

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  TERHADAP  
SIFAT MAGNETIK NANOKOMPOSIT  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  YANG  
DISINTESIS DENGAN METODE SOL-GEL *SPIN COATING***

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains*



**HELMITA  
NIM/BP.14034039/2014**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

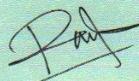
PENGARUH VARIASI KOMPOSISI  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  TERHADAP SIFAT  
MAGNETIK NANOKOMPOSIT  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  YANG DISINTESIS  
DENGAN METODE SOL-GEL *SPIN COATING*

Nama : Helmita  
NIM : 14034039  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 12 November 2018

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Dr. Ramli, M.Si  
NIP. 19730204 200112 1 002

Pembimbing II



Dra. Hj. Hidayati, M.Si  
NIP. 19671111 199203 2 00 1

Ketua Jurusan



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si  
NIP. 19690120 199303 2 002

**HALAMAN PENGESAHAN**

Nama : Helmita  
NIM : 14034039  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

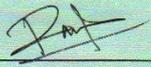
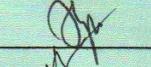
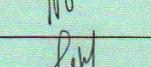
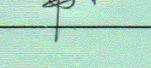
Dengan udul

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  TERHADAP SIFAT  
MAGNETIK NANOKOMPOSIT  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANI}$  YANG DISINTESIS  
DENGAN METODE SOL-GEL *SPIN COATING***

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

Padang, 12 November 2018

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Ramli, M.Si	1. 
Sekretaris	: Dra. Hj. Hidayati, M.Si	2. 
Anggota	: Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si	3. 
Anggota	: Syafriani, M.Si, Ph.D	4. 

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya yang berjudul "Pengaruh Variasi Komposisi  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  yang Disintesis dengan Metode Sol-Gel *Spin Coating*", adalah karya saya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali pembimbing;
3. Karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasi orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas tercantum pada keputusan;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam penelitian ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa gelar yang telah diperoleh karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 12 November 2018

Yang membuat pernyataan



Helmita  
NIM. 14034039

## ABSTRAK

**Helmita (2018) : Pengaruh Variasi Komposisi NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi yang Disintesis dengan Metode Sol-Gel *Spin Coating***

Nikel Ferite (NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) merupakan salah satu bahan magnetik yang terbuat dari Ni dan pasir besi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang memiliki banyak sifat unggul seperti memiliki energi rambatan gelombang yang tinggi sehingga sangat potensial untuk diaplikasikan dalam teknologi penyimpanan data, peralatan gelombang mikro, alat-alat telekomunikasi, sensor magnet. *Polyaniline* atau yang sering disebut dengan PANi merupakan bahan polimer konduktif organik dan non organik atau bahan bukan magnetik yang potensial untuk diaplikasikan sebagai sensor, piranti elektronik, LED polimer dan baterai sekunder. Perbedaan bahan yang dimiliki menjadikan kedua bahan bagus untuk dijadikan nanokomposit untuk aplikasi sensor. Pengaplikasian kedua bahan sebagai sensor harus memiliki sifat magnetik yang baik. Sifat magnetik dari nanokomposit yang berasal dari NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan PANi ini dipengaruhi oleh pemberian variasi komposisi yang diberikan antara NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan PANi sehingga dilakukan penelitian yang bertujuan menyelidiki pengaruh variasi komposisi NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> terhadap sifat magnet nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi.

Pada penelitian ini dilakukan 5 variasi komposisi NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dalam PANi yaitu 30%, 40%, 50%, 60% dan 70%. Nanokomposit dipreparasi menggunakan teknik sol-gel *spin coating* prekursor (Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O dan Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O. Gel komposit dilapiskan diatas substrat kaca diikuti proses pengeringan dan *annealing* untuk dijadikan lapisan tipis. Lapisan tipis nanokomposit dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* dan *Vibrating Sample Magnetometer*.

Ukuran kristal, koersifitas, magnetisasi remanen, magnetisasi saturasi pada komposisi 30% berturut-turut adalah 44,36nm; 512Oe; 1,02memu; 1,02memu, pada variasi 40% berturut-turut adalah 21,20 nm; 579,91Oe; 1,07 memu; 3,15 memu, pada variasi 50% berturut-turut adalah 42,25nm; 562,42Oe; 1,04 memu; 3,50memu, pada variasi 60% berturut-turut adalah 43,96nm; 639,05Oe; 1,04 memu; 3,01memu, pada variasi 70% berturut-turut adalah 39,18nm; 447,21Oe; 1,33memu; 4,38memu. Variasi dari komposisi nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dalam PaNi yang dilakukan membuat hasil dari magnetisasi remanen, magnetisasi saturasi dan koersifitas berbeda-beda. Bisa diartikan variasi dari komposisi NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> mempengaruhi sifat magnetik dari sampel nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PaNi.

**Kata Kunci** : Lapisan Tipis, Nanokomposit, NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, PANi, Sifat Magnet, Sol-Gel *Spin Coating*, Variasi Komposisi

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan, kekuatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **Pengaruh Variasi Komposisi NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Terhadap Sifat Magnetik Dari Nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi Yang Disintesis Dengan Metode Sol-Gel *Spin Coating*.**

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dan merupakan bagian dari penelitian Dr. Ramli, S.Pd, M.Si, dkk dalam penelitian berbasis kompetensi tahun 2018 dengan judul “Pengembangan Nano Komposit MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (M=Fe,Co,Ni) dalam Poly Vinilidene Flouride untuk Aplikasi Divais Spintronika yang Fleksible”. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Dr. Ramli, S.Pd, M.Si selaku Pembimbing I
2. Ibu Dra. Hj. Hidayati, M.Si, selaku Pembimbing II dan Penasehat Akademik
3. Ibu Dr.Hj.Ratnawulan, M.Si selaku Penguji dan Ketua Jurusan Fisika
4. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D selaku Penguji dan Ketua Program Studi Fisika
5. Bapak Yohandri Azwir, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Fisika
6. Kedua Orang Tua yang telah memberikan dukungan moril dan materil
7. Seluruh staf pengajar Jurusan Fisika yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan

8. Seluruh staf administrasi dan Laboran Jurusan Fisika
9. Selanjutnya rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikan skripsi ini

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan di dalamnya, sehingga penulis membutuhkan saran dan kritik yang konstruktif guna perbaikan skripsi ini kedepannya.

