

**PEMBUATAN LAPISAN TIPIS $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$
MENGUNAKAN METODE SOL GEL - *SPIN COATING***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains



LIRA LASDENI SADRI

16036096/2016

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

PERSETUJUAN SKRIPSI

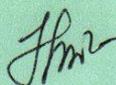
PEMBUATAN LAPISAN TIPIS $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ MENGGUNAKAN
METODE SOL GEL-*SPIN COATING*

Nama : Lira Lasdeni Sadri
Nim : 16036096
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2018

Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Hary Sanjaya, M.Si

NIP. 19830428 200912 1 007

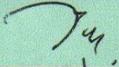
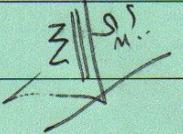
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia
Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Judul : Pembuatan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ menggunakan Metode Sol Gel-*Spin Coating*
Nama : Lira Lasdeni Sadri
NIM : 16036096
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2018

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Hary Sanjaya, M.Si	
2. Anggota : Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D	
3. Anggota : Effendi, S.Pd, M.Sc	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

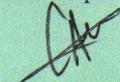
Nama : Lira Lasdeni Sadri
TM/NIM : 16036096/2016
Tempat/Tanggal Lahir : Kasang/ 09 Juni 1993
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : MIPA
Alamat : Bintungan, Kel. Kasang Kec. Batang Anai Kab.
Padang Pariaman
No.HP/Telepon : 081363902459
Judul Skripsi : Pembuatan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$
menggunakan Metode Sol Gel-*Spin Coating*

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademi (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangan **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi..

Padang, Agustus 2018
Yang membuat pernyataan,



Lira Lasdeni Sadri
NIM : 16036096

ABSTRAK

Lira Lasdeni Sadri : Pembuatan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ menggunakan Metode Sol Gel-*Spin Coating*.

Telah dilakukan penelitian mengenai pembuatan lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ menggunakan metode sol gel-*spin coating*. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh kecepatan putaran terhadap sifat optik dan sifat listriknya, serta mencari nilai rasio GMR tertinggi. Pembuatan CoFe_2O_4 menggunakan precursor Co^{2+} dan prekursor Fe^{2+} dengan perbandingan mol 1:2, dilarutkan dengan etil alkohol. Prekursor Zn dibuat dengan konsentrasi 0.5 M dari Serbuk $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang dilarutkan dengan etil alkohol. Variasi kecepatan putaran yang digunakan yaitu pada 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 3500 rpm, dan 4000 rpm. Lapisan tipis GMR dibuat dengan struktur *sandwich*. Lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dengan variasi kecepatan putaran diuji sifat listrik dengan menggunakan metode *4-point probe system* dan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction*, *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan Spektrofotometer UV-Vis. Berdasarkan pengujian sifat listrik didapatkan nilai Resistansi dan Resistivitas terendah pada kecepatan putaran 2000 rpm, dimana semakin cepat kecepatan putaran yang digunakan maka semakin besar nilai resistansi dan resistivitasnya. Rasio GMR yang didapatkan paling tinggi adalah 53.5%. Hasil Pengukuran dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) didapatkan ketebalan lapisan sebesar 3.5 μm .

Kata kunci : Giant Magnetoresistance, Sol Gel, Spin Coating

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pembuatan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ menggunakan Metode Sol Gel Spin Coating”**.

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi salah satu persyaratan memperoleh Gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan sehingga skripsi ini selesai.
2. Bapak Dr. Hardeli, M.Si selaku Penasehat Akademik Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Penguji yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan sehingga skripsi ini selesai.
5. Bapak Effendi, S.Pd, M.Sc selaku Penguji yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan sehingga skripsi ini selesai.

Untuk kesempurnaan skripsi dan penelitian yang penulis lakukan, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran yang

membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis haturkan terima kasih.

Padang, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Nano partikel <i>Ferrite</i>	8
B. <i>Cobalt Ferrite</i>	9
C. <i>Giant Magnetoresistance</i> (GMR)	11
D. Sol Gel	15
E. <i>Spin Coating</i>	18
F. X-Ray Diffraction (XRD)	20
G. Scanning Electron Microscopy (SEM)	21
H. Pengukuran Resistan Lapisan Menggunakan Metoda 4-point probe Systems	22

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat.....	26
B. Objek Penelitian	26
C. Variabel Penelitian	26
D. Alat dan Bahan	26
E. Prosedur Penelitian	27
1. Pembuatan Prekursor CoFe_2O_4 0,25 M	27
2. Pembuatan Prekursor Zn 0,5 M	27
3. Persiapan substrat kaca	27
4. Proses Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4	28
5. Proses Pembuatan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	28
6. Karakterisasi Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lapisan Tipis CoFe ₂ O ₄ /Zn/CoFe ₂ O ₄	31
B. Karakterisasi Struktur Kristal	31
C. Karakterisasi Morfologi Permukaan dan Ketebalan Lapisan	34
D. Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis	35
E. Karakterisasi Sifat Listrik	35

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	44
B. Saran	44

DAFTAR PUSTAKA.....	46
----------------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur spinel <i>ferrite</i> yang menunjukkan sisi tetrahedral dan oktahedral (Yadav <i>et al</i> , 2016)	8
2. Struktur spinel kubus <i>ferrite</i> (Dionne, 2009).....	9
3. Struktur kristal CoFe_2O_4 (Moussy, 2013).....	9
4. Jenis hamburan spin dalam multilayer magnetik (J Mathon, 2001)..	13
5. Struktur lapisan tipis GMR: (a) sandwich, (b) spin valve, dan (c) multilayer (M Djamal, 2010).....	14
6. Geometri GMR : (a) CPP (b) CIP (M. Djamal, 2010).....	15
7. Model rangkaian resistor untuk magnetisasi paralel dan antiparalel pada lapisan GMR (J Mathon, 2001)	15
8. Skema umum proses pembuatan Sol Gel (L. Z, 2010)...	16
9. Tahapan deposisi lapisan tipis dengan metode <i>spin coating</i> (obrzancki dan Szindler, 2015).....	19
10. Skema Peralatan karakterisasi sifat listrik untuk menentukan rasio GMR (Ramli, 2014)	23
11. Geometri pengukuran rasio GMR pada sampel lapisan tipis GMR.....	24
12. Lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	24
13. Pola XRD dari $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	32
14. Foto SEM Permukaan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ a. perbesaran 5000x b. perbesaran 10.000x c. perbesaran 15000x d. perbesaran 20.000x..	34
15. Pencitraan <i>cross section</i> Lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	35
16. Grafik nilai absorbansi lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	36
17. Grafik hubungan antara kecepatan putar dan resistansi	38
18. Grafik hubungan antara kecepatan putar dan resistivitas	39
19. Grafik hubungan antara kecepatan putar dan resistansi	42
20. Grafik hubungan antara kecepatan putar dan resistivitas	42

