

**PEMBUATAN LAPISAN TIPIS CoFe_2O_4 MENGGUNAKAN METODE
SOL-GEL *SPIN COATING* DENGAN VARIASI SUHU KALSINASI DAN
KETEBALAN LAPISAN**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (SI) pada
jurusan kimia*



OLEH:

TIKA SRI WAHYUNI

14036032/2014

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2018

PERSETUJUAN SKRIPSI

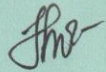
PEMBUATAN LAPISAN TIPIS CoFe_2O_4 MENGGUNAKAN METODE
SOL-GEL *SPIN COATING* DENGAN VARIASI SUHU KALSINASI DAN
KETEBALAN LAPISAN

Nama : Tika Sri Wahyuni
Nim : 14036032
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2018

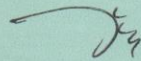
Disetujui oleh

Pembimbing I



Hary Sanjaya, S.Si, M.Si
NIP.198304282009121007

Pembimbing II



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


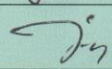
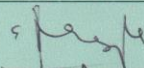
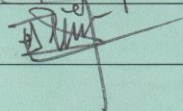
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

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 Suhu Kalsinasi dan Ketebalan Lapisan
Nama : Tika Sri Wahyuni
NIM : 14036032
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2018

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Hary Sanjaya, S.Si, M.Si	
2. Sekretaris : Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D	
3. Anggota : Edi Nasra, S.Si, M.Si	
4. Anggota : Drs. Bahrizal, M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tika Sri Wahyuni
TM/NIM : 14036032/2014
Tempat/Tanggal Lahir : Inderapura/ 12 September 1996
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : MIPA
Alamat : Koto Pandan, Kec. Air Pura, Kab. Pesisir Selatan
No.HP/Telepon : 082285464322
Judul Skripsi : Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 menggunakan Metode Sol-Gel *Spin Coating* dengan Variasi Suhu Kalsinasi dan Ketebalan Lapisan

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 ditandatangani **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,



Tika Sri Wahyuni
14036032

ABSTRAK

Tika Sri wahyuni (2018) : Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 Menggunakan Metode Sol Gel *Spin Coating* Dengan Variasi Suhu Kalsinasi dan Ketebalan Lapisan

Pembuatan Lapisan tipis CoFe_2O_4 dengan variasi suhu kalsinasi dan ketebalan lapisan telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode sol-gel *spin coating*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suhu optimum dan ketebalan optimum yang dilihat dari nilai hambatan listriknya. Hambatan listrik diukur dengan menggunakan metode *4-point probe systems*. Variasi suhu yang dilakukan yaitu (400, 450, 500, 550, dan 600 °C) dan variasi ketebalan yang dilakukan yaitu (1-5 kali pelapisan). Sampel kemudian dikarakterisasi dengan XRD, SEM dan UV-DR. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan suhu optimum lapisan tipis CoFe_2O_4 yaitu pada suhu 500°C dengan nilai hambatan terendah yaitu 49,4388 Ω dan nilai hambatan tertinggi pada suhu 550 °C yaitu 113,284 Ω . Ketebalan optimum lapisan tipis CoFe_2O_4 diperoleh pada 5 kali pelapisan dengan nilai hambatan terendah yaitu 42,8825 Ω dan nilai hambatan tertinggi pada 1 kali pelapisan yaitu 82,2605 Ω . Sampel dikarakterisasi, hasil karakterisasi XRD menunjukkan lapisan tipis CoFe_2O_4 telah terbentuk pada sudut $2\theta=35,1615$ dan pada sudut $2\theta= 62,3723$. Struktur nanokristalin CoFe_2O_4 terdapat pada sudut $2\theta= 62,3723$ yaitu kubik (*bixbyte*) dengan ukuran kristal 10,54 nm. Hasil karakterisasi SEM lapisan tipis CoFe_2O_4 memiliki morfologi permukaan yang hampir merata walaupun masih terdapat keretakan di beberapa titik dan ketebalan lapisan yang didapatkan adalah 7,38 μm . Hasil UV-DR diperoleh nilai absorbannya pada panjang gelombang 291 λ .

Kata kunci: Cobalt Ferrite, Sol-Gel, Spin Coating,

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini dengan judul **“Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 Menggunakan Metode Sol Gel *Spin Coating* Dengan Variasi Suhu Kalsinasi dan Ketebalan”**. 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 kelulusan dalam rangka untuk memperoleh Sarjana S-1 pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulis 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 dosen Pembimbing I dan penasihat akademik sekaligus Sebagai Ketua Program Studi Kimia.
2. Bapak Budhi Oktavia, M.Si Ph.D selaku dosen pembimbing II.
3. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia dan Bapak Edi Nasra, S.Si, M.Si selaku sekretaris jurusan kimia sekaligus sebagai dosen pembahas.
4. Bapak Drs. Bahrizal, M.Si selaku dosen pembahas.

5. Seluruh Staf pengajar dan tenaga Administrasi di jurusan Kimia FMIPA UNP
6. Orang tua tercinta yang telah memberikan semangat, do'a, serta dorongan kepada penulis dan membiayai semua kebutuhan penulis dalam perkuliahan sehingga penulis dapat melakukan segala aktivitas hingga dapat menyelesaikan semua persiapan skripsi ini.
7. Semua pihak dan teman-teman kimia tahun 2014.

Skripsi ini ditulis dengan berpedoman kepada buku panduan penulisan Tugas Akhir/Skripsi Universitas Negeri Padang. Untuk kesempurnaan skripsi ini, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Masukan dan saran yang diberikan penulis mengucapkan terima kasih.

