

**PEMBUATAN LAPISAN TIPIS CoFe_2O_4 MENGGUNAKAN METODE
SOL-GEL *SPIN COATING* DENGAN VARIASI KONSENTRASI
DAN WAKTU PELAPISAN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh gelar Sarjana Sains



RITA SILVIA

NIM. 14036016

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

**PEMBUATAN LAPISAN TIPIS CoFe_2O_4 MENGGUNAKAN METODE
SOL-GEL *SPIN COATING* DENGAN VARIASI KONSENTERASI
DAN WAKTU PELAPISAN**

Nama : Rita Silvia
Nim : 14036016
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Juli 2018

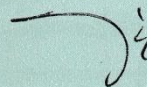
Disetujui oleh

Pembimbing I



Harv Sanjava, S.Si, M.Si
NIP.198304282009121007

Pembimbing II



Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D
NIP. 197210241998031001

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

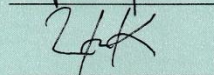
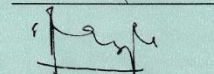
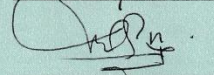
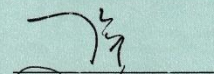
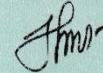
Judul : Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 menggunakan Metode Sol-Gel *Spin Coating* dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Pelapisan
Nama : Rita Silvia
NIM : 14036016
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Juli 2018

Tim Penguji

Nama	
1. Ketua	: Hary Sanjaya, S.Si, M.Si
2. Sekretaris	: Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D
3. Anggota	: Miftahul Khair, M.Sc, Ph.D
4. Anggota	: Edi Nasra, S.Si, M.Si
5. Anggota	: Umar Kalmar Nizar, M.Si, Ph.D

Tanda Tangan



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rita Silvia
TM/NIM : 14036016/2014
Tempat/Tanggal Lahir : Sidorejo/ 25 Oktober 1996
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : MIPA
Alamat : Jorong Batunanggai, Kec. Tanjung Raya, Kab. Agam
No.HP/Telepon : 089650824940
Judul Skripsi : Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 menggunakan Metode Sol-Gel *Spin Coating* dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Pelapisan

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, Juli 2018

Yang membuat pernyataan,



Rita Silvia
14036016

ABSTRAK

Rita Silvia (2018) : Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 menggunakan Metode Sol-Gel *Spin Coating* dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Pelapisan.

Telah dilakukan penelitian mengenai pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 menggunakan metode sol-gel *spin coating*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi $\text{Co}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ terhadap sifat listrik dan sifat optik serta pengaruh waktu pelapisan terhadap sifat listrik pada lapisan tipis CoFe_2O_4 . Variasi konsentrasi $\text{Co}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ yang digunakan yaitu 0,05M, 0,1M, 0,15M, 0,2M dan 0,25M dan variasi waktu pelapisan yang digunakan yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 detik. Lapisan tipis CoFe_2O_4 dengan variasi konsentrasi diuji sifat listrik menggunakan metode FPP dan dikarakterisasi menggunakan XRD, UV-DR dan SEM. Berdasarkan pengujian sifat listrik dari lapisan tipis dengan variasi konsentrasi diperoleh semakin besar konsentrasi maka nilai resistansi semakin besar pula. Hasil karakterisasi dengan variasi konsentrasi menggunakan XRD menunjukkan telah terbentuknya CoFe_2O_4 yang ditandai dengan adanya puncak dengan pola (111), (311), (444), (511). Selain itu, ukuran partikel yang diperoleh berukuran nano yaitu 14,46-100,67 Berdasarkan data UV-DR diperoleh nilai bandgap semakin kecil dengan meningkatnya konsentrasi. Nilai bandgap terendah yaitu pada lapisan tipis dengan konsentrasi 0,25 M yaitu 2,79 eV. Data SEM dari lapisan tipis dengan konsentrasi 0,25 M menunjukkan permukaan lapisan yang cukup merata dan diketahui ketebalan lapisan yakni 642,7 nm. Selain itu, pada variasi waktu pelapisan nilai resistansi yang didapat semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu pelapisan. Nilai resistansi terendah yaitu 105.09 Ω pada waktu pelapisan 50 detik.

Kata Kunci : Lapisan tipis, Cobalt Ferite, Sol-gel, Spin Coating.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberi kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 menggunakan Metode Sol-Gel *Spin Coating* dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Pelapisan”**. Shalawat dan salam untuk nabi tauladan kita, Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi 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 sekaligus Penasehat Akademik serta sebagai Ketua Prodi Kimia Universitas Negeri.
2. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D selaku pembimbing II.
3. Bapak Edi Nasra, S.Si, M.Si., Umar Kalmar Nizar, M.Si, P.hD., Miftahul Khair, S.Si, M.Sc selaku Dosen Pembahas.
4. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Edi Nasra, S.Si, M.Si selaku Sekertaris Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
6. Seluruh Staf Pengajar dan tenaga Administrasi di Jurusan Kimia FMIPA UNP.

7. Pranata Labor Pendidikan (PLP) Kimia UNP yang telah memberikan bantuan dan dorongan.
8. Seluruh Staf Laboratorium Material dan Elektronika jurusan Fisika FMIPA UNP.
9. Kedua Orang Tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam melakukan setiap aktivitas yang dilakukan penulis.
10. Teman-Teman Kimia angkatan tahun 2014.

