

**PENUMBUHAN LAPISAN TIPIS Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ DENGAN METODE
SPIN COATING DAN KARAKTERISASINYA**

THESIS



NIDYA YULFRISKA

NIM : 17229005

Ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan
dalam mendapatkan gelar Magister Sains

**PROGRAM MAGISTER FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2019**

PERSETUJUAN AKHIR THESIS

Nama Mahasiswa : Nidya Yulfriska
NIM : 17229005

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
------	--------------	---------

Dr. Ramli, S.Pd, M.Si
Pembimbing

6/11/2019

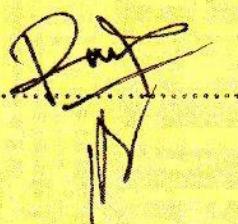
Dekan FMIPA
Universitas Negeri Padang

Dr. Yudhisti, S.Pd, M.Si
NIP. 19730702 200312 1 002

Ketua Program Studi
Magister Fisika

Dr. Hanafi, M.Si
NIP. 19651217 199203 1 003

PERSETUJUAN KOMISI
UJIAN THESIS MAGISTER FISIKA

<u>No</u>	<u>Nama</u>	<u>Tanda Tangan</u>
1.	Dr. Ramli, S.Pd, M.Si (Ketua)	1. 
2.	Dr. Hj. Rafnawulan, M.Si (Anggota)	2. 
3.	Dr. Hamdi, M.Si (Anggota)	3. 

Mahasiswa

Nama : Nidya Yulfriska

NIM/BP : 17229005/2017

Tanggal Ujian : 30 Oktober 2019

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, thesis dengan judul “Penumbuhan Lapisan Tipis Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ dengan Metode *Spin Coating* dan Karakterisasinya” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik di Universitas Negeri Padang maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, penilaian dan rumusan saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain, kecuali arahan Pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah saya yang disebutkan nama pengarangnya serta dicantumkan pada daftar rujukan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan yang berlaku.

Padang, 30 Oktober 2019
Saya yang Menyatakan,



Nidya Yulfriska
NIM: 17229005

SURAT KETERANGAN
KETERLIBATAN PENELITIAN DOSEN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Ramli, S.Pd, M.Si

NIDN : 0004027309

NIP : 19730204 200112 1 002

Jabatan : Ketua Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi

Dengan ini menyatakan bahwa Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Nidya Yulfriska

NIM : 17229005

Prodi : Program Studi Magister Fisika

Judul Thesis : Penumbuhan Lapisan Tipis Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ dengan Metode Spin Coating dan Karakterisasinya

Terlibat dalam Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi, No. Kontrak SP-DIPA 042.01.2.400929/2017 tanggal 7 Desember 2016 dengan Tim Peneliti Dr. Ramli, S.Pd, M.Si (Ketua), dengan judul "Fungsionalisasi Magnetit yang disintesis dari Mineral Alam Sumatera Barat". Dalam proses penelitian mahasiswa ini telah mengikuti proses dan hasil dengan baik.

Demikianlah surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui

Mahasiswa yang bersangkutan

Ketua Penelitian

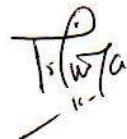


Dr. Ramli, S.Pd, M.Si

NIP. 19730204 200112 1 002

Nidya Yulfriska

NIM. 17229005



ABSTRAK

Nidya Yulfriska : Penumbuhan Lapisan Tipis Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ dengan Metode *Spin Coating* dan Karakterisasinya

Perkembangan riset mengenai lapisan tipis GMR saat ini menjadi salah satu topik yang paling diminati dalam bidang sains dan teknologi. Salah satu material yang berpeluang untuk dijadikan lapisan tipis GMR yaitu CoFe₂O₄, Fe₃O₄, dan MnFe₂O₄. Fe₃O₄ mempunyai sifat yang lebih unggul dibandingkan yang lainnya. Fe₃O₄ yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir besi yang berasal dari alam yaitu pasir besi Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk menumbuhkan lapisan tipis GMR Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ menggunakan metode *spin coating* dan menyelidiki pengaruh kecepatan *spin coating* yang digunakan terhadap struktur kristal, bentuk morfologi, ketebalan, sifat magnetik dan nilai *magnetoresistancenya*.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Pada penelitian ini, pasir besi alam yang telah di ambil dimurnikan terlebih dahulu dan kemudian di milling menggunakan alat HEM-E3D untuk menjadikannya dalam ukuran nano. Selanjutnya dibuat menjadi *precursor* Fe₃O₄ menggunakan metode sol-gel. Selain itu *precursor* non magnetic CuO juga dibuat menggunakan metode sol-gel. Selanjutnya lapisan tipis Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ ditumbuhkan di atas substrat kaca menggunakan alat *spin coating* dengan variasi kecepatan putar *spin coating* untuk Fe₃O₄ sebesar 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm dengan kecepatan putar tetap pada lapisan CuO sebesar 2000 rpm. Alat karakterisasi yang digunakan yaitu XRD, SEM, VSM dan pengukuran *magnetoresistance* menggunakan metode FPP.