Padang, November 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah.....	6
C. Perumusan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II TEORI DASAR .....</b>	<b>8</b>
A. Nanokomposit .....	8
B. Pasir Besi.....	11
C. NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	13
D. Polyaniline (PANi).....	15
E. Pengaruh Variasi Komposisi NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi .....	17
F. Material Magnet .....	20
G. Sifat Kemagnetan Bahan.....	24
H. Sifat Parameter Magnet.....	26
I. Metoda Sol-gel.....	30
J. Metode <i>Spin Coating</i> .....	32
K. X-Ray Diffraction (XRD) .....	35
L. Vibrating Sample Magnetometer (VSM).....	37
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>40</b>
A. Jenis Penelitian.....	40
B. Waktu dan Tempat Penelitian .....	40
C. Variabel Penelitian .....	40

D. Instrumen Penelitian.....	41
E. Pelaksanaan Penelitian.....	52
F. Diagram Alir Penelitian.....	58
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>60</b>
A. Hasil Penelitian .....	60
B. Pembahasan.....	85
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>92</b>
A. Kesimpulan .....	92
B. Saran.....	92
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Parameter Magnetik dari Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi.....	19
Tabel 2. Sifat Berbagai Magnet .....	24
Tabel 3. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi pada Variasi Komposisi 30% .....	61
Tabel 4. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi pada Variasi Komposisi 40% .....	62
Tabel 5. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi pada Variasi Komposisi 50% .....	64
Tabel 6. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi pada Variasi Komposisi 60% .....	65
Tabel 7. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi pada Variasi Komposisi 70% .....	66
Tabel 8. Data Ukuran Kristal Dari Hasil Perhitungan Terhadap Variasi Komposisi Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi Menggunakan XRD .....	77
Tabel 9. Sifat Magnetik Nanokomposit Beserta Ukuran Butir dengan Variasi 30%, 40%, 50%, 60%, 70% .....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Unit Sel <i>Spinel</i> Ferite .....	14
Gambar 2. Struktur Kristal Nikel Ferite.....	14
Gambar 3. Struktur Geometri Aniline.....	15
Gambar 4. Kurva Hysteresis (M-H) dari NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> dan Nanokomposit.....	18
Gambar 5. Arah Domain-Domain dalam Bahan Paramagnetik.....	22
Gambar 6. Kurva Histerisis Saat Proses .....	26
Gambar 7. Kurva Histerisis Material Magnetik .....	27
Gambar 8. Kurva Histerisis Magnet Lunak dan Magnet Keras .....	28
Gambar 9. Sketsa Prinsip Dasar <i>Spin Coating</i> .....	32
Gambar 10. Skema Tahapan <i>Spin Coating</i> .....	34
Gambar 11. Difraksi Bragg.....	36
Gambar 12. Alat <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	37
Gambar 13. Alat <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	42
Gambar 14. <i>X-ray diffraction</i> (XRD).....	42
Gambar 15. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	43
Gambar 16. <i>High Energy Milling</i> (HEM-E3D) .....	43
Gambar 17. <i>Magnetic Stirrer</i> .....	44
Gambar 18. <i>Furnace</i> .....	45
Gambar 19. Magnet Permanen.....	45
Gambar 20. Timbangan Digital .....	46
Gambar 21. Substrat Kaca.....	46
Gambar 22. Lumpang dan Alu.....	47
Gambar 23. Gelas Ukur dan Tabung Erlenmeyer .....	47
Gambar 24. Pasir Besi Sungai Kunyit .....	47
Gambar 25. Nikel Oksida.....	48
Gambar 26. Asam Nitrat (HNO <sub>3</sub> ) .....	48
Gambar 27. Asam Sitrat.....	49
Gambar 28. Polyethylene Glycol .....	49
Gambar 29. Aquabidest.....	49

Gambar 30. <i>Polianiline</i> .....	50
Gambar 31. Amonium Persulfate.....	50
Gambar 32. Asam Klorida .....	51
Gambar 33. Asam Oksalat .....	51
Gambar 34. Ethylene Glycol.....	52
Gambar 35. Peta Sungai Kunyit Kecamatan Sangir Balai Janggo Kabupaten Solok Selatan.....	53
Gambar 36. Diagram Alir Penelitian .....	59
Gambar 37. Pola Difraksi Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 30% .....	60
Gambar 38. Pola Difraksi Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 40%.....	62
Gambar 39. Pola Difraksi Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 50% .....	63
Gambar 40. Pola Difraksi Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 60% .....	64
Gambar 41. Pola Difraksi Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 70% .....	66
Gambar 42. Hasil Karakterisasi FTIR Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi Pada Variasi Komposisi 30% .....	67
Gambar 43. Kurva Histeresis Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 30% .....	68
Gambar 44. Kurva Histeresis Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 40%.....	69
Gambar 45. Kurva Histeresis Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 50% .....	69
Gambar 46. Kurva Histeresis Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 60% .....	70
Gambar 47. Kurva Histeresis Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 70%.....	71

Gambar 48. Pola Difraksi Sinar-X Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi pada Variasi Komposisi 30% .....	72
Gambar 49. Pola Difraksi Sinar-X Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi pada Variasi Komposisi 40% .....	73
Gambar 50. Pola Difraksi Sinar-X Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi pada Variasi Komposisi 50% .....	74
Gambar 51. Pola Difraksi Sinar-X Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi pada Variasi Komposisi 60% .....	75
Gambar 52. Pola Difraksi Sinar-X Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi pada Variasi Komposisi 70% .....	76
Gambar 53. Pola XRD Sampel dengan Variasi Komposisi (a) 30% (b) 40% (c) 50% (d) 60% (e) 70% .....	78
Gambar 54. Kurva Histeresis Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 30% .....	79
Gambar 55. Kurva Histeresis Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 40% .....	80
Gambar 56. Kurva Histeresis Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 50% .....	81
Gambar 57. Kurva Histeresis Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 60% .....	82
Gambar 58. Kurva Histeresis Nanokomposit NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> /PANi dengan Variasi Komposisi 70% .....	83

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Data Hasil Analisis XRD.....	100
Lampiran 2. Data Base XRD NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	105
Lampiran 3. Data Base XRD PANi .....	108

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, juga harus didukung dengan sumber daya alam, ilmu pengetahuan, sarana dan prasarana pendukung yang terkait didalamnya, tentunya termasuk fasilitas peralatan dan kebutuhan material untuk pembuat bahan baku industri. Pembuatan bahan baku yang menjadi riset sekarang adalah pembuatan bahan komposit. Komposit merupakan campuran dari dua bahan atau lebih yang dicampur secara makroskopis. Komposit dapat dibuat dengan bahan dasar ferit dan pengikat bahan bukan magnet seperti semen portland, polimer, yang dicampur dengan komposisi yang diinginkan (Karokaro A dkk, 2002) pada suhu kamar (Jatiutoro, 2006). Beberapa tahun belakangan ini material yang menjadi salah satu objek penelitian untuk dijadikan bahan komposit adalah polimer konduktif yang dicampur dengan *spinel* ferit.