Untuk kesempurnaan skripsi ini, maka penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Nanopartikel.....	5
B. Lapisan Tipis.....	6
C. Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4).....	8
D. Metoda Sol-Gel	10
E. <i>Spin Coating</i>	12
F. Pengukuran Resistansi Lapisan dengan Metoda 4-Point Probe System.....	13
G. Karakterisasi Lapisan Tipis.....	16
1. Scanning Electron Microscope (SEM).....	16
2. UV-Vis <i>Diffuse Reflektance</i>	18
3. X-Ray Diffraction (XRD)	19
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Jenis Penelitian Waktu Dan Tempat Penelitian.....	22
B. Objek Penelitian	22
C. Variabel Penelitian	22
D. Alat Dan Bahan Penelitian	22

1. Alat.....	22
2. Bahan.....	23
E. Prosedur Penelitian.....	23
1. Persiapan Substrat Kaca	23
2. Variasi Konsentrasi pada Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4	23
a. Pembuatan Prekursor CoFe_2O_4	23
b. Proses Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4	24
c. Pengujian Sifat Listrik	24
3. Variasi Waktu Pelapisan CoFe_2O_4	24
4. Karakterisasi Lapisan Tipis.....	25
F. Desain Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. sifat listrik pada lapisan tipis CoFe_2O_4 dengan variasi konsentrasi	27
B. Karakterisasi Lapisan Tipis CoFe_2O_4	28
1. XRD	28
2. UV-DR	32
3. SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>).....	34
C. Pembuatan Lapisan Tipis <i>Cobalt Ferrite</i> (CoFe_2O_4) dengan variasi Waktu Pelapisan	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
A. Kesimpulan	38
B. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur invers spinel	9
2. Tahapan-tahapan pada spin coating	13
3. Skema pengukuran 4-point probe system	14
4. Skema alat spektroskopi SEM	17
5. Grafik hubungan antara konsentrasi dengan resistivitas pada lapisan tipis CoFe ₂ O ₄	27
6. Pola XRD lapisan tipis CoFe ₂ O ₄ dengan variasi konsentrasi.....	29
7. Pola XRD lapisan tipis CoFe ₂ O ₄ 0.05 M	29
8. Pola XRD lapisan tipis CoFe ₂ O ₄ 0.1 M	30
9. Pola XRD lapisan tipis CoFe ₂ O ₄ 0.15 M	30
10. Pola XRD lapisan tipis CoFe ₂ O ₄ 0.2 M	31
11. Pola XRD lapisan tipis CoFe ₂ O ₄ 0.25 M	31
12. Grafik celah pita lapisan tipis	33
13. Foto SEM perbesaran 5000 kali dari lapisan tipis CoFe ₂ O ₄	35
14. Grafik hubungan antara waktu pelapisan dengan resistivitas pada lapisan tipis CoFe ₂ O ₄	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Variasi konsentration CoFe_2O_4	24
2. Data hasil XRD	32
3. Nilai Bandgap dari CoFe_2O_4	34
4. Ketebalan lapisan tipis CoFe_2O_4	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Preparasi Larutan	42
2. Persiapan Substrat Kaca	45
3. Pembuatan Prekursor CoFe_2O_4	46
4. Proses Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4	49
5. Variasi waktu pelapisan CoFe_2O_4	50
6. Data Analisis XRD dari lapisan tipis CoFe_2O_4	51
7. Penentuan Ukuran Kristal CoFe_2O_4 menggunakan persamaan <i>Scherrer</i>	63
8. Analisis Data Pengujian Sifat Listrik	65
9. Dokumentasi Penelitian	71

BAB 1 PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Nanopartikel banyak disintesis dan dikembangkan dalam penelitian serta diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti pada bidang elektronik, kedokteran, industri kimia, dan juga kosmetik. Aplikasi nanopartikel ini mengacu pada sifat-sifat material nanopartikel yang sangat berbeda dengan *bulk* partikelnya. Sifat ini meliputi sifat mekanik, magnetik, elektrik, maupun sifat optiknya. Dalam bidang kelistrikan dan kemagnetan nanopartikel *cobalt ferrite* adalah material yang sedang populer dikembangkan karena mempunyai sifat *anisotropy magnetocrystalin cubic* dan sifat koersivitas yang tinggi serta magnetisasi saturasi yang sedang (Zhao, 2007).

CoFe_2O_4 banyak diteliti karena memiliki stabilitas kimia dan kekerasan mekanik yang baik. Selain itu, dengan mengontrol ukuran material, CoFe_2O_4 dapat memiliki sifat superparamagnetik yang memiliki magnetisasi tinggi ketika diberi medan eksternal, namun memiliki magnetisasi rata-rata nol tanpa medan eksternal (Setiadi, 2013; Cedeno.,*et.al*, 2007).

Penelitian mengenai proses pembuatan *thin film* (lapisan tipis) banyak dilaporkan. Adapun metode yang sering digunakan seperti, metode sol-gel *dip coating* (Kaneva, 2011), *spray pyrolysis* (Ayouchi et al, 2002), *RF magnetron sputtering* (Chang dan Jin, 2006), sol-gel *spin coating* (Kumar dan Raji, 2011). Sol-gel *spin coating* adalah metode untuk membuat lapisan yang dideposisikan pada permukaan silikon dan material lain yang permukaannya datar. Setelah

larutan (*sol-gel*) ditetaskan di atas substrat, kecepatan putar diatur oleh gaya sentrifugal untuk menghasilkan lapisan tipis yang homogen.

Dalam pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 menggunakan metode sol-gel *spin coating* terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain konsentrasi ion-ion logam, suhu preparasi yang berperan dalam preparasi dengan metode sol-gel dan viskositas larutan prekursor serta putaran *spin coating* yang berperan dalam preparasi lapisan tipis dengan metode *spin coating* (Saragi *et al.*, 2015). Konsentrasi ion-ion logam akan mempengaruhi ketebalan lapisan dari CoFe_2O_4 . Menurut Wang *et al.*, perbandingan rasio stoikiometri pembuatan CoFe_2O_4 adalah $\text{Co}^{2+} : \text{Fe}^{2+} = 1:2$.