Padang, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar belakang.....	1
B. Identifikasi masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Lapis Tipis.....	6
B. NanoPartikel	7
C. Cobalt Ferrite	8
D. Metoda Sol-Gel	11
E. Teknik Spin Coating	14
F. Uji Sifat Kaca Konduktor	17
1. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	17
2. <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	18
3. <i>UV-Vis diffuse reflektance</i>	20

4. Pengukuran Resistan Lapisan Menggunakann Metoda <i>4-Point Probe Systems</i>	21
BAB III METODE PENELITIAN	24
A. Waktu Dan Tempat Penelitian	24
B. Jenis Penelitian	24
C. Objek Penelitian	24
D. Variabel Penelitian	24
E. Alat Dan Bahan	25
F. Prosedur Penelitian	25
1. pembuatan Prekursor CoFe_2O_4	25
2. Persiapan Substrat Kaca	25
3. Proses Pelapisan Lapisan Tipis Nanopartikel CoFe_2O_4 Pada Kaca Konduktor	26
4. Karakterisasi Kaca Konduktor	27
G. Desain penelitian.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Lapisan Tipis CoFe_2O_4	29
B. Karakterisasi Kaca Konduktor	31
BAB V PENUTUP	40
A. Kesimpulan	40
B. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perbandingan Magnetisasi Saturasi Pada Suhu Ruang	10
2. Hasil Pengukuran Nilai Hambatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 Terhadap Perubahan Suhu.....	30
3. Nilai Rata-Rata Hambatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 Terhadap Perubahan Suhu	30
4. Hasil Pengukuran Nilai Hambatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 Terhadap Variasi Ketebalan Lapisan.....	37
5. Nilai Rata-Rata Hambatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 Terhadap Variasi Ketebalan Lapisan	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Spinel Ferit Beserta Momen Magnet	9
2. Struktur Spinel Invers Yang Menunjukkan Lokasi Fe^{+} Dan Co^{2+}/Fe^{3+} Bagian Tetrahedral (A) Dan Oktahedral.....	10
3. Skema Teknik Sol-Gel	13
4. Tahapan Teknik <i>Spin Coating</i>	15
5. Skema Alat Spektroskopi SEM.....	19
6. Prinsip Kerja Berkas Elektron Dalam SEM.....	20
7. Skematik Sistem Pengukuran Resistansi Lapisan Tipis Metode 4 Probe ..	22
8. Grafik hambatan lapisan tipis $CoFe_2O_4$ pada variasi suhu kalsinasi	31
9. Grafik hambatan lapisan tipis $CoFe_2O_4$ pada variasi ketebalan lapisan.....	34
10. Difraktogram XRD Pada Lapisan Tipis Dengan Ketebalan 5 Lapisan.....	35
11. Morfologi Lapisan Tipis Menggunakan Uji SEM	37
12. Grafik nilai absorban lapisan tipis $CoFe_2O_4$	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan Prekursor Larutan CoFe_2O_4	44
2. Persiapan Substrat Kaca.....	45
3. Proses Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4	46
a. Variasi Suhu Kalsinasi	46
b. Variasi Ketebalan Lapisan Pada Suhu Optimum.....	47
4. Perhitungan Dan Reaksi Pembuatan CoFe_2O_4	48
5. Perhitungan Resistansi Pada Variasi Suhu Kalsinasi Dari 400, 450, 500 Dan 550 $^{\circ}\text{C}$ Pada Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4	50
6. Data Hasil Pengukuran Tegangan Dan Arus Keluaran Pada Ketebalan Lapisan 1-5 Kali Pelapisan.....	54
7. Penentuan Ukuran Kristal CoFe_2O_4 Menggunakan Persamaan Scherrer.....	58
8. Gambar Lapisan Tipis Dengan Variasi Suhu Kalsinasi.....	59
9. Gambar Lapisan Tipis dengan Variasi Ketebalan Lapisan	60

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Nanopartikel magnetik menjadi subjek penelitian yang menarik karena sifat yang aplikatif diberbagai bidang seperti bioteknologi, penyimpanan data, dan biomedis dan memiliki sifat fisika dan kimianya yang unik dibandingkan partikel ukuran kasar (*bulk*). Nanopartikel adalah partikel berukuran antara 1-100 nanometer (Shahmiri, 2013). Material ini banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti katalis, *coating*, semikonduktor, produk farmasi dan elektronik (Saez & Mason, 2009). Material yang berukuran nano akan menunjukkan perubahan yang signifikan dalam berbagai sifat mekanik, magnet dan sifat listrik jika dibandingkan dengan material bongkahan dalam jumlah besar (Gnanajobitha *et al.*, 2013).

Salah satu material nano yang banyak diteliti adalah nanopartikel CoFe_2O_4 . *Cobalt ferrite* (CoFe_2O_4) merupakan jenis hard ferrite karena memiliki nilai koersivitas yang tinggi. Material yang berukuran nano akan menunjukkan perubahan yang signifikan dalam berbagai sifat mekanik, magnet dan sifat listrik jika dibandingkan dengan material bongkahan dalam jumlah besar (Gnanajobitha *et al.*, 2013).

Berdasarkan keunggulan tersebut CoFe_2O_4 digunakan di berbagai aplikasi, diantaranya dalam sistem penyimpanan data, teknologi ferrofluid dan diagnosa medis. Film tipis permanen magnetik dari bahan *ferrite* digunakan sebagai media perekam berkapasitas (densitas) tinggi, sifat mekanik yang kuat

dan kestabilan kimia (Togar, 2015). CoFe_2O_4 merupakan oksida kubik dengan struktur inverse spinel (C.J. Brinker (Ed), 1990).

Metode yang dapat digunakan dalam pembuatan lapisan tipis, yaitu: *spin coating*, *sputtering*, dan *screen printing*. Dalam penelitian ini digunakan teknik *spin coating* karena teknik ini lebih sederhana dan hasil yang didapatkan lebih homogen. Dalam sintesis nanomaterial dan berpori metode preparasi yang paling sering digunakan yaitu metode sol-gel, interaksi dan inklusi. Metode sol-gel cocok untuk preparasi thin film dan material berbentuk *powder*. Tujuan preparasi ini agar suatu material keramik dapat memiliki fungsional khusus (elektrik, optik, magnetik dll). Metode sol-gel merupakan salah satu metode yang paling sukses dalam mempersiapkan material oksida logam berukuran nano. Sol-gel *Spin coating* adalah metode untuk membuat lapisan dari bahan polimer *photoresist* yang dideposisikan pada permukaan silikon dan material lain yang berbentuk datar. Setelah larutan (sol-gel) diteteskan di atas substrat, kecepatan putar diatur oleh gaya sentrifugal untuk menghasilkan lapisan tipis yang homogen. Metode ini sangat mudah dan efektif dalam pembuatan lapisan tipis dengan hanya mengatur parameter waktu dan kecepatan putar serta suhu kalsinasi larutan sampel. Pembuatan CoFe_2O_4 dengan menggunakan metode sol gel memiliki beberapa kelebihan, antara lain ia beroperasi di bawah suhu rendah, biaya rendah dan tidak memerlukan instrumen khusus

