	58
5.1.2	Karakterisasi Nanopartikel dengan <i>Transmission Electron Microscop</i> (TEM).....	62
5.1.3	Karakterisasi Nanopartikel dengan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	66
5.1.4	Karakterisasi Gugus Fungsi dengan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	68
5.2	Karakterisasi Lapisan <i>Spin-Valve</i> CoFeB.....	70

5.2.1	Karakterisasi Sifat Kemagnetan Dengan <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	70
5.3	Kemampuan Jembatan Wheatstone untuk mengukur Tegangan dan Resistivitas Lapisan Tipis <i>Spin-Valve CoFeB</i>	72
5.4	Deteksi Nanopartikel Fe ₃ O ₄ yang telah difungsionalisasi dengan PEG-4000.....	75
5.5	Deteksi Biomaterial Menggunakan Sensor GMR Berbasis Lapisan.....	84
5.5.1	Deteksi Biomolekul Formalin	84
5.5.2	Deteksi Biomolekul Gelatin	90
5.5.2.1	Deteksi Biomolekul Gelatin Sapi.....	90
5.5.2.2	Deteksi Biomolekul Gelatin Babi	94
5.5.2.3	Perbandingan Deteksi Biomolekul Gelatin Sapi dan Gelatin Babi	99
	DAFTAR PUSTAKA	103
	LAMPIRAN	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Ilustrasi model magnetik momen:	
(a) Dinding domain 180° (b) dinding domain 90°	15
Gambar 3.2 Rotasi magnetisasi (a) Dinding Bloch dan (b) dinding Neel	16
Gambar 3.3 Kurva B versus H untuk material ferromagnetik atau ferrimagnetik yang awalnya tanpa medan magnet luar. Konfigurasi domain selama terjadinya tahapan pergeseran dinding domain.....	17
Gambar 3.5 Histerisis loop pada material ferromagnetik.....	18
Gambar 3.5 Konfigurasi momen magnetik material ferromagnetik tanpa adanya medan magnet eksternal.....	18
Gambar 3.6 Konfigurasi momen magnetik material antiferromagnetik	19
Gambar 3.7 Skema ilustrasi spin dalam lapisan tipis (A) tanpa medan magnet (B) dengan medan magnet.....	21
Gambar 3.8 Struktur lapisan tipis <i>spin valve</i>	22
Gambar 3.9 Skema arah orientasi magnetisasi pada dua lapisan ferromagnetik yang dipisahkan oleh lapisan pemisah non magnetik	23
Gambar 3.10 <i>Interface</i> antar bahan (a) <i>interface</i> ideal (b) <i>interface</i> kasar	24
Gambar 3.11 Histerisis <i>loop</i> pada (a) lapisan tipis ferromagnetik (b) lapisan tipis ferromagnetik dan antiferromagnetik	25
Gambar 3.12 Diagram energi partikel magnetik (a) partikel domain tunggal dan (b) partikel banyak domain	26
Gambar 3.13 Struktur kristal Fe_3O_5	28
Gambar 3.14 Skema penempelan polimer PEG pada permukaan nanopartikel Fe_3O_5	30
Gambar 3.15 Rumus kimia formalin.....	30
Gambar 3.16 Rantai struktur gelatin (a) -glycine-proline-R- ($\pm 30\%$) dan (b) -glycine-R-hydroxyproline- ($\pm 25\%$)	31
Gambar 3.17 Ilustrasi Interaksi Nanopartikel Magnetik dengan Sensor GMR	32
Gambar 3.18 Rangkaian jembatan <i>wheatstone</i>	33
Gambar 3.19 Skema bagian-bagian difraksi sinar-X	35