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perbandingan Karakteristik Beberapa Sensor Medan.....	12
2. Data hasil Uji XRD CoFe_2O_4	32
3. Data hasil Uji XRD ZnO	33
4. Ketebalan lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	35
5. Data Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Keluaran tanpa Pemberian Medan Magnet	37
6. Data rata-rata resistansi dan resistivitas tanpa Pemberian Medan Magnet.....	38
7. Data Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Keluaran dengan Pemberian Medan Magnet	40
8. Data rata-rata resistansi dan resistivitas dengan Pemberian Medan Magnet ..	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan Prekursor CoFe_2O_4 0,25 M	50
2. Pembuatan Prekursor Zn 0,5 M	51
3. Proses Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4	52
4. Proses Pembuatan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	53
5. Perhitungan dan Reaksi dalam Penelitian	54
6. Data Hasil Pengukuran XRD dan Perhitungan Ukuran Kristal $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	58
9. ICSD-ICDD CoFe_2O_4	61
10. ICSD-ICDD ZnO	63
11. Karakterisasi Sifat Listrik Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	66
12. Gambar Alat <i>Spin Coating</i> dan Rangkaian Alat Ukur FPP	74

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Nanopartikel *Ferrite* telah banyak menarik perhatian para peneliti karena penerapannya yang luas pada berbagai bidang seperti biomedis, pengolahan air limbah, katalisator dan perangkat elektronik (Kafeni *et al*, 2017). Nanopartikel *Ferrite* adalah suatu logam oksida dengan struktur spinel dengan formula umum AB_2O_4 . A dan B merupakan kation logam yang ditempatkan pada dua kristalografi yang berbeda sisi, tetrahedral (sisi A) dan oktahedral (sisi B). Contoh umum nanopartikel *Ferrite* adalah MFe_2O_4 (dimana M adalah Mn, Fe, Co, Ni, Cu atau Zn), yang sebagian besar menunjukkan sifat superparamagnetik pada diameter kecil atau sama dengan 20 nm (Yadav *et al*, 2016).

Salah satu material nanopartikel *Ferrite* yang banyak diteliti saat ini adalah nanopartikel *cobalt ferrite* ($CoFe_2O_4$). Nanopartikel $CoFe_2O_4$ berpotensi untuk dikembangkan pada berbagai aplikasi teknologi seperti katalis , *soft magnets* , biosensor , dan cairan magnetik (Siswanto *et al*, 2014), ini disebabkan oleh karena memiliki konstanta anisotropi yang lebih tinggi dibanding Fe_3O_4 (*magnetite*) dan γ - Fe_2O_4 (*maghemite*) (Castillo, 2005). Dengan mengontrol ukuran materialnya, $CoFe_2O_4$ akan memiliki sifat superparamagnetik yang memiliki magnetisasi tinggi ketika diberi medan magnet eksternal, walaupun memiliki magnetisasi rata-rata nol tanpa medan eksternal (Mattei *et al*, 2007). $CoFe_2O_4$ menunjukkan koersivitas yang tinggi, anisotropi kristal magnet yang tinggi dan magnetisasi saturasi yang sedang. (Kakade *et al*, 2016).

Pembuatan nanopartikel CoFe_2O_4 dibagi menjadi 2 kategori yaitu metode *bottom-up* dan *top-down*. Pada teknik *bottom-up* ion-ion tersebut digabungkan secara kimiawi untuk membentuk partikel kecil, sedangkan pada teknik *top-down* yang terjadi adalah materi khusus dilumatkan untuk membentuk partikel kecil. Khusus untuk metode *bottom-up*, terdapat beberapa teknik sintesis yang meliputi (1) Co-presipitasi, (2) dekomposisi thermal, (3) hidrothermal, (4) sol gel, (5) solvothermal, (6) sonokimia, (7) deposisi uap, dimana 4 yang pertama lebih populer (Kafeni *et al.*, 2017). Pembuatan CoFe_2O_4 dengan menggunakan metode sol gel memiliki beberapa kelebihan, antara lain beroperasi pada suhu rendah, biaya yang rendah dan tidak memerlukan instrumen khusus.

Penumbuhan lapisan tipis CoFe_2O_4 dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu (1) *vacuum evaporation*, (2) *sputtering*, (3) *molecular beam epitaxy*, (4) *laser assisted vacuum evaporation*, dan sebagainya. Semua proses ini memerlukan energi intensif dan melibatkan temperature yang tinggi. Metode-metode canggih ini memiliki kemampuan untuk mengendalikan penumbuhan lapisan tipis. Namun, dengan pertimbangan nilai ekonomi dan beberapa kelebihan lainnya seperti pengolahan yang sederhana dengan suhu rendah, proses kimiawi basah dapat digunakan sebagai alternatif lain salah satunya sol gel-*spin coating* (Sathaye *et al*, 2003).

Metode sol gel terdiri dari beberapa teknik pelapisan yaitu *spin coating*, *dip-coating*, dan *spray coating*. Metode lapisan yang digunakan dalam penelitian adalah metode *spin coating*. Metode *spin coating* merupakan suatu metode penumbuhan lapisan tipis pada substrat dengan cara meneteskan cairan ke pusat substrat yang diputar (Huang, 2003). Metode ini sering digunakan oleh para

peneliti karena prosesnya mudah, lapisan tipis yang dihasilkan memiliki tingkat kehomogenan yang cukup tinggi dan ketebalan lapisan yang diinginkan bisa dikontrol berdasarkan waktu dan kecepatan putaran dari alat *spin coater*. Namun, *spin coating* juga memiliki kelemahan yaitu kecepatan putar yang dihasilkan pada nilai tertentu yang proses serta pengontrolannya juga masih bersifat manual. Menurut penelitian yang telah dilakukan Saragi *et al*, telah berhasil dipreparasi film tipis nano magnetik CoFe_2O_4 dengan metode sol gel- *spin coating*. Lapisan tipis CoFe_2O_4 yang diperoleh memiliki karakteristik magnetik magnetisasi remanen (M_r) adalah 5,3277 emu/gr, medan coercive (H_c) adalah 0,1388 kOe (138,8 Oe), medan induksi remanen (B_r) adalah 65,3859 kOe dan energi maksimum BH_{maks} adalah 2,2804 MGOe (Saragi *et al*, 2015).

Pada pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 dengan metode sol gel-*spin coating*, maka variabel yang perlu diteliti antara lain adalah (1) konsentrasi ion-ion logam, (2) suhu preparasi, (3) viskositas larutan prekursor, dan (4) putaran *spin coating*. Dua bagian pertama sangat berperan dalam preparasi dengan metode sol gel, sedangkan 2 bagian terakhir sangat berperan dalam preparasi lapisan tipis dengan metode *spin coating* (Pramanik, 2005). Konsentrasi ion-ion logam akan mempengaruhi ketebalan lapisan dari CoFe_2O_4 . Menurut Wang *et al*, perbandingan rasio stoikiometri pembuatan CoFe_2O_4 adalah $\text{Co}^{2+} : \text{Fe}^{2+} = 1:2$ dan dari variasi suhu kalsinasi yang diteliti didapatkan bahwa fase kristal CoFe_2O_4 ditemukan pada suhu 560°C yang menunjukkan adanya reaksi endotermik pada suhu ini. Sedangkan pada suhu di bawah 500°C masih memiliki impuritas $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan Fe_2O_4 yang mengakibatkan fraksi volume CoFe_2O_4 berkurang hingga 50% (Wang *et al*, 2012).

