

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Giant Magnetoresistance</i>	6
2.2 Sensor Magnetik Berbasis GMR.....	7
BAB III : LANDASAN TEORI	9
3.1 Momen Dipol Magnetik.....	9
3.2 Terminologi Kemagnetan	10
3.3 Klasifikasi material Magnetik	12
3.3.1 Diamagnetik	12
3.3.2 Paramagnetik.....	12
3.3.3 Ferromagnetik	13
3.3.4 Antiferromagnetik	14
3.3.5 Ferrimagnetik	15
3.4 Domain Magnetik.....	15
3.4.1 Energi Magnetostatik	15
3.4.2 Energi <i>Exchange</i>	16
3.4.3 Energi Anisotropi.....	17
3.4.4 Energi Zeeman	18
3.5 Black wall dan Neel wall	18
3.6 <i>Exchange Interaction</i> pada Momen Magnetik.....	19
3.6.1 <i>Direct Exchange</i>	20
3.6.2 <i>Itenerant Exchange</i>	21
3.6.3 RKKY <i>Exchange</i>	21
3.6.4 <i>Super Exchange</i>	22
3.7 Kurva Histerisis.....	22
3.8 <i>Giant Magneto Resisntance</i>	24

3.9 Model <i>Exchange Bias</i>	27
3.10 Metode Empat Probe Titik Standar (SPFFM)	28
3.11 Nanopartikel Magnetik CoFe ₂ O ₄	30
3.12 <i>Poliethylen Glicol</i> (PEG)	30
3.13 <i>Vibrating Sample Magnetometry</i> (VSM)	31
BAB IV : METODE PENELITIAN	33
4.1 Bahan Penelitian.....	33
4.2 Alat Penelitian.....	33
4.2.1 Sintesis Nanopartikel CoFe ₂ O ₄	33
4.2.2 Karakterisasi Nanopartikel CoFe ₂ O ₄	33
4.2.3 Pengukuran <i>Magnetoresistance</i>	33
4.3 Prosedur Penelitian.....	34
4.3.1 Persiapan Lapisan Tipis GMR.....	34
4.3.2 Sintesis Nanopartikel CoFe ₂ O ₄ dan modifikasi dengan PEG-4000.....	36
4.3.3 Pengujian Sifat GMR.....	37
4.4 Skema Penelitian.....	40
4.5 Analisis Data	42
4.5.1 Penentuan fasa kristal, indeks miller, parameter kisi dan jarak antar bidang dengan XRD.....	42
4.5.2 Distribusi ukuran dengan Transmission Electron Microscope (TEM)	44
4.5.3 Menentukan sifat kemagnetan dengan uji VSM	45
4.5.4 Pengukuran Resistansi	46
4.5.5 Pengukuran Rasio GMR	47
BAB V : HASIL DAN PEMBAHASAN	48
5.1 Lapisan Tipis (Thin Film) GMR.....	48
5.2 Pengukuran <i>Gejala Giant Magnetoresistance</i> (GMR) untuk Ketebalan Lapisan <i>Barrier</i> Cu yang Berbeda	48
5.2.1 Kurva Histeresis	49
5.2.2 Rasio <i>Giant Magnetoresistance</i>	51
5.2.3 Ketergantungan Resistansi Terhadap Tebal <i>Barrier</i> Cu	55
5.3 Pengukuran <i>Gejala Giant Magnetoresistance</i> (GMR) untuk Ketebalan Lapisan <i>Free layer</i> CoFeB yang Berbeda	57
5.3.1 Rasio <i>Giant Magnetoresistance</i>	57
5.3.2 Ketergantungan Resistansi Terhadap Tebal <i>Free Layer</i> CoFeB ...	58
5.4 Karakterisasi Nanopartikel Magnetik	60
5.4.1 Karakterisasi Struktur Kristal dengan <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD).....	60
5.4.2 Karakterisasi Morfologi dengan Transmission Electron Microscopy (TEM)	61
5.4.3 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	63
5.4.4 Karakterisasi Sifat Kemagnetan dengan <i>Vibrating Sample</i> <i>Magnetometer</i>	64

