SINTESIS DAN KARAKTERISASI LAPISAN TIPIS *CARBON NANOTUBE (CNT)* MENGGUNAKAN Fe SEBAGAI KATALIS MAGNETIK

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains

DESMAWARNI

NIM 05091

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2014

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul	:	**Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Tipis *Carbon Nanotube (CNT)* Menggunakan Fe sebagai Katalis Magnetik**
Nama	:	Desmawarni
NIM	:	05091
Program Studi	:	Fisika
Jurusan	:	Fisika
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 27 Januari 2014

Disetujui Oleh

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si	Drs. Yunasfi, M.Eng
NIP. 19690120 199303 2 002	NIP. 19620604 198801 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Judul	:	Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Tipis *Carbon Nanotube (CNT)* Menggunakan Fe sebagai Katalis Magnetik
Nama	:	Desmawarni
NIM	:	05091
Program Studi	:	Fisika
Jurusan	:	Fisika
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 27 Januari 2014

Tim Penguji

Nama			Tanda Tangan
1. Ketua	:	Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si	
2. Sekretaris	:	Drs. Yunasfi, M.Eng	
3. Anggota	:	Dr. Hj. Djusmaini Djamas, M.Si	
4. Anggota	:	Dr. Hamdi, M.Si	
5. Anggota	:	Yohandri, S.Si, M.Si, Ph.D	

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata cara penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 27 Januari 2014

Yang menyatakan,

Desmawarni

ABSTRAK

Desmawarni : Sintesis Dan Karakterisasi Lapisan Tipis *Carbon Nanotube (CNT)* Menggunakan Fe Sebagai Katalis Magnetik

Lapisan tipis adalah suatu lapisan yang mempunyai ketebalan dalam orde angstrom hingga mikrometer. Sebelumnya telah dilakukan pembuatan lapisan tipis, dimana lapisan tipis dibuat dalam bentuk pelet. Namun pada penelititan sebelumnya, belum dilakukan penumbuhan lapisan tipis dengan menggunakan teknik *spin coating.* Berdasarkan latar belakang tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan penumbuhan lapisan tipis menggunakan teknik *spin coating*. Pada penelitian ini dilakukan sintesis lapisan tipis Fe-CNT yang akan dilakukan identifikasi fasa dan pengamatan properti magnetiknya.

Jenis penelitian yang dilakukan berupa eksperimen, menggunakan Fe sebagai katalis penumbuh, dengan variasi konsentrasi Fe. Lapisan tipis CNT dari nanokomposit Fe ditumbuhkan diatas subtrat silikon (Si) dengan menggunakan metode *spin coating.* Selanjutnya dilakukan identifikasi fasa dengan metode *X-Ray Diffraction* (XRD) dan morfologi permukaan dengan metode *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Kemudian dilakukan pengukuran nilai *magnetoresistance* lapisan tipis Fe-CNT menggunakan metode *Four Point Probe.*

Analisis XRD menunjukkan intensitas puncak karakteristik karbon (C) mengalami penurunan seiring dengan penambahan partikel Fe. Data morfologi SEM menunjukkan, permukaan yang sudah cukup merata dan memiliki permukaan yang cukup bagus. Pengukuran *magnetoresistance ratio* (MR) terhadap lapisan tipis Fe-CNT menunjukkan nilai MR positif dimana semakin besar nilai MR seiring dengan penambahan kandungan Fe.

Kata kunci: Lapisan tipis CNT, Fe-CNT, spin coating, Four Point Probe, Magnetoresistance Ratio

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidayah yang dilimpahkan sebagai sumber kekuatan hati dan peneguh iman sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Sintesis Dan Karakterisasi Lapisan Tipis *Carbon Nanotube (CNT)* Menggunakan Fe Sebagai Katalis Magnetik". Salawat dan salam kepada nabi Muhamad SAW yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat dialam semesta ini.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan perkuliahan dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulis banyak mendapat arahan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak dalam menyusun, membuat dan menyelesaikan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini izinkan penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yang selalu memberikan do'a dan dorongan semangat, dan juga ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si sebagai dosen pembimbing I yang telah tulus dan ikhlas memberikan bimbingan kepada penulis.
2. Bapak Drs. Yunasfi, M.Eng sebagai dosen pembimbing II yang telah tulus dan ikhlas memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
3. Ibu Dr. Hj. Djusmaini Djamas, M.Si, Bapak Dr. Hamdi M.Si dan Bapak Yohandri, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai dosen tim penguji.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

5. Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai Ketua Program Studi Fisika, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Drs. Hufri, M.Si sebagai penasehat akademik penulis selama perkuliahan.
7. Bapak Dr. Salim Mustofa sebagai Kepala Bidang BKAN, BATAN yang telah membantu dalam proses penelititan kepada penulis.
8. Bapak / Ibu Dosen Staf pengajar di Jurusan Fisika Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
9. Semua Senior, teman-teman Fisika 2008 dan Junior yang telah banyak membantu membantu penulis dalam menyusun skripsi ini.

Terimakasih kepada seluruh pihak yang telah berjasa dalam menyelesaikan tugas akhir ini, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yag telah diberikan kepada penulis. Penulis yakin bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran dari pembaca demi kelengkapannya. Semoga semua bantuan, kritik dan saran yang telah diberikan menjadi masukan positif bagi kita.

Padang, 27 Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK i

KATA PENGANTAR ii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR TABEL vii

DAFTAR GAMBAR vii

BAB I PENDAHULUAN 1

A. Latar Belakang 1

B. Batasan Masalah 5

C. Rumusan Masalah 5

D. Pertanyaan Penelitian 6

E. Tujuan Penelitian 6

F. Manfaat Penelitian 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8

A. Komposit 8

B. Karbon (Grafit) 9

C. Carbon Nano Tube (CNT) 12

D. Besi (Fe) 14

1. Katalis 15

E. Lapisan Tipis *(Thin Film)* 16

F. *Spin Coating* 18

G. Kristal 21

1. Fasa Kristal 21

2. Bidang Kristal 22

H. Material Magnetik 23

1. Feromagnetik 23

2. Paramagnetik 25

3. Diamagnetik 26

I. *Magnetoresistance* 26

J *Scanning Electron Microscope* (SEM) 28

K. Difraksi Sinar X 31

1. Cara Mendapatkan Sinar X 32

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 35

A. Jenis Penelitian 35

B. Tempat dan Waktu penelitian 35

C. Variabel Penelitian 35

D. Bahan dan Alat 36

1. Bahan 36

2. Perlatan 37

E. Prosedur Penelitian 41

1. Pembuatan Sampel 41

2. Karakterisasi Sampel 43

F. Teknik Pengumpulan Data 43

G. Teknik Analisa Data 44

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 45

A. Deskripsi Data 45

1. Pembuatan Sampel 45

2. Pengujian Menggunakan XRD 46

3. Pengujian *Magnetoresistance* 50

B. Analisa Data 54

1. Analisa Hasil XRD 54

2. Hasil Analisa SEM 56

3. Hasil Analisa Nilai *Magnetoresistance* 61

C. Pembahasan 62

BAB V PENUTUP 65

A. Kesimpulan 65

B. Saran 66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Sifat Fisis Besi 15
2. Sifat Kimia Besi 15
3. Suhu Curie dari Beberapa Bahan Feromagnetik 24
4. Spesifikasi Bahan Penelitian 36
5. Data Puncak XRD 55
6. Data Nilai *Magnetoresistance* 62

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Struktur Kristal Grafit 11
2. CNT 13
3. Proses *Spin Coating* 19
4. Prinsip kerja SEM 30
5. Proses Difraksi Sinar X 31
6. Timbangan Analitik 37
7. Peralatan HEM 38
8. Magnetik Stirrer 38
9. Peralatan *Spin Coating* 39
10. Peralatan *X-Ray Diffraction* 39
11. Peralatan SEM 40
12. Peralatan *Four Point Probe* 41
13. Lapisan tipis Hasil Spin Coating 46
14. Perbandingan 2 θ dan intensitas Fe 1% 47
15. Perbandingan 2 θ dan intensitas Fe 2% 48
16. Perbandingan 2 θ dan intensitas Fe 3% 48
17. Perbandingan 2 θ dan intensitas Fe 4% 49
18. Perbandingan 2 θ dan intensitas Fe 5% 50
19. Kurva Magnetoresistance 1% 51
20. Kurva Magnetoresistance 2% 51