Pembuatan lapisan tipis dengan metode sol-gel *spin coating* memiliki beberapa keuntungan, antara lain biayanya murah, tidak menggunakan ruang dengan kevakuman tinggi, komposisinya homogen, dan struktur mikronya cukup baik, sehingga metode ini banyak digunakan sebagai alternatif lain dalam pembuatan lapisan tipis (Cheng, 2004). Selain itu, ketebalan lapisan bisa dikontrol berdasarkan waktu dan kecepatan putar dari alat *spin coater* (Luursema, 1997). Kecepatan putar dan waktu putarnya dapat mempengaruhi ketebalan lapisan tipis yang akan dihasilkan.

Pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 diharapkan dapat diaplikasikan sebagai substrat pada sel surya. Substrat yang biasa digunakan pada sel surya yaitu ITO (*indium thin oxide*) harganya lebih mahal, karena itu lapisan tipis CoFe_2O_4 diharapkan dapat menggantikan ITO karena lebih ekonomis. Berdasarkan uraian diatas, maka penulis akan melakukan penelitian pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4

menggunakan metode sol-gel spin coating dengan memvariasikan konsentration prekursor dan waktu pelapisan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut.

1. CoFe_2O_4 berpotensi digunakan sebagai bahan pembuatan lapisan tipis menggunakan metode sol-gel *spin coating*.
2. Konsentration ion-ion logam pada prekursor sangat mempengaruhi ketebalan lapisan tipis yang dihasilkan.
3. Ketebalan lapisan tipis yang dihasilkan juga dapat dipengaruhi oleh lamanya waktu dan kecepatan putaran pada proses *spin coating*.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 dilakukan dengan metode sol-gel *spin coating* dengan kecepatan pelapisan yaitu 2000 rpm.
2. Variasi konsentration CoFe_2O_4 yang digunakan adalah 0,05 M; 0,1 M; 0,15 M; 0,2 M; 0,25 M.
3. Variasi waktu pelapisan yang digunakan adalah 10, 20, 30, 40, dan 50 detik.
4. Suhu annealing yang digunakan pada proses pembuatan lapisan tipis adalah 300°C selama 3 jam (*pre-annealing*) dan 500°C selama 1 jam (*post-annealing*).

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsententrasi terhadap sifat listrik dan sifat optik pada pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 dengan metode sol-gel spin coating?
2. Bagaimana pengaruh waktu pelapisan terhadap sifat listrik pada pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi konsententrasi terhadap sifat listrik dan sifat optik pada pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 menggunakan metode sol-gel spin coating.
2. Mengetahui pengaruh waktu pelapisan terhadap sifat listrik pada pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 menggunakan metode sol-gel spin coating.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi pembuat lapisan tipis CoFe_2O_4 menggunakan metoda sol-gel *spin coating* dan mengetahui pengaruh konsentrasi serta pengaruh waktu pelapisan pada pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanopartikel

Nanopartikel merupakan partikel dalam ukuran nanometer yaitu sekitar 1-100 nm (Hosokawa *et al.*, 2007). Nanopartikel menjadi kajian yang sangat menarik, karena material yang berada dalam ukuran nano biasanya memiliki partikel dengan sifat kimia atau fisika yang lebih unggul dari material yang berukuran besar (*bulk*). Dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*) yaitu:

1. Karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif.
2. Ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum (Abdullah *et al.*, 2008).

Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena-fenomena berikut ini. Pertama adalah fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Fenomena ini berimbas pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. Kedua adalah perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimbas pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia. Perubahan-perubahan

tersebut diharapkan dapat menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan dengan partikel sejenis dalam keadaan *bulk* (Abdullah *et al.*, 2008).

B. Lapisan Tipis

Lapisan tipis merupakan suatu lapisan yang sangat tipis dari bahan (organik, inorganik logam maupun campuran logam organik) yang mempunyai sifat konduktor, semikonduktor, superkonduktor maupun isolator. Lapisan tipis dapat digunakan untuk pembuatan piranti elektronik seperti transistor, kapasitor, diode, dan lain-lain. Lapisan tipis mempunyai sifat listrik yaitu resistivitas dan konduktivitas (Gutierrez, dkk, 2002). Dalam pembuatan lapisan tipis suatu reagen direaksikan dengan cara dideposisikan di atas suatu bahan yang disebut substrat yang pada umumnya berbentuk *keeping*, sehingga terbentuknya unsur baru atau sifat awal bahan akan berbeda dengan hasil pengendapan yang diperoleh (Ezema dan Okeke, 2003). Lapisan tipis magnetik merupakan salah satu lapisan tipis yang banyak digunakan oleh peneliti sebagai sensor magnetik. Lapisan tipis dari material magnetik mempunyai kepekaan yang cukup tinggi. Ketebalan pada lapisan tipis biasanya berkisar antara 10^{-6} - 10^{-9} meter (Ezema, 2004).

Pembuatan lapisan tipis terdiri dari berbagai metode, yaitu:

1. Pelapisan putar (*Spin Coating*) adalah teknik pelapisan bahan dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat kemudian diputar dengan kecepatan konstan untuk memperoleh lapisan baru yang homogen. Penyebaran bahan pada substrat disebabkan karena adanya gaya sentrifugal.
2. Kimia basah merupakan pelapisan pada substrat dengan mencelupkan substrat ke dalam larutan yang mengandung ion-ion logam dan ion-ion hidroksida,

seperti sulfida atau selenida. Kimia basah adalah proses yang digunakan untuk menghasilkan lapisan tipis dengan metode pengendapan zat kimia (Feitosa *et al*, 2003).