5.5 Biosensor Magnetik Berbasis Lapisan Tipis GMR.....	66
5.5.1 Pengukuran GMR Pada Lapisan Tipis 1 Setelah Dilapisi Nanopartikel Magnetik.....	66
5.4.2 Pengukuran GMR Pada Lapisan Tipis 2 Setelah Dilapisi Nanopartikel Magnetik.....	69
5.4.3 Pengukuran GMR Pada Lapisan Tipis 3 Setelah Dilapisi Nanopartikel Magnetik.....	71
5.6 Pengaruh Ketebalan Lapisan Nnn magnetik Cu dan Lapisan Magnetik <i>free Layer</i>	72
BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN	77
6.1 Kesimpulan	77
6.1 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN.....	82
Lampiran A	82
Lampiran B	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Pergerakan elektron yang menimbulkan momen magnetik (a) elektron mengelilingi inti atom, (b) Rotasi elektron terhadap sumbunya (Coey, 2010).....	9
Gambar 3.2	Model atom Bhor (Coey,2010).....	10
Gambar 3.3	Arah domain magnetik pada material diamagnetik sebelum dan sesudah diberi medan eksternal (Jilles, 1998).....	12
Gambar 3.4	Arah domain magnetik pada material paramagnetik sebelum dan sesudah diberi medan eksternal (Jilles, 1998).....	13
Gambar 3.5	Arah domain magnetik pada ferromagnetik (Jilles, 1998).....	14
Gambar 3.6	Arah domain magnetik pada antiferromagnetik (Jilles,1998).....	14
Gambar 3.7	Arah domain magnetik pada ferrimagnetik (Jilles, 1998).....	15
Gambar 3.8	Tipe dinding domain (a) Bloch wall (b) neel wall (Coey,2010).....	19
Gambar 3.9	Energi <i>direct exchange</i> sebagai fungsi dari jarak interatomik r dibagi radius orbital r_d (Gaier,2009).....	20
Gambar 3.10	Energi RKKY exchange sebagai fungsi jarak interatomik (Gaier,2009).....	21
Gambar 3.11	Skema Ilustrasi terjadinya superexchange antara dua atom Mn yang dihubungkan oleh atom oksigen (Gaier,2009).....	22
Gambar 3.12	Kurva histeresis pada material ferromagnetik (Coey, 2010).....	23
Gambar 3.13	Hasil Pengukuran GMR pada lapisan (Fe/Cr) _n yang dilakukan oleh Baibich (Stern, 2003).....	25
Gambar 3.14	Struktur GMR (a) <i>multilayer</i> (b) <i>Pseudo spin valve</i> (c) <i>spin valve</i> (d) <i>granular</i> (Tsymbal, 2001).....	26
Gambar 3.15	Hysteresis loop <i>easy axis</i> pada (a) film FM (b) film FM+AFM dan (c) sandwich FM/AFM yang dideposisi dalam sebuah medan atau dipanaskan dalam medan diatas suhu neel (Johnson, 2004).....	28
Gambar 3.16	Skema Model 4 probe titik standar.....	29
Gambar 3.17	Struktur CoFe ₂ O ₄ <i>inverse spinel</i> sel penuh (Pui dkk, 2011).....	30
Gambar 3.18	Vibrating Sampel Magnetometer (a) desain alat dan (b) prinsip kerja (Urbaniak, 2012).....	32
Gambar 4.1	Struktur <i>spin valve</i> lapisan tipis GMR.....	34
Gambar 4.2	Skema rangkaian kalibrasi medan eksternal.....	37