*Spinel* ferit memiliki rumus struktur  $MFe_2O_4$  (M adalah ion logam divalen, seperti Ni, Co, Cu, Mn, Mg, Zn, Fe) dengan struktur kristal kubik spinel (M. Kooti dan A N Sadeh, 2013). *Spinel* ferit memiliki sifat-sifat unggul seperti resistivitas listrik yang tinggi, permeabilitas yang tinggi dan membuat material ini sangat potensial untuk diaplikasikan dalam teknologi penyimpanan data, peralatan gelombang mikro, alat-alat telekomunikasi sistem penghantaran obat (*drug delivery system*), teknologi *ferrofluid* dan sensor gas (Joshi S .dkk. 2014). Salah satu nanopartikel magnetik *spinel* ferit yang banyak dikembangkan saat ini adalah nanopartikel *nickel ferrite*

(NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). Bahan ini memiliki struktur *spinel inverse*, yaitu semua ion Ni<sup>2+</sup> berada di *site* oktahedral dan ion Fe<sup>3+</sup> terdistribusi merata di *site* tetrahedral dan oktahedral. NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> belakangan ini dijadikan komposit dengan bahan pengikat yang bukan magnet.

Banyak sekali bahan pengikat yang digunakan untuk membuat komposit salah satunya adalah bahan polimer (Karakoro. dkk, 2002). Diantara sekian banyak bahan polimer konduktif yang telah diketahui, *polyanilin* (PANi) yang paling intensif diteliti karena stabilitas lingkungan yang sangat baik. Disamping itu, *polyanilin* memiliki sifat kimia dan fisika yang mudah dikontrol (Setianingsih, 2014). Polimer konduktif *polyanilin* juga sudah pernah dikaji dalam aplikasi film tipis tentang *Optical and Electrical Properties of thin Films of Polyaniline and Polypyrole* yang menjelaskan tentang hasil karakterisasi XRD dari film tipis *Polyailin* menunjukkan sifat amorf dan untuk studi optik nya menunjukkan puncak absorpsi, sedangkan untuk struktur topografinya berbentuk grabular pada setiap pembentukan serat mikro *polyanilin* (Salah dkk., 2012).

*Polyanilin* atau lebih sering dikenal dengan PANi adalah salah satu jenis polimer konduktif yang sangat prospektif yang semakin luas penggunaannya dan sudah banyak diteliti. Penelitian-penelitian terus menerus dilakukan apalagi pada tahun 2000 Shirakawa, Heegen, dan Mac Diarmid memperoleh penghargaan Nobel untuk penemuan beserta lanjutan perkembangan polimer konduktif salah satunya *polyanilin* (Rositawati, 2004).

Aplikasi *polyaniline* (PANi) merambah pada bidang teknologi fungsional, seperti sensor kimia khususnya sensor gas, piranti elektrokromik, sel fotovoltanik, LED polimer, dan baterai sekunder. Selain itu bahan polimer konduktif juga dapat beroperasi pada suhu kamar. PANi juga merupakan bahan yang sangat unik yaitu dapat mengalami perubahan sifat listrik, optik dan magnet yang dapat dibalik (reversible) melalui reaksi redoks dan doping-dedoping atau protonasi-deprotonasi sehingga sangat potensial dimanfaatkan pada berbagai aplikasi (Handayani, 2007).

Salah satu keunggulan dari PANi dan  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  adalah terdapat pada sifat magnetnya dimana sifat magnet dari kedua bahan ini banyak diaplikasikan keberbagai bidang contohnya untuk pembuatan sensor kimia, sensor magnet, *electromagnetic interference* (EMI), alat-alat telekomunikasi dan banyak lagi. Nilai dari sifat magnet dari kedua bahan ini bisa jadi akan bertambah setelah kedua bahan dicampurkan menjadi komposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ . Seperti yang telah dilakukan oleh Prasanna, (2014) membuat nanokomposit dari  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  yang mendapatkan hasil tentang sifat magnet dari bahan komposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  yang disintesis dengan metode polimerisasi in-situ dengan variasi komposisi dari komposit sebanyak 0%, 20%, 40%, 60%, dan 80%. Dari variasi komposisi yang dilakukan tersebut hasil yang didapat adalah sifat magnet dari komposit bergantung pada variasi dari komposit dimana, semakin banyak pemberian PANi dalam  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  maka nilai kemagnetan akan semakin menurun yang dapat dilihat *loop* kurva histeresis. Khairy, (2014) juga mensintesis nanokomposit dari  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$

untuk melihat pengaruh dari variasi komposisi terhadap sifat optik dan listrik menggunakan metode *in-situ chemical oxidation polymerization* variasi komposisi sebanyak 2,5%, 5%, dan 50% mempengaruhi nilai sifat listrik dan optik dari nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi. Sifat-sifat yang ada seperti optik, listrik dan magnet belakangan ini semakin pesat perkembangannya dengan dibuatnya komposit dalam ukuran nano yang disebut dengan nanoteknologi.

Nanoteknologi saat ini berkembang sangat pesat dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Struktur nano dari komposit merupakan salah satu material yang penting dalam pengembangan beberapa material cerdas dan fungsional baru. Dalam ukuran nano, *spinel* ferit memiliki sifat ferromagnetik yang kuat sehingga memiliki peluang besar dalam bidang sensor magnet dan juga pada bidang industri elektronik. Salah satu cara untuk membuat bahan dalam ukuran nano adalah dengan dibuat dalam bentuk lapisan tipis. Lapisan tipis biasanya dibuat dengan metode sol-gel yang diikuti dengan menggunakan *spin coating*. Lapisan tipis dari bahan komposit ini dipreparasi terlebih dahulu dengan metode sol-gel dimana metode sol-gel merupakan salah satu "*wet method*" karena pada prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Pada metode sol-gel, sesuai dengan namanya larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) dan kemudian menjadi gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada sol).

Penumbuhan lapisan tipis PANi dengan menggunakan *spin coating* telah dikaji oleh Aryati. dkk,(2001) dapat diketahui nilai transmitansi dan

absorpsi melalui pengukuran spektrum UV-vis. Spektrum Absorpsi PANi-EB diambil pada panjang gelombang 400-1000 nm. Lapisan tipis PANi memperlihatkan karakteristik optik basa emeraldin dengan puncak absorpsi yang tinggi disekitar panjang gelombang 440 nm. Potensi yang dimiliki PANi dalam orde nano menjadikan para peneliti melakukan penelitian secara intensif, hal ini dapat diketahui dengan adanya perkembangan berbagai aplikasi dengan bahan PANi sampai saat ini. Salah satunya adalah dengan adanya pengembangan dalam bentuk lapisan tipis. Penggunaan fabrikasi dalam bentuk lapisan tipis sangat luas, karena sifat bahan dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan serta mudah diintegrasikan dalam bentuk divais.