Ketebalan lapisan tipis CoFe_2O_4 bisa dikontrol berdasarkan waktu dan kecepatan putaran dari alat *spin coater*. Kecepatan putar merupakan salah satu faktor terpenting dalam proses *spin coating* (Doylel, 2003). Kecepatan putar pada substrat berpengaruh terhadap gaya sentrifugasi yang mengenai cairan resin selain kecepatan dan *turbulence* udara di atasnya. Umumnya kecepatan putar yang tinggi dan lama waktu putarnya menghasilkan lapisan yang lebih tipis. Berdasarkan teori ini, maka penulis akan menggunakan parameter variasi kecepatan *spin coating* untuk melihat perubahan yang terjadi terhadap lapisan tipis CoFe_2O_4 .

CoFe_2O_4 merupakan salah satu material untuk pembuatan lapisan tipis *Giant-Magnetoresistance* (GMR). Prinsip dasar *Giant magnetoresistance* adalah perubahan resistansi pada lapisan *multilayer* yang ketika diberikan medan magnet luar dan merupakan efek mekanika kuantum yang bergantung pada fenomena *scattring* spin. Ketika medan eksternal diberikan pada lapisan *multilayer* Fe/Cr, arah magnetisasi pada lapisan Fe akan berotasi ke arah paralel seiring dengan meningkatnya medan eksternal hingga akhirnya moment magnetik total mengalami saturasi. Selama rotasi magnetisasi dari antiparalel menuju paralel terjadi perubahan resistansi yang besar (Shirota *et al*, 1999). Dalam teknologi GMR permasalahan yang paling mendasar adalah bagaimana pemilihan material dan penyusunan ketebalannya. Ketebalan lapisan material GMR harus dibuat dalam orde nanometer (Djamal dan Yulkifli, 2009).

Terdapat 3 jenis struktur untuk lapisan tipis GMR yaitu : (1) struktur *sandwich*, (2) struktur *spin valve*, dan (3) struktur *multilayer*. Masing-masing struktur memiliki efek *magnetoresistance* (MR) yang berbeda pula. Struktur lapisan tipis GMR berpengaruh terhadap nilai resistansi, sehingga banyak

penelitian dilakukan untuk menemukan struktur metal-magnetik yang bisa menghasilkan perubahan resistansi yang besar. Struktur *sandwich* merupakan struktur dasar GMR yang terdiri dari tiga lapisan dengan susunan bahan feromagnetik/nonmagnetik/feromagnetik (FM-NM-FM). Pada multilayer magnetik yang terdiri dari dua lapisan feromagnetik dengan lapisan pemisah non magnetik, GMR memiliki rasio *magnetoresistance* yang amat besar (Djamal M, 2009).

Sebelumnya, penelitian GMR struktur *sandwich* yang menggunakan CoFe_2O_4 sebagai bahan feromagnetik telah dilakukan oleh Ramli *et al*, dimana metode yang digunakan adalah DC *magnetron sputtering* dan rasio GMR maksimum pada suhu kamar yang diperoleh adalah 70% (Ramli *et al*, 2016). Berdasarkan yang penulis ketahui, belum ada penelitian tentang pembuatan GMR dengan komposisi $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ menggunakan metode sol gel spin coating. Penulis memilih material Zn sebagai bahan non magnetik karena kelimpahan dan sifat ramah lingkungan serta mempunyai *band gap* yang lebar ($\sim 3,3$ eV) dan energi ikat eksiton yang besar (60 meV) (Karmakar *et al*, 2004). Berdasarkan uraian diatas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul **“Pembuatan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dengan Metode Sol Gel Spin Coating”**.

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Ketebalan lapisan material GMR harus dibuat dalam orde nanometer.
2. Ketebalan lapisan tipis CoFe_2O_4 bisa dikontrol berdasarkan waktu dan kecepatan putaran dari alat spin coater.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Konsentrasi CoFe_2O_4 yang akan dibuat adalah 0,25 M.
2. Variasi kecepatan metode spin coating dalam pelapisan GMR adalah 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 3500 rpm, 4000 rpm dengan waktu 30 s.
3. Struktur lapisan GMR berupa *sandwich* yaitu $\text{CoFe}_2\text{O}_4 / \text{Zn} / \text{CoFe}_2\text{O}_4$.
4. Pembuatan lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4 / \text{Zn} / \text{CoFe}_2\text{O}_4$ dilakukan dengan metode sol gel dengan teknik pelapisan spin coating.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menghasilkan lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dalam ukuran nano material dengan metode sol gel spin coating?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putaran *spin coating* dalam pelapisan GMR terhadap kualitas kristal?
3. Bagaimana pengaruh kecepatan putar *spin coating* dalam pelapisan GMR terhadap nilai resistansi dan resistivitasnya?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Membuat lapisan tipis GMR dengan metoda sol – gel spin coating
2. Mengkarakterisasi lapisan tipis GMR yang terbentuk dengan XRD, SEM dan pengukuran resistansi lapisan dengan metoda 4 – point probe systems.
3. Melihat pengaruh kualitas kristal terhadap variasi kecepatan putaran spin coating dan sifat listriknya (resistansi dan resistivitas).

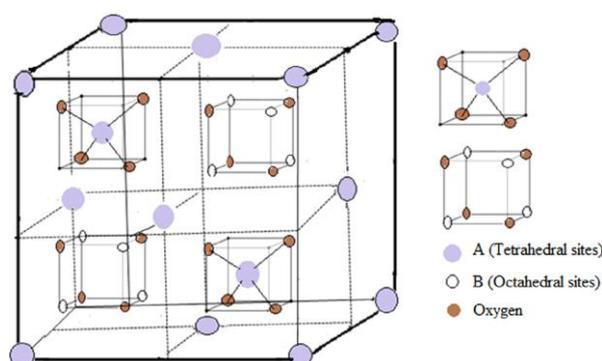
F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan sumbangsih ilmu pengetahuan terutama dibidang nanoteknologi dimana diharapkan nantinya kaca yang dilapisi dengan material GMR mampu menghasilkan sel surya yang memiliki nilai efisiensi yang tinggi sehingga memiliki kontribusi dalam mengatasi masalah krisis sumber energi yang terjadi pada saat sekarang ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Nano partikel *Ferrite*

Nanopartikel *ferrite* termasuk kelompok nanopartikel magnetik (MNPs) dan telah banyak menarik perhatian karena aplikasinya diberbagai bidang, yang berkisar dari biomedis sampai industri. Nanopartikel *ferrite* adalah logam oksida dengan struktur spinel dengan formula umum AB_2O_4 , dimana A dan B adalah kation logam yang ditempatkan pada dua kristalografi yang berbeda situs, tetrahedral (situs A) dan oktahedral (situs B). Kation dari Kedua posisi tersebut pada koordinat tetrahedral dan oktahedral untuk atom oksigen (Gambar 1). Nanopartikel *ferrite* mempunyai rumus kimia yang selalu terdapat zat besi (III) didalamnya. Contoh umum untuk nanopartikel ferrite adalah MFe_2O_4 (dimana M adalah Mn, Fe, Co, Ni, Cu dan Zn), yang kebanyakan menunjukkan sifat superparamagnetik pada diameter di bawah atau sekitar 20 nm (Yadav *et al*, 2016).