3. Uap kimia logam organik (*Metal Organic Chemical Vapour Deposition-MOCVD*) merupakan salah satu teknik penumbuhan lapisan tipis dengan menggunakan bahan metal organik (MO) sebagai prekursor. Prekursor MO diuapkan dan kemudian didekomposisi (proses perubahan menjadi bentuk yang lebih sederhana). Sebagian dari material hasil dekomposisi tumbuh diatas substrat membentuk suatu material padatan dalam bentuk lapisan tipis.
4. Pelapisan celup merupakan teknik pembuatan film diatas substrat, dengan memanfaatkan proses ion-ion bermuatan di dalam larutan elektroda. Metode ini relatif murah karena menggunakan peralatan yang tidak rumit dan mahal, serta mudah untuk diaplikasikan dalam skala industri (Zhang *et al*, 2001). Selain itu metode ini akan menghasilkan lapisan yang memberikan perlindungan fisik dimana substrat akan terlapisi dengan merata dan kuat.
5. Pelapisan laser berpulsa merupakan salah satu metode lapisan tipis dimana target dan substrat diletakkan saling berhadapan, di dalam ruang vakum, tenaga laser digunakan sebagai sumber energi eksternal untuk menguapkan sebagian kecil material target. Sedangkan sepeangkat komponen optik digunakan untuk memfokuskan berkas laser yang mengenai permukaan target.
6. Metode uap kimia merupakan salah satu metode modern pembuatan lapisan tipis yang lebih fleksibel dan berdaya guna ketika peneliti ingin membuat lapisan tipis yang terdoping atau berlapis-lapis (Besserquenev *et al*, 2003).

7. *Sputtering* adalah proses dimana permukaan logam dari target dibombardir oleh ion, atom atau partikel netral yang berenergi tinggi, maka atom-atom penyusun target tersebut akan terpental keluar melalui proses transfer momentum. Atom-atom target tersebut akan terhambur dari permukaan dan membentuk lapisan tipis pada permukaan substrat.
8. *Screen printing* adalah teknik untuk menghasilkan film tebal dari berbagai material yang telah dipergunakan untuk memproduksi sel surya, vasitor, detektor UV, dan sensor (Krishnan dan Nampoori, 2005). *Screen printing* merupakan teknik pelapisan film tebal dengan cara menekan pasta melewati sebuah *screen* dengan menggunakan alat penyapu yang terbuat dari karet. *Screen* yang digunakan harus mempunyai pori-pori yang sangat kecil. Dalam teknik ini viskositas pasta ditentukan oleh jumlah pelarut organik yang ditambahkan dalam pembuatan pasta. Pelarut yang digunakan biasanya *pine oil*, *tripenol*, dan *butyl carbitol acetate*.

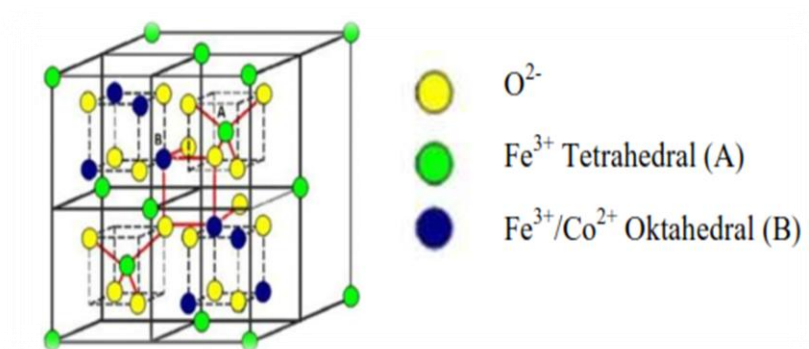
C. Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4)

Nanopartikel magnetik telah menjadi objek penelitian yang cukup menarik karena sifat yang dimiliki sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti bioteknologi, penyimpanan data dan biomedis. CoFe_2O_4 adalah salah satu material magnetik yang banyak diteliti karena mempunyai kekerasan mekanik dan stabilitas kimia yang baik. Selain itu, CoFe_2O_4 akan mempunyai sifat superparamagnetik dengan mengontrol ukuran material menjadi ukuran nano. Sifat superparamagnetik yaitu mempunyai magnetisasi tinggi saat diberi medan

eksternal, namun magnetisasi yang dimiliki rata-rata nol tanpa medan eksternal (Cedeno, 2007).

Nanopartikel CoFe_2O_4 merupakan material yang sangat populer untuk dikembangkan dalam bidang kelistrikan dan kemagnetan karena, mempunyai sifat magnetokristalin kubik dan sifat koersivitas yang tinggi, serta magnetisasi saturasi yang sedang (Zhao, 2007). CoFe_2O_4 mempunyai saturasi magnetisasi dan *anisotropy magnetocrystalin cubic* yang tinggi yaitu 33.44 kJb/m^2 dan $K_1 = +2 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$, serta sifat mekanik yang kuat dan stabilitas kimia yang tinggi (Saragi, 2015).

CoFe_2O_4 adalah oksida kubik yang mempunyai struktur inverse spinel (Brinker, 1990). Dalam struktur tersebut sisi octahedral B diisi oleh 8 kation Co^{2+} dan 8 kation Fe^{2+} , sedangkan pada sisi tetrahedral A diisi oleh kation sisa (seperti pada gambar 1).



Gambar 1. Struktur invers spinel yang menunjukkan lokasi Fe^{2+} dan $\text{Co}^{2+}/\text{Fe}^{2+}$ pada bagian tetrahedral (A) dan octahedral (B) (Mund *et al.*, 2011).

Sifat khusus yang dimiliki oleh nanopartikel CoFe_2O_4 yaitu nilai konstanta anisotropi yang lebih tinggi dibandingkan dengan Fe_3O_4 (*magnetite*) dan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (*maghemite*). Semakin kecil ukuran partikelnya, maka semakin meningkat

intensitas sifat superparamagnetiknya. Suhu yang digunakan pada pembuatan nanopartikel CoFe_2O_4 akan mempengaruhi distribusi ukuran kristal yang dihasilkan. Semakin besar suhu pengendapan dalam sintesis maka ukuran kristal yang dihasilkan akan semakin besar.