Salah satu aspek yang mendapat perhatian sangat besar, terutama dalam bidang material lapisan tipis ini disebabkan karena lapisan tipis ini mempengaruhi sifat magnet yang sangat bergantung pada sifat bahan lapisan tipis yang akan diendapkan. Salah satu sifat magnet yang dapat dipengaruhi yaitu berupa magnetisasi saturasi, magnetisasi remanen, koersifitas. Selain itu sifat-sifat unik yang dimiliki oleh lapisan tipis bergantung pada komposisi dan konsentrasi kimia serta karakteristik mikrostrukturnya seperti bentuk maupun ukuran partikel dapat dikontrol melalui proses fabrikasi yang banyak digunakan (Nasheri. dkk, 2011).

Oleh karena itu, inilah yang melatarbelakangi peneliti untuk menyelidiki pengaruh variasi komposisi  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  terhadap sifat magnetik dari nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  pada penelitian yang berjudul “pengaruh

variasi komposisi  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  terhadap sifat magnetik nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  yang disintesis dengan metode sol-gel *spin coating*.

## **B. Batasan Masalah**

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah maka perlu membatasi masalah dalam penelitian ini. Sebagai pembatasan masalahnya adalah ditekankan pada kajian magnetisasi saturasi ( $M_s$ ) magnetisasi remanen ( $M_r$ ) dan koersivitas ( $H_c$ ) pada sifat magnetik dari nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM).

## **C. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian dari latar belakang dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh variasi komposisi  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  terhadap sifat magnetik dari nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  ?

## **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian adalah mengetahui pengaruh variasi komposisi  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  terhadap sifat magnetik dari nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ .

## **E. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada :

1. Industri maju lebih berkembang lagi dalam pengetahuan tentang bahan nanokomposit yang bagus digunakan dan memiliki kandungan sifat kemagnetan yang tinggi.

2. Bidang kajian material dan biofisika ataupun jurusan fisika, sebagai acuan pengembangan ilmu dan teknologi yang berkembang sehingga melahirkan ide-ide baru yang lebih inovatif.
3. Peneliti lain, sebagai referensi dalam pengembangan selanjutnya.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Nanokomposit**

Komposit (*composite*) menurut Astley,dkk. (2001) mempunyai arti susunan atau gabungan yang terdiri dari dua atau lebih material yang berbeda baik dari segi bentuk ataupun komposisi kimianya sehingga jika digabungkan dengan metode yang sesuai dapat menghasilkan material baru yang lebih baik dari penyusunnya, material penyusun komposit terdiri atas dua bagian yakni matriks (pengikat) dan *filler* (penguat) (Astley, dkk. 2001). Komposit dapat dibuat dengan bahan dasar ferit dan pengikat bahan bukan magnet seperti semen portland, polimer, yang dicampur dengan komposisi yang diinginkan (Karako A. dkk, 2002). Hal ini yang membedakan komposit dengan paduan, dimana paduan dilakukan penambahan skala mikroskopis. Kombinasi antara beberapa material didalam komposit yang baik, memeberikan sifat-sifat yang lebih baik diantara material penyusunnya. Maka dari itu, komposit diproduksi untuk mengoptimalkan sifat-sifat dari suatu material, seperti sifat mekanik (terutama kekuatan), sifat kimia dan fisika, optimalisasi sifat thermal (ekspansi thermal, konduksi thermal, titik leleh) sebaik sifat elektriknya (konduktivitas listrik) dan sifat optiknya (ASM Handbook, 2001).

Material komposit dapat terbentuk alami di alam, seperti tulang, yang memiliki kombinasi antara sifat ringan dan kekuatan yang baik. Hal ini dapat terjadi akibat kombinasi antara kristal dari salah satu paduan kalsium sebagai komponen penyusun utama tulang sebagai matriks dengan penguat fiber

berupa protein kolagen. Komposit digunakan tidak hanya pada aplikasi struktural, melainkan untuk aplikasi elektronik, thermal, dengan kondisi lingkungan lainnya. Komposit terdiri dari dua komponen penyusun, yaitu matriks dan penguat (*reinforcements*). Penguat digunakan dalam suatu komposit untuk meningkatkan sifat dari material komposit yang dihasilkan dan memiliki kemampuan untuk ditempatkan pada arah pembebanan untuk meningkatkan sifat mekanisnya (ASM Handbook, 2001).

Matrik dan penguat harus memiliki ikatan yang baik untuk menciptakan sifat yang baik pula. Matriks harus berbentuk fase terdispersi untuk meningkatkan kekuatan dan sifat-sifat lainnya. Komposisi penguat dan matrik komposit mempengaruhi karakteristik komposit. Semakin banyak komposisi material didalam komposit maka akan makin besar material tersebut mendominasi sifat komposit. Penguat dan matriks menghasilkan kombinasi sifat mekanik yang berbeda dengan sifat dasar dari masing-masing matriks apun penguat karena adanya *interface* antara kedua komponen tersebut. *Interface* merupakan permukaan yang terbentuk diantara matriks dan penguat didalamnya yang berfungsi sebagai media transfer dari matriks dan penguat. Ikatan antara penguat dan matriks ini memiliki peran yang besar dalam penentuan sifat komposit. Semakin baik ikatan yang terbentuk ditandai dengan semakin luasnya daerah permukaan kontak, maka semakin baik pula sifat akhir dari komposit yang terbentuk (Mattews F L dan Rawlings RD, 1993). Faktor –faktor yang mempengaruhi sifat akhir dari suatu komposit :

- a. Setiap komponen penyusun dari material komposit, yaitu matriks dan penguat berpengaruh secara langsung terhadap sifat akhir komposit yang dihasilkan. Ukuran, bentuk, orientasi, konsentrasi dan distribusi dari bahan penguat juga berpengaruh
- b. Material komposit, penguat dan matriks menghasilkan kombinasi sifat mekanik yang berbeda dengan sifat dasar dari masing-masing matriks maupun penguat karena adanya *interface* antara kedua komponen