Hasil penelitian yang didapatkan yaitu kecepatan putar *spin coating* mempengaruhi intensitas orientasi kristal, ukuran kristalit, bentuk morfologi, ukuran butir, ketebalan, sifat magnetik dan nilai *magnetoresistance* dari lapisan tipis Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ yang terbentuk. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa secara umum ukuran kristalit bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah lapisan yang ditumbuhkan dan mengalami penurunan dengan bertambahnya kecepatan putar yang digunakan karena hal ini berkaitan dengan ukuran butir dan ketebalan, yang juga menurun, seiring dengan bertambahnya kecepatan putar yang digunakan. Sedangkan hasil karakterisasi VSM menunjukkan bahwa lapisan tipis Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ merupakan bahan *hard magnetic* yang mempunyai sifat yaitu ferromagnetik. Pada pengukuran nilai *magnetoresistance*, didapatkan bahwa semakin tipis ketebalan lapisan tipis maka rasio MR yang dihasilkan akan semakin besar hingga mencapai nilai maksimum. Besarnya nilai rasio MR maksimum yang didapatkan dalam penelitian yaitu sebesar 66,38% pada kecepatan putar 1500 rpm dengan ketebalan Fe₃O₄ sebesar 5,315 μ m.

Kata Kunci : Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄, Struktur Mikro, Morfologi dan Ketebalan, Sifat Magnetik, GMR

ABSTRACT

Nidya Yulfriska : Growth of Thin Films Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ with Spin Coating Method and Its Characterization

The development of research on GMR thin films is now one of the most popular topics in the fields of science and technology. One material that has the opportunity to be used as a thin films of GMR is CoFe₂O₄, Fe₃O₄, and MnFe₂O₄. Fe₃O₄ has superior properties compared to the others. Fe₃O₄ used in this research is iron sand from nature which is iron sand, Tiram Beach, Padang Pariaman Regency. The purpose of this research is to grow the GMR Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ thin films using the spin coating method and investigate the effect of the spin coating velocity used on the crystal structure, morphology, thickness, magnetic properties and magnetoresistance value.

This research is an experimental research. In this study, natural iron sand that has been taken is purified first and then milled using the HEM-E3D tool to make it in nano size. Then it's made into Fe₃O₄ precursor using sol-gel method. In addition, non-magnetic CuO precursors are also made using the sol-gel method. Furthermore, a thin films of Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ was grown on a glass substrate using a spin coating tool with variations in spin coating speed for Fe₃O₄ of 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm and 3000 rpm with a constant rotating speed on the CuO film of 2000 rpm. The characterization tools used are XRD, SEM, VSM and magnetoresistance measurements using the FPP method.

The results obtained are the spin coating rotational speed affect the crystal orientation intensity, crystallite size, morphological shape, grain size, thickness, magnetic properties and magnetoresistance values of the thin films of Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ formed. From the result of the study it was found that in general the size of the crystallites increases with increasing number of layers grown and decreases with increasing rotational speed used because this is related to grain size and thickness, which also decreases, along with increasing rotational speed used. While the results of the characterization of VSM show that thin films of Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ is are hard magnetic material that has properties that are ferromagnetic. In the measurement of the value of magnetoresistance, it was found that the thinner the thickness of the thin films, the MR ratio produced will be even greater until it reaches the maximum value. The maximum MR ratio value obtained in the study is 66,38% at 1500 rpm rotational speed with a Fe₃O₄ thickness of 5.315 μm.

Keywords: Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄, Microstructure, Morphology and Thickness, Magnetic Properties, GMR

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan thesis ini dengan judul “Penumbuhan Lapisan Tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan Metode *Spin Coating* dan Karakterisasinya”. Selanjutnya salawat dan salam penulis persembahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Thesis ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Sains di Program Pascasarjana Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang dan merupakan bagian dari Penelitian Dr. Ramlil, S.Pd., M.Si pada skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun II dengan judul “Fungsionalisasi Magnetite yang disintesis dari Mineral Alam Sumatera Barat” dengan nomor kontrak SP-DIPA 042.01.2.400929/2017 tanggal 7 Desember 2017. Penulis mengucapkan Terimakasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan thesis ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Dr. Ramlil, S.Pd., M.Si selaku Pembimbing di Program Pascasarjana Magister Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang, yang telah membimbing, memberikan masukan dan membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan studi Magister ini baik berupa moril maupun materi yang diberikan kepada penulis.
2. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si selaku Penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis.

3. Bapak Dr. Hamdi, M.Si selaku Pengaji yang telah memberikan masukan kepada penulis dan selaku Koordinator Prodi Magister Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang.
4. Bapak dan Ibu staf pengajar serta administrasi dan Laboran Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Kedua Orang tua Tercinta dan keluarga yang selalu memberikan doa dan mendukung penulis baik dalam bentuk moral maupun materi.
6. Selanjutnya rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu hingga terselesaiannya thesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan thesis ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif guna perbaikan untuk kedepannya. Semoga thesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca

Padang, Oktober 2019

Nidya Yulfriska

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Batasan Masalah.....	7
D. Tujuan Penelitian.....	7
E. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pasir Besi Pantai Tiram.....	9
B. Magnetite	12
C. Tembaga Oksida (CuO)	16
D. Karakteristik Sifat Magnetik dari Bahan Magnetik.....	19
E. Metode Sol-Gel	26
F. Metode <i>Spin Coating</i>	28
G. Lapisan Tipis <i>Giant Magnetometer</i> (GMR).....	32
H. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	36
I. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	40
J. <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	42
K. Pengukuran <i>Magnetoresistance</i> menggunakan Metode <i>Four Point Probe</i> (FPP).....	44
L. Penelitian Relevan	46
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	54
B. Waktu dan Tempat Penelitian	54
C. Variabel Penelitian.....	55
D. Prosedur Penelitian	56
1. Persiapan Penelitian.....	56
a. Alat	56

b. Bahan	62
2. Pelaksanaan Penelitian	66
a. Tahap Preparasi Sampel.....	66
b. Tahap Preparasi Substrat.....	68
c. Tahap Pembuatan Precursor Magnetite Fe ₃ O ₄ dan CuO.....	68
d. Tahap Penumbuhan Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	69
e. Tahap Karakterisasi	71
f. Tahap Pengumpulan Data	71
g. Tahap Analisis Data.....	72
h. Diagram Alir Penelitian	74