Gambar 1. Struktur spinel *ferrite* yang menunjukkan sisi tetrahedral dan oktahedral (Yadav *et al.*, 2016)

Nanopartikel *ferrite* memiliki aplikasi yang luas dalam biomedis, pengolahan air limbah, katalis dan perangkat elektronik. Setiap area dari aplikasi

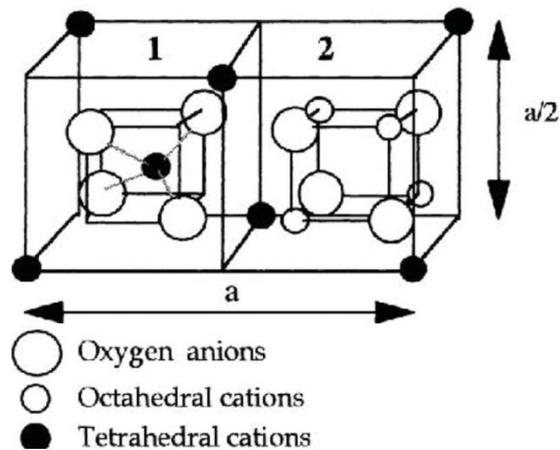
tersebut membutuhkan nanopartikel *ferrite* dengan sifat tertentu. Contoh kegunaan pada bidang biomedis, nanopartikel *ferrite* harus berada dalam keadaan SPM pada suhu kamar (A. Akbarzadeh *et al*, 2012). *Ferrite* harus memiliki reaktivitas kimia yang sangat baik, kapasitas adsorpsi tinggi dan nilai M_s yang wajar agar mudah dikeluarkan oleh magnet luar lapangan (M.E. Mahmoud *et al*, 2013). Sediaan nanopartikel dapat dibuat dengan berbagai metode, hingga saat ini ada beberapa metode pembuatan nanopartikel yang sering digunakan yaitu metode presipitasi, penggilingan (*milling methods*), *salting out*, fluida superkritis, polimerisasi monomer, polimer hidrofilik, dan dispersi pembentukan polimer (Soppimath, *et al*, 2001; Mansouri, *et al*, 2011).

B. Cobalt Ferrite

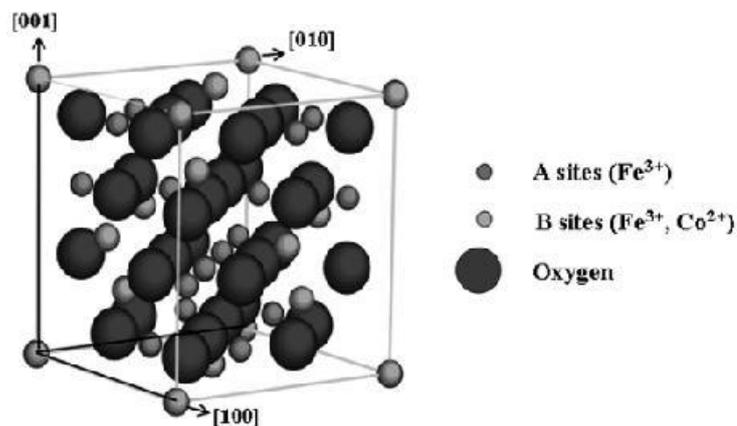
Salah satu material nanopartikel yang banyak diteliti adalah nanopartikel CoFe_2O_4 (*cobalt ferrite*). Nanopartikel CoFe_2O_4 berpotensi untuk berbagai aplikasi teknologi seperti pada katalis, *soft magnets*, biosensor dan cairan magnetik (Siswanto, *et al.*, 2014). *Cobalt Ferrite* merupakan salah satu jenis material nanopartikel yang banyak diteliti, karena berpotensi memiliki sifat superparamagnetik. Sifat superparamagnetik merupakan sifat yang muncul pada material berode satu domain magnetik. Ukurannya yang kecil menyebabkan material tersebut sangat sensitif terhadap medan magnet luar, namun jika medan magnet luar dihilangkan pengaruhnya secara perlahan-lahan maka sifatnya akan mirip dengan material paramagnetic (Perdana, 2008).

CoFe_2O_4 memiliki struktur spinel kubus $(\text{A})[\text{B}_2]\text{O}_4$, dengan A dan B menyatakan tempat (*site*) koordinasi tetrahedral dan oktahedral. Struktur ideal pada CoFe_2O_4 adalah ion Fe^{3+} didistribusikan secara sama di *site* A dan B,

sementara ion-ion Co^{2+} dibatasi pada *site* B, jadi strukturnya adalah: $(\text{Fe}^{3+})[\text{Co}^{2+}\text{Fe}^{3+}]\text{O}_4$ seperti Gambar 2



Gambar 2. Struktur spinel kubus ferrite (Dionne, 2009).



Gambar 3. Struktur kristal CoFe_2O_4 (Moussy, 2013).

Nanopartikel CoFe_2O_4 memiliki sifat khusus yakni nilai konstanta anisotropi yang lebih tinggi dibandingkan dengan Fe_3O_4 (magnetite) dan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (maghemite). Intensitas sifat superparamagnetiknya meningkat seiring dengan menurunnya ukuran partikel sementara suhu Curie akan meningkat secara linier seiring dengan meningkatnya ukuran partikel. Distribusi ukuran kristal nanopartikel CoFe_2O_4 bergantung terhadap suhu pembuatannya. Semakin besar

suhu pengendapan dalam sintesis maka ukuran kristal yang dihasilkan juga akan semakin besar (Widodo, 2010).

Untuk mensintesis *cobalt ferrite* dibagi menjadi 2 kategori yaitu *bottom-up* dan *top-down*. Pada *bottom-up* ion-ion tersebut digabung secara kimiawi untuk membentuk partikel kecil, sedangkan pada *top-down* materi khusus yang dilumatkan untuk membentuk partikel kecil. Ada beberapa teknik sintesis untuk *bottom-up* yang meliputi Co-presipitasi, dekomposisi thermal, hidrothermal, sol gel, solvothermal, sonokimia dan deposisi uap dimana 4 yang pertama lebih populer (Kafeni *et al.*, 2017).

C. Giant Magnetoresistance (GMR)

Giant magnetoresistance (GMR) merupakan suatu material yang memiliki karakteristik magnetoresistansi yang tinggi, sifat-sifat magnetik dan elektrik yang baik. Berdasarkan karakteristik yang dimiliki tersebut, GMR sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi berbagai divais pengindera medan magnet generasi mendatang (*next generation magnetic field sensing devices*) (M Djamal, 2010). Respon dari divais magnetoresistive diungkapkan dalam persentase rasio *magnetoresistance* (MR) yaitu:

$$\text{MR}\% = \frac{\Delta R}{R} \times 100\%$$

dengan R adalah resistansi, ΔR adalah perubahan resistansi divais di dalam medan magnet. Material yang memiliki nilai MR yang sangat besar dinamakan dengan material *giant magnetoresistance* (GMR).