D. Metoda Sol-Gel

Sol-gel merupakan salah satu teknik dalam pembuatan lapisan tipis yang melibatkan proses kimia berupa reaksi hidrolisis dan kondensasi. Biaya pembuatan lapisan tipis dengan teknik sol-gel relatif murah, akan tetapi dalam pengadaan bahannya dibutuhkan biaya yang cukup mahal (Susanto, 2008). Keuntungan lain dari teknik sol-gel yaitu dapat menghasilkan material dengan tingkat kehomogenan tinggi dan komposisi material yang bisa dikontrol sesuai keinginan (Bhushan, 2007).

Sol adalah suspensi koloid dari partikel padat di dalam cairan, sedangkan koloid merupakan suspensi yang fase terdispersinya cukup kecil ($\sim 1\text{-}1000\text{ nm}$). Gaya gravitasi dari koloid dapat diabaikan dan interaksi atom di dominasi oleh gaya antar atom terdekat seperti gaya Van Der Waals atau gaya antar muatan permukaan. *Gelation* adalah proses penumbuhan melalui kondensasi polimer atau pengelompokkan partikel (Brinker, 1990).

Metode sintesis menggunakan sol-gel untuk material berbasis oksida berbeda-beda bergantung prekursor dan bentuk produk akhir, baik itu berupa *powder*, film, aerogel, atau serat. Metode sol gel cocok untuk preparasi *thin film* dan material berbentuk *powder*. Tujuan preparasi ini agar suatu material dapat

memiliki fungsi khusus (elektrik, optik, magnetik, dll). Metode sol-gel dikenal sebagai salah satu metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana dan mudah.

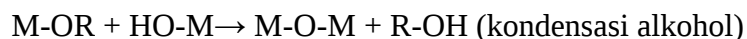
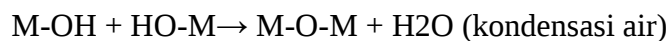
Metode *sol-gel* meliputi hidrolisis, kondensasi, pematangan dan pengeringan.

1. Hidrolisis

Faktor yang sangat berpengaruh terhadap proses hidrolisis adalah rasio air dan jenis katalis hidrolisis yang digunakan. 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 asam atau katalis basa, namun proses hidrolisis juga dapat berlangsung tanpa menggunakan katalis. Dengan adanya katalis maka proses hidrolisis akan berlangsung lebih cepat dan konversi menjadi lebih tinggi.

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 alkohol dengan persamaan reaksi secara umum adalah sebagai berikut.



3. Pematangan (*Aging*)

Setelah reaksi hidrolisis dan kondensasi, dilanjutkan dengan proses pematangan gel yang terbentuk. Proses ini lebih dikenal dengan nama proses

aging. Pada proses pematangan ini, terjadi reaksi pembentukan jaringan *gel* yang lebih kaku, kuat dan menyusut di dalam larutan.

4. Pengeringan

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

Pembuatan lapisan tipis dengan metode sol-gel *spin coating* memiliki beberapa keuntungan, antara lain biayanya murah, tidak menggunakan ruang dengan kevakuman tinggi, komposisinya homogen, ketebalan lapisan bisa dikontrol dan struktur mikronya cukup baik, sehingga metode ini banyak digunakan sebagai alternatif lain dalam pembuatan lapisan tipis (Cheng, 2004).

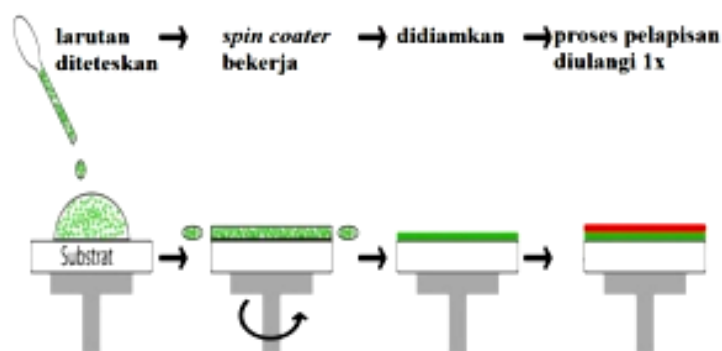
E. *Spin Coating*

Spin Coating berasal dari dua kata yaitu '*spin*' dan '*coating*'. Bila diterjemahkan dalam bahasa Indonesia, '*spin*' berarti putaran dan '*coating*' berarti lapisan. Maka secara singkat *spin coating* diartikan sebagai suatu metode pelapisan dengan menggunakan putaran (Girsang, 2012).

Metode *spin coating* merupakan metode yang paling mudah dan cepat dalam penumbuhan lapisan tipis. Lapisan tipis yang dihasilkan dengan metode ini memiliki tingkat kehomogenan yang cukup tinggi. Ketebalan lapisan yang diinginkan bisa dikontrol berdasarkan waktu dan kecepatan putaran dari alat *spin coater* (Luurtsema, 1997). Proses *spin coating* meliputi 4 tahapan yang terdiri dari deposisi, *spin up*, *spin off*, dan tahap evaporasi yang menentukan ketebalan akhir dari lapisan tipis (Hellstrom, 2007).

Langkah pertama adalah deposisi larutan pelapis diatas substrat. Pada proses ini dapat menggunakan pipet dengan meneteskan larutan pelapis diatas substrat. Langkah kedua adalah substrat yang telah ditetaskan dengan larutan pelapis dipercepat dengan kecepatan putar tinggi yang merupakan langkah penipisan larutan pelapis. Karena gerak rotasi menyebabkan adanya cairan pelapis yang keluar dari permukaan substrat sehingga menyebabkan inersia dari larutan bagian atas tidak bisa dipertahankan saat substrat berputar lebih cepat.