21. Kurva Magnetoresistance 3%.....52
22. Kurva Magnetoresistance 4%.....53
23. Kurva Magnetoresistance 5%.....53
24. Pola Difraksi Sinar X Lapisan Tipis Fe-CNT 55
25. Morfologi Permukaan Lapisan Tipis CNT 1% 57
26. Morfologi Permukaan Lapisan Tipis CNT 2% 58
27. Morfologi Permukaan Lapisan Tipis CNT 3% 59
28. Morfologi Permukaan Lapisan Tipis CNT 4% 60
29. Morfologi Permukaan Lapisan Tipis CNT 5% 60
30. Kurva *magnetoresistance* dari lapisan tipis Fe- CNT 61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Data XRD 70

2. Data Nilai *Magnetoresistance* 90

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam perkembangan penelitian di bidang material saat ini, khususnya dalam skala nano sangat banyak dilakukan di seluruh dunia. Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran besar (*bulk*). Material nanopartikel adalah material-material buatan manusia yang berskala nano, yaitu lebih kecil dari 100 nm, termasuk di dalamnya adalah *nanodot* atau *quantum dot, nanowire* dan *carbon nanotube* (Abdullah: 2009).

Bahan baru berbasis karbon sedang menjadi primadona penelitian sejak pertama kali ditemukan *Carbon Nanotube (CNT)* pada tahun 1991 oleh Iijima, yang membuka cakrawala baru tentang kemampuan teknologi nano. CNT adalah satu rantai atom karbon yang berikatan secara heksagonal berbentuk silinder tabung yang berdiameter 1-2 nanometer. Silinder tabung CNT ini memiliki panjang beberapa puluh mikrometer dengan ujung-ujungnya memiliki tutup seperti layaknya pil obat (Brian: 2010).

CNT sangat berpotensi untuk perangkat elektronik generasi berikutnya. CNT memiliki sifat listrik yang baik, sehingga sangat berpotensi untuk mengintegrasikannya pada skala besar. Sebagai alternatif, lapisan tipis (*thin film)* CNT telah menunjukkan potensi besar sebagai bahan elektronik dengan biaya rendah. Lapisan tipis CNT tidak hanya

memiliki mobilitas efek medan yang lebih baik, tetapi juga menunjukkan keuntungan tambahan stabilitas lingkungan dan fleksibilitas yang besar (Vinod: 2009). CNT juga merupakan bahan yang diharapkan dapat menjadi terobosan untuk berbagai keperluan antara lain sebagai media penyimpanan energi listrik dan penyimpanan gas hidrogen untuk aplikasi energi alternatif, biosensor, bahan struktur komposit dan sebagainya.

Lapisan tipis adalah suatu lapisan yang mempunyai ketebalan dalam orde angstrom hingga mikrometer. Lapisan tipis dapat dibuat dari bahan organik, anorganik, logam, maupun campuran logam organik (*organometalic*) yang memiliki sifat konduktor, semikonduktor, superkonduktor maupun insulator. Lapisan tipis banyak digunakan sebagai bahan sensor karena murah dalam proses produksinya dan sifat listriknya dapat diatur melalui parameter-parameter saat proses pembuatannya (Zulkifli: 2005)

Teknik penumbuhan dan pembuatan lapisan tipis, pada umumnya memakai teknik deposisi, yang terbagi menjadi 2 (dua) yaitu metode fisika (contohnya *Pulsed Laser Deposition:* PLD, *sputtering, spin coating)* dan metode kimia (contohnya *Chemistry Laser Deposition:* CVD). Lapisan tipis dapat diperoleh dari bahan an-organik, organik atau bahkan dari bahan-bahan biologi. Sebelumnya telah dilakukan pembuatan lapisan tipis yang ditumbuhkan dengan teknik *sputtering* (Yunasfi: 2012), dimana lapisan tipis dibuat dalam bentuk pelet dan didapatkan hasil lapisan tipis yang halus dan merata.

Pada penelititan sebelumnya, belum dilakukan penumbuhan lapisan tipis dengan menggunakan teknik *spin coating*. Dari semua metode pembuatan lapisan tipis, *spin coating* adalah metode yang murah, sederhana dan cepat untuk memproduksi lapisan tipis berstruktur layer dan homogen.

Spin Coating adalah metode yang berkembang luas dalam ilmu pengetahuan modern dan rekayasa, yang digunakan untuk deposit lapisan bahan organik dan untuk mendistribusikan partikel pada permukaan yang datar. *Spin coating* saat ini dominan digunakan untuk menghasilkan lapisan tipis bahan organik fotosensitif dengan ketebalan urutan mikrometer dan nanometer (Sahu: 2009). *Spin Coating* banyak digunakan dalam fabrikasi mikro, di mana dapat digunakan untuk membuat lapisan tipis dengan ketebalan di bawah 10 nm (Hellstrom: 2007).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mendapatkan karbon berstruktur nano, salah satunya adalah teknik *milling* secara mekanik. Teknik *milling* merupakan salah satu teknik sederhana dan efektif untuk menumbuhkan kristal padat tanpa melalui fasa vaporasi atau perlakuan reaksi kimia seperti yang biasa diperlukan dalam proses sintesis pada umumnya (Purwanto dkk: 2012). Telah ditemukan bahwa bahan grafit setelah diproses *milling* dengan teknik *milling* energi tinggi (*High Energy Milling,* HEM*)* akan mengalami pembesaran pada luas permukaan sehingga terbentuk karbon nanopori dan pembentukan *Carbon Nanotube*

(CNT). Proses *milling* menyebabkan ukuran partikel menjadi kecil akibat benturan antara bola-bola *milling* dan partikel (Yunasfi dkk: 2012).

Untuk mempercepat laju pertumbuhan CNT dengan tenik HEM dilakukan dengan penambahan katalis. Katalis memiliki efek yang kuat pada diameter nanotube, tingkat pertumbuhan, ketebalan dinding, morfologi dan struktur mikro. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai katalis adalah Fe, dimana *CNT* dihasilkan dari katalis Fe ditemukan memiliki derajat kristalinitas tinggi, kepadatan tinggi dan tabung berdiameter kecil (Suriani dkk: 2013) .

Pada penelitian ini akan dilakukan penumbuhan lapisan tipis CNT dari nanokomposit Fe dengan menggunakan metode *spin coating*. Fe-CNT merupakan sistem yang menarik karena memiliki sifat kelistrikan dan kemagnetan yang sangat baik serta berpotensi diaplikasikan sebagai bahan sensor, kapasitor (penyimpan energi), katalis dan lain sebagainya. Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis lapisan tipis Fe-CNT dan pengamatan properti magnetiknya, dalam rangka mempersiapkan pengaplikasian bahan ini sebagai piranti sensor.

B. Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya pembahasan di luar materi dalam mengerjakan penelitian ini, dilakukan penumbuhan lapisan tipis dengan metode *spin coating*, dengan variasi konsentrasi Fe dan C yaitu: Fe(1%)-C(99%), Fe(2%)-C(98%), Fe(3%)-C(97%), Fe(4%)-C(96%), Fe(5%)-

C(95%) yang ditumbuhkan diatas subtrat silikon, maka pada penelitian ini yang akan difokuskan pada:

1. Identifikasi fasa terhadap lapisan tipis Fe-CNT (dengan variasi kandungan Fe 1-5 % berat) dengan menggunakan alat *X-Ray Diffraction (XRD).*
2. Pengamatan morfologi lapisan tipis Fe-CNT (dengan variasi kandungan Fe 1-5 % berat) dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM).*
3. Pengukuran nilai *magnetoresistance* (MR) lapisan tipis Fe-CNT (dengan variasi kandungan Fe 1-5 % berat) dengan menggunakan alat *Point Probe.*

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi Fe terhadap fasa lapisan tipis Fe-CNT.
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi Fe terhadap morfologi permukaan lapisan tipis Fe-CNT.
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi terhadap sifat magnetik lapisan tipis Fe-CNT yang ditumbuhkan dengan metode *spin coating.*

D. Pertanyaan penelitian

Dari uraian latar belakang di atas, maka dapat disusun rumusan permasalahan antara lain :

1. Bagaimana fasa lapisan tipis Fe-CNT yang ditumbuhkan dengan metode *spin coating* ?

2. Bagaimana morfologi permukaan lapisan tipis Fe-CNT yang ditumbuhkan dengan metode *spin coating* ?
3. Berapa nilai *magnetoresistance* lapisan tipis Fe-CNT ?

E. Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi fasa lapisan tipis Fe-CNT hasil *milling* energi tinggi yang ditumbuhkan dengan teknik *spin coating.*
2. Menganalisis pengaruh konsentrasi terhadap morfologi lapisan tipis Fe-CNT hasil *milling* energi tinggi yang ditumbuhkan dengan teknik *spin coating.*
3. Menganalisis nilai *magnetoresistance* (MR) lapisan tipis Fe-CNT dengan menggunakan alat *Point Probe* yang ditumbuhkan dengan teknik *spin coating*.

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada:

1. Lapisan tipis Fe-CNT dapat di rekomendasikan untuk diproses lebih lanjut sebagai piranti sensor kesehatan.
2. Dapat dimanfaatkan oleh para investor yang bergerak di bidang elektronika dan instrumentasi fisika.
3. Bidang keilmuan fisika material dan biofisika untuk menambah khasanah ilmu pengetahuan, serta dalam memanfaatkan fasilitas *Spin Coating* yang ada di Indonesia untuk penelitian dasar dan terapan.

4. Terhadap pembaca sekaligus terhadap penulis, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam hal pemanfaatan, pengolahan dan pengembangan.

5. Peneliti, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Komposit

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisikanya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Tujuan pembuatan komposit adalah untuk menghasilkan sifat yang terbaik dari setiap komponen (komposit). Dalam nanokomposit, nanopartikel (seperti clay, logam, CNT) bertindak sebagai *filler* dalam sebuah matriks. Nanokomposit merupakan metrial yang di buat dengan menyisipkan nanopartikel (*filler*) dalam sebuah sampel material miroskopik (matriks) (Abdullah: 2009).

Ada dua istilah material dalam komposit, yaitu matrik dan penguat *(reinforcement)*. Fungsi utama matrik adalah melindungi komposit dari gangguan luar (berupa tekanan, suhu dan sebagainya), mentransfer beban yang diterima komposit kepada penguat yang digunakan sehingga membuat material lebih lebih kuat, dan mengikat penguat sehingga arah orientasinya stabil sesuai dengan yang diinginkan. Sedangkan penguat *(reinforcement)* merupakan suatu material yang mempunyai sifat fisik khas yang bisa membuat kekuatan komposit bertambah (Hadiyawarman,dkk: 2008).

Penelitian sifat transport elektron pada bahan karbon dan kompositnya menjadi sangat menarik karena berkaitan langsung dengan ketidaksempurnaan struktur kristal dan struktur elektroniknya. Nanokomposit akan memperlihatkan sifat-sifat baru yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan asal penyusunnya (Yunasfi, dkk: 2012).

Salah satu dari bahan nanokomposit berbasis karbon yang telah diteliti dan dikembangkan sejak beberapa tahun yang lalu adalah bahan komposit Fe-C. Nanokomposit dan nanostruktur karbon yang mengandung nanopartikel besi menunjukkan sifat kedua unsur, yaitu kelistrikan dan kemagnetan, dimana telah terbukti bahwa bahan komposit ini menjadi bahan yang berguna untuk aplikasi elektromagnetik dalam bentuk lapisan tipis (Yunasfi: 2010)

B. Karbon (Grafit)

Karbon merupakan salah satu dari beberapa unsur yang diketahui keberadaannya sejak zaman kuno. Terdapat lebih banyak senyawaan karbon yang dikenal daripada senyawaan unsur lain kecuali hidrogen. Karbon sebagai salah satu unsur yang paling banyak ditemukan secara bebas dalam bentuk kristal dengan struktur berbeda-beda yang dikenal sebagai alotrop karbon (Patnaik: 2002).

Karbon memiliki beberapa jenis alotrop, yang paling terkenal adalah grafit, intan, dan karbon amorf. Salah satu dari alotrop karbon yang dapat digolongkan kedalam kelompok keramik tahan panas karena

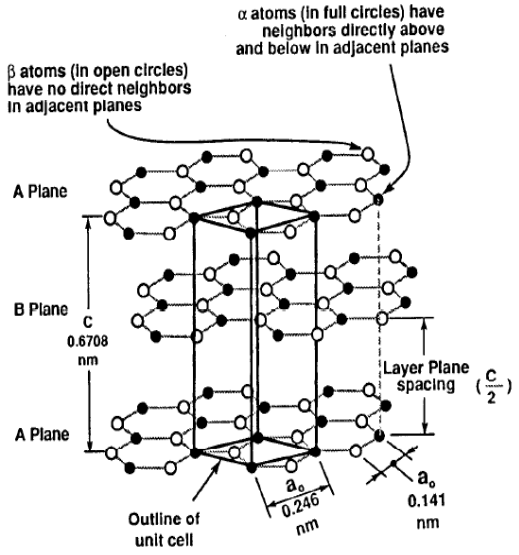
kekuatannya pada temperatur tinggi dalam dua dimensi adalah grafit. Kelebihan tersebut membuat grafit dianggap sebagai salah satu material dengan fitur yang menarik untuk digunakan dalam bidang elektronik (Hugh: 1993)

Sifat-sifat fisika karbon bervariasi bergantung pada jenis alotropnya. Sebagai contohnya, intan berwarna transparan, sedangkan grafit berwarna hitam dan kusam. Intan merupakan salah satu materi terkeras di dunia, sedangkan grafit cukup lunak untuk meninggalkan bekasnya pada kertas. Intan memiliki konduktivitas listik yang sangat rendah, sedangkan grafit adalah konduktor listrik yang sangat baik. Dibawah kondisi normal, intan memiliki konduktivitas termal yang tertinggi di antara materi-materi lain yang diketahui. Semua alotrop karbon berbentuk padat dalam kondisi normal, tetapi grafit merupakan alotrop yang paling stabil secara termodinamik di antara alotrop-alotrop lainnya (Saito: 2004).

Grafit merupakan alotrop karbon yang dapat menghantarkan arus listrik dan panas dengan baik. Karena sifat inilah grafit biasanya digunakan sebagai elektroda pada sel elektrolisis. Grafit dikenal sebagai material elektroda yang stabil, yang tidak tereduksi maupun teroksidasi untuk suatu jangkauan potensial tertentu (Abdullah: 2009). Dalam struktur grafit setiap atom karbon membentuk ikatan kovalen dengan tiga atom karbon lainnya membentuk susunan heksagonal dengan struktur berlapis

seperti tumpukan kartu. Karena atom karbon memiliki 4 elektron valensi maka pada setiap atom karbon masih terdapat satu elektron yang belum berikatan (elektron bebas).

Aspek yang penting dari teknologi grafit adalah produksi serat yang sangat kuat dengan pirolisis, pada 1500^{o}C atau lebih, atau serat polimer terorientasi, misalnya poliakrilonitril, ester poliakrilat, atau selulosa. Struktur lapisan grafit yang longgar sehingga menyebabkan banyak molekul dan ion menebus lapisan dan membentuk apa yang disebut *interkalasi atau senyawaan lamellar*. Beberapa darinya dapat terbentuk secara spontan bilamana pereaksi dan grafit dicampur bersama (Cotton: 2009). Struktur kristal grafit dapat dilihat pada Gambar 1.