GMR merupakan sensor yang bekerja berdasarkan efek perubahan resistansi yang sangat besar pada bahan logam bila berada dalam medan magnet

luar. Material GMR memiliki *magnetoresistance* yang sangat besar sehingga memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi devais pendeteksi medan magnet. 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 (Tumanski, 2001). Pada Tabel 1 ditunjukkan perbedaan sensor GMR dengan beberapa sensor medan magnetik lainnya.

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Beberapa Sensor Medan

Sensor	Range H (T)	Sensivitas (V/T)	Waktu respon	Konsumsi daya	Ukuran sensor (head size)
GMR	10^{-12} - 10^{-2}	120	1 MHz	10 mw	10-100 μ m
Hall	10^{-6} - 10^2	0.65	1 MHz	10 mw	10-100 μ m
SQUID	10^{-14} - 10^{-6}	10^{-14}	1 MHz	10 mw	10-100 μ m
Fluxgate	10^{-12} - 10^{-2}	3.2	5 kHz	1 w	10-20 mm

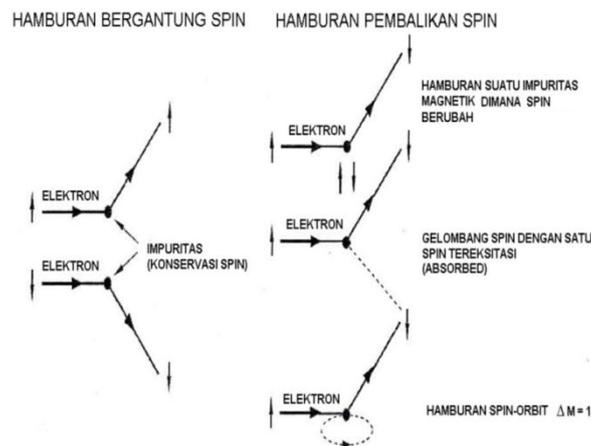
(Han, *et al.*, 2005)

1. Prinsip Kerja

Prinsip dasar *Giant magnetoresistance* adalah perubahan resistansi pada lapisan *multilayer* ketika diberikan medan magnet luar dan merupakan efek mekanika kuantum yang bergantung pada fenomena *scattring* spin. Ketika medan eksternal diberikan pada lapisan multilayer Fe/Cr, arah magnetisasi pada lapisan Fe akan berotasi ke arah paralel seiring dengan meningkatnya medan eksternal hingga akhirnya moment magnetik total mengalami saturasi. Selama rotasi magnetisasi dari antiparalel menuju paralel terjadi perubahan resistansi yang besar. Asal dari perubahan resistansi ini adalah hamburan elektron antara wilayah

magnetisasi paralel dan antiparalel yang disebut dengan *spin dependent transport* (Shirota, et al., 1999).

Efek GMR merupakan efek mekanika kuantum yang diamati dalam struktur lapisan tipis yang terdiri lapisan-lapisan feromagnetik yang dipisahkan oleh lapisan nonmagnetik. Efek GMR ini berhubungan dengan kenyataan bahwa spin elektron memiliki dua nilai yang berbeda (*spin up* dan *spin down*). Ketika spin-spin ini melintasi material yang telah dimagnetisasi, salah satu jenis spin mungkin mengalami hambatan (*resistance*) yang berbeda daripada jenis spin lainnya. Sifat ini menunjukkan adanya hamburan bergantung spin (*spin-dependent scattering*). Dalam multilayer magnetik terjadi dua jenis hamburan yaitu: hamburan bergantung spin (*spin-dependent scattering*) dan hamburan pembalikan spin (*spin flip scattering*) seperti tampak pada Gambar 4.

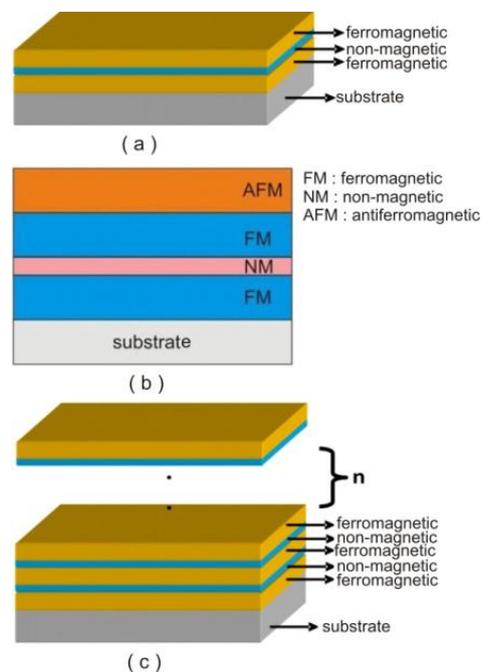


Gambar 4. Jenis hamburan spin dalam multilayer magnetik (J Mathon, 2001)

Hamburan bergantung spin menyebabkan timbulnya GMR, sedangkan hamburan pembalikan spin merusak timbulnya GMR. Kedua jenis hamburan ini dibedakan berdasarkan perubahan arah perambatan electron (J Mathon, 2001).

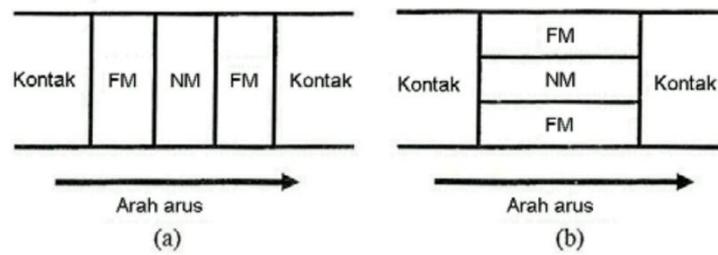
2. Struktur dan Rasio GMR

Struktur GMR terdiri dari struktur sandwich, spin valve (sandwich pinned) dan multilayer. 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 sandwich yang diberi lapisan pengunci (Pinnin layer), sedangkan struktur multilayer, adalah struktur dengan pengulangan lapisan feromagnetik/non magnetik (FM/NM) n dengan indeks n adalah jumlah pengulangan seperti terlihat pada Gambar 5 (M Djamal, 2010).



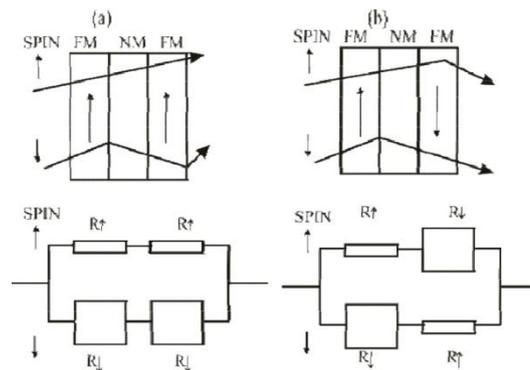
Gambar 5. Struktur lapisan tipis GMR: (a) sandwich, (b) spin valve, dan (c) multilayer (M Djamal, 2010).