Langkah ketiga adalah ketika substrat pada kecepatan konstan, yang dicirikan dengan penipisan larutan pelapis secara perlahan-lahan. Sehingga didapatkan ketebalan larutan pelapis yang sama disetiap permukaan substrat. Langkah keempat adalah saat substrat diputar pada kecepatan konstan dan terjadi penguapan pelarut. Tahapan-tahapan pada proses spin coating dapat dilihat pada gambar 2.

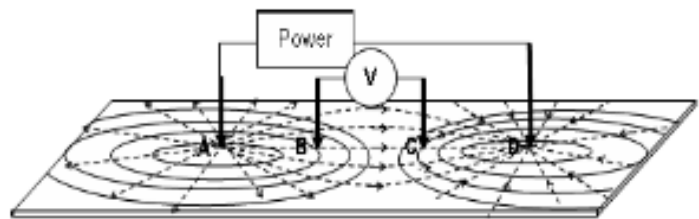


Gambar 2. Tahapan-tahapan pada spin coating

F. Pengukuran Resistansi Lapisan dengan Metoda 4-Point Probe System

Alat ukur 4-point probe system adalah alat yang digunakan untuk mengukur nilai resistivitas (kerintangan atau hambatan) bahan dalam bentuk lapisan tipis (*thin film*). Resistivitas merupakan salah satu parameter yang sangat

penting dalam kelistrikan. Komponen elektronika seperti transistor, diode, dan sel surya, lapisan tipis pada sambungan antara bahan yang bertipe N dan P (*P-N junction*), nilai resistivitas menentukan kemudahan proses migrasi muatan listrik (elektron atau hole) dari bahan bertipe N ke bahan bertipe P dan sebaliknya (Schuetze, 2004; Kinder, 2013). Alat ukur ini terdiri dari 4 *probe* dengan 2 *probe* terluar berfungsi sebagai penghantar arus listrik, dan 2 *probe* dalam untuk mengukur tegangan listrik ketika keempat *probe* dikenakan pada sampel (konduktor dan semikonduktor) yang akan diukur. Penggunaan alat ini disukai karena tidak membutuhkan penyiapan sampel yang rumit sebelum diukur dan hasilnya sangat akurat (Li, et al, 2012). Skema alat dalam pengukuran menggunakan *4-point probe system* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Skema pengukuran *4-point probe system* (Toifur, 2014)

Keempat *probe* dibuat pada jarak yang sama yaitu 5 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.

Sifat listrik pada suatu lapisan tipis dapat diketahui dari resistansi, resistivitas dan konduktivitas. Hukum Ohm menyatakan bahwa besarnya arus pada sebuah penghantar berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan, yang digambarkan dalam persamaan :

$$V = I \times R \quad (1)$$

Dari nilai resistansi yang didapatkan dapat dihitung juga nilai resistivitas sampel, resistivitas merupakan sifat bahan yang tidak bergantung pada bentuknya dan harganya berbanding terbalik dengan konduktivitas. Persamaan berikut digunakan untuk menghitung resistivitas :

$$\rho = \frac{V}{I} Ct \quad (2)$$

dengan ρ adalah resistivitas dalam $\Omega\cdot\text{m}$, 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, $C = \pi/\ln 2$. Jika didapatkan nilai resistivitas maka dapat dihitung nilai dari konduktivitas. Konduktivitas merupakan kemampuan suatu material yang dapat mengalirkan panas atau listrik. Ketika medan listrik diberikan pada suatu material, electron dalam material tersebut akan mengalir berlawanan arah medan dan membawa arus listrik. Besar dari nilai konduktivitas ditunjukkan pada persamaan :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (3)$$

dengan σ adalah konduktivitas dan ρ merupakan resistivitas. Sehingga dapat dikatakan semakin kecil resistivitas maka konduktivitasnya akan semakin tinggi, dan mempunyai sifat listrik yang lebih baik (Astuti, 2011). Resistivitas dan konduktivitas merupakan suatu besaran yang menjelaskan mengenai baik atau tidaknya bahan-bahan atau material dalam menghantarkan listrik (Suyoso, 2003)

G. Karakterisasi Lapisan Tipis

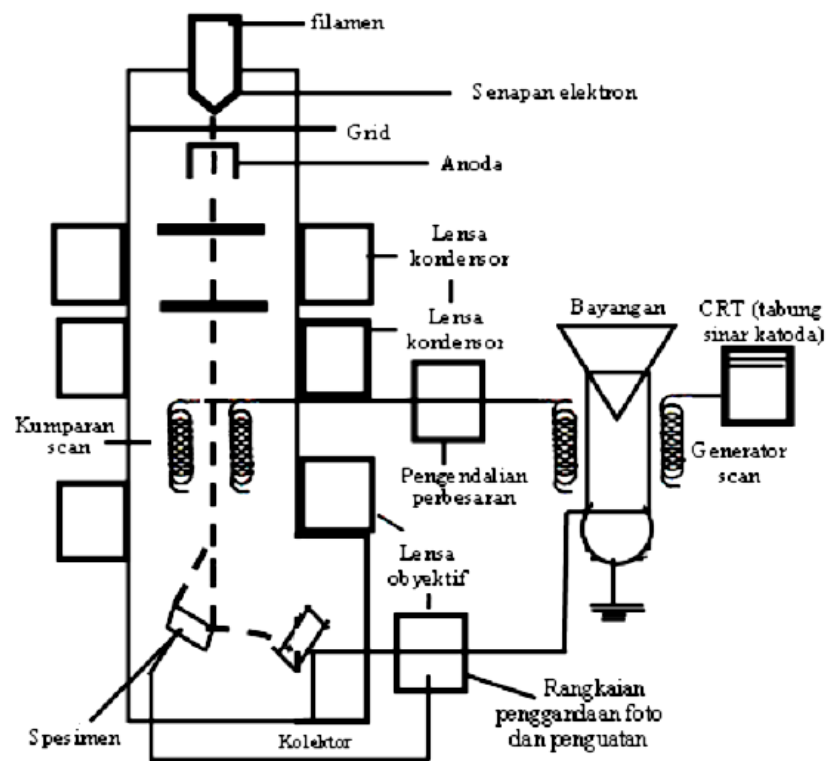
1. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

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.