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	76
1. Deskripsi Data 76	
a. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	77
b. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	80
c. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	88
d. Data Hasil Karakterisasi <i>Magnetoresistance</i> Menggunakan Metode <i>Four Point Probe</i> (FPP).....	92
2. Analisis Data.....	96
a. Pengaruh Kecepatan Putar <i>Spin Coating</i> terhadap Struktur Kristal dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	96
b. Pengaruh Kecepatan Putar <i>Spin Coating</i> terhadap Morfologi Permukaan dan Ketebalan dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	100
c. Pengaruh Kecepatan Putar <i>Spin Coating</i> terhadap Sifat Magnetik dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	104
d. Pengaruh Kecepatan Putar <i>Spin Coating</i> terhadap Nilai <i>Magnetoresistance</i> dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	106
B. Pembahasan.....	108
1. Pengaruh Kecepatan Putar <i>Spin Coating</i> terhadap Struktur Kristal dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	108
2. Pengaruh Kecepatan Putar <i>Spin Coating</i> terhadap Ketebalan dan Bentuk Morfologi dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	111
3. Pengaruh Ketebalan Lapisan Tipis terhadap Sifat Magnetik dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	114
4. Pengaruh Ketebalan Lapisan Tipis terhadap Nilai <i>Magnetoresistance</i> dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	118

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	122
B. Saran	124

DAFTAR PUSTAKA.....125**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
Gambar 1	Pasir Besi Pantai Tiram Kabupaten Padang Pariaman Sumatera.....	10
Gambar 2	Grafik XRD Pasir Besi Pantai Tiram.....	11
Gambar 3	Sumbu dan Sudut Antar Sumbu Kristal.....	13
Gambar 4	Empat Belas Kisi <i>Bravais</i>	14
Gambar 5	Struktur Spinel Fe_3O_4	15
Gambar 6	Material Magnet Lunak dan Material Magnet Keras.....	21
Gambar 7	Kurva Histerisis untuk Bahan Ferromagnetik, Paramagnetik, Diamagnetik, dan Antiferromagnetik Berdasarkan Besaran Magnetisasi Saturasi (M_s), Magnetisasi Remanen (M_r), dan Koersivitas (H_c).....	23
Gambar 8	Ilustrasi Alat <i>Spin Coating</i>	28
Gambar 9	Penetesan Larutan diatas Substrat.....	29
Gambar 10	Percepatan pada <i>Spin Coating</i>	30
Gambar 11	Perataan pada Spin Coating.....	30
Gambar 12	Pengeringan Lapisan.....	30
Gambar 13	Tipe Struktur Lapisan Tipis GMR (a) Multilayer, (b) Spin valve (c) Granular Films.....	34
Gambar 14	Diffraksi Bragg.....	37
Gambar 15	Prinsip Kerja SEM.....	41
Gambar 16	Alat <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) Dexing Magnet Ltd bertipe VSM250 (LIPI).....	42
Gambar 17	Prinsip Kerja <i>Vibrating Sampel Magnetometer</i> (VSM).....	43
Gambar 18	Geometri Pengukuran Rasio GMR pada Sampel Lapisan Tipis	45
Gambar 19	Diffraktogram Lapisan Tipis PZT Variasi Kecepatan Putar 2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm.....	47
Gambar 20	Morfologi Lapisan Tipis PZT Kecepatan Putar 2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm.....	49
Gambar 21	Hasil Pencitraan <i>Cross-Sectional</i> Lapisan Tipis Magnetite Pada Laju 1500 rpm 1500 rpm dan suhu <i>annealing</i> 300°C selama 2 jam.....	51
Gambar 22	Kurva Rasio GMR terhadap Medan Magnet untuk Ketebalan Lapisan $CoFe_2O_4$ dengan Ketebalan CuO tetap 14 nm	51
Gambar 23	Variasi nilai mutlak rasio GMR terhadap ketebalan $CoFe_2O_4$ pada ketebalan lapisan CuO tetap 14 nm	52
Gambar 24	Kurva Rasio GMR dari sandwich $NiFe_2O_4/Cu/NiFe_2O_4$ untuk beberapa variasi Ketebalan $NiFe_2O_4$ dengan ketebalan tetap 14,4 nm	53
Gambar 25	Variasi ketebalan lapisan $NiFe_2O_4$ terhadap rasio GMR dari struktur sandwich $NiFe_2O_4/Cu/NiFe_2O_4$	53
Gambar 26	Alat <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	56