Dalam pembuatan lapisan tipis suhu kalsinasi juga perlu diperhatikan karena 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 phase 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%. Hal serupa juga dilakukan oleh Rahmayeni *et al*, dengan menggunakan perbandingan rasio stoikiometri yang sama dan suhu kalsinasi 500°C (Wang *et al*, 2012 dan Rahmayeni *et al*, 2015). 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

Untuk mengetahui sifat yang dimiliki oleh lapisan tipis CoFe_2O_4 maka dilakukan karakterisasi. Karakterisasi yang dilakukan diantaranya karakterisasi SEM, XRD, UV-DR dan Metoda *4-point probe systems*. Morfologi permukaan dan ketebalan lapisan film hasil deposisi diketahui dengan menggunakan alat SEM. Hambatan yang diperoleh dari lapisan tipis *cobalt ferrite* juga dipengaruhi oleh struktur kristalnya. Struktur kristal *cobalt ferrite* dapat dilihat melalui pola difraksi sinar-X menggunakan alat XRD. Hambatan dari lapisan *cobalt ferrite* (CoFe_2O_4) diukur dengan menggunakan Metoda *4-point probe systems*. Berdasarkan penjelasan diatas maka dilakukan penelitian dengan judul

“Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4 Menggunakan Metode Sol-Gel *Spin Coating* dengan Variasi Suhu Kalsinasi Dan Ketebalan Lapisan ”

B. Identifikasi masalah

Berdasarkan penjelasan diatas ada beberapa masalah yang dapat diidentifikasi diantaranya.

1. Kecepatan putar dan waktu putar *spin coating* sangat mempegaruhi ketebalan pada lapisan tipis CoFe_2O_4 yang dihasilkan.
2. Suhu kalsinasi juga mempengaruhi morfologi lapisan tipis CoFe_2O_4 yang akan digunakan.
3. Morfologi lapisan tipis CoFe_2O_4 juga dipengaruhi oleh konsentrasi CoFe_2O_4 yang digunakan.

C. Batasan masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas ada beberapa batasan-batasan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Konsentrasi larutan prekursor *cobalt ferrite* yang digunakan dalam pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 adalah 0,25 M
2. Pembuatan lapis tipis CoFe_2O_4 dilakukan dengan metode *spin-coating* melalui proses sol-gel.

D. Rumusan masalah

Berdasarkan penjelasan yang telah dijelaskan pada latar belakang sehingga masalah yang akan dirumuskan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh suhu kalsinasi terhadap morfologi lapisan tipis CoFe_2O_4 yang dihasilkan.
2. Bagaimana pengaruh variasi ketebalan lapisan pada morfologi lapisan tipis CoFe_2O_4 yang terbentuk.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas maka tujuan dilakukannya penelitian ini diantaranya:

1. Dapat mengetahui pengaruh perubahan suhu kalsinasi terhadap sifat listrik, lapisan tipis *cobalt ferrite* (CoFe_2O_4) yang dihasilkan.
2. Dapat mengetahui pengaruh ketebalan lapisan tipis *cobalt ferrite* (CoFe_2O_4) terhadap sifat listrik, ukuran kristal dan morfologi lapisan tipis *cobalt ferrite*.

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini nantinya diharapkan dapat memberikan informasi dan ilmu pengetahuan terutama dibidang nanoteknologi yang mana nantinya lapisan tipis CoFe_2O_4 ini mampu menghasilkan sel surya yang memiliki nilai efisiensi yang tinggi sehingga dapat digunakan dikemudian hari nanti untuk mengatasi krisis sumber energi yang terjadi pada saat sekarang ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Lapisan Tipis

Lapisan tipis merupakan bahan dalam jangkauan beberapa nanometer atau nanolayer yang dibentuk susunan dan penggabungan sifat-sifat atom. Lapisan tipis dibuat dengan teknik penumbuhan atom atau partikel pada permukaan substrat dengan ketebalan sampai orde mikrometer (Tebriani, S. 2013). Lapisan tipis terbuat dari bahan organik, inorganik, logam maupun campuran metal organik dan memiliki sifa-sifat konduktor, semikonduktor maupun isolator. Lapisan tipis magnetik merupakan salah satu lapisan yang banyak digunakan oleh peneliti sebagai sensor magnetik. Material magnetik dalam bentuk lapisan tipis mempunyai kepekaan yang cukup tinggi. Lapisan tipis pada umumnya mempunyai ketebalan yang berkisar 10^{-6} - 10^{-9} meter (Ezema, 2004).

Lapisan tipis dapat dibuat dengan berbagai macam metode, yaitu:

1. Pelapisan putar (*spin coating*) merupakan teknik pelapisan bahan yang dengan cara penyebaran larutan ke atas substrat keudian diputar dengan kecepatan konstan untuk memperoleh lapisan baru yang homogen. Penyebaran bahan kesubstrat karena adanya gaya sentrifugal.
2. *Sputtering* merupakan prosesdimana permukaan logam dari target dibombardir oleh ion-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 opada permukaan substrat.