Gambar 3.20 Skema difraksi sinar-X oleh atom-atom Kristal.....	36
Gambar 3.21 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (a) desain alat dan (b) prinsip kerja.....	37
Gambar 3.22 Skema dalam spektrometer FTIR.....	39
Gambar 3.23 Situasi dalam TEM.....	40
Gambar 4.1 Struktur GMR lapisan tipis <i>spin-valve</i>	44
Gambar 4.2 Skema rangkaian kalibrasi medan eksternal	45
Gambar 4.3 Desain Metode Pengukuran Rangkaian jembatan Wheatstone untuk Mengukur Tegangan dan Resistansi Sensor GMR	47
Gambar 4.4 Ilustrasi rangkaian jembatan wheatstone dalam pengukuran tegangan dan magnetoresistansi sensor GMR	47
Gambar 4.5 Diagram pengukuran magnetoresistansi dan tegangan	48
Gambar 4.6 Diagram alir sintesis Fe ₃ O ₅	50
Gambar 4.7 Diagram alir deteksi biomolekul menggunakan sensor GMR	52
Gambar 4.8 Contoh grafik hasil XRD.....	53
Gambar 4.9 (a) Contoh butir nanopartikel hasil TEM (b) Ilustrasi grafik hubungan dengan ukuran butir yang terukur dengan frekuensinya	55
Gambar 4.10 Contoh pola cincin difraksi TEM.....	55
Gambar 5.1 Nanopartikel yang dihasilkan dari proses sintesis dengan metode kopresipitasi (a) nanopartikel dalam medium cair di sekitar medan magnet, (b) nanopartikel bentuk padat, dan (c) serbuk.....	59
Gambar 5.2 Spektrum XRD (a) nanopartikel Fe ₃ O ₅ dan (b) nanopartikel Fe ₃ O ₅ yang telah difungsionalisasi dengan PEG.....	60
Gambar 5.3 Hasil karakterisasi TEM Fe ₃ O ₅ (a) morfologi (b) cincin difraksi	63
Gambar 5.5 Distribusi ukuran diameter nanopartikel Fe ₃ O ₅ dari hasil pengukuran TEM	64
Gambar 5.5 Hasil karakterisasi TEM Fe ₃ O ₅ yang telah difungsionalisasi dengan PEG-5000 (a) morfologi (b) cincin difraksi.....	65
Gambar 5.6 Distribusi ukuran diameter nanopartikel Fe ₃ O ₅ yang telah difungsionalisasi dengan PEG dari hasil pengukuran TEM.	65

Gambar 5.7 Histeresis loop nanopartikel (a) Fe_3O_5 dan (b) Fe_3O_5 yang telah difungsionalisasi dengan PEG	66
Gambar 5.8 Spektrum FTIR dari sampel (a) nanopartikel Fe_3O_5 , (b) PEG dan (c) Fe_3O_5 yang telah difungsionalisasi dengan PEG.....	68
Gambar 5.9 Histeresis <i>loop</i> magnetik lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB	71
Gambar 5.10 Grafik Pengukuran lapisan tipis <i>Spin valve</i> CoFeB (a) Resistansi terhadap medan magnet luar (b) Magnetoresistansi terhadap medan magnet luar (c) Tegangan terhadap medan magnet luar.	73
Gambar 5.11 Proses hamburan elektron pada lapisan ferromagnetik (a) magnetisasi saling paralel (b) magnetisasi saling anti paralel.	74
Gambar 5.12 Grafik resistivitas lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB yang dilapisi nanopartikel Fe_3O_5 yang telah difungsionalisasi dengan PEG-5000 dengan variasi konsentrasi	76
Gambar 5.13 Grafik perubahan resistivitas lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB terhadap variasi konsentrasi PEG-5000	77
Gambar 5.15 Ilustrasi deteksi nanopartikel Fe_3O_5 menggunakan sensor GMR.....	78
Gambar 5.15 Ilustrasi deteksi nanopartikel Fe_3O_5 menggunakan sensor GMR <i>spin-valve</i> CoFeB dengan adanya <i>exchange interaction</i>	79
Gambar 5.16 Grafik magnetoresistansi lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB sebagai fungsi medan magnet eksternal dengan variasi konsentrasi PEG-5000.....	80
Gambar 5.17 Grafik magnetoresistansi lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB yang dilapisi nanopartikel Fe_3O_5 yang telah difungsionalisasi dengan berbagai variasi konsentrasi PEG-5000	81
Gambar 5.18 Grafik hasil pengukuran tegangan keluaran sensor GMR sebagai fungsi medan magnet eksternal pada Fe_3O_5 /PEG dengan variasi konsentrasi PEG-5000.....	82
Gambar 5.19 Grafik perubahan tegangan keluaran sensor GMR terhadap variasi konsentrasi PEG-5000.....	83
Gambar 5.20 Grafik resistivitas lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB sebagai fungsi medan magnet eksternal dengan variasi konsentrasi formalin.....	84