Ketiga struktur di atas memiliki dua geometri utama dari efek GMR, yaitu geometri utama arus tegak lurus bidang (CPP) dan geometri arus sejajar bidang (CIP), seperti tampak pada Gambar 6.



Gambar 6. Geometri GMR : (a) CPP (b) CIP (M Djamal, 2010).

Hamburan pada lapisan multilayer ferromagnetik dideskripsikan pada Gambar 6 dimana hamburan kuat terjadi untuk elektron dengan spin antiparalel terhadap arah magnetisasi, sedangkan hamburan lemah terjadi untuk elektron dengan spin paralel terhadap arah magnetisasi. Anggapan ini menggambarkan asimetri dalam rapat keadaan pada tingkat Fermi yang bersesuaian dengan argumentasi Mott yang kedua.



Gambar 7. Model rangkaian resistor untuk magnetisasi paralel dan antiparalel pada lapisan GMR (J. Mathon, 2001)

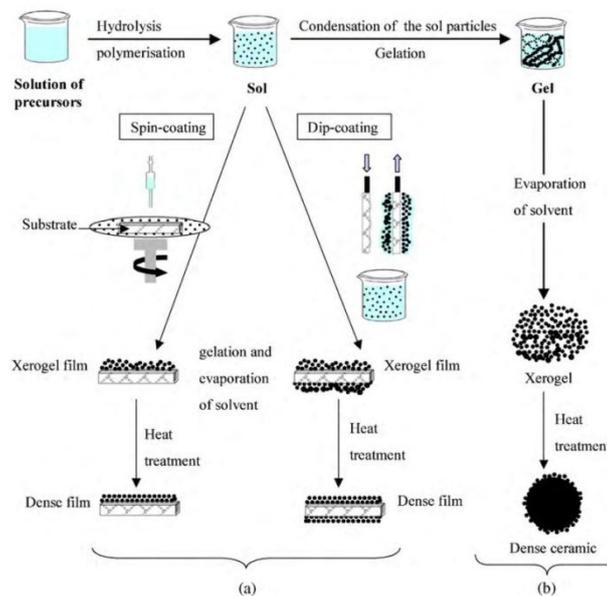
D. Sol Gel

Metode sol-gel merupakan salah satu metode yang paling sukses dalam mempersiapkan material oksida logam berukuran nano. Sol adalah suspensi koloid yang fasa terdispersinya berbentuk padat dan fasa pendispersinya berbentuk cairan. Suspensi dari partikel padat atau molekul-molekul koloid dalam larutan, dibuat dengan metal alkoxi dan dihidrolisis dengan air, menghasilkan partikel

padatan metal hidroksida dalam larutan, dan reaksinya adalah reaksi hidrolisis (Paveena *et al.*, 2010).

Metode sol-gel dikenal sebagai salah satu metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana dan mudah. Metode ini merupakan salah satu “*wet method*” atau metode basah karena pada prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Pada metode sol-gel, sesuai dengan namanya larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) dan kemudian menjadi gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada sol).

Terdapat dua tahapan umum dalam pembuatan metal oksida melalui proses sol-gel, yaitu hidrolisis dan polikondensasi seperti terlihat pada Gambar 8, pada tahap hidrólisis terjadi penyerangan molekul air.



Gambar 8. Skema umum proses pembuatan Sol Gel (L. Znaidi, 2010).

Metode sol gel meliputi hidrolisis, kondensais, pematangan dan pengeringan.

1. Hidrolisis

Rasio air dan jenis katalis hidrolisis yang digunakan merupakan factor yang sangat berpengaruh pada proses hidrolisis. Peningkatan rasio pelarut/prekursor akan meningkatkan reaksi hidrolisis yang mengakibatkan reaksi berlangsung cepat sehingga waktu gelasi lebih cepat. Katalis yang digunakan pada proses hidrolisis adalah jenis katalis asam atau basa, namun juga dapat berlangsung tanpa katalis.

2. Kondensasi

Pada tahapan ini terjadi proses transisi dari sol menjadi gel. Reaksi kondensasi melibatkan ligan hidroksil untuk menghasilkan polimer dengan ikatan M-O-M. Pada berbagai kasus, reaksi ini juga menghasilkan produk samping berupa air atau alcohol dengan persamaan reaksi secara umum adalah sebagai berikut.



3. Pematangan (*Aging*)

Setelah reaksi hidrolisis dan kondensasi, akan dilanjutkan dengan proses pematangan gel yang terbentuk. Proses ini disebut juga dengan proses *aging*. Pada proses pematangan ini, terjadi reaksi pembentukan jaringan gel yang lebih kaku kuat dan menyusut di dalam larutan.

4. Pengeringan

Tahap terakhir dalam proses sol gel yaitu penguapan larutan dan cairan yang tidak diinginkan untuk mendapatkan struktur sol-gel yang memiliki luas permukaan yang tinggi.

Keuntungan metode sol gel :

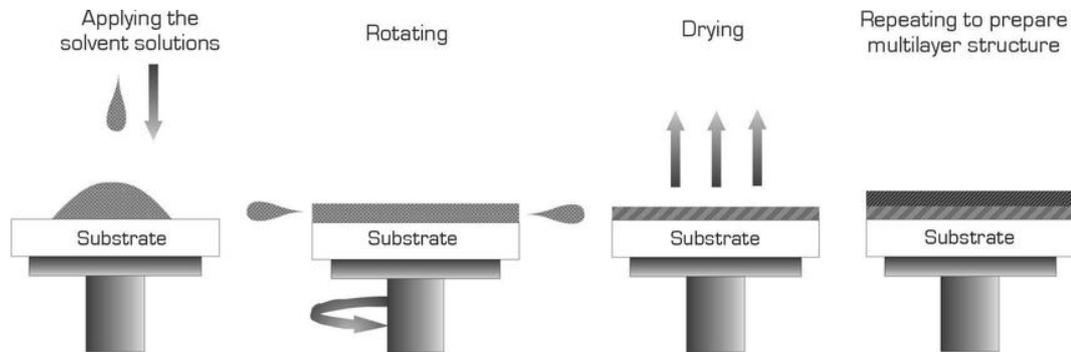
1. Homogenitasnya lebih baik, beroperasi dibawah suhu rendah, biaya rendah dan tidak memerlukan instrumen khusus.
2. Pencemaran rendah, menghindari reaksi dengan container dan kemurnian tinggi.
3. Fase pemisahan cepat dan kristalisasi cepat.
4. Pembentukan fase kristal baru dari padatan non kristal baru.