Gambar 27	Alat HEM-E3D.....	57
Gambar 28	Alat XRD.....	57
Gambar 29	Alat <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) Tipe OXFORDVSM1.2H (LIPI).....	58
Gambar 30	<i>Magnetic Stirrer</i> yang dilengkapi dengan <i>Hot Plate</i>	59
Gambar 31	<i>Spin Coating</i>	59
Gambar 32	<i>Furnance</i>	60
Gambar 33	<i>Cleaner Ultrasonik</i>	60
Gambar 34	Magnet Permanen.....	61
Gambar 35	Pasir Besi dari Pantai Tiram.....	63
Gambar 36	Tembaga.....	63
Gambar 37	Aquabidest.....	63
Gambar 38	Asam Oksalat.....	64
Gambar 39	Asam Nitrat.....	64
Gambar 40	Etilen Glikol.....	65
Gambar 41	Ethanol.....	65
Gambar 42	Skema Tahap Preparasi Sampel.....	68
Gambar 43	Skema Tahap Penumbuhan Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ ...	70
Gambar 44	Diagram Alir Penelitian.....	75
Gambar 45	Pola Difraksi Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ dengan Kecepatan putar <i>Spin Coating</i> 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm.....	77
Gambar 46	Pola Difraksi Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO dengan Kecepatan putar <i>Spin Coating</i> 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm.....	78
Gambar 47	Pola Difraksi Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ dengan Kecepatan putar <i>Spin Coating</i> 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm.....	79
Gambar 48	Hasil Pencitraan Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ menggunakan SEM dengan Kecepatan <i>Spin Coating</i> 1000 rpm Pada Lapisan Fe ₃ O ₄ dengan Perbesaran 10.000 kali	80
Gambar 49	Hasil Pencitraan Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ menggunakan SEM dengan Kecepatan <i>Spin Coating</i> 1500 rpm Pada Lapisan Fe ₃ O ₄ dengan Perbesaran 10.000 kali	81
Gambar 50	Hasil Pencitraan Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ menggunakan SEM dengan Kecepatan <i>Spin Coating</i> 2000 rpm Pada Lapisan Fe ₃ O ₄ dengan Perbesaran 10.000 kali	82
Gambar 51	Hasil Pencitraan Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ menggunakan SEM dengan Kecepatan <i>Spin Coating</i> 2500 rpm Pada Lapisan Fe ₃ O ₄ dengan Perbesaran 10.000 kali	83
Gambar 52	Hasil Pencitraan Morfologi Permukaan Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ menggunakan SEM dengan Kecepatan	83

Gambar 53	<i>Spin Coating</i> 3000 rpm Pada Lapisan Fe ₃ O ₄ dengan Perbesaran 10.000 kali	84
Gambar 54	Hasil Pencitraan Penampang (<i>Cross Section</i>) Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ menggunakan SEM dengan Kecepatan <i>Spin Coating</i> 1000 rpm Pada Lapisan Fe ₃ O ₄ dengan Perbesaran 10.000 kali.....	85
Gambar 55	Hasil Pencitraan Penampang (<i>Cross Section</i>) Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ menggunakan SEM dengan Kecepatan <i>Spin Coating</i> 1500 rpm Pada Lapisan Fe ₃ O ₄ dengan Perbesaran 10.000 kali.....	86
Gambar 56	Hasil Pencitraan Penampang (<i>Cross Section</i>) Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ menggunakan SEM dengan Kecepatan <i>Spin Coating</i> 2000 rpm Pada Lapisan Fe ₃ O ₄ dengan Perbesaran 10.000 kali.....	86
Gambar 57	Hasil Pencitraan Penampang (<i>Cross Section</i>) Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ menggunakan SEM dengan Kecepatan <i>Spin Coating</i> 2500 rpm Pada Lapisan Fe ₃ O ₄ dengan Perbesaran 10.000 kali.....	87
Gambar 58	Kurva Histeresis sudah terkoreksi dari kontribusi paramagnetik dari Lapisan Tipis Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ dengan Kecepatan putar <i>Spin Coating</i> 1000 rpm pada Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄	88
Gambar 59	Kurva Histeresis sudah terkoreksi dari kontribusi diamagnetik dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ dengan Kecepatan putar <i>Spin Coating</i> 1500 rpm Pada Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄	89
Gambar 60	Kurva Histeresis sudah terkoreksi dari kontribusi diamagnetik dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ dengan Kecepatan putar <i>Spin Coating</i> 2000 rpm Pada Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄	90
Gambar 61	Kurva Histeresis sudah terkoreksi dari kontribusi diamagnetik dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ dengan Kecepatan putar <i>Spin Coating</i> 2500 rpm Pada Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄	91
Gambar 62	Kurva Histeresis sudah terkoreksi dari kontribusi diamagnetik dari Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ dengan Kecepatan putar <i>Spin Coating</i> 3000 rpm Pada Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄	92
Gambar 63	Kurva rasio GMR lapisan tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ untuk kecepatan putar 1000 rpm pada lapisan Fe ₃ O ₄	93
Gambar 64	Kurva rasio GMR lapisan tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ untuk kecepatan putar 1500 rpm pada lapisan Fe ₃ O ₄	93