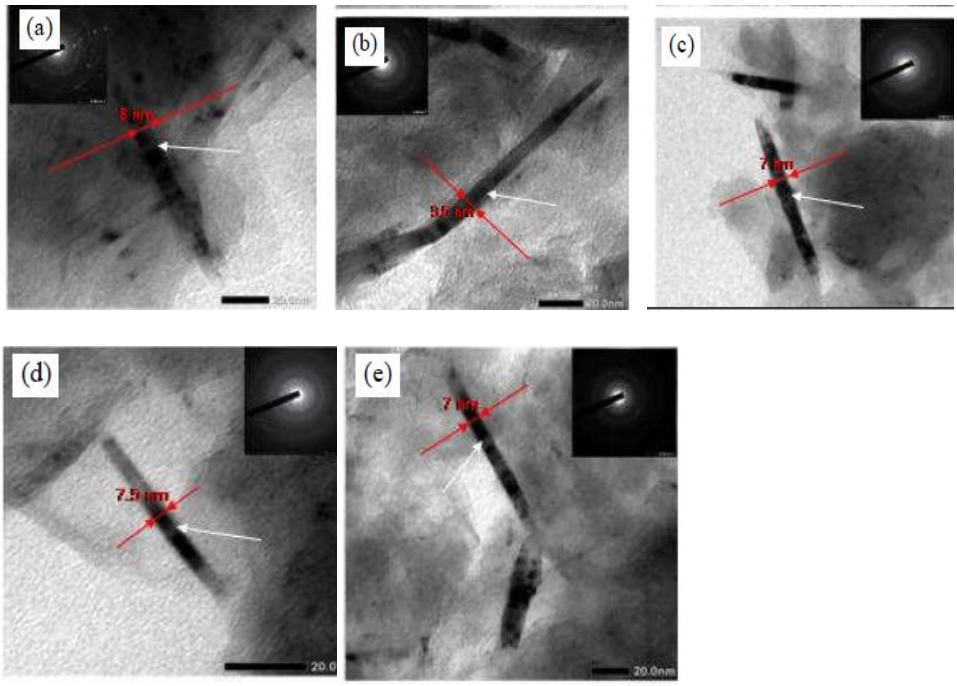
Gambar 1. Struktur kristal grafit (Hugh: 1993)

Grafit terdiri dari struktur berlapis yang sangat anisotropik. Lapisan-lapisan ini berdekatan dengan urutan ABABAB, strukturnya bukan chp (*closed hexagonal packed*) atau heksagonal tumpukan padat. Ini berarti posisi atom identik untuk setiap dua lapisan. Kisi konstanta a pada *graphene* identik dan sama dengan 0,2456 nm (2,456 ´). Jarak atom terdekat (panjang ikatan) adalah 0,1418 nm (1,418 ´). Untuk grafit dengan susunan lapisan ABABAB, kisi konstan pada arah tegak lurus *graphene* c sama dengan 0,6694 nm (6,694 ´), dengan jarak antara *graphene* terdekat adalah c/2 dengan panjang 0,3347 nm (3,347 ´). Jarak ini relatif besar, oleh karena itu gaya antar lapisan lemah sehingga lapisan mudah bergeser satu dengan yang lainnya. Ini menjelaskan sifat pelumas yang dimiliki karbon grafit. (Hugh: 1993)

C. Carbon Nanotube (CNT)

Carbon Nanotube yang kemudian dikenal dengan singkatan CNT, mempunyai bentuk seperti pipa, yang di kulitnya tersusun atas unsur karbon dan di dalamnya terdapat ruang rongga. Material ini ditemukan pertama kali oleh peneliti dari perusahaan *Nippon Electronics Company* (NEC) Jepang bernama Sumio Iijima pada tahun 1991. Sebelumnya, Iijima menekuni material *fullerene* yang berbentuk mirip bola sepak, yaitu material berunsur karbon yang ditemukan pada tahun 1985. CNT memiliki banyak struktur, perbedaan panjang, ketebalan, dan jenis *helicity* dan jumlah lapisan. Meskipun CNT pada dasarnya terbentuk dari lembaran

grafit yang sama, karakteristik listriknya berbeda, bertindak baik sebagai logam atau sebagai semikonduktor. Adapun CNT yang dihasilkan dari karbon dengan Fe sebagai katalis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Carbon nanotube dengan variasi kandungan Fe sebagai katalis penumbuh (a). Fe-C 1% (b). Fe-C 2% (c). Fe-C 3% (d). Fe-C 4% dan (e). Fe-C 5% (Yunasfi: 2012).

CNT menjadi menarik banyak perhatian karena sifat listrik, optik dan mekanik yang luar biasa dan aplikasi potensial yang menarik (Cho, dkk: 2002). CNT pertama kali ditemukan pada produk abu hitam dari proses CVD. Sejak itu, teknik sintesisnya telah berevolusi jauh, 10 tahun terakhir telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mensintesis nanotube dan sangat berpotensi dalam rangkaian elektronika, komposit, dan lapisan tipis. Di bidang elektronik, CNT banyak digunakan sebagai

kabel logam dan sebagai semikonduktor saluran dalam transistor efek medan (Chandra: 2009).

Banyak aplikasi CNT yang berpotensi, antara lain sebagai bahan konduktif dan bahan komposit kekuatan tinggi, penyimpan energi dan perangkat konversi energi, sensor, sumber radiasi, media penyimpan hidrogen, perangkat semikonduktor berukuran nanometer, dan instrumen *scanning probe*. Beberapa aplikasi ini sekarang diwujudkan dalam produk (Baughman dkk: 2002).

D. Besi (Fe)

Besi (Fe) adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Bijih besi yang umum adalah hematit, yang sering terlihat sebagai pasir hitam sepanjang pantai dan muara aliran. Besi sangat reaktif secara kimiawi dan mudah terkorosi, khususnya di udara yang lembab atau ketika terdapat peningkatan suhu. Besi juga bersifat feromagnetik mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Besi adalah logam yang paling banyak dan paling beragam penggunaannya.

Kelimpahan besi di kulit bumi cukup besar, pengolahannya relatif mudah dan murah. Besi juga mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah dimodifikasi. Besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Besi merupakan logam transisi yang berada pada golongan VIII B dan periode 4. Besi adalah logam paling melimpah nomor dua setelah

alumunium. (Patnaik: 2002). Adapun sifat fisis dan sifat kimia besi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Sifat fisis besi

Sifat Fisis Besi	
Massa atom	55.487 g/mol
Titik didih	3023 K
Konduktivitas Listrik	11.2×10^{6} $ohm^{-1}cm^{-1}$
Konduktivitas Panas	80.2 $Wm^{-1}K^{-1}$
Massa Jenis	7.674 g/cm^{3}
Entalpi atomisasi	414,2 kJ / mol
Entalpi Fusion	14,9 kJ / mol
Entalpi Penguapan	351 kJ / mol
Titik Lebur	1808 K
Kapasitas Panas	$0.449^{-1}K^{-1}$

Tabel 2. Sifat kimia besi

Sifat Kimia Besi	
Elektrokimia ekuivalen	0.69455g/amp-hr
Elektronegativitas	1.83 (Pauling)
Potensial Ionisasi	7.87 V
Potensial electron valensi (-eV):	67

(http://environmentalchemistry.com/periodic/Fe.html)

1. Katalis

Katalis (catalyst) ialah zat yang meningkatkan laju reaksi kimia tanpa ikut bereaksi. Katalis dapat bereaksi membentuk zat antara, tetapi

akan diperoleh kembali dalam tahap reaksi berikutnya. Katalis mempercepat laju reaksi dengan menyediakan serangkaian tahapan elementer dengan kinetika yang lebih baik jika dibandingakn dengan tanpa katalis (Chang: 2005). Dalam banyak kasus, katalis meningkatkan laju dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksinya.

Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi. Dalam suatu reaksi kimia, katalis tidak ikut bereaksi secara tetap sehingga dianggap tidak ikut bereaksi.

Berdasarkan kesamaan wujud zat, terdapat dua jenis katalis, yaitu katalis hamogen dan katalis heterogen. Katalis homogen memiliki fase yang sama dengan zat pereaksi, reaktan dan katalis terdispersi dalam satu fasa, biasanya fasa cair. Sedangkan katalis heterogen memiliki fase yang berbeda dengan zat pereaksi, reaktan dan katalis berbeda fasa. Biasanya katalis berupa padatan dan reaktan berwuju gas atau cairan.

E. Lapisan Tipis *(Thin Film)*

Lapisan tipis adalah deskripsi umum yang lebih disukai untuk bidang mikroelektronika yang konduktif, resistif, dan isolasi film disimpan

pada substrat keramik atau lainnya. Lapisan tipis adalah lapisan bahan mulai dari fraksi nanometer untuk ketebalan beberapa mikrometer. Lapisan tipis memiliki sifat yang sangat menarik dan sangat berbeda dari bahan lainnya (Chopra: 2010). Sifat umum lapisan tipis pada dasarnya sangat berlainan dengan material massivnya (*bulk-material*) disebabkan proses preparasinya (evaporasi, Sputtering, RF-Glow discharge dll) maupun geometrinya (panjang dan lebarl) serta komposisi dan strukturnya (Atmono: Vol.VI, N0.1).