3. *Screen printing* merupakan teknik untuk menghasilkan film tebal dari berbagai material yang telah dipergunakan untuk memproduksi sel surya, vasitor, detektor UV, dan sensor (krishnan dan Nampoori, 2005)

B. Nanopartikel

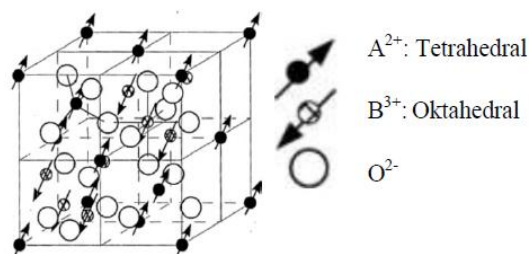
Nanopartikel adalah salah satu material yang banyak digunakan dalam penelitian pada zaman modern seperti saat ini. Nanopartikel merupakan sebutan untuk partikel logam maupun polimer dalam ukuran skala nanometer, yaitu lebih kecil dari 1 mikron dan berpotensi sekecil atom dengan panjang molekul sekitar 0,2 nm. Nanoteknologi merupakan ilmu yang mempelajari partikel dalam rentang ukuran 1-100 nm (Buzea *et al.*, 2007). Material nano memiliki beberapa sifat kimia dan fisika yang memiliki keunggulan lebih dari *bulknya*. Berdasarkan sifat kimia dan elektromagnetik, nanopartikel dapat tersebar seperti aerosol, suspensi/koloid, atau dalam keadaan menggumpal (Umut, 2013). Nanopartikel dapat diaplikasikan secara luas seperti dalam bidang lingkungan, elektronik, optis dan biomedis (Buzea *et al.*, 2007). Nanopartikel dapat terbentuk amorfus atau kristal dan memiliki fungsionalisasi permukaan yang besar, yaitu mampu mengikat, menyerap, dan membawa senyawa lain seperti obat, *probe*, dan protein. Sifat nanopartikel bergantung pada ukuran partikelnya, sebagai contoh, jika butir suatu logam atau keramik lebih kecil dari ukuran butir kritis (<100 nm), sifat mekanik bahan akan berubah dari keras menjadi lunak. Salah satu sifat mekanik bahan adalah kekuatan luluh, yaitu batas maksimum kekuatan suatu bahan sebelum mengalami deformasi plastis (berubah bentuk)

Nanopartikel ferrite adalah salah satu material yang memiliki peran penting dengan sifat kemagnetan dan sifat elektrik yang khusus (Widodo *et al.*,2010).

C. Cobalt Ferrite

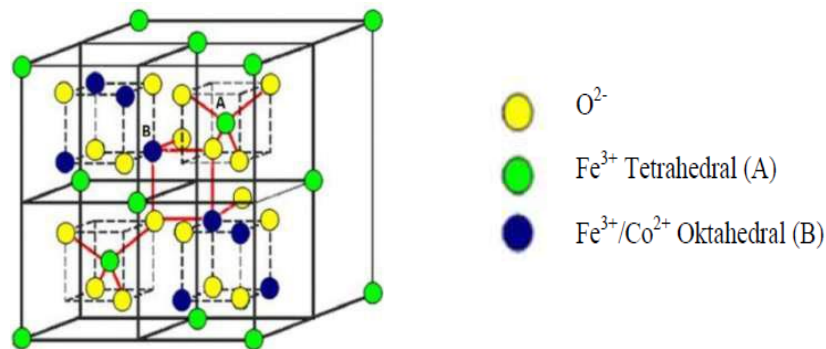
CoFe_2O_4 merupakan salah satu jenis material nano yang memiliki sifat superparamagnetik. Sifat superparamagnetik merupakan sifat yang dimiliki oleh material nano. CoFe_2O_4 memiliki magnetisasi tinggi apabila diberikan medan magnet eksternal namun, memiliki magnetisasi rata-rata nol tanpa medan eksternal. Nanopartikel CoFe_2O_4 memiliki sifat khusus yaitu nilai anisotropi yang lebih tinggi dibandingkan dengan Fe_3O_4 (*magnetite*) dan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (*magnetite*). Intensitas sifat superparamagnetiknya meningkat seiring dengan menurunnya ukuran partikel sementara suhu *Curie* akan meningkat secara linear seiring dengan meningkatnya ukuran partikel. Distribusi ukuran kristal nanopartikel CoFe_2O_4 tergantung pada suhu pembuatannya yang mana semakin besar suhu pengendapan dalam sintesis maka ukuran partikel kristal yang dihasilkan juga akan semakin besar (Perdana, 2008). CoFe_2O_4 merupakan material keramik berwarna abu-abu gelap atau hitam yang bersifat ferimagnetik dibentuk oleh besi oksida (Fe_2O_3 dan AO) sebagai komponen utama, dimana A adalah kation divalen yang dapat diubah oleh logam transisi lain. Material ini memiliki kekerasan yang sangat tinggi, bersifat getas dan stabil secara kimia (Sunendar, 2007). *Cobalt ferrite* memiliki koersivitas tinggi, berpotensi memiliki sifat superparamagnetik, serta memiliki resistivitas listrik dan magnetisasi saturasi tinggi karena sifat tersebut, *cobalt ferrite* dapat diaplikasikan pada bidang biomedis sebagai pengarah obat, *magnetic resonance imaging*, dan hipertemia untuk pengobatan kanker (Iqbal, 2010).

Berdasarkan sifat magnetiknya, *ferrit* dapat dikategorikan ke dalam *ferrit* keras, menengah, dan lunak yang mengacu pada tinggi atau rendahnya nilai koersivitas: (i) ferit keras memiliki nilai koersivitas tinggi, sehingga tidak mudah mengalami kerusakan magnetik, (ii) ferit menengah umumnya digunakan pada media magnetik yang memiliki koersivitas cukup tinggi untuk menyimpan informasi, (iii) ferit lunak memiliki koersivitas rendah sehingga mudah dimagnetisasi dan mengalami kerusakan magnetik. Kebanyakan ferit lunak modern yang bersifat magnetik memiliki struktur spinel kubik. Gambar 1 menunjukkan letak dari logam transisi pada bagian tetrahedral (hitam) dan pada bagian oktahedral (putih) beserta momen magnetiknya.