E. Spin Coating

Metode *spin coating* pertama kali dipublikasikan oleh Emslie, Bonner. Dan Peck. Metode *spin coating* adalah metode penumbuhan lapisan tipis pada substrat dengan cara meneteskan cairan ke pusat substrat yang diputar. Substrat yang digunakan adalah kaca. Material yang digunakan sebagai lapisan tipis dideposisi atau diletakkan pada bagian tengah substrat baik dengan cara manual maupun bantuan robot. Material tersebut dituangkan diatas substrat. *Spin coating* didasarkan pada asumsi bahwa aliran larutan berada dalam kondisi stabil ketika gaya sentrifugal dan gaya viskositas seimbang (Huang, 2003). Metode ini menjadi solusi dari partikel zeolit dengan permukaan substrat yang lembut dan kemungkinan lapisan yang terbentuk juga lapisan yang lembut. Untuk menentukan ketebalan lapisan tipis disini sangat dipengaruhi oleh konsentrasi dari larutan dan kecepatan putar *spin coater* (Doylel, 2003). Beberapa parameter yang mempengaruhi proses *spin coating* adalah:

1. Viskositas atau kekentalan larutan
2. Kandungan material

3. Kecepatan anguler
4. Waktu putar atau *spin time*



Gambar 9. Tahapan deposisi lapisan tipis dengan metode spin coating (Dobrzanski dan Szindler, 2015)

Proses *spin coating* dibagi menjadi empat yaitu tahap deposisi, *spin-up*, *spin-off*, dan evaporasi. Tahap pertama dimulai dari diteteskan atau dialirkannya cairan pelapis berupa gel di atas substrat. Pada tahap deposisi substrat belum diputar. Kemudian pada tahap berikutnya substrat mulai diputar. Akibat gaya sentrifugal cairan menjadi tersebar secara radial keluar dari pusat putaran menuju tepi piringan. Pada tahap ini substrat mengalami percepatan. Sedangkan pada kedua tahap berikutnya laju putaran mulai konstan, artinya tidak ada percepatan sudut pada substrat. Pada tahap *spin-off* sebagian cairan yang berlebih akan menuju ke tepi substrat dan akhirnya terlepas dari substrat membentuk tetesan-tetesan. Semakin menipis lapisan yang terbentuk semakin berkurang tetesan-tetesan yang terbuang. Hal ini dipengaruhi oleh adanya penambahan hambatan alir dan viskositas pada saat lapisan semakin tipis. Tahap terakhir, evaporasi, merupakan mekanisme utama dari proses penipisan lapisan. Ketebalan lapisan yang terbentuk ditentukan oleh dua parameter utama yaitu viskositas dan laju

putaran (*angular speed*) disamping parameter-parameter lainnya seperti waktu dan kerapatan cairan. (Asrorudin 2004).

Kecepatan putar merupakan salah satu faktor terpenting dalam proses *spin coating*. Kecepatan putar pada substrat berpengaruh terhadap sudut gaya sentrifugal yang mengenai cairan *resin* selain kecepatan dan *turbulence* udara di atasnya. Secara lebih spesifik tingkat kecepatan putar yang tinggi menentukan ketebalan lapisan yang terbentuk.

F. X-Ray Diffraction (XRD).

Difraksi sinar X (X-ray Diffractometer), atau yang sering dikenal dengan XRD, merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun non-kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Dengan kata lain, teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel.

Metode difraksi sinar-X adalah salah satu cara untuk mempelajari keteraturan atom atau molekul dalam suatu struktur tertentu. Jika struktur atom atau molekul tertata secara teratur membentuk kisi, maka radiasi elektromagnetik pada kondisi eksperimen tertentu akan mengalami penguatan. Pengetahuan tentang kondisi eksperimen itu dapat memberikan informasi yang sangat berharga tentang penataan atom atau molekul dalam suatu struktur.

Difraksi sinar X dapat digunakan untuk mengkarakterisasi lapisan tipis berukuran nano. Hasil pengukuran difraksi sinar berupa difraktogram, dimana berdasarkan difraktogram tersebut dapat diketahui struktur dan kualitas kristal.

Berdasarkan difraktogram dapat diungkapkan pula ukuran butir kristal dan *strain* mikro lapisan tipis. Struktur kristal diperoleh dengan menganalisa difraktogram, menggunakan hubungan difraksi bragg:

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin(\theta)$$

Ukuran butir kristal dicari dengan formula Scherer (Suryanarayan dan Norton, 1998) :

$$D = \frac{k\lambda}{S \cos \theta}$$

Keterangan:

D : Ukuran butir

S : Strain mikro

k : Konstanta (~0,9)

λ : Panjang gelombang sinar-X

$\Delta 2\theta$: FWHM

θ : Sudut difraksi Bragg

d_{hkl} : jarak antar bidang kristal

(Ramli *et al*, 2017)

G. Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah di mana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM

mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan ke mana arah kemiringan.

SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada mikroskop optik. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang de Broglie yang dimiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik. Makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop. Syarat agar SEM dapat menghasilkan citra yang tajam adalah permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan elektron sekunder ketika ditembak dengan berkas elektron. Material yang memiliki sifat demikian adalah logam. Jika permukaan logam diamati di bawah SEM maka profil permukaan akan tampak dengan jelas.

Morfologi permukaan lapisan tipis diselidiki dengan SEM. Selain digunakan untuk morfologi permukaan, hasil SEM juga digunakan untuk menghitung ketebalan lapisan yang terbentuk (Ramli *et al*, 2017).

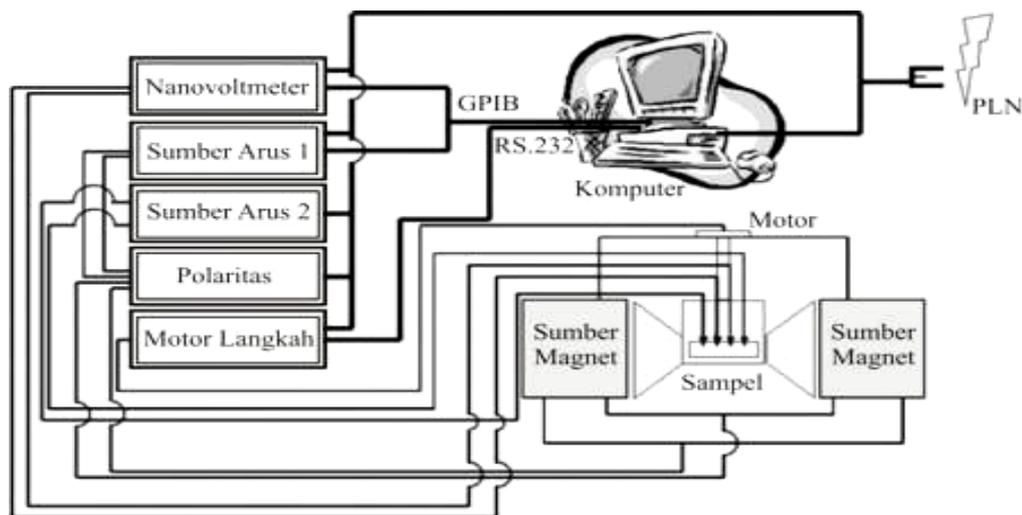
H. Pengukuran Resistan Lapisan Menggunakan Metoda 4-point probe systems

Karakterisasi listrik digunakan untuk mengetahui resistivitas lapisan tipis GMR. Teknik pengukuran dengan metode *probe* empat titik standar dengan arus tegak lurus bidang geometri telah digunakan untuk mengukur resistivitas lapisan tipis GMR. Hasil akhir dari karakterisasi listrik ini adalah rasio GMR lapisan tipis, yang dihitung berdasarkan persamaan:

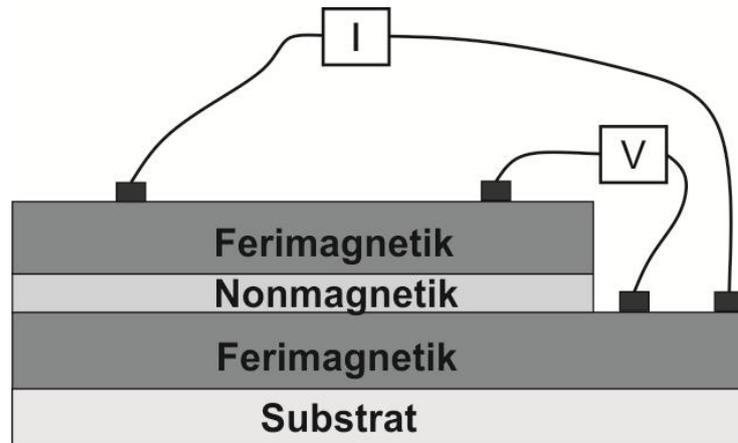
$$MR(\%) = \left(\frac{\rho(H) - \rho(H = 0)}{\rho(H)} \right) \times 100\%,$$

dengan $\rho(H)$ adalah resistivitas saat ada medan magnet, $\rho (H=0)$ adalah resistivitas saat tanpa medan magnet. Pada persamaan ini perhitungan rasio GMR menggunakan resistansi.

Pengukuran resistivitas dilakukan dengan metoda probe empat titik. Probe empat titik ini terdiri dari 4 kabel keluaran. Empat kabel dari probe tersebut terdiri dari, dua kabel yang dihubungkan dengan voltmeter dan dua kabel yang lainnya dihubungkan dengan sumber arus yang konstan. Sedangkan sumber arus DC dihubungkan dengan coil elektromagnetik yang akan digunakan sebagai sumber pembangkit medan magnet. Kemudian baik voltmeter dan sumber arus DC dihubungkan dengan komputer melalui panel depan *IEEE-488 GPIB*. Sedangkan alat control suhu dihubungkan dengan komputer melalui *chart* serial 232. Peralatan ini dikontrol melalui komputer dengan program *Borland C*. Skema peralatan pengukuran diperlihatkan dalam Gambar 10, sedangkan geometri pengukurannya diperlihatkan dalam ilustrasi Gambar 11.



Gambar 10. Skema peralatan karakterisasi sifat listrik untuk menentukan rasio GMR (Ramli, 2014)



Gambar 11. Geometri pengukuran rasio GMR pada sampel lapisan tipis GMR

(Ramli,2014)

Keempat probe dibuat pada jarak yang sama yaitu 1 mm. Arus listrik (I) dialirkan di antara dua probe luar menggunakan sumber arus konstan DC. Secara bersamaan diukur beda tegangan (V) antara dua probe dalam. Persamaan berikut digunakan untuk menghitung resistivitas (Smits, 1958):

$$\rho = \frac{V}{I} Ct$$

dengan ρ adalah resistivitas dalam $\Omega\text{-m}$, V adalah tegangan dalam mV, I adalah arus konstan dalam mA, C adalah faktor koreksi geometri, dan t adalah ketebalan film. Untuk sampel dengan geometri persegi (dalam penelitian ini geometri sampel berbentuk persegi) faktor koreksinya bernilai, $C = \pi/\ln 2$ (Smits, 1958). Jadi untuk sampel GMR dalam penelitian ini resistivitas dari hasil pengukuran dihitung dengan berikut :

$$\rho = \frac{\pi}{\ln 2} \left(\frac{V}{I} \right)$$

Mula-mula sampel diukur tanpa pemberian medan magnet luar untuk memperoleh $\rho (H=0)$, selanjutnya pengukuran dilakukan dengan memberikan medan magnet pada sampel untuk memperoleh $\rho (H)$. Nilai-nilai $\rho (H=0)$ dan $\rho (H)$ tersebut disubsitusikan ke dalam Persamaan untuk menghitung rasio GMR.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini telah berhasil dibuat lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dengan metode *Sol Gel-Spin Coating*, hal ini dibuktikan dengan karakterisasi XRD, SEM, dan sifat listrik.
2. Nilai resistansi dan resistivitas lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ terendah adalah pada kecepatan putaran 2000 rpm, dimana semakin tinggi kecepatan putarannya maka semakin besar pula nilai resistansi dan resistivitasnya.
3. Nilai rasio GMR tertinggi yang didapatkan sebesar 53.5 % (jenis *negative magnetoresistance*).

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk peneliti selanjutnya :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut agar didapatkan metode dan teknik yang sesuai untuk mendapatkan lapisan tipis GMR yang lebih tipis dan homogen.
2. Pembuatan lapisan tipis sejatinya diperlukan tingkat ketelitian yang tinggi. Dimana hasil akhir yang didapat nantinya ada pada nilai satuan yang relatif

kecil. Jadi, perlu tingkat kesterilan yang tinggi hingga proses pelapisan harus lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Akbarzadeh, M. Samiei, S. Davaran, *Nanoscale Res. Lett.* 7 (2012) 144–156.
- Asrorudin U. 2004. *Perancangan Alat Deposisi Spin Coating*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Adem, Umut. 2003. *Preparation of $\text{BaSr}_{1-x}\text{TiO}_3$ thin films by hemial solution depotition and their optoeletroni and mirostrutural properties*. Thesis. Middle east tehnia university
- Castillo, V. L. C. D. 2005. *Synthesis and Characterization of Cobalt-Substituted Ferrite Nanoparticles Using Reverse Micelles*, Thesis, University of Puerto Rico, Mayagüez Campus.
- Dionne, G.F., (2009): **Magnetic Oxides**, Springer, New York
- Djamal, M., dan Yulkifli. 2009. *Penumbuhan Lapisan Tipis NiCoFe/Si Sebagai Material Pembuatan Sensor Giant Magneto Resistance (GMR)*. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, vol, 9, no. 1, pp.1-11.
- Djamal, M. 2010. *Sensor dan Sistem Sensor: State of The Art, Kontribusi dan Perspektif Pengembangannya di Masa Depan*, Bandung.
- Djamal, M., Ramli., Rahadian Wirawan., dan Edi Sanjaya. *Sensor Magnetik GMR, Teknologi dan Aplikasi Pengembangannya*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY.
- Dobrzanski L.A. dan M. Szindler. 2015. *Sol Gel TiO_2 Antireflection Coatings for Silicon Solar Cells*. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* Vol 52
- Doylel, Ruppachter.A.M., Pflander,G., Schleogl, N., Kirschhock, R., C.E.A.J.A Martens,H.-J. Freund. 2003. *Ultra-Thin Zeolite Films Prepared By Spin-Coating Silicalite-1 Precursor Solutions*. Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft. Berlin.
- E. Mahmoud, M.S. Abdelwahab, E.M. Fathallah, *Chem. Eng. J.* 223 (2013)318–327.
- Froehlich, Mihaela. 1999. *Two Coating Problems: Thin Film Rupture and Spin Coating*. Journal of Departement of Mathematics. Duke University.