Lapisan tipis hingga ketebalan monolayer telah menarik minat para peneliti dalam bidang ilmiah dan rekayasa sejak puluhan tahun dengan potensi tinggi untuk peningkatan berbagai aplikasi. Bahan organik dan anorganik dengan berbagai macam bahan substrat disimpan dalam bentuk lapisan tipis, tergantung pada kombinasi substrat dan bahan lapisan tipis. Proses pengendapan serta metode karakterisasi harus dipilih untuk penyelidikan ketebalan, pengukuran homogenitas, daya tahan, daya reproduksi dan uji fungsionalitas (Mittler: vol 5).

Lapisan tipis memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai macam aplikasi industri. Beberapa aplikasi penting tersebut adalah lapisan tahan korosi yang mampu memperpanjang masa sejumlah besar produk kritis. Selain itu juga pada bidang optik dan elektrik aktif, serta lapisan tipis magnetik dapat digunakan dalam sensor, aktuator, sel surya, film nanokomposit, dll (Chopra: 2010).

F. Spin Coating

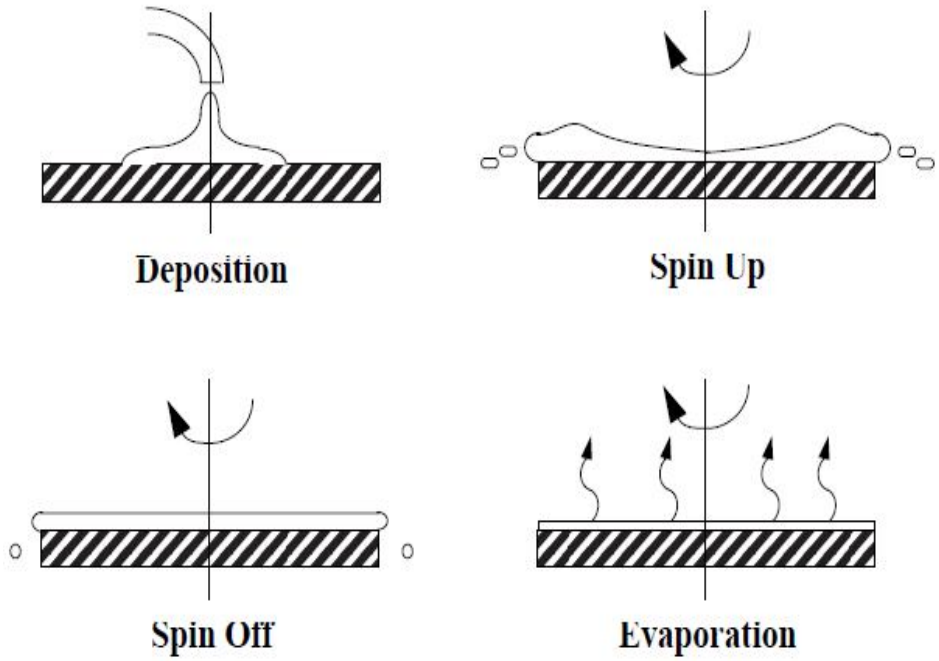
Spin coating telah digunakan selama beberapa dekade untuk aplikasi lapisan tipis. *Spin coating* adalah teknik yang sering digunakan dalam industri untuk melapisi substrat datar. Dalam *spin coating* tetes cairan diletakkan di tengah substrat dan disebarkan oleh kekuatan sentrifugal. Singkatnya, sejumlah kecil dari solusi (bahan pelapis) ditempatkan di tengah substrat datar. Substrat tersebut kemudian berputar dengan kecepatan tinggi untuk menyebarkan solusi dengan gaya sentrifugal (De Bruijne: 1999).

Spin Coating ini banyak digunakan dalam pembuatan sirkuit terpadu, cermin optik, magnetik disk untuk penyimpanan data, perangkat sel surya, detektor, sensor, VLSI (integrasi skala yang sangat besar), perangkat skala nano (titik-titik kuantum, nanotube karbon), DVD dan CD ROM, isolasi lapisan untuk fabrikasi *microcircuit* seperti polimer (tempat yang dapat digunakan untuk membuat lapisan tipis dengan ketebalan di bawah 10 nm), pelapis anti refleksi dan oksida konduktif .

Peralatan yang digunakan untuk *spin coating* disebut *spin coater,* atau hanya *spinner*. Setelah sebagian besar larutan berputar pada substrat, substrat terus berputar sampai ketebalan yang diinginkan film tercapai. Solusi yang diterapkan biasanya volatile, dan sekaligus menguap. Jadi, semakin tinggi kecepatan sudut berputar, film akan semakin tipis. Ketebalan film juga tergantung pada konsentrasi larutan dan pelarut.

Proses *spin coating* dibagi menjadi empat yaitu tahap deposisi, *spin-up, spin-off,* dan evaporasi. Pada tahap deposisi cairan diteteskan pada permukaan subtrat yang berputar dan substrat dipercepat dengan kecepatan yang diinginkan. Penyebaran cairan terjadi akibat gaya sentrifugal dan tingginya berkurang dengan ketinggian kritis (Sahu: 2009).

Kemudian pada tahap *spin-up,* substrat dipercepat hingga akhir, pada kecepatan dan rotasi yang diinginkan. Tahap ini biasanya ditandai dengan agresif penyebaran cairan dan cairan menjadi tersebar secara radial keluar dari pusat putaran menuju tepi piringan. Pada tahap ini substrat mengalami percepatan dan laju putaran mulai konstan, artinya tidak ada percepatan sudut pada substrat. Tahapan proses spin coating dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan proses *spin coating* (Gregory: 1997)

Pada tahap *spin-off*, sebagian cairan yang berlebih akan menuju ke tepi substrat dan akhirnya terlepas dari substrat membentuk tetesan-tetesan. Tahap ini ditandai dengan cairan yang menipis secara bertahap. Cairan menipis umumnya cukup seragam, meskipun dengan larutan yang mengandung pelarut yang mudah menguap, sering mungkin untuk melihat warna interferensi "pemisahan divisi", dan melakukannya semakin lebih lambat ketika ketebalan lapisan berkurang.

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 (Sahu: 2009).

Selanjutnya pada tahap terakhir, evaporasi, merupakan tahapan pengeringan thin film. Selama tahap ini sentrifugal berhenti mengalir keluar dan terjadi penyusutan lebih lanjut karena kehilangan pelarut. Hal ini menyebabkan pembentukan lapisan tipis pada substrat. Pada tahap ini ketika substrat berputar dengan kecepatan konstan dan penguapan pelarut mendominasi perilaku menipisan lapisan. Selama tahap penguapan padatan tersuspensi atau terlarut dapat tumbuh begitu terkonsentrasi pada permukaan cairan untuk membentuk viskositas tinggi, lapisan difusivitas rendah atau kulit padat.

G. Kristal

Kristal adalah susunan yang padat dari atom-atom, yang tersusun dalam pola yang berulang (periodik) dalam ruang tiga dimensi (Suud & Hufri: 2003). Perbedaan yang mendasari Kristal dengan gas dan zat cair, adalah disebabkan oleh susunan atom-atom dalam gas dan cairan tidak memiliki persyaratan tentang kepriodikannya.

1. Fasa Kristal

Istilah fasa berkaitan dengan keadaan materi yang terpisah dan dapat diidentifikasi. Fasa dapat didefenisikan sebagai bagian dari suatu material yang berbeda dengan bagian-bagian lainnya dalam hal struktur atau komposisi (Van Vlack: 2004). Istilah ini dapat diterapkan baik pada material kristalin maupun non kristalin, dan merupakan cara yang mudah untuk menyatakan struktur materi.