Gambar 5.21 Grafik perubahan resistivitas lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB terhadap variasi konsentrasi formalin	85
Gambar 5.22 Ilustrasi deteksi biomolekul menggunakan sensor GMR.....	86
Gambar 5.23 Grafik magnetoresistansi lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB sebagai fungsi medan magnet eksternal dengan variasi konsentrasi formalin	87
Gambar 5.25 Grafik perubahan magnetoresistansi lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB terhadap variasi konsentrasi formalin	87
Gambar 5.25 Grafik hasil pengukuran tegangan keluaran sensor GMR sebagai fungsi medan magnet eksternal dengan variasi konsentrasi Formalin	88
Gambar 5.26 Grafik perubahan tegangan keluaran sensor GMR terhadap variasi konsentrasi Formalin	89
Gambar 5.27 Grafik resistivitas lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB sebagai fungsi medan magnet eksternal dengan variasi konsentrasi gelatin sapi	90
Gambar 5.28 Grafik perubahan resistivitas lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB terhadap variasi konsentrasi gelatin sapi 0.....	91
Gambar 5.29 Grafik magnetoresistansi lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB sebagai fungsi medan magnet eksternal dengan variasi konsentrasi gelatin sapi.	92
Gambar 5.30 Grafik perubahan magnetoresistansi lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB terhadap variasi konsentrasi gelatin sapi.....	92
Gambar 5.31 Grafik hasil pengukuran tegangan keluaran sensor GMR sebagai fungsi medan magnet eksternal dengan variasi konsentrasi gelatin sapi	93
Gambar 5.32 Grafik perubahan tegangan keluaran sensor GMR terhadap variasi konsentrasi gelatin sapi	94
Gambar 5.33 Grafik resistivitas lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB sebagai fungsi medan magnet eksternal dengan variasi konsentrasi gelatin babi.....	95
Gambar 5.35 Grafik perubahan resistivitas lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB terhadap variasi konsentrasi gelatin babi	95

Gambar 5.35 Grafik magnetoresistansi lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB sebagai fungsi medan magnet eksternal dengan variasi konsentrasi gelatin babi	96
Gambar 5.36 Grafik perubahan magnetoresistansi lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB terhadap variasi konsentrasi gelatin babi	97
Gambar 5.37 Grafik hasil pengukuran tegangan keluaran sensor GMR sebagai fungsi medan magnet eksternal dengan variasi konsentrasi gelatin sapi	98
Gambar 5.38 Grafik perubahan tegangan keluaran sensor GMR terhadap variasi konsentrasi gelatin babi.....	98
Gambar 5.39 Grafik perubahan tegangan keluaran sensor GMR terhadap variasi konsentrasi gelatin.....	100
Gambar 5.50 Grafik perubahan resistivitas lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB terhadap variasi konsentrasi gelatin	100
Gambar 5.51 Grafik magnetoresistansi lapisan tipis <i>spin-valve</i> CoFeB terhadap variasi konsentrasi gelatin	101

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Karakteristik T_c beberapa bahan ferromagnetik.....	19
Tabel 3.2 Karakteristik beberapa bahan antiferromagnetik	20
Tabel 3.3 Estimasi radius kritis r_c <i>single</i> domain untuk beberapa material.....	27
Tabel 3.5 Karakteristik PEG	29
Tabel 5.1 Perbandingan rasio massa Fe_3O_5 dengan PEG-5000	52
Tabel 5.2 Rencana waktu penelitian.....	59
Tabel 5.1 Estimasi parameter kisi dan ukuran kristalit sampel Fe_3O_5 dan Fe_3O_5 yang telah difungsionalisasi dengan PEG	61
Tabel 5.2 Rasio fasa sampel Fe_3O_5 dan Fe_3O_5 yang telah difungsionalisasi dengan PEG.....	62
Tabel 5.3 Hasil analisis spektrum FTIR sampel.....	68

DAFTAR SIMBOL DAN KONSTANTA

\vec{M}	: Magnetisasi
\vec{m}	: Momen magnetik
V	: Volume
\vec{B}	: Medan magnet induksi
\vec{H}	: Medan magnet eksternal
μ_0	: Permeabilitas ruang hampa
μ	: Permeabilitas bahan
χ	: Suseptibilitas magnetik
μ_r	: Permeabilitas relative
ρ	: Resistivitas bahan
R	: Resistansi