Pada saat dilakukan pengamatan, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron di-scan ke seluruh area daerah pengamatan. Kita dapat membatasi lokasi pengamatan dengan melakukan zoon-in atau zoom-out. Berdasarkan arah pantulan berkas pada berbagai titik pengamatan maka profil permukaan benda dapat dibangun menggunakan program pengolahan gambar yang ada dalam komputer (Abdullah, 2008).

Sebagai pengganti sumber cahaya digunakan suatu sumber elektron yang dapat menembakkan elektron berenergi tinggi. SEM dapat menampilkan hasil gambar dari suatu permukaan yang dianalisis dengan pembesaran yang cukup tinggi serta kedalaman medan yang baik. Hasil ditampilkan secara tiga dimensi dengan sangat detail. SEM merupakan alat yang dapat digunakan untuk mempelajari atau mengamati rincian bentuk maupun struktur mikro permukaan

suatu objek yang tidak dapat dilihat dengan mata atau dengan mikroskop optik. Skema alat spektroskopi SEM dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema alat spektroskopi SEM

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 (Abdullah, 2008).

Karakterisasi menggunakan SEM dilakukan pada penelitian ini untuk melihat morfologi permukaan dan tebal lapisan dari lapisan tipis CoFe_2O_4 . Tebal lapisan yang didapatkan digunakan pada penentuan resistivitas dari lapisan tipis.

2. UV-Vis *Diffuse Reflectance*

Spektrofotometer UV-Vis adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel. Sinar ultraviolet dan cahaya tampak memiliki energi yang cukup untuk mempromosikan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektroskopi UV-Vis biasanya digunakan untuk molekul dan ion anorganik atau kompleks di dalam larutan. Spektrum UV-Vis mempunyai bentuk yang lebar dan hanya sedikit informasi tentang struktur yang bisa didapatkan dari spektrum ini. Tetapi spektrum ini sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorban pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Dachriyanus, 2004).

Spektrum spektroskopi UV-Vis yang diperoleh untuk senyawa padatan disebut sebagai *diffuse reflectance spectrum* (spektrum refleksi). Spektrum ini lebih dikenal sebagai spektrum elektronik karena spektrum pada daerah tampak ini muncul sebagai akibat terjadinya transisi elektronik pada orbital d_x yang mengalami pembelahan sehingga memungkinkan elektron mengalami transisi dari tingkat energi rendah ke tingkat energi tinggi jika elektron itu memperoleh energi yang sesuai ($10 Dq$). Energi transisi elektronik ini muncul sebagai puncak pita medan ligan pada spektrum senyawa yang bersangkutan dan dapat diketahui posisi panjang gelombang maksimum dan dihitung energinya.

Spektrofotometri UV-Vis *Diffuse Reflectance* merupakan metoda yang digunakan untuk mengetahui besarnya energi gap hasil sintesis. Metoda ini

didasarkan pada pengukuran intensitas UV-Vis yang direfleksikan oleh sampel (Dolat, 2014). Metode Kubelka-Munk dapat digunakan untuk mencari energi celah pita (E_g). Energi gap atau celah pita diperoleh dari grafik hubungan antara:

$$h\nu \text{ (eV) vs } (F(R'\infty) h\nu)^{1/2}$$

E_g adalah energi celah pita (eV), h adalah konstanta Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ Js), c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dan λ adalah panjang gelombang (nm). Energi gap atau celah pita adalah besarnya $h\nu$ pada saat $(F(R'\infty) h\nu)^{1/2} = 0$, yang diperoleh dari persamaan regresi linier kurva tersebut (Pipit, dkk, 2014).

3. X-Ray Diffraction (XRD)

Sinar-X ditemukan pertama kali oleh seorang fisikawan Jerman bernama Rontgen pada tahun 1895 pada saat sedang melakukan percobaan dengan melewatkan muatan listrik melalui tabung dengan kevakuman tinggi. Uniknya dinamakan sinar-X karena sifat-sifat alami dari sinar-X belum dapat diketahui pada saat itu (Culliti, 2001). Difraksi sinar-X merupakan salah satu cara karakterisasi material yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur dari material mikropori, mesopori dan makropori. Alat yang digunakan disebut *X-Ray Diffractometer* (XRD). Melalui analisis XRD dapat diketahui dimensi kisi (d = jarak antar kisi) dalam struktur mineral, sehingga dapat ditentukan apakah suatu material mempunyai kerapatan yang tinggi atau tidak.

Prinsip kerja difraksi sinar-X adalah sinar-X dihasilkan dari tabung sinar-X yang terjadi akibat adanya tumbukan elektron-elektron yang bergerak sangat cepat dan mengenai logam sasaran, elektron ini membawa energi foton yang cukup untuk mengionisasi sebagian elektron di kulit K (1s), sehingga elektron

yang berada pada orbital kulit luar akan berpindah dan mengisi orbital 1s dengan memancarkan sejumlah energi berupa sinar-X. Radiasi yang dihasilkan orbital K ke orbital lain disebut sinar-X deret K, dimana K1 adalah eksitasi elektron ke kulit L. K2 adalah eksitasi elektron ke kulit M. Demikian juga untuk K3 dan seterusnya (Ewing, 1985).