Gambar 1. Struktur spinel ferit beserta momen magnetiknya (Vestal, Christy Riann. 2004)

Cobalt ferrite untuk kategori ferrit menengah, memiliki struktur spinel invers $(Fe^{3+})_A(Co^{2+}Fe^{3+})_BO_4^{2-}$, dimana atom oksigen berbentuk sebuah kisi fcc, dengan satu setengah ion Fe^{3+} yang menempati tetrahedral (A) dan setengah lainnya bersama ion Co^{2+} terletak pada bagian oktahedral (B), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Struktur spinel invers yang menunjukkan lokasi Fe³⁺ dan Co²⁺/Fe³⁺ bagian tetrahedral (A) dan oktahedral (B) (Mund, H.S. 2011)

Selain berpotensi memiliki sifat superparamagnetik, sifat khusus yang membedakan nanopartikel CoFe₂O₄ dengan jenis *ferrit* lain adalah nilai konstanta anisotropinya yang lebih tinggi. Perbandingan CoFe₂O₄ dengan ferit lain dapat ditunjukkan oleh Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Perbandingan Magnetisasi Saturasi Pada Suhu Ruang

Ferite	Magnetisasi saturasi pada suhu ruang M _s (emu/g)	Konstanta anisotropi K ₁ (x 10 ⁴ J/m ³)	Suhu curie T _c (°C)	Ukuran superparamagnetik
Fe ₂ O ₄	90-100	-1.2	585	25
NiFe ₂ O ₄	56	-0.68	585	28
CoFe ₂ O ₄	80-94	18-39	520	14
MnFe ₂ O ₄	80	-0.25	300	25

(Umut, 2013).

Cobalt ferrite yang memiliki nilai konstanta anisotropi lebih tinggi, sangat baik digunakan pada aplikasi hipertermia yang merupakan pengobatan termal pada sel-sel kanker. Pada umumnya, sel kanker lebih rentan terhadap suhu tinggi daripada sel sehat, sehingga nanopartikel nanopartikel *cobalt ferrite* dapat

digunakan sebagai *heating* mediator dengan tingkat pemanasan yang tinggi. Setelah nanopartikel magnetik sampai pada jaringan jaringan atau sel-sel ganas, maka injeksi langsung dapat dilakukan. Nanopartikel bergetar mengikuti medan magnet yang berubah terhadap waktu dan mentransfer energinya menjadi panas di sekitar target. Metode ini sangat efektif untuk mencapai suhu target sampai 40 - 42 °C dan jaringan yang terinfeksi akan hancur (Umut, 2013). Sintesis nanopartikel *cobalt ferrite* dilakukan menggunakan berbagai macam metode untuk menghasilkan partikel berukuran nano serta untuk melihat karakteristik sifat bahannya. Metode yang sederhana, mudah, dan efisien dalam menghasilkan nanopartikel *cobalt ferrite* adalah metode kopresipitasi (Lu, A.H., 2007). 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).

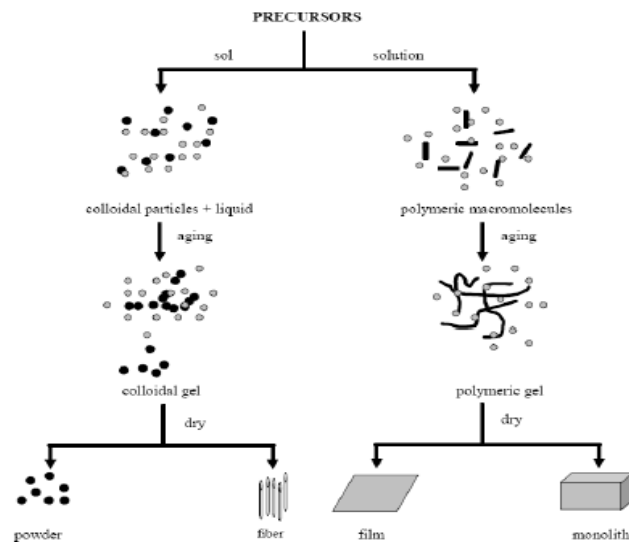
D. Metoda Sol- Gel

Pada sintesis nanomaterial berlapis dan berpori metode preparasi yang paling sering digunakan adalah metode sol-gel. Metode sol-gel cocok untuk preparasi thin film dan material berbentuk *powder*. Tujuan preparasi ini agar suatu material keramik dapat memiliki fungsional khusus (elektrik, optik, magnetik dll). Metode sol-gel merupakan salah satu metode yang paling sukses dalam mempreparasi

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. Gel (*gelation*) adalah jaringan partikel atau molekul, baik padatan dan cairan, dimana polimer yang terjadi di dalam larutan digunakan sebagai tempat pertumbuhan zat anorganik. Pertumbuhan anorganik terjadi di *gel point*, dimana energi ikat lebih rendah. Reaksinya adalah reaksi kondensasi, baik alkohol atau air, yang menghasilkan *oxygen bridge* (jembatan oksigen) untuk mendapatkan metal oksida. 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 (Sutanto, 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).

Metode sol-gel dikenal sebagai salah satu metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana dan mudah. Gaya grafitasi dari koloid dapat diabaikan dan interaksi atom didominasi 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). Pada metoda sol-gel perlu kita perhatikan beberapa tahapan yang akan kita lakukan

untuk mengubah sol menjadi gel. Tahapan tersebut meliputi hidrolisis, kondensasi, pematangan, (ageing) dan pengeringan seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. skema umum proses pembuatan sol-gel

1. Tahapan Proses Sol-Gel

Tahap-tahap proses sol-gel terdiri atas empat macam. Keempat macam proses sol-gel tersebut adalah sebagai berikut.

a. Hidrolisis

Pada tahap pertama logam prekursor (alkoksida) dilarutkan dalam alkohol dan terhidrolisis dengan penambahan air pada kondisi asam, basa dan netral menghasilkan sol koloid(Chrusciel, 2003). Tahap ini terjadi pegantian ligan (-OR) dengan gugus hidroksil (-OH). Faktor yang dapat mempengaruhi proses

prekursor ini adalah prekursor yang digunakan. Peningkatan jumlah prekursor akan meningkat.

b. Kondensasi

Setelah mengalami reaksi hidrolisis, maka reaksi kondensasi akan berlangsung. Produk dari reaksi intermediet hasil dari reaksi hidrolisis sangat berperan dalam proses reaksi kondensasi. Pada tahap ini terjadi perubahan sol menjadi gel.

c. Pematangan (*Ageing*)

Setelah reaksi hidrolisis dan kondensasi, dilanjutkan dengan proses pematangan gel yang terbentuk. Proses ini lebih dikenal dengan proses *ageing*. Pada proses pematangan ini terjadi reaksi pembentukan jaringan gel yang lebih kaku, kuat, dan menyusut didalam larutan.

d. Pengeringan

Pengeringan ini adalah tahap terakhir dalam proses sol –gel. Teknik terakhir ini adalah proses penguapan larutan dan cairan yang tidak diinginkan untuk mendapatkan struktur sol gel yang memiliki luas permukaan yang tinggi. Tahapan preparasi material menggunakan metoda sol gel.