Gambar 65	Kurva rasio GMR lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ untuk kecepatan putar 2000 rpm pada lapisan Fe_3O_4	94
Gambar 66	Kurva rasio GMR lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ untuk kecepatan putar 2500 rpm pada lapisan Fe_3O_4	95
Gambar 67	Kurva rasio GMR lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ untuk kecepatan putar 3000 rpm pada lapisan Fe_3O_4	96
Gambar 68	Pola Difraksi Lapisan Tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan Kecepatan Putar Spin Coating 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm untuk Setiap Lapisan Fe_3O_4	98
Gambar 69	Grafik Hubungan Pengaruh Kecepatan Putar terhadap Ukuran Kristalit Lapisan Tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$	99
Gambar 70	Hasil Morfologi Permukaan Lapisan Tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ menggunakan SEM dengan perbesaran 10.000 kali, untuk variasi kecepatan putar spin coating pada lapisan tipis Fe_3O_4 sebesar (a) 1000 rpm, (b) 1500 rpm, (c) 2000 rpm, (d) 2500 rpm dan (e) 3000 rpm.....	101
Gambar 71	Grafik Hubungan Kecepatan Putar <i>Spin Coating</i> terhadap Ukuran Butir Partikel dari Lapisan Tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$...	102
Gambar 72	Hasil Hasil Pencitraan Penampang (<i>Cross Section</i>) Lapisan Tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ menggunakan SEM dengan perbesaran 10.000 kali, untuk variasi kecepatan putar spin coating pada lapisan tipis Fe_3O_4 sebesar (a) 1000 rpm, (b) 1500 rpm, (c) 2000 rpm, (d) 2500 rpm dan (e) 3000 rpm.....	103
Gambar 73	Grafik Hubungan Kecepatan Putar <i>Spin Coating</i> terhadap Ketebalan dari Lapisan Tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$	104
Gambar 74	Kurva Histeresis Lapisan Tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ untuk Variasi Kecepatan Putar <i>Spin Coating</i> pada Lapisan Tipis Fe_3O_4 sebesar (a) 1000 rpm, (b) 1500 rpm, (c) 2000 rpm, (d) 2500 rpm dan (e) 3000 rpm.....	105
Gambar 75	Kurva Rasio GMR terhadap medan magnet untuk variasi ketebalan lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan kecepatan putar tetap 2000 rpm pada lapisan tipis CuO a) 1000 rpm, b) 1500 rpm, c) 2000 rpm, d) 2500 rpm dan e) 3000 rpm.....	107
Gambar 76	Pengaruh Ketebalan lapisan tipis Fe_3O_4 terhadap nilai mutlak rasio GMR.....	108

DAFTAR TABEL

	Halaman	
Tabel 1	Penelitian-penelitian terdahulu tentang GMR.....	4
Tabel 2	Tujuh Sistem Kristal dan Empat Belas Kisi Bravais.....	14
Tabel 3	Referensi Jenis Kristal Tembaga.....	17
Tabel 4	Referensi Struktur Kristal Tembaga.....	17
Tabel 5	Pengaruh besarnya ketebalan terhadap ukuran kristalit lapisan tipis CoFe ₂ O ₄	48
Tabel 6	Deskripsi data dan alat Karakterisasi Lapisan Tipis.....	71
Tabel 7	Ukuran Kristalit rata-rata dari setiap lapisan untuk variasi kecepatan putar lapisan tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	99
Tabel 8	Hasil Karakterisasi VSM Lapisan Tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄	106
Tabel 9	Nilai Ketebalan lapisan tipis Fe ₃ O ₄ terhadap nilai mutlak rasio GMR lapisan tipis Fe ₃ O ₄ /CuO/Fe ₃ O ₄ untuk setiap variasi kecepatan putar <i>spin coating</i>	108

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Daftar Publikasi Penulis.....
Lampiran 2	Pengolahan Data Hasil Karakterisasi XRD untuk Ukuran Kristalit.....
Lampiran 3	Database Magnetite.....
Lampiran 4	Database Tembaga Oksida.....
Lampiran 5	Dokumentasi Penelitian.....

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Material nanopartikel magnetik saat ini memainkan peranan sangat penting dalam teknologi modern. Beberapa material nanopartikel magnetik yang memiliki sifat superparamagnetik diantaranya adalah CoFe_2O_4 , Fe_3O_4 dan MnFe_2O_4 . Nanopartikel magnetik Fe_3O_4 mempunyai sifat yang lebih unggul dibandingkan yang lainnya, yaitu mempunyai nilai magnetisasi saturasi yang tinggi, soft magnetik dan nilai anisotropi yang rendah sehingga menjadikannya berpeluang besar sebagai bahan penyusun lapisan tipis magnetik berbasis GMR (Huang, 2015; Liu, 2015).

Perkembangan sensor magnetik berbasis teknologi *Giant Magnetoresistance* saat sekarang ini menarik minat banyak peneliti dan berkembang sangat pesat. Fenomena dari GMR ini menarik banyak peneliti dan menjadikannya sebuah area penelitian terapan yang sangat luas. Ini disebabkan karena material GMR memiliki sifat listrik dan magnetik yang baik, yaitu sensitivitas yang tinggi dan respon yang cepat pada medan magnet rendah (Djamal dan Ramlil, 2012).