Apabila merujuk pada fasa tertentu dalam struktur material, maka yang dimaksud adalah suatu daerah terdiri dari banyak atom dan ada permukaan pengikat yang memisahkannya dari fasa lain. Sifat suatu fasa dinyatakan dengan properti-properti intensif, dan biasanya properti-properti intensif yang diperhatikan adalah temperatur, tekanan, dan konsentrasi. Banyaknya properti intensif yang harus ditetapkan atau harus dinyatakan agar keadaan setimbang tidak menjadi samar-samar bisa dihitung dengan menggunakan aturan fasa (Phase Rule).

2. Bidang Kristal

Bidang kristal adalah bidang-bidang atom dalam suatu kisi kristal. Bidang-bidang atom ini mempengaruhi sifat dan perilaku bahan. Bidang kisi yang paling mudah digambarkan adalah bidang-bidang yang membatasi sel satuan disamping bidang lainnya. Bidang diberi tanda kurung misalnya (110) yang mana bilangan dalam tanda kurung adalah (hkl) yang disebut dengan indeks *Miller* (Van Vlack: 1995). Orientasi bidang dalam suatu kisi ditentukan oleh pemberian indeks Millernya.

Indeks *miller* adalah kebalikan dari ketiga perpotongan antara bidang dengan sumbu, tanpa bilangan pecahan. Indeks *miller* dapat digunakan untuk mengeksperesikan simetri dari kristal (Van Vlack: 1998). Kadang-kadang pada unit sel yang memiliki rotasi simetris, beberapa bidang yang tidak sejajar dapat ekuivalen atau sama karena sifat-sifat simetri ini. Untuk itu ditetapkan untuk menyatukan semua bidang tersebut dalam indeks *miller* yang sama, yang ditandai dengan tanda kurung bergerigi. Dengan demikian (hkl) mewakili semua bidang-bidang yang sama dengan bidang (hkl) melalui rotasi simetri (Suud & Hufri: 2003).

H. Material Magnetik

Magnet adalah suatu benda atau bahan yang dapat menghasilkan atau menimbulkan garis-garis gaya magnet, sehingga dapat menarik besi, baja, atau benda-benda lainnya. Kemagnetan suatu bahan ditentukan oleh *spin* elektron dan gerak elektron mengelilingi inti. *Spin* elektron membentuk momen magnetik yang merupakan magnet-magnet kecil. *Spin* elektron tersebut berpasangan dan tidak menimbulkan sifat kemagnetan, karena arah *spin* nya berlawanan sehingga saling meniadakan. *Spin* elektron yang tidak berpasangan bersifat sebagai magnet kecil. Sebuah magnet merupakan gabungan dari *spin* elektron (magnet-magnet kecil) yang arah *spin* (utara-selatan)-nya sama.

Bahan-bahan yang didekatkan dengan magnet memiliki respon yang berbeda. Ada bahan yang ditarik oleh magnet dengan sangat kuat dan ada yang lemah, dan ada yang ditolak. Berdasarkan respon bahan terhadap suatu gaya magnet, maka kita kelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu bahan feromagnetik, bahan paramagnetik, dan bahan diamagnetik.

1. Feromagnetik

Bahan feromagnetik merupakan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas magnet positif yang sangat besar. Pada beberapa bahan feromagnetik, sejumlah medan magnet luar dapat menyebabkan penyearahan yang besar terhadap momen magnetik atomnya (Ramli:

2006). Material feromagnetik mempunyai momen dipol yang sangat kuat yang berasal dari *spin* elektron.

Material yang termasuk dalam golongan feromagnetik adalah logam transisi seperti besi (Fe), *cobalt* (Co), nikel (Ni) dan paduan beberapa logam (Jiles: 1998). Medan magnet dari masing-masing atom dalam bahan ferromagnetik sangat kuat, sehingga interaksi diantara atom-atom tetangganya menyebabkan sebagian besar atom akan mensejajarkan diri membentuk kelompok-kelompok.

Gejala magnetisasi terjadi hanya dibawah temperatur tertentu, yaitu temperatur transisi feromagnetik, yang biasa disebut dengan temperatur Curie. Pada Tabel 3 berikut dicantumkan suhu Curie dari beberapa bahan feromagnetik.

Tabel 3. Suhu Curie dari beberapa bahan feromagnetik

Material	*Curie temperature* (°C)
Iron	770
Nickel	358
Cobalt	1130
Gadolinium	20
Terfenol	380–430
$Nd_2Fe_{14}B$	312
Alnico	850
$SmCo_5$	720
Sm_2Co_{17}	810
Hard ferrites	400–700
Barium ferrite	450

(Jiles: 1998)

Apabila temperatur bahan feromagnetik dinaikkan sampai diatas suatu temperatur kritis, gerak termal acak dapat merusak penyearahan momen dipol, dan bahan feromagnetik menjadi bahan paramagnetik. Dalam bahan feromagnetik, setelah dimagnetkan oleh medan luar, magnetisasinya masih tetap ada meskipun medan magnet luarnya telah ditiadakan.

2. Paramagnetik

Bahan paramagnetik adalah bahan-bahan yang memiliki suseptibilitas magnet yang postif, dan sangat kecil (Ramli: 2006). Sifat paramagnetik muncul di dalam bahan yang berinteraksi satu sama lain secara sangat lemah, sehingga paramagnetik memiliki sifat kemagnetan yang lemah. Bahan ini jika diberi medan magnet luar, maka elektron-elektronnya akan berusaha sedemikian rupa sehingga resultan medan magnet atomisnya searah dengan medan magnet luar.

Dengan adanya medan magnet luar ini, momen magnet tersebut cenderung menyearahkan diri sejajar dengan medan magnet luar, akan tetapi akibat gerak termalnya ia memiliki kecenderungan untuk berorientasi acak kembali (Ramli: 2006). Bahan-bahan yang memiliki sifat paramagnetik ini adalah oksigen, sodium, aluminium, tungsten, gadolinium, platinum, titanium, kromium (Jiles: 1998).

3. Diamagnetik

Bahan diamagnetik adalah bahan yang memiliki nilai suseptibilitas negatif dan sangat kecil (Ramli: 2006). Untuk bahan diamagnetik sempurna, seperti superkonduktor, medan magnet luar yang dipakaikan kepadanya akan ditiadakan oleh medan pemagnetan di dalam bahan, sehingga medan magnet total sama dengan nol.

Bahan diamagnetik tidak mempunyai momen dipol magnet permanen. Jika bahan diamagnetik diberi medan magnet luar, maka elektron-elektron dalam atom akan berubah gerakannya sedemikian hingga menghasilkan resultan medan magnet atomis yang arahnya berlawanan. Bahan-bahan yang termasuk kelompok diamagnetik adalah tembaga, perak, *bismuth*, emas, dan *beryllium* (Jiles: 1998).

I. Magnetoresistance

Fenomena *magnetoresistance* (MR) didefinisikan sebagai perubahan hambatan listrik dari bahan sebagai respons terhadap medan magnet. Hambatan listrik dalam suatu material muncul karena proses hamburan (tabrakan) elektron seperti hamburan elektron-fonon, hamburan elektron-elektron, hamburan elektron-pengotor,dll (Samal dan Kumar: 2008). Efek GMR dinyatakan dengan rasio GMR yang dapat dituliskan sebagai:

$$MR = \frac{\rho_{(H)} - \rho_{(0)}}{\rho_{(0)}} \qquad (1)$$

dengan $\rho_{(H)}$ adalah resistansi pada intensitas medan *H* dan $\rho_{(0)}$ adalah resistansi pada medan nol.

Dalam kristal nyata, atom tidak tetap pada posisi kisi yang sempurna, tapi selalu bergetar sekitar posisi keseimbangannya karena energi panas. Ketika elektron melewati atom ini bergetar, bisa tersebar (elektron-fonon interaksi) dan berkontribusi terhadap hambatan listrik. Dalam dunia nyata, adalah mustahil untuk mendapatkan kristal benar-benar tanpa cacat atau pengotor. Jadi, selama arus, elektron bisa tersebar oleh pengotor atau cacat serta elektron lainnya.

Pengukuran karakterisasi magnetoresistance dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu : Geometri *Current-In-Plane (CIP),* pengukuran arus dalam bidang GMR, Geometri *Current-Perpendicular-Plane (CPP),* pengukuran arus tegak lurus bidang GMR, dan Geometri *Standard Four Point Probe Method (SFPPM),* pengukuran arus metode probe empat titik. Untuk mengukur resistivitas biasanya juga dilakukan dengan geometrimetode empat titik *probe* standar (*standard four point probe method*) (Yulkifli,dkk: 2007).