E. Teknik Spin Coating

Spin coating merupakan suatu teknik untuk mendeposisi lapisan tipis yaitu melalui percepatan larutan pada substrat yang diputar. Proses *spin coating* dilakukan dengan melakukan alat *coater* dengan kecepatan tinggi dalam jangka waktu tertentu. Semakin cepat putaran, akan diperoleh lapisan tipis yang semakin homogen dan tipis (saputra, 2012). Metode *spin coating* adalah metode

pembentukan lapisan tipis dengan cara pemutaran atau *spin*. Bahan yang akan dibentuk lapisan tipis dibuat dalam bentuk larutan atau gel. Bahan yang sudah disediakan diteteskan pada permukaan suatu substrat dan diletakkan diatas piringan yang memiliki kecepatan putar tinggi. Pada saat piringan sentripetal tersebut berputar sehingga bahan tertarik kepinggir substrat dan tersebar secara merata. Hal ini dipengaruhi oleh gaya sentripetal.

Dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Piringan Berputar dan (b) Skema Tahapan *spin coating*

Teknik *spin-coating* ini memuat tahapan dasar:

1. Tahap penetesan cairan (*dispense*)

Cairan dideposisikan diatas permukaan substrat, kemudian diputar dengan kecepatan tinggi. Kemudian lapisan yang telah dibuat akan dikeringkat sampai pelarut padalapisan tesebut benar-benar sudah menguap. Proses ini dibagi menjadi dua macam , yaitu:

- a. *Static dispense* : proses disposisi sederhana yang di lakukan pada larutan diatas pusat substrat dengan kecepatan 1-10 rpm.
- b. *Dynamic dispense*: proses deposisi dengan kecepatan putar yang kecil kira-kira 500 rpm.

2. Tahap percepatan dan penyebaran (*spreading*)

Setelah tahap penetesannya cairan, larutan dipercepat dengan kecepatan yang relatif tinggi. Kecepatan yang digunakan antara 1500-6000 rpm dan waktu yang digunakan kira-kira 10 menit. Kecepatan yang digunakan pada substrat ini akan mengakibatkan adanya gaya sentrifugal dan turbulensi cairan.

3. Tahap pengeringan (*drying*)

Pada tahap ini terbentuk lapisan murni dengan suatu ketebalan tertentu. Tingkat ketebalan lapisan yang terbentuk bergantung pada tingkat kelembaban substrat. Jika kelembaban kecil akan menyebabkan ketebalan lapisan murni yang terbentuk akan semakin besar (Saputra *et al.*, 2012)

Spin Coating merupakan teknik khusus yang menggunakan deposit cairan dalam jumlah kecil, kemudian diputar dengan kecepatan tinggi pada suatu bidang datar. Alat deposisi *spin coating* yang ada saat ini masih memiliki keterbatasan (Erus, 2008). Kecepatan putar yang dihasilkan pada nilai tertentu proses pengontrolannya masih manual. Kecepatan putaran yang dinyatakan dalam rpm adalah parameter yang sangat penting pada metode *spin coating*. Jika nilai kecepatan yang dihasilkan bervariasi maka hasil pelapisan material uji semakin beragam (Hidayat *et al.*, 2014).

Ketebalan lapisan dan sifat lainnya tergantung pada jenis cairan (viskositas, kecepatan pengeringan, dan molaritas) serta parameter-parameter yang dipilih saat proses *spin coating* meliputi kecepatan putar, percepatan, dan

kevakuman. Umumnya kecepatan putar yang tinggi dan lama putarnya akan menghasilkan lapisan tipis yang lebih tipis (sueta, 2008).

F. Uji Sifat Kaca Konduktor

karakterisasi lapisan tipis *cobalt ferrite* dilakukan dengan beberapa metoda. Metode yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya.

1. X-Ray Diffraction (XRD)

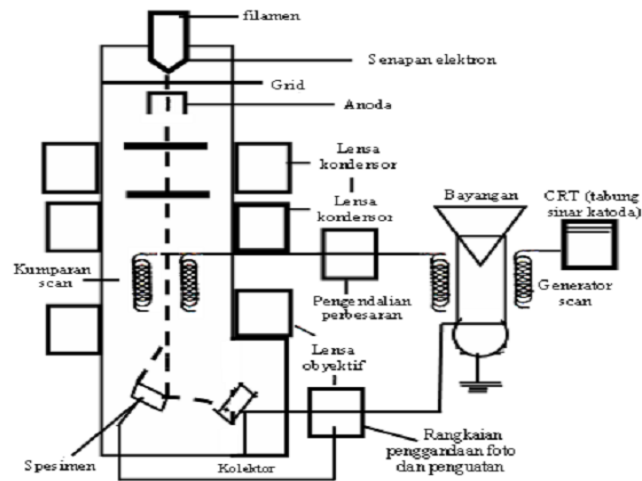
XRD digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal suatu padatan dengan membandingkan nilai jarak d (bidang kristal) dan intensitas puncak difraksi dengan data standar. Sinar-X merupakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang sekitar 100 ppm yang dihasilkan dari penembakan logam dengan elektron berenergi tinggi. Melalui analisis XRD diketahui dimensi kisi (d = jarak antar kisi) dalam struktur mineral. Sehingga dapat ditentukan apakah suatu material mempunyai kecepatan yang tinggi atau tidak, dan difraksi sinar- X suatu kristal. Prinsip dasar dari XRD adalah hamburan elektron yang mengenai permukaan kristal. Bila sinar dilewatkan ke permukaan kristal, sebagian sinar tersebut akan dihamburkan dan sebagian lagi akan diteruskan ke lapisan berikutnya. Sinar yang dihamburkan akan berinterferensi secara konstruktif (menguatkan) dan destruktif (melemahkan). Hamburan sinar yang berinterferensi inilah yang digunakan untuk analisis. Difraksi sinar X hanya akan terjadi pada sudut tertentu sehingga suatu zat akan mempunyai pola difraksi tertentu. Pengukuran kristalinitas relatif dapat dilakukan dengan membandingkan jumlah

tinggi puncak pada sudut-sudut tertentu dengan jumlah tinggi puncak pada sampel standar (Nasution, 2012).