Magnetoresistance (MR) adalah perubahan resistansi konduktor bila berada dalam medan magnet luar. Efek MR yang sangat besar dinamakan dengan *Giant Magnetoresistance* (GMR). GMR ini ditemukan pertama kali oleh Baibich dkk pada tahun 1988 dalam lapisan multilayer yang terdiri atas lapisan ferromagnetik Fe dan lapisan pemisah non-magnetik (Baibich dkk,

1988). Efek GMR merupakan efek mekanika kuantum yang diamati dalam struktur lapisan tipis yang terdiri dari lapisan feromagnetik yang dipisahkan oleh lapisan nonmagnetik. Fenomena GMR ini menyedot banyak perhatian peneliti dan menjadi sebuah area penelitian terapan yang luas. Dalam waktu yang relatif singkat, penerapannya mulai terlihat dalam bentuk perbaikan divais memori dan sensor. Penemuan GMR ini berdampak besar pada teknologi sensor dan penyimpanan data magnetik. Penggunaan material GMR sebagai sensor medan magnet, memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sensor lainnya yakni: sensitivitas yang tinggi, kestabilan temperatur tinggi, konsumsi daya rendah, ukuran kecil dan harga murah, sifat magnetik dapat bervariasi dalam rentang yang sangat luas (Ramli, dkk 2016; Djamal dan Ramli, 2017).

Nilai *magnetoresistance* lapisan tipis GMR dipengaruhi oleh struktur dari lapisan tipis GMR tersebut. Sehingga membuat banyak peneliti melakukan penelitian untuk menemukan struktur metal magnetik yang dapat menghasilkan perubahan resistansi yang besar. Lapisan tipis GMR ini terdiri dari empat tipe yaitu *sandwich*, *multilayer*, *spin valve*, dan *granular* (Djamal dan Ramli, 2017). Struktur *sandwich* merupakan struktur dasar GMR yang terdiri dari tiga lapisan dengan susunan bahan feromagnetik/nonmagnetik/feromagnetik (FM-NM-FM). Struktur *spin valve* merupakan struktur yang diberi lapisan pengunci (*pinnning layer*), sedangkan struktur *multilayer*, adalah struktur dengan pengulangan lapisan feromagnetik/non magnetik (FM/NM) dengan indeks n adalah jumlah

pengulangan, Sementara itu, *granular* adalah struktur dengan material feromagnetik yang disebar dalam matrik non magnetik.

Dengan adanya penemuan GMR ini, memberikan peluang besar untuk penerapannya dalam berbagai bidang. Material GMR ini berpotensi sebagai devais pengindera medan magnet generasi mendatang dan dapat dikembangkan menjadi sensor pengukuran medan magnet, pengukuran arus, posisi linier dan rotasi, penyimpanan data, *heads recording*, dan *non-volatile magnetic random access memory* (MRAM). Selain itu media penyimpanan saat ini membutuhkan kapasitas yang besar dengan ukurannya yang kecil untuk diaplikasikan pada komputer. Sehingga memberikan tuntutan terhadap pengembangan sensor medan magnet berbasis GMR. Selain itu dari segi ekonomi, sensor GMR ini mempunyai daya dan harga yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan sensor-sensor magnetik lainnya.

Lapisan tipis adalah bahan dalam jangkauan beberapa nanometer atau nanolayer yang dibentuk oleh susunan dan penggabungan sifat-sifat atom. Lapisan tipis dibuat dengan teknik penumbuhan atom atau partikel pada permukaan substrat. Lapisan tipis memiliki ketebalan mulai dari ukuran nanometer (lapisan tunggal) hingga mikrometer. Salah satu ciri-ciri dari lapisan tipis adalah memiliki permukaan yang seragam, yaitu dapat melapisi permukaan substrat secara merata dengan cacat yang minim, memiliki ketelitian yang tinggi dan daya rekat antar molekul yang kuat. Lapisan tipis terbuat dari bahan organik, inorganik, logam maupun campuran metal organik dan memiliki sifat-sifat konduktor, semikonduktor maupun isolator.

Perkembangan Penelitian tentang penumbuhan lapisan tipis GMR ini sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebagai berikut:

Tabel 1. Penelitian-penelitian terdahulu tentang GMR

No	Tahun (2019-2009)	Bahan yang digunakan	Metode	Nilai Rasio GMR	Referensi
1.	2019	FeSiAl	<i>Sputtering</i>	34%	Yunanto, dkk 2019
2.	2019	La _{0,67} Ca _{0,33} Mn _{0,93} Ti _{0,0703}	Reaksi padatan (<i>solid state method</i>)	44,6%	Ahmad Jazuli dan Budhy Kurniawan, 2019
3.	2018	Ag/NiFe/Ag/NiFe	<i>DC Sputtering</i>	67,74%	M. Toifur, dkk 2018
4.	2017	Co/Cu/Co sandwich dan Co/Cu multilayers	<i>Electrodeposition</i>	0,9% dan 1,6%	S. Zsurzsa, dkk. 2017
5.	2016	CoFe ₂ O ₄ /CuO/CoFe ₂ O ₄	<i>DC Magneton Sputtering</i>	70%	(Ramli, 2016)
6.	2015	Co/Cu	<i>DC Magneton Sputtering</i>	16,4%	Hasibuan, F.A., dkk. 2015
7.	2014	Si/Co/Cu	<i>Sputtering</i>	20%	Tri Mardji Atmono, 2014
8.	2013	Fe-C/Si	<i>Sputtering</i>	5,844%	Yunasfi, dkk. 2013
9.	2013	FeMn/NiCoFe/Cu/NiCoFe	<i>Dc opposed target magnetron sputtering</i>	32,5%	Darvina, dkk. 2013
10.	2012	Fe ₂ O ₃ -MWCNT/PVA	<i>Catalytic Chemical Vapor Deposition (CCVD)</i>	80%	S.Purwanto, dkk. 2012
11.	2011	NiCoFe/Cu/NiCoFe	<i>Opposed Target Magneton Sputtering</i>	70%	Ramli, dkk. 2011
12.	2009	NiCoFe/Cu/NiCoFe	<i>Opposed Target Magneton Sputtering</i>	70%	Mitra, Djamal., dkk. 2009