Gambar 4.3	Skema pengujian konektivitas sistem empat <i>point probe</i>	38
Gambar 4.4	Skema rangkaian alat pengujian Sifat GMR.	38
Gambar 4.5	Alat pengukuran resistansi untuk metode 4 <i>point probe</i>	39
Gambar 4.6	Skema sintesis nanopartikel CoFe ₂ O ₄	40
Gambar 4.7	Skema Pengukuran sifat GMR	41
Gambar 4.8	Ilustrasi spektrum puncak CoFe ₂ O ₄ dari pengujian XRD	42
Gambar 4.9	Grafik hasil <i>fitting</i> puncak tertinggi dari grafik hasil XRD	43
Gambar 4.10	Contoh pola cincin difraksi	44
Gambar 5.1	Kurva hysteresis lapisan tipis (a) tebal Barrier Cu 2,2 nm dan (b) Tebal Barrier Cu 2,8 nm	49
Gambar 5.2	Pengaruh ketidakrataan pada lapisan <i>interface</i> FM dan AFM menyebabkan pergeseran kurva hysteresis dari kondisi normal	51
Gambar 5.3	Skematik Rapat Keadaan (<i>Density of States</i>) sebagai fungsi dari energi pada logam (a) nonmagnetic Cu dan (b) Ferromagnetik Co	52
Gambar 5.4	Skema tunneling effect pada lapisan ferromagnetik/insulator/ ferromagnetic ketika orientasi magnetisasi parallel dan antiparalel (Guimares, 2009)	53
Gambar 5.5	Rasio sifat GMR pada variasi tebal <i>barrier</i> Cu (a) 2,2 nm dan (b) 2,8 nm	54
Gambar 5.6	Grafik resistansi (R) versus medan eksternal (H) lapisan tipis GMR untuk variasi ketebalan <i>barrier</i> Cu 2,2 dan 2,8 nm	56
Gambar 5.7	Rasio sifat GMR pada variasi ketebalan <i>free layer</i> CoFeB (a) 7 nm dan (b) 10 nm	57
Gambar 5.8	Grafik resistansi (R) versus medan eksternal (H) lapisan tipis GMR untuk variasi ketebalan <i>free layer</i> CoFeB 7 nm dan 10 nm	59
Gambar 5.9	Pola spectrum XRD nanopartikel magnetik CoFe ₂ O ₄ dan CoFe ₂ O ₄ yang telah dimodifikasi dengan PEG	60
Gambar 5.10	(a) citra morfologi dan (b) pola difraksi CoFe ₂ O ₄	61
Gambar 5.11	(a) citra morfologi dan (b) pola difraksi CoFe ₂ O ₄ yang telah dimodifikasi dengan PEG-4000	62
Gambar 5.12	Spektrum FTIR untuk nanopartikel CoFe ₂ O ₄ , polimer PEG 4000, CoFe ₂ O ₄ termodifikasi PEG, dan CoFe ₂ O ₄ termodifikasi PEG yang telah mengikat formalin	63

Gambar 5.13	Histerisis loop nanopartikel (a) CoFe ₂ O ₄ (b) CoFe ₂ O ₄ termodifikasi PEG	65
Gambar 5.14	Grafik Resistansi (R) versus medan eksternal pada lapisan tipis 1 setelah dilapisi CoFe ₂ O ₄ , PEG coated CoFe ₂ O ₄ , dan CoFe ₂ O ₄ termodifikasi PEG yang telah mengikat formalin	67
Gambar 5.15	Respon spin-spin pada lapisan <i>freelayer</i> magnetik ketika (a) lapisan tipis tanpa dilapisi nanopartikel magnetik dan (b) ketika dilapisi nanopartikel magnetik dalam pengaruh medan eksternal H	68
Gambar 5.16	Grafik Resistansi (R) versus Medan eksternal pada lapisan tipis 2 setelah dilapisi CoFe ₂ O ₄ , PEG Coated CoFe ₂ O ₄ dan CoFe ₂ O ₄ termodifikasi PEG yang telah mengikat formalin	69
Gambar 5.17	Grafik Resistansi (R) versus Medan eksternal pada lapisan tipis 3 setelah dilapisi CoFe ₂ O ₄ , PEG Coated CoFe ₂ O ₄ dan CoFe ₂ O ₄ termodifikasi PEG yang telah mengikat formalin	71
Gambar 5.18	Grafik pergeseran nilai resistansi pada lapisan tipis Cu (a) 2,2 nm dan (b) 2,8 nm yang memberikan respon yang berbeda pada nanopartikel	73
Gambar 5.19	Grafik pergeseran nilai resistansi pada lapisan tipis CoFeB (a) 7 nm dan (b) 10 nm yang memberikan respon yang berbeda pada nanopartikel	75

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Variasi ketebalan lapisan tipis <i>spin valve</i> GMR	35
Tabel 5.1	Hasil pengukuran resistansi untuk variasi ketebalan Cu.....	72
Tabel 5.2	Hasil pengukuran resistansi untuk variasi ketebalan CoFeB	74