Perubahan *MR* yang terukur sangat besar, sehingga nilai *MR* yang besar itu dinamakan dengan *giant magnetoresistance* (GMR) (Yulkifli,dkk: 2007). Penemuan GMR sebagian besar karena kemajuan yang signifikan dalam teknik deposisi lapisan tipis, yang memungkinkan untuk membuat lapisan dari berbagai bahan dengan hampir ketelitian lapisan tunggal.

Efek dari GMR memegang peranan yang sangat penting karena perubahan tahanan listrik yang sangat besar. Timbulnya perubahan resistansi pada GMR terutama disebabkan oleh hamburan partikel bermuatan yang bergantung dari *spin*, yaitu *spin up* (↑) dan *spin down* (↓). Oleh adanya medan magnet luar yang menyebabkan *exchange- coupling*, terjadi pergeseran *state* tenaga yang tergantung dari arah *spin*. Arah dari pergeseran tersebut adalah saling berlawanan untuk masing-masing *spin* (*up* dan *down*) (Atmono: Vol.VI, N0.1).

J. Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM dikembangkan pertama kali tahun 1938 oleh Manfred von Ardenne (ilmuwan Jerman). Konsep dasar dari SEM ini sebenarnya disampaikan oleh Max Knoll (penemu TEM) pada tahun 1935. SEM digunakan untuk memvisualisasikan sangat kecil rincian topografi di permukaan atau seluruh atau objek dari benda (Voutou, Eleni: 2008).

SEM bekerja berdasarkan prinsip scan sinar elektron pada permukaan sampel, 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, yang selanjutnya informasi yang didapatkan diubah menjadi gambar (Abdullah dan Khairurrijal: 2009). Imajinasi mudahnya gambar yang didapat mirip sebagaimana gambar pada televisi. Citra SEM adalah peta intensitas 2D dalam domain analog atau digital. Setiap pixel gambar pada layar sesuai dengan titik pada sampel, yang

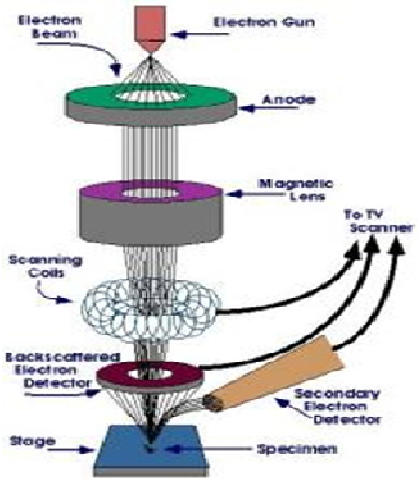
sebanding dengan intensitas sinyal yang ditangkap oleh detektor pada setiap titik tertentu.(Hafner: 2007)

Pada sebuah mikroskop elektron (SEM) terdapat beberapa peralatan utama antara lain:

1. Pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron misal tungsten.
2. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet.
3. Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan maka jika ada molekul udara yang lain elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpencar oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran sehingga menghilangkan molekul udara menjadi sangat penting.

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT). Secara lengkap skema SEM dijelaskan oleh Gambar 4.



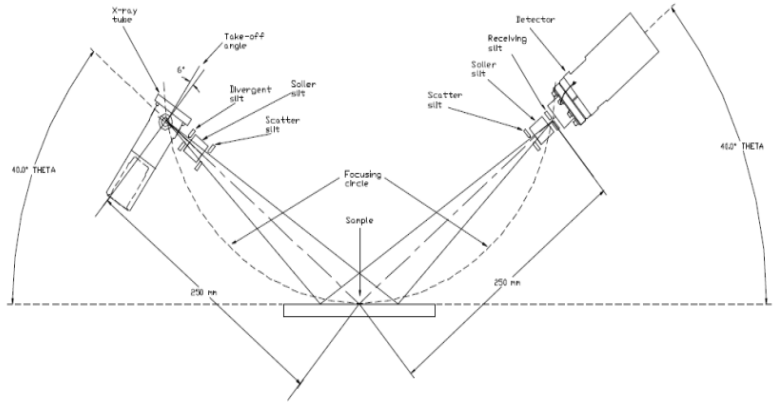
Gambar 4. Prinsip kerja SEM (Voutou & Eleni: 2008)

SEM bekerja pada tegangan antara 2 sampai 50kV dan diameter berkasnya yang scan spesimen 5nm-2µm. Ada beberapa sinyal yang penting yang dihasilkan oleh SEM. Dari pantulan inelastis didapatkan sinyal elektron sekunder dan karakteristik sinar-X sedangkan dari pantulan elastis didapatkan sinyal *backscattered electron*. Perbedaan gambar dari sinyal elektron sekunder dengan *backscattered* adalah sebagai berikut: elektron sekunder menghasilkan topografi dari benda yang dianalisa, permukaan yang tinggi berwarna lebih cerah dari permukaan rendah. Sedangkan *backscattered* elektron memberikan perbedaan berat molekul dari atom–atom yang menyusun permukaan, atom dengan berat molekul tinggi akan berwarna lebih cerah daripada atom dengan berat molekul rendah (Voutou & Eleni: 2008).

K. Difraksi Sinar X

Difraksi sinar-X adalah alat penting yang digunakan untuk mengidentifikasi fase dibandingkan dengan data dari struktur yang dikenal, mengukur perubahan dalam parameter sel, orientasi, ukuran kristal dan parameter struktural lainnya. Sinar- X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi sekitar 200 eV sampai 1 MeV. Sinar X dihasilkan oleh interaksi antara berkas elektron eksternal dengan elektron pada kulit atom.

Spektrum Sinar-X memiliki panjang gelombang 10^{-5} – 10 nm, berfrekuensi 10^{17} -10^{20} Hz dan memiliki energi 10^{3} -10^{6} eV. Panjang gelombang sinar-X memiliki orde yang sama dengan jarak antar atom sehingga dapat digunakan sebagai sumber difraksi kristal. (C.Suryanarayana: 1995). Metode difraksi sinar-x digunakan untuk mengetahui struktur dari lapisan tipis yang terbentuk. Adapun proses dari difraksi sinar-x dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses dari difraksi sinar-x

Sinar-x didifraksikan dari sampel yang konvergen yang diterima slip dalam posisi simetris dengan respon kefokus sinar-x. Sinar-x ini ditangkap oleh detektor sintilator dan diubah menjadi sinyal listrik. Sinyal tersebut, talah dieliminasi komponen noise, dihitung sebagai analisa pulsa tinggi. Teknik difraksi sinar-x digunakan untuk menentukan ukuran kristal, komposisi kimia dan keadaan lain yang memiliki orde yang sama.

Persyaratan yang harus dipenuhi agar berkas sinar-X yang dihamburkan merupakan berkas difraksi dikenal sebagai Hukum Bragg. Hukum Bragg menyatakan bahwa perbedaan lintasan berkas difrasi sinar-X harus merupakan kelipatan panjang gelombang, secara matematis dirumuskan:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2)$$

dengan n bilangan bulat 1, 2, 3 ... λ adalah panjang gelombang sinar-X adalah jarak antar bidang, dan θ adalah sudut difraksi.

1. Cara Mendapatkan Sinar X

Berkas sinar-x yang dihasilkan oleh sebuah sumber dapat terdiri atas dua jenis spektrum, yaitu spetrum kontinyus dan spektrum diskrit. Spektrum kontinyus dan spektrum diskrit masing-masing sering juga disebut polikhromatik dan monokhromatik.

a. **Sinar-x Brehmsstrahlung**

Sinar-x yang dihasilkan oleh adanya pengereman elektron baik secara tiba-tiba atau pun secara perlahan sering disebut sinar-x bremsstrahlung (Kardiawarman: 1996). Spektrum kontinyus sinar-x timbul akibat adanya pengereman elektron-elektron yang berenergi kinetik tinggi oleh anoda. Pada saat terjadi pengereman tersebut, sebagian dari energi kinetiknya diubah menjadi sinar-x.