Selain metode-metode di atas, ada salah satu metode yang paling bagus digunakan untuk menumbuhkan lapisan tipis ini yaitu metode *coating*. Metode *coating* (pelapisan) merupakan suatu metode penumbuhan lapisan tipis yang paling mudah dan sederhana. Dimana ada dua metode utama untuk membuat lapisan tipis yaitu *spin coating* dan *dip coating*. *Spin coating* lebih sering digunakan dibandingkan dengan *dip coating* karena lapisan tipis yang dihasilkan dari metode *spin coating* akan menghasilkan lapisan tipis dengan kualitas yang cukup tinggi dan juga biaya pembuatan yang relatif murah (Muhlis, 2013) serta dapat menghasilkan material dengan tingkat kehomogenan yang tinggi (Bhushan, B. 2007).

Pengembangan sensor GMR ini didasarkan pada nilai MR yang dihasilkan. Dimana nilai dari MR ini sangat ditentukan oleh sifat listrik dan sifat magnetik yang dihasilkan. Kedua sifat ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu jenis material yang digunakan sebagai penyusun lapisan tipis, struktur susunannya, serta ketebalan dari masing-masing lapisan. Ketebalan dari lapisan tipis GMR akan mempengaruhi struktur kristal, morfologi, serta nilai *magnetoresistancenya*. Dimana ketebalan dari lapisan tipis itu ditentukan oleh kecepatan putar *spin coating*. Sifat magnetik yang unggul yang dimiliki oleh material Fe₃O₄ ini menjadikannya material yang sangat berpeluang untuk dijadikan sebagai bahan penyusun lapisan tipis magnetik berbasis GMR (Huang, 2015 dan Liu, 2015). Pada lapisan tipis GMR berstruktur *sandwich*, untuk lapisan kedua bahan yang digunakan adalah bahan yang tidak bersifat magnetik (non magnetik), salah satu material

non magnetik yang banyak digunakan untuk penyusun lapisan tipis GMR yaitu lapisan tipis CuO (Ramlili, dkk. 2016). Material CuO ini sangat berpotensi sebagai bahan penyusun lapisan tipis GMR (Singh, dkk 2010 dan Zhang, dkk 2014). Dimana dari hasil penelitian Ramlili, dkk 2016 yang menggunakan material CuO sebagai material non magnetik dalam penumbuhan lapisan tipis GMR, yang mendapatkan besarnya nilai rasio GMR maksimum yaitu sebesar 70% pada lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{CuO}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$. Inilah yang melatarbelakangi penelitian Thesis yang berjudul “Penumbuhan Lapisan Tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan Metoda *Spin Coating* dan Karakterisasinya”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimanakah pengaruh kecepatan putar *spin coating* terhadap struktur kristal dari lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$?
2. Bagaimanakah pengaruh kecepatan putar *spin coating* terhadap bentuk morfologi dari lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$?
3. Bagaimanakah pengaruh kecepatan putar *spin coating* terhadap sifat magnetik dari lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$?
4. Bagaimanakah pengaruh kecepatan putar *spin coating* terhadap nilai *magnetoresistance* (MR) dari lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$?

C. Batasan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini yaitu pengaruh kecepatan putar terhadap struktur kristal, morfologi, sifat magnetik dan sifat *magnetoresistance* dari lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ untuk kecepatan putar tetap pada lapisan tipis CuO.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Menyelidiki pengaruh kecepatan putar *spin coating* terhadap struktur kristal dari lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$.
2. Menyelidiki pengaruh kecepatan putar *spin coating* terhadap bentuk morfologi dari lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$.
3. Menyelidiki pengaruh kecepatan putar *spin coating* terhadap sifat magnetik dari lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$.
4. Menyelidiki pengaruh kecepatan putar *spin coating* terhadap terhadap nilai *magnetoresistance* (MR) dari lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi Peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Magister Fisika S2 dan pengembangan diri dalam bidang kajian Fisika.
2. Kelompok kajian Fisika Material dan Biofisika dapat memberikan ilmu pengetahuan dalam pengembangan pembuatan material berbasis nanopartikel, khususnya dalam pembuatan lapisan tipis.

3. Jurusan Fisika, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian material.
4. Peneliti lain, sebagai referensi dalam pengembangan penelitian tentang material terutama dalam lapisan tipis dan dapat menjadi sumber ide bagi peneliti lainnya.
5. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian material serta dalam pengembangan aplikasinya dalam berbagai bidang.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada thesis yang berjudul “Penumbuhan Lapisan Tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ dengan Metode *Spin Coating* dan Karakterisasinya”, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan putar *spin coating* sangat berpengaruh terhadap intensitas orientasi kristal dan ukuran kristalit dari lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ yang dihasilkan. Dimana intensitas kristal meningkat dengan bertambahnya lapisan yang ditumbuhkan di atas lapisan pertama. Selain itu kecepatan putar *spin coating* juga mempengaruhi ukuran kristalit yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya penurunan ukuran kristalit seiring dengan bertambahnya kecepatan putar yang digunakan pada kecepatan putar 1000 rpm hingga 3000 rpm pada lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$. Ini disebabkan karena adanya gaya sentrifugal dimana semakin besar kecepatan putar maka akan semakin banyak larutan yang terpencar keluar substrat sehingga ketebalannya akan semakin menurun yang mengakibatkan ukuran kristalit dari lapisan tipis juga akan menurun. Ukuran kritstalit rata-rata yang didapatkan pada penelitian ini untuk lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ pada kecepatan putar 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm berturut-turut yaitu sebesar 119.4 nm, 117.21 nm, 103 nm, 102.16 nm dan 89.3 nm.