Sampel berupa serbuk padatan kristalin yang memiliki sejumlah besar kristal kecil dengan diameter butiran kristalnya sekitar $10^{-7} - 10^{-4}$ m ditempatkan pada suatu plat kaca dalam difraktometer. Pola difraksi yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif yang bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu. Besarnya intensitas relatif puncak dari deretan puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada, dan distribusinya di dalam sel satuan material tersebut. Pola difraksi setiap padatan kristalin khas, yang bergantung pada kisi kristal, unit parameter, dan panjang gelombang sinar-X yang digunakan. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan dihasilkan pola difraksi yang sama untuk suatu padatan kristalin yang berbeda.

Komponen utama XRD yaitu terdiri dari tabung katoda (tempat terbentuknya sinar-X), sampel holder dan detektor. Pada XRD ini menggunakan sumber Co dengan komponen lain berupa cooler yang digunakan untuk mendinginkan, karena ketika proses pembentukan sinar-X dikeluarkan energi yang tinggi dan menghasilkan panas. XRD memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut-sudut 2θ . Tiap pola yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal

yang memiliki orientasi tertentu (Widyawati, 2012). Ukuran butir Kristal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Scherrer*,

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \Theta} \quad (4)$$

dengan D adalah ukuran butir kristal, k adalah konstanta *Scherrer* (0,9), λ adalah panjang gelombang sinar-X (dalam Å), β adalah lebar setengah puncak (dalam radian), dan Θ adalah sudut difraksi Bragg (dalam radian) (Asmin, 2015).

Suatu kristal yang dikenai oleh sinar-X tersebut berupa material (sampel), sehingga intensitas sinar yang ditransmisikan akan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Berkas sinar-X yang dihamburkan ada yang saling menghilangkan (interferensi destruktif) dan ada juga yang saling menguatkan (interferensi konstruktif) (Grant *et al.*, 1998).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Bersadarkan hasil penelitian dan pembahansan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lapisan tipis CoFe_2O_4 berhasil disintesis menggunakan metode sol-gel dengan konsentersasi optimum yaitu 0.25 M yang memiliki nilai band gap paling kecil yaitu 2,79 eV, dengan puncak yang terbentuk pada sudut 2θ pada bidang (511) dan nilai resistansi sebesar 59,48 Ω serta nilai resistansi sebesar 0,0001739 Ωm .
2. Waktu pelapisan pada pembuatan lapisan tipis berpengaruh terhadap sifat listrik berupa resistansi. Semakin lama waktu pelapisan maka akan semakin kecil nilai resistansi. Nilai resistansi terendah pada variasi waktu pelapisan dimiliki oleh lapisan tipis CoFe_2O_4 dengan waktu pelapisan 50 detik.

B. Saran

Dari penelitian yang dilakukan disarankan kepada peneliti selanjutnya:

1. Meninjau lebih lanjut pembentukan kristal CoFe_2O_4 berdasarkan suhu dan waktu *annealing* untuk mengetahui kondisi terbaik untuk menghasilkan lapisan tipis CoFe_2O_4 .
2. Menggunakan prosedur yang lebih baik untuk preparasi substrat agar substrat kaca yang digunakan benar-benar bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. Khairurrijal. 2008. Review: Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. Vol. 2 No.1.
- Abdullah, M., Virgius, Yudistira, Nirmin dan Khairurrijal. 2008. Sintesis Nanomateria. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. Vol. I : 33 – 57.
- Adem, U. 2003. Preparation of $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ Thin Films by Chemical Solution Deposition and Their Electrical Characterization. *The Department of Metallurgical & Materials Engeneering*. The Middle East Technical University.
- Astuti, S Y. 2011. *Struktur dan Sifat Listrik Film Tipis CdTe:Cu yang Ditumbuhkan dengan Metode DC Magnetron Sputtering*. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang.
- Ayouchi, Martin, Leinen dan Barrado. 2002. Growth of Pure ZnO Thin Film Prepared by Chemical Spray Pyrolysis on Silicon. *Spain: Elsevier Journal of Crystal Growth*. 247(2003) 497-504.
- Bhushan, B. 2007. *Handbook of Nanotecnology*. Colombus USA: Ohio Uneversity.
- Brinker, C.J. 1990. *The Physics and Chemistry of Sol gel Processing*. (Ed). San Diego: Academic press.
- Cedeño-Mattei. Y, O. Perales-Pérez, M. S. Tomar and F. Román. 2007. *Optimization of Magnetic Properties in Cobalt Ferrite Nanocrysta.*, ENS.
- Chang, Park-Kyun & Jin, Park-Seok. 2006. *Physical Properties of RF-Sputtered ZnO Thin Film: Effects of Two-Step Deposition*: Hanyang University.
- Cheng, X.L. 2004. ZnO nanoparticulate Thin Film: Preparation, Charactirazion, and Gassensing Property. *Elsevier Sensor and Actuators B*. 102: pp. 248-252.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang : Universitas Andalas.
- Ewing, G. W. 1985. *“Instrumental Methods of Chemical Analysis”*. NewYork: Mc Graw Hill Book Company.
- Ezema , F.,I. 2004. “Fabrication Optical Properties and Applications of Undoped Chemical Bath Deposited ZnO Thin Films”. *Journal of Research Science* 15: 343-350.
- Girsang Arni A. 2012. *Preparasi dan Karakterisasi Sifat Optik Film Tipis ZnO dengan Metode Sol-Gel Spin Coating*. Medan: Universitas Negeri Medan.