Proses pengereman ini dapat berlangsung baik secara tiba-tiba ataupun secara perlahan-lahan, sehingga energi sinar-x yang dihasilkannya akan memiliki rentang energi yang sangat lebar. Pada waktu muatan (elektron) yang bergerak dengan kecepatan tinggi (mengalami percepatan), karena adanya beda potensial, muatan (elektron) akan memancarkan radiasi elektromagnetik dan ketika energi elektron cukup tinggi maka radiasi elektromagnetik tersebut dalam range sinar-x.

b. **Sinar-x Karakteristik**

Sinar-x yang lebih bermanfaat dan sering digunakan dalam setiap kegiatan eksperimen adalah sinar-x monokhromatik dan sering disebut sinar-x karakteristik. Sinar-x monokhromatik (sinar-x karakteristik) ini timbul akibat adanya proses transisi eksitasi elektron di dalam anoda.

Jika energi kinetik elektron itu sama dengan atau lebih besar dari pada energi eksitasi atom-atom di dalam anoda maka pada saat elektron-elektron tersebut menumbuk anoda, atom-atom tersebut akan tereksitasi sehingga pada saat atom-atom tersebut kembali ke kaadaan ekuilibriumnya dan akan melepaskan energinya dalam bentuk foton gelombang elektromagnetik yang disebut sinar-x sinar-x karakteristik (Kardiawarman: 1996). Karena sinar-X karakteristik memiliki Panjang gelombang tertentu yang dapat difilter, maka jenis ini banyak diaplikasikan untuk XRD (X-Ray Diffraction) dalam menentukan struktur material.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian pembuatan lapisan tipis Fe-CNT yang ditumbuhkan dengan teknik *spin coating* dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis data XRD bahwa puncak difraksi yang muncul adalah puncak C(002), Fe(110), C(004), Fe(200), C(110) dan Si(100) dan menunjukkan bahwa intensitas puncak karbon (C) mengalami penurunan seiring dengan penambahan partikel Fe.
2. Hasil analisis dengan SEM menunjukkan bahwa serbuk Fe-CNT sudah terdeposisikan cukup merata pada permukaan substrat Si(100) dan memiliki permukaan yang cukup bagus. Butiran-butiran partikel semakin jelas terlihat seiring bertambahnya konsentrasi Fe.
3. Dari hasil pengukuran rasio *magnetoresistance* dengan alat *four point probe* menunjukkan nilai MR semakin besar seiring dengan penambahan kandungan Fe. Selain itu, nilai MR semakin besar seiring dengan penambahan medan magnet. Nilai MR dari lapisan tipis Fe-CNT dapat menjadi lebih besar pada medan magnet yang cukup tinggi.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya optimalisasi volume penetesan diatas subtrat pada proses *spin coating*, dan coba dengan waktu spin yang lebih singkat .

Daftar Pustaka

Atmono, Tri Mardji. Sifat Magnetisasi Dan Efek Gmr Pada Sistem Lapisan Tipis Top Spin Valve NiFe/Cu/NiFe/NiO. *P3TM – Badan Tenaga Nuklir Nasional. Ganendra, Vol.VI, N0.1*

Abdullah, Mikrajuddin. 2009. *Pengantar Nanosains.* ITB. Bandung

Abdullah, Mikrajuddin dan Khairurrijal. 2009. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi ISSN 1979-0880 Vol. 2 No.1*

Baughman Ray H. dan Anvar A. Zakhidov, Walt A. de Heer. 2002. *Carbon Nanotubes-the Route Toward Applications.* S c i e n c e ' S c o m p a s s.

Chandra, Bhupesh. 2009. *Synthesis and Electronic Transport in Known Chirality Single Wall Carbon Nanotubes.* Columbia University.

Chopra, Kamal Nain dan Anil Kumar Maini. 2010. *Thin Film And Their Application In Military And Civil Sectors.* Defence Research & Development Organisation, New Delhi.

Cotton, F. Albert, dan Geoffrey Wilkinson. 2009. *Kimia Anorganik Dasar*, alih bahasa Sahati Suharto. UI Pres. Jakarta

Cho, Yu-Suk. Gyu-Seok Choi dkk. 2002. Carbon Nanotube Synthesis Using A Magnetic Fluid Via Thermal Chemical Vapor Deposition. *Journal of Crystal Growth 243 (2002) 224–229*

De Bruijne, R.H. dan J.H. Lammers. 1999. *Experiments on finger formation during spin coating.* Philips Electronics N.V. 1999

Gregory a. Luurtsema. 1997. *Spin Coating For Rectangular Substrates*. University Of California

Hadiyawarman, dkk. 2008. Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi. Vol. 1 No.1, Februari 2008*

Hafner, Bob. 2007. *Scanning Electron Microscopy Primer*. University of Minnesota

Hugh O. Pierson. 1993. *Handbook Of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerenes: properties, processing, and applications.* United States of America by Noyes Publications

Jiles, David. 1998. *Introduction to Magnetism and Magnetic Materials, Second Edition*. CRC Press.

Kardiawarman. 1996. Sinar-X. Diseminarkan di Jurusan Pendidikan Fisika Pada tgl 18 September 1996. IKIP Bandung.

Mittler, Silvia. Imaging of Thin Films and its Application in Life Sciences. *Nanostructured Thin Films for Life Sciences. Vol.5.*

Patnaik, Pradyot. 2002. *Handbook Of Inorganic Chemicals*. The McGraw-Hill Companies.

Periodic Table of Elements, *Element Iron Fe*. http://environmentalchemistry. com/periodic/Fe.html.

Purwanto,P. Mashadi dan Saeful Yusuf. 2012. Karakterisasi Magnetic Dan Sifat Listrik Bahan Karbon Hasil Milling Menggunakan Fe Precursor. *Seminar Nasional Fisika. Pusat Penelitian Fisika-LIPI.*

Ramli. 2006. Bahan Ajar Fisika Dasar 2, Listrik Magnet. Universitas Negeri Padang. Padang.

S. L. Hellstrom. 2007. *Basic Models Of Spin Coating*. Stanford University.

Sahu, Niranjan. 2009. Fundamental Understanding And Modeling Of Spin Coating Process : A Review. *Indian J. Phys.* ***83 (4)*** *493-502 (2009).*

Saito, Taro. 2004. *Inorganic Chemistry*. Kanagawa University.

Samal, Debakanta dan P S Anil Kumar. 2008. *GiantMagnetoresistance.* Resonance.

Spincoatingmtheory.mhttp://www.smartcoater.com/1/category/spin%20coating% 20 theory/1.html.

Suriani, A.B. dkk. 2013. Effect of Iron and Cobalt Catalysts on The Growth of Carbon Nanotubes from Palm Oil Precursor. *Materials Science and Engineering 46*

*Suud, Ibnu dan Hufri. 2003. Struktur dan ikatan Kristal.*Diktat Kuliah FMIPA.UNP

Van Vlack, Lawrence. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam),* alih bahasa Sriati Djaprie. Erlangga. Jakarta.

Vinod Kumar Sangwan. 2009. *Carbon Nanotube Thin film As An Electronic Material.* University of Maryland.

Yulkifli, dkk. 2007. Pengukuran Magnetoresistansi Film Tipis Dan Hubungannya Dengan Ketebalan Lapisan Feromagnetik/Non-Magnetik. *Jurnal SainsMateri Indonesia. Akreditasi LIPI Nomor : 536/D/2007*

Yunasfi. 2010. Efek Penambahan Dosis Ion Ar+ Terhadap Proses Penumbuhan Carbon Nanotube Dari Nanokomposit Fe-C. *Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) – BATAN.* Akreditasi LIPI Nomor : 452/D/2010.

Yunasfi, dkk. 2007. Properti Listrik Dan Magnetik Lapisan Tipis Nanokomposit Fe-C/Si(100). *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2012.*

Yunasfi, Salim Mustofa dan Muflikhah. 2012. Penumbuhan *Carbon Nanotube* Dengan Teknik *Milling* Menggunakan Fe Sebagai Katalis Penumbuh. *Seminar Nasional Fisika. Pusat Penelitian Fisika-LIPI.*

Zulkifli, Wisnu W. 2005. *Fabrikasi Elemen Sensor Gas Co Berbasis Media Aktif TiN (Titanium Nitrida) Dengan Metode Sputtering DC.*