2. Bentuk Morfologi dan ketebalan lapisan tipis yang ditumbuhkan menggunakan metode *spin coating* sangat dipengaruhi oleh kecepatan putar *spin coating* yang digunakan. Ukuran bulir yang didapatkan dalam penelitian ini pada kecepatan putar 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan 3000 rpm berturut-turut yaitu sebesar 701 nm, 451.75 nm, 386.91 nm, 256 nm dan 249 nm. Sedangkan untuk ketebalan yang didapatkan dalam penelitian ini, untuk setiap variasi kecepatan putar *spin coating* pada lapisan tipis Fe₃O₄ secara berturut-turut yaitu sebesar 6.903 μm , 5.315 μm , 3.661 μm , 2.509 μm dan 2.448 μm . Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan *spin coating* yang digunakan maka semakin kecil ukuran bulir dan ketebalan lapisan tipis yang dihasilkan. Ini disebabkan karena semakin besar kecepatan putar yang digunakan maka yang diteteskan di atas substrat akan terpencar lebih banyak keluar substrat, sehingga mengakibatkan lapisan tipis yang terbentuk semakin tipis ketebalannya dan ukuran bulirnya juga semakin kecil.
3. Sifat magnetik dari suatu lapisan tipis juga sangat dipengaruhi oleh ketebalan dari lapisan tipis yang ditumbuhkan. Ketebalan dari lapisan tipis ini dipengaruhi oleh kecepatan putar yang digunakan pada saat proses penumbuhan lapisan tipis menggunakan alat *spin coating*. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan VSM dapat diketahui bahwa lapisan tipis Fe₃O₄/CuO/Fe₃O₄ merupakan material *hard magnetic* yang mempunyai sifat ferromagnetik. Ini ditunjukkan oleh nilai medan

koersivitas dari lapisan tipis yang besarnya lebih dari 200 Oe. Sehingga berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CuO}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ mempunyai sifat ferromagnetik.

4. Ketebalan lapisan tipis Fe_3O_4 juga sangat mempengaruhi besarnya nilai rasio MR yang dihasilkan. Dimana semakin kecil ketebalan lapisan tipis Fe_3O_4 maka rasio MR dari lapisan tipis akan semakin besar, hingga mencapai nilai maksimum. Rasio MR maksimum yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu sebesar 66,38% pada ketebalan lapisan 5,315 μm . Setelah mencapai nilai maksimum, nilai dari rasio MR ini akan kembali menurun.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan, maka peneliti menyarankan kepada peneliti selanjutnya untuk dapat melakukan variasi lama waktu *spin coating* pada proses penumbuhan lapisan tipis serta dapat menggunakan bahan non magnetik lainnya sebagai bahan penyusun lapisan tipis GMR agar didapatkan lapisan tipis yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah M, 2008. Pengantar Nanosains. Bandung : Penerbit ITB.
- Abdullah, M. dan Khairurrijal. 2010. Karakterisasi Nanomaterial Teori Penerapan dan Pengolahan Data. CV. Rezki Putra : Bandung.
- Adem, U. 2003. *Preparation of Ba_xSr_{1-x}TiO₃ Thin Films By Chemical Solution Deposition and Their Electrical Characterization*. The Departement of Metallurgical & Mateials Engineering. The Middle East Technical University. Thesis.
- Afza, E. 2011. *Pembuatan Magnet Permanen BaHexa Ferrite (BaO_{0.6}Fe₂O₃) dengan Metode Kopresitasi dan Karakterisasinya, Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan.
- Aharoni, A. 1998. *Introduction To The Theory Of Ferromagnetism*. Clarendon Press: Oxford.
- Ansori, Chusni., Sudarsono dan Saefudin. 2011. *Distribusi mineralogi pasir besi pada jalur pantai selatan kabumen – kutoarjo*. Peneliti Madya, Pusat Geoteknologi – LIPI.
- Anwar, Muhammad. 2007. *Sintesis dan Karakterisasi Ferofluida Berbahan Dasar Pasir Besi Peg-400 Sebagai Media Template*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Bandyopadhyay, A., M. D. Sarkar, & A. K. Bhowmick. 2005. *Poly(Vinyl Alcohol)/Silica Hybrid Nanocomposites By Sol-Gel Technique: Synthesis And Properties*. *Journal of Materials Science* Vol. 40:5233-5241.
- Baibich, M.N. J.M. Broto, A. Fert, F. Nguyen Van Dau, F. Petroff, P. Eitenne, G.Creuzet, A. Friederich and J. Chazelas,(1988). “Giant Magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr Magnetic Superlattices”, *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 61, 2472;2475.
- Bertotti,Giorgio. 1998. *Hysterisis in Magnetism for Physicist, Material Scientists and Engineers*. Academic Press, San Diego, California USA (1998).