Komposit belakangan diperluas penggunaannya dijadikan dalam bentuk nanopartikel yang disebut dengan nanokomposit. Nanokomposit merupakan gabungan yang terdiri dari dua bahan atau lebih dengan sifat masing-masing bahan yang tersusun atas komponen matriks dengan menyisipkan bahan nanopartikel sebagai *filler* sehingga dihasilkan material baru dengan sifat yang lebih baik dibandingkan dengan bahan penyusun awalnya (Mulyawan, 2014). Nanokomposit mengacu pada ukurannya sangat kecil yaitu kurang 100 nanometer membuat nanokomposit yang dihasilkan mempunyai karakteristik khusus yang tidak dimiliki bahan lain seperti kekuatan mekanik yang besar, hal ini dikarenakan ukurannya yang sangat kecil mengakibatkan luasan permukaan yang tinggi sehingga ketika semakin banyak partikel yang berinteraksi akan mengakibatkan kekuatan mekanisnya semakin besar (Chung, 2001). Terdapat beberapa karakteristik lain yang dimiliki diantaranya adalah tahan korosi, dan memiliki kekuatan jenis (rasio kekuatan terhadap berat jenis) yang tinggi (Hadiyawardana, 2008).

## B. Pasir Besi

Pasir besi merupakan bahan tambang logam yang terbentuk karena proses transportasi dan sedimentasi material berukuran pasir yang mengandung unsur besi. Umumnya dijumpai sebagai endapan pantai dengan kadar bervariasi, serta tersusun oleh mineral magnetik dan bukan magnetik. Mineral magnetik dapat berupa magnetit lepas ataupun ikat. Beserta mineral pengotor lain yang tidak mengandung unsur besi adalah silika, kuarsa, plagioklas, ortoklas, rutil dan kalsit (Anshori, 2013). Keberadaan pasir besi melimpah di Indonesia yang merupakan Sumber Daya Alam (SDA) yang memiliki daya tarik secara ekonomi (Yulianingsih dan Munasir, 2016).

Mineral pasir besi di Indonesia tersebar luas di sepanjang tepian samudera Hindia, dari wilayah paling barat pulau Sumatera hingga pulau Bali, Lombok dan sekitarnya (Ratman, dkk. 1998). Hal ini tidak lepas dari kedudukan Indonesia yang dilewati oleh jalur sabuk vulkanik (Abidin, 2003). Afdal, (2015) menyatakan daerah Sumatera Barat banyak mengandung mineral pasir besi di Sungai Lasi kabupaten Solok Selatan terdapat pasir besi yang mengandung *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) sebesar 77,38%. Hayati, (2014) menyatakan bahwa kandungan pasir besi pada daerah Sungai Kunyit kecamatan Sangir Balai Janggo, kabupaten Solok Selatan Sumatera Barat sebesar 87,59%. Bijih besi yang terdapat di Solok Selatan terbentuk sebagai endapan alluvial bijih besi. Endapan bijih besi berbentuk masif dengan susunan terdiri atas mineral-mineral oksida besi seperti *magnetit*, *hematite*, *siderite* dan *goethite* berasosiasi dengan mineral sulfida seperti *pirite* dan

*kalkopirite*. Jenis endapan ini sering ditemukan dalam bentuk endapan alluvial, yaitu berupa ongkongan bongkahan batuan yang terutama mengandung mineral bijih *magnetite* dan *hematite*. Kadar Fe yang dikandung bijih besi dari jenis endapan ini berkisar antara 50% sampai 70 %. Endapan bijih besi tipe ini dianggap sangat baik untuk kebutuhan industri baja, karena tidak mengandung pengotor yang dapat mengganggu proses metalurgi.

Umumnya, pasir besi yang ditemukan di alam mengandung ferit sebesar 58,39% – 60,23% berupa *maghemite* ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) meskipun komposisi kimia kedua bahan tersebut sama namun fasa keduanya berbeda. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Rianto D, dkk.2018) pada pasir besi dari pantai Tiram Sumatera Barat setelah melakukan tahap milling pada waktu 30 jam pasir besi pantai Tiram berfasa *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Hal ini juga didukung oleh penelitian Darvina Y, dkk. (2017) dengan menggunakan beberapa variasi waktu milling pada pasir besi pantai Tiram variasi terbaik untuk mendapatkan kadar *magnetite* homogenya adalah pada waktu milling 30 jam.

*Maghemite* berfasa kubus dan *hematite* berfasa heksagonal. Selain *maghemite* dan *hematite*, ferit juga dapat ditemukan berupa *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) (Dunlop dan Ozdemir, 1997). Saat ini, *magnetite* digunakan sebagai tinta kering (*toner*) pada mesin *photo-copy* dan *printer laser*. *Maghemite* bahan pembuatan pita-kaset dan pewarna cat (Yulianto, dkk.2003). Shinde, dkk (2011) menyatakan *hematite* juga dapat dijadikan sebagai komponen utama pada pembuatan *photoelectrochemical* sel surya dan bahan utama dalam

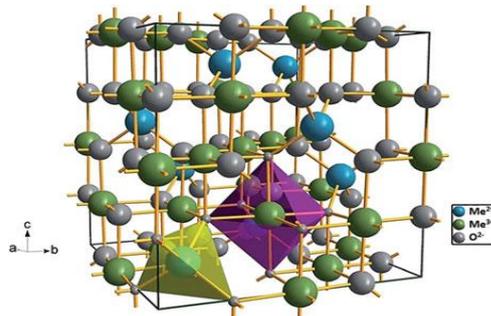
pembuatan magnet dan juga sebagai katalis dalam produksi minyak. Menariknya kandungan didalam pasir besi dari alam ini membuat banyaknya kajian tentang pasir besi dan juga kajian tentang pencampuran pasir besi ke dalam bahan lain untuk membuat manfaat dari pasir besi ini bisa digunakan lebih *fleksible* dan luas lagi penggunaannya di industri maju. salah satu yang terkenal sekarang adalah *spinel* ferit yaitu percampuran pasir besi dengan ion logam divalen seperti Ni, Co, Cu, Mn, Mg, Zn, Fe.

### C. $\text{NiFe}_2\text{O}_4$

*Nikel ferrite* merupakan salah satu bagian dari *Spinel* ferit memiliki rumus struktur  $\text{MFe}_2\text{O}_4$  (M adalah ion logam divalen, seperti Ni, Co, Cu, Mn, Mg, Zn, Fe) dengan struktur kristal kubik *spinel* (Sadeh dan Kooti, 2013). *Nikel ferrite* memiliki reaksi yaitu  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{NiO} \rightarrow \text{NiFe}_2\text{O}_4$ . *Nikel ferrite* memiliki sifat-sifat unggul seperti resistivitas listrik yang tinggi, permeabilitas yang tinggi dan dengan adanya perambatan gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi membuat material ini sangat potensial untuk diaplikasikan dalam teknologi penyimpanan data, peralatan gelombang mikro, alat-alat telekomunikasi, sistem penghantaran obat (*drug delivery system*), teknologi *ferrofluid* dan sensor gas (Joshi S, dkk.2014).