Pada penumbuhan lapisan tipis *cobalt ferrite* dikarakterisasi menggunakan XRD dilakukan untuk memastikan kristal CoFe_2O_4 yang telah tumbuh diatas substrat kaca serta mengkaji struktur kristal filmnya. Diharapkan kristal yang terbentuk berukuran nanometer yang ditandai dengan puncak-puncak pola difraksi sinar- X yang sempit dan runcing serta tidak mengandung impuritas.

2. Scanning Electron Microscopy (SEM)

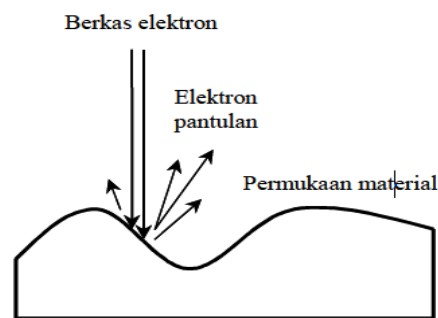
SEM merupakan sebuah mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk melihat benda dengan resolusi tinggi. Hasil karakterisasi SEM berupa foto penampang permukaan (*surface*) dan penampang lintang (*cross section*). Menganalisis penampang permukaan dapat diketahui mikrostruktur (termasuk porositas dan bentuk retakan) benda padat. Informasi lain yang diperoleh adalah ketebalan lapisan yang dapat dianalisis dari penampang lintang (Yuli A, 2011). SEM sangat cocok digunakan dalam situasi yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan pembesaran berkisar sekitar 20 kali sampai 500.000 kali (Anggraeni, 2008). Prinsip kerja SEM adalah penembakan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah.



Gambar 5. Skema alat spektroskopi SEM (Tjahjanto, 2001)

Aplikasi dari SEM ini digunakan untuk mempelajari fiber (serat) material, keramik, campuran, logam, katalis, polimer dan material biologis (Tjahjanto, 2001). Karakterisasi SEM pada lapisan aktif dilakukan untuk melihat permukaan lapisan yang dipengaruhi oleh suhu *annealing* (Pratiwi, Z.R, *et al.*, 2013). Cara kerja SEM adalah gelombang elektron yang dipancarkan di lensa kondensor dan terfokus sebagai titik yang jelas oleh lensa objektif. Berkas sinar elektron yang mengenai cupllikan menghasilkan elektron sekunder dan kemudian dikumpulkan oleh detektor sekunder atau detektor *backscatter*. Gambar yang dihasilkan terdiri dari ribuan titik berbagai intensitas di permukaan *Cathode Ray Tube* sebagai topografi gambar. Pada sistem ini berkas elektron dikonsentrasikan pada spesimen, bayangan diperbesar dengan lensa objektif dan diproyeksikan pada layar. (Gunawan, 2007). Sebagai pengganti sumber cahaya digunakan suatu sumber elektron yang dapat menembakan 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 mengganti atau mengamati rincian bentuk maupun struktur mikro permukaan suatu objek yang tidak dapat dilihat dengan mata atau dengan mikroskop optik. 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.



Gambar 6. Prinsip kerja berkas elektron dalam SEM (Abdullah, 2008)

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 *zoom-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 (Andullah, 2008)

3. UV-Vis *Diffuse Reflectance*

Spektroskopi UV-Vis Spektrum yang diperoleh untuk senyawa padatan disebut sebagai *diffuse reflectance spectrum* (spektrum refleksi). Spektrum ini

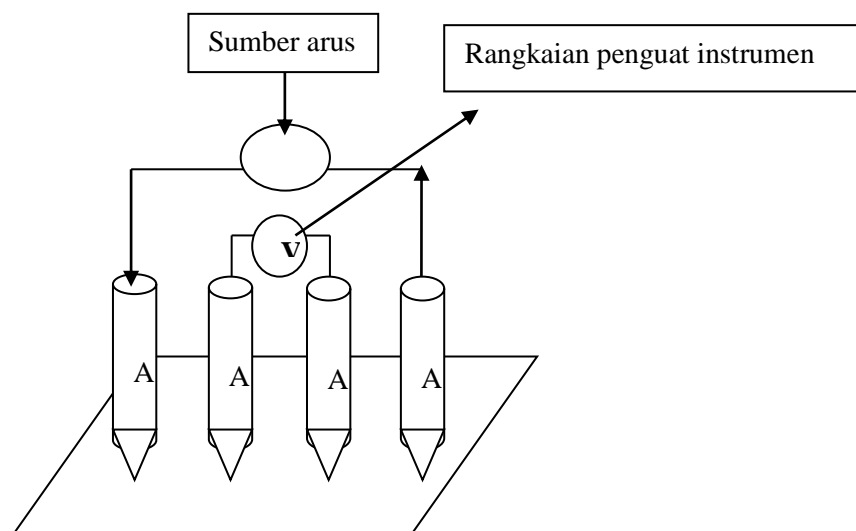
lebih dikenal sebagai spektrum elektronik karena spektrum pada daerah tampak ini muncul sebagai akibat terjadinya transisi elektronik pada orbital dx yang mengalami pembelahan sehingga memungkinkan elektron mengalami transisi dari tingkat energi rendah ke tingkat energi tinggi jika elektron itu memperoleh energi yang sesuai ($10 Dq$). Energi transisi elektronik ini muncul sebagai puncak pita medan ligan pada spektrum senyawa yang bersangkutan dapat diketahui posisi panjang gelombang maksimum dan dihitung energinya. Spektrum UV-Vis *diffuse reflectance* menghasilkan kurva hubungan antara k/s dengan panjang gelombang (λ) atau absorbansi (A) dengan panjang gelombang (λ) (Agnes, 2016). Spektrofotometri UV-Vis *Diffuse Reflectance* merupakan metoda yang digunakan untuk mengetahui besarnya *band gap* hasil sintesis. Metoda ini didasarkan pada pengukuran intensitas UV-Vis yang direfleksikan oleh sampel (Dolat, *et al.*, 2014).