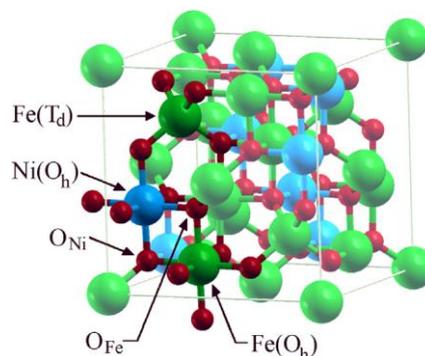
*Nikel ferrite* ini secara teknologi penting dan telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti media perekam magnetic. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), katalis, sistem pembawa obat dan zat pewarna (Maensiri, dkk.2007). *Spinel* ferite memiliki rumus umum  $\text{AB}_2\text{O}_4$  dimana A adalah kation-kation bervalensi 2 seperti Fe, Ni, Co yang menempati posisi

tetrahedral dalam struktur kristalnya dan B adalah kation-kation bervalensi 3 seperti Fe, Mn, Cr yang menempati posisi oktahedral dalam struktur kristalnya, serta terdistribusi pada *fcc* yang terbentuk oleh ion  $O^{2-}$  ( Iftimie, dkk. 2006), sesuai dengan Gambar 1.



Gambar 1. Unit Sel *Spinel* Ferite (Tatarchuk, 2017)

Nikel ferite ( $NiFe_2O_4$ ) merupakan salah satu material *spinel* ferite yang sangat penting. Nikel ferite ini memiliki struktur *spinel* terbalik (*inverse*) dimana setengah dari ion Fe mengisi pada posisi tetrahedral (posisi A) dan sisanya menempati posisi pada oktahedral (posisi B) hal (Maensiri, dkk. 2007).  $NiFe_2O_4$  telah banyak digunakan sebagai sensor gas klorin pada konsentrasi rendah untuk reaksi hidrogenasi (Iftimie, dkk.2006). Berikut ini adalah struktur kristal nikel ferite yang terlihat pada Gambar 2.

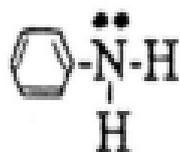


Gambar 2. Struktur Kristal Nikel Ferite (H. Perron, dkk. 2007)

atom Ni ditunjukkan dengan warna biru, Fe berwarna hijau dan O atom merah (H. Perron, dkk. 2007).  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  menampilkan kurva histeresis yang sempit dan karenanya material ini dapat dianggap sebagai bahan inti yang baik untuk transformator daya dan aplikasi pada bidang telekomunikasi. Selain itu material ini juga dapat digunakan pada teknologi sensor gas dan kelembaban serta katalis. Pada penelitian Muflihatun, dkk. (2015) analisa sifat kemagnetan dari  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  menunjukkan bahwa  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  bersifat ferromagnetik.

#### D. Polyaniline (PANi)

*Polyaniline* atau yang lebih dikenal dengan PANi diperoleh dari melalui proses polimerisasi monomer anilin. Anilin merupakan senyawa organik dengan komposisi  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  yang termasuk ke dalam kelompok senyawa aromatik yang mempunyai berat molekul 93 gr/mol, titik didih  $183^\circ\text{C} - 186^\circ\text{C}$ , indeks bias 1,58 dan rapat massa 1,002 kg/liter. Bentuk molekul anilin adalah heterosiklik enam sisi dengan amina merupakan salah satu substansi pembentuknya. Ikatan kimia pada molekul anilin adalah ikatan kovalen dengan tiga buah ikatan rangkap. Anilin larut dalam senyawa organik seperti alkohol, benzena, kloroform dan acetone (Setianingsih, 2014). Struktur geometri yang dimiliki anilin sebagai berikut



Gambar 3. Struktur Geometri Aniline  
(Setianingsih, 2014)

*Polyanilin* (PANi) adalah salah satu bahan polimer konduktif yang paling banyak dikaji pada dekade terakhir karena memiliki sifat fisika dan kimia yang khas. PANi hasil sintesa kimia berada dalam bentuk EB (Emeraldin Basa) yang bersifat osilator, bentuk tersebut diubah menjadi ES (Garam Emeraldin) yang konduktif melalui perlakuan asam atau protonasi. *Polianilin* atau lebih sering dikenal dengan PANi adalah salah satu jenis polimer konduktif yang sangat prospektif yang semakin luas penggunaannya dan sudah banyak diteliti. Penelitian-penelitian terus menerus dilakukan terlebih setelah pada tahun 2000 Shirakawa, Heegen, dan Mac Diarmid memperoleh penghargaan Nobel atas penemuan dan perkembangan polimer konduktif polianilin (Rositawati, 2004).