Pada pembuatan lapisan tipis $CoFe_2O_4$ karakterisasi XRD dilakukan untuk memastikan kristal $CoFe_2O_4$ telah tumbuh di atas substrat serta mengkaji struktur kristal filmnya. Diharapkan kristal yang terbentuk berukuran nanometer yang ditandai dengan puncak-puncak pola difraksi sinar-X yang sempit dan runcing serta tidak mengandung impuritas.

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

Karakterisasi listrik digunakan untuk mengetahui resistivitas lapisan tipis. Pengukuran resistansi menggunakan metode *4 probe* pertama kali dilakukan oleh

Weibel (1916) untuk mengukur resistivitas pada bumi. Tahun 1954, Valdes menggunakan metode tersebut untuk mengukur resistivitas pada lapisan semikonduktor. Prosedur pengukuran dilakukan dengan pengukuran yang menggunakan 2 pasang *probe* terpisah untuk mengukur arus dan tegangan dimana membuat pengukuran lebih akurat pada substrat tanah. Keempat *probe* dibuat pada jarak yang sama yaitu 1 mm. Alat ukur ini didasarkan pada 4 buah *probe* dimana dengan 2 buah *probe* berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dan 2 *probe* yang lain untuk mengukur tegangan listrik sewaktu *probe-probe* tersebut dikenakan pada bahan yang dijadikan sampel.



Gambar 7. skematik sistem pengukuran resistansi lapisan tipis metode 4 probe

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 dalam penelitian ini resistivitas dari hasil pengukuran dihitung dengan berikut :

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

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

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan lapisan tipis CoFe_2O_4 dengan variasi suhu kalsinasi telah berhasil dilakukan yang mana didapatkan suhu optimum pada lapisan tersebut adalah pada suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$. Nilai hambatan paling rendah yaitu $84,678\ \Omega$ dan nilai hambatan tertinggi terdapat pada suhu $550\text{ }^\circ\text{C}$ yaitu $113,284\ \Omega$. Variasi ketebalan lapisan didapatkan nilai hambatan terendah yaitu $50,0165\ \Omega$ dan nilai hambatan tertinggi yaitu pada 1 kali pelapisan adalah $85,2605\ \Omega$.
2. Pada uji XRD didapatkan ukuran kristal CoFe_2O_4 yaitu $10,54\ \text{nm}$ (nanokristalin). Pada uji SEM masih terdapat keretakan dengan ketebalan $7,38\ \mu\text{m}$ pada morfologi lapisan tipis CoFe_2O_4 .

B. Saran

disarankan bagi peneliti selanjutnya :

1. Menggunakan uji XRD untuk mendapatkan kondisi optimum pada setiap variasinya
2. membersihkan plat kaca dengan lebih hati-hati sehingga tidak adalagi pengotor diatas substrat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. Khairurrijal. 2008. *Review: Karakterisasi Nanomaterial. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi* Vol. 2 No.1: Bandung.
- Agness Intan, 2016. “*Preparasi Dan Karakterisasi Komposit Cuo-Zeolit Alam Untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B Dengan Sinar Ultraviolet*”. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Adem, umut. 2003. Preparation of $Ba_x Sr_{1-x} TiO_3$ thin films by chemical slution deposition ang their electrical characterization. Thesis : *the middles east technical university*.
- Ahn, Y., Choi E. J. And Kim. 2003. “Super Paramagnetic Relaxation In Cobalt Ferrite Nanoparticles Synthesized From Hydroxide Carbonate Precursors”. *Rev. Adv. Mater. Sci*, Vol. 5, Pp.477-480.
- Anggraeni, Nusa Desi. 2008. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscopy*) Dalam Pemantauan Proses Oksidasi Megnetite Menjadi Hematite. *Jurnal Teknik Mesin* ISSN: 1693-3168. Seminar Nasional-VII *Rekayasa Dan Aplikasi Teknik Mesin*, ITENS-Bandung.
- Brinker, C.J., *et al.* 1991.” Fundamental of sol gel dip-coating”. *Thin solid films*, 97-108.
- Buzea, C., Pacheco Blandino, I.I. & Robbie, K.. 2007. *Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity*. Biointerphases
- Castillo, V.L.C.D. 2005. “Synthesis And Characterization Of Cobalt Substituted Ferrite Nanoparticles Using Reverse Micelles. Thesis”. *University Of Puerto Rico*. Mayaguez Campus.
- Chrusciel, jerzy & lodumir slusarki. 2003. “Synthesis Of Nanosilica By The Sol Gel Metodand It’s Aktivity Toward Polymers”. *Material science*. (vol.21 no.4). hlm 461-469.
- Daoudi, K.dkk.2002.”Tin-Doped Indium Oxide Thin Films Deposite By Sol-Gel Di-Coating Technique”. *Material Science And Engineering*. Hlm.313-317
- Dolat. 2014. “*Preparation, Characterization and Charge Transfer Studies of Nickel-Modified and Nickel, Nitrogen co-modified Rutil Titanium Dioxide for photocatalytic Aplication*”. *Chemical Engineering Journal* 239 (2014) 149-1.
- Fernandez, B.R. 2012.”Sintesis naopartikel S_iO_2 menggunakan metoda sol gel dan aplikasinya terhadap aktifitas sitotoksik sel”. *Review jurnal*