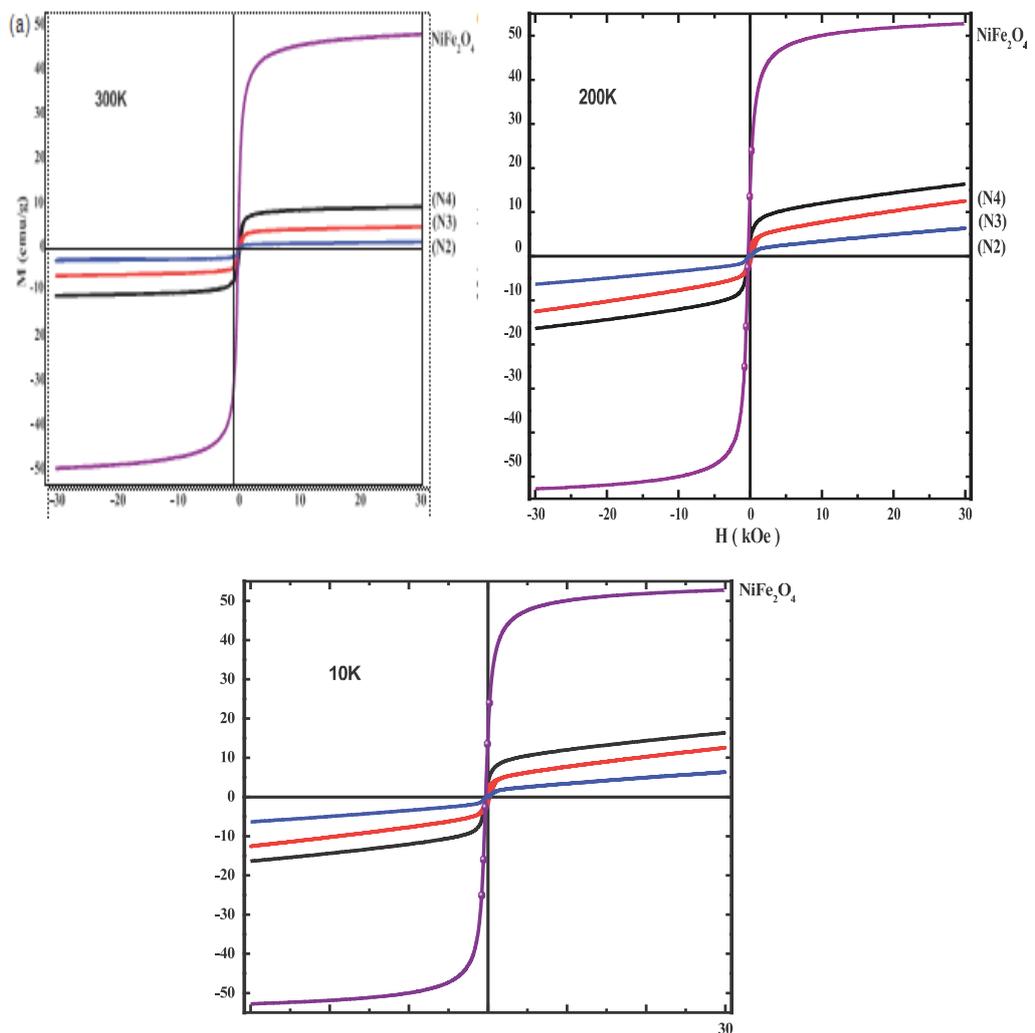
Aplikasi *polianiline* (PANi) merambah pada bidang teknologi fungsional, seperti sensor kimia khususnya sensor gas, piranti elektrokromik, sel fotovoltanik, LED polimer, dan baterai sekunder. Berdasarkan sifat magnetnya PANi telah menarik banyak perhatian karena aplikasi potensinya dalam elektro-seluler molekuler, *interferensi elektromagnetik* (EMI), sensor kimia, pelapis antistatik, baterai yang dapat diisi ulang, penghambat korosi, material absorbs, bahan penyerap gelombang mikro dengan daya serap kuat pada rentang frekuensi yang luas (Prasanna,2014). *Polianilin* murni dalam keadaan tidak terdoping, merupakan semikonduktor lemah dengan konduktivitas sekitar  $10^{-8}$ S/m. Ketika didoping konduktivitasnya dapat meningkat jauh bergantung pada tingkat doping yang diberikan.

### E. Pengaruh Variasi Komposisi NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi

Beberapa tahun terakhir komposit polimer konduktif telah mendapat perhatian luas karena penggunaannya dalam berbagai aplikasi teknologi termasuk perangkat elektronik dan sensor (Dong, 2004). Komposit polimer konvensional biasanya menggabungkan karbon hitam konduktif dan logam. Komposit adalah kombinasi antara dua material atau lebih yang memiliki sejumlah sifat berbeda yang dimiliki oleh masing-masing komponen. Pada bahan komposit komponennya tidak mengalami perubahan kimia, kombinasi ini menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan dengan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing penyusun. Polimer adalah suatu senyawa organik dengan komposisi tertentu. Belakangan ini campuran antara polimer dan bahan ferit sering terjadi dan disebut dengan komposit polimer. Selain dijadikan komposit dengan ukuran yang biasa sekarang ini komposit telah dibuat dalam ukuran nanopartikel yang disebut nanokomposit. Nanokomposit didefinisikan sebagai material multiphase yang salah satu atau lebih fasenya memiliki ukuran berkisar 10 nm - 100 nm (Xue, 2004). Nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi adalah salah satu komposit polimer penggabungan antara nikel ferite dengan salah satu polimer konduktif yaitu *polyaniline* (Prasanna, 2014).

Menurut Prasanna, (2014) pada nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi dengan teknik polimerisasi in-situ dengan variasi sebanyak 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dimana pengukuran sifat magnetik menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* dengan parameter yang diukur adalah magnetisasi saturasi  $M_s$

(emu/g), magnetisasi remanen  $M_r$  (emu/g), dan koersifitas  $H_c$  (kOe) bahwa variasi komposisi mempengaruhi sifat magnetik dari nanokomposit dan suhu juga mempengaruhi sifat magnetiknya, suhu yang digunakan adalah 300K, 200K dan 10K dimana kurva hysteresis yang terbentuk sebanyak 5 variasi yang dilakukan memiliki luas yang berbeda-beda hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Hysteresis (M-H) dari  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dan Nanokomposit PANi/ $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  untuk Beberapa Suhu Pengukuran (Prasanna, 2014)

Berdasarkan Gambar 4 dapat diamati bahwa ada lima bentuk kurva yang terjadi dikarenakan lima variasi komposisi yang dilakukan ke lima variasi komposisi ini memiliki luas kurva yang berbeda pula tiap-tiap variasi suhu yang diberikan dimana suhu juga mempengaruhi luas kurva terlihat pada variasi suhu 300K luas kurva berbeda dengan variasi 200K begitu juga dengan 10K suhu 300K kurva lebih cenderung tidak begitu tinggi dan luas dibandingkan suhu 200K yang lebih luas dimana magnetisasi saturasi dari suhu 200K lebih panjang hal tersebut bisa dilihat pada angka-angka pada Tabel 1 saat suhu 10K nilai magnetisasi saturasi dan dan reamanen tidak begitu jauh dari suhu 200K dapat dilihat pada kurva yang luasnya tidak begitu jauh berbeda dikarenakan variasi dari komposisi yang terjadi angka-angka dari parameter-parameter yang terdapat pada pengukuran yaitu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Magnetik dari Nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$

Sampel	Parameter Magnetik	Suhu		
		300K	200K	10K
$\text{NiFe}_2\text{O}_4$	Ms (emu/g)	44.825	46.980	49.020
	Mr (emu/g)	10.800	12.211	15.268
	Hc (kOe)	0.137	0.203	0.312
$\text{PANi}/\text{NiFe}_2\text{O}_4(80\%)$	Ms (emu/g)	7.132	8.231	9.738
	Mr (emu/g)	1.179	2.134	3.482
	Hc (kOe)	0.083	0.173	0.297
$\text{PANi}/\text{NiFe}_2\text{O}_4(60\%)$	Ms (emu/g)	3.586	4.364	5.272
	Mr (emu/g)	0.551	1.131	1.896
	Hc (kOe)	0.035	0.157	0.230
$\text{PANi}/\text{NiFe}_2\text{O}_4(40\%)$	Ms (emu/g)	1.290	1.529	2.081
	Mr (emu/g)	0.297	0.385	0.427
	Hc (kOe)	0.097	0.128	0.189

(Prasanna,2014)

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa disetiap kenaikan persentase  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  dalam tiap-tiap variasi nilai dari setiap parameter juga mengalami kenaikan, sedangkan pada variasi suhu yang terjadi adalah di suhu terendah setiap parameter mengalami kenaikan. Berdasarkan Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa suhu dan komposisi mempengaruhi sifat kemagnetan dari nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$ . Pada penelitian ini menggunakan variasi dibawah 80% karena merujuk pada Tabel 1 yang menunjukkan variasi 40% nilai koersifitasnya lebih besar dibandingkan pada variasi 80% dan menggunakan variasi 60% untuk membandingkan penurunan koersifitas yang terjadi pada Tabel 1 dan menggunakan variasi 40% untuk membandingkan nilai magnetik yang meningkat pada variasi tersebut sehingga dapat menyimpulkan hubungan dari variasi komposisi nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PANi}$  terhadap sifat magnetik.

#### **F. Material Magnet**

Magnet atau magnit adalah benda menarik yang terbuat dari logam dan dapat menarik besi atau baja dan memiliki medan magnet. Asal kata magnet diduga dari kata magnesia yaitu nama suatu daerah di Asia kecil. Menurut cerita di daerah itu sekitar 4.000 tahun yang lalu telah ditemukan sejenis batu yang memiliki sifat dapat menarik besi atau baja atau campuran logam lainnya. Magnet selalu memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Walaupun magnet dipotong-potong, magnet kecil tersebut tetap akan memiliki dua kutub. Sifat kemagnetan merupakan fenomena dimana

suatu material dapat menimbulkan gaya tarikmenarik dengan material lain (Aji, dkk. 2007).

Daulay, (2010) menyatakan benda dapat dibedakan menjadi dua macam berdasarkan sifat kemagnetannya yaitu benda magnetik dan benda non-magnetik. Benda magnetik adalah benda yang dapat ditarik oleh magnet, sedangkan benda non-magnetik adalah benda yang tidak dapat ditarik dengan magnet. Satuan intensitas magnet menurut sistem Satuan Internasional (SI) tesla dan unit untuk total fluks magnetik adalah weber ( $1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ tesla}$ ) yang mempengaruhi luasan satu meter persegi (Giancoli, 2001).

Material magnetik adalah material yang terpengaruh oleh medan magnet berupa penyearahan dipol-dipol magnetik pada material (magnetisasi) yang memenuhi hubungan:

$$\vec{M} = \chi_m \cdot \vec{H} \quad (1)$$

dimana M adalah magnetisasi yang timbul oleh medan magnet,  $\chi_m$  adalah suseptibilitas magnetik bahan dan H adalah kuat medan magnet yang diberikan pada bahan dengan nilai suseptibilitas magnetik untuk masing-masing material berbeda-beda (Callister, 2007).

Ada beberapa jenis material magnet antara lain:

#### 1. Diamagnetik

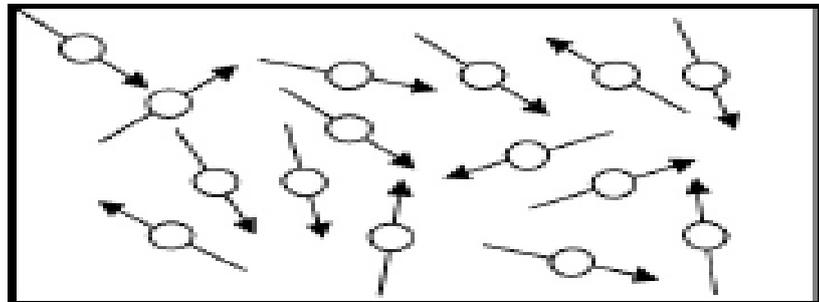
Diamagnetik adalah bahan yang tidak dapat dipengaruhi oleh H. Material diamagnetik ini mempunyai nilai suseptibilitas magnetik  $\chi_m$  negatif dan sangat kecil, beberapa material yang termasuk golongan ini adalah timah, tembaga, intan, emas, air raksa, perak, hidrogen (1tm) dan

nitrogen(Tipler, 1996). Bahan diamagnetik memiliki nilai  $\mu$  sedikit lebih kecil dari pada  $\mu_0$ . Hal ini disebabkan oleh atom-atom bahan diamagnetik yang tidak memiliki momen dipole (Giancoli, 2006).

## 2. Paramagnetik

Bahan paramagnetik adalah bahan yang resultan H masing-masing atom atau molekulnya tidak nol, tetapi resultan H total seluruh atom atau molekul dalam bahan nol, hal ini disebabkan gerakan atom atau molekul acak, sehingga resultan H masing-masing atom saling meniadakan.

Sifat paramagnetik ditimbulkan oleh momen magnetik spin yang menjadi terarah oleh medan magnet luar (Afza, 2011). Seperti yang terlihat pada Gambar 5 arah domain-domain dalam bahan paramagnetik sebelum diberi medan magnet luar.



Gambar 5. Arah Domain-Domain dalam Bahan Paramagnetik Sebelum Diberi Medan Magnet Luar(Afza, 2011)

$\chi_m$  magnet dari bahan paramagnetik adalah positif dan berada dalam rentang  $10^{-5}$  sampai  $10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$  sedangkan untuk permeabilitasnya  $\mu > \mu_0$ . Bahan paramagnetik aluminium, magnesium dan wolfram (Halliday, 1998)

### 3. Ferromagnetik

Material ferromagnetik merupakan material yang memiliki banyak spin elektron yang tidak berpasangan dan masing-masing spin elektron yang tidak berpasangan ini akan menimbulkan medan magnetik, sehingga H total yang dihasilkan oleh satu atom menjadi lebih besar. Material yang termasuk ferromagnetik adalah besi murni, kobalt dan nikel. Sifat bahan ferromagnetik biasanya terdapat dalam bahan ferit. Ferit merupakan bahan dasar magnet permanen yang banyak digunakan dalam industri-industri elektronika, seperti dalam *loudspeaker*, motor-motor listrik, *dynamo*, kompas dan KWH- meter (Halliday, 1998). Nilai  $\chi_m$  dari bahan ferromagnetik adalah positif dan lebih besar dari 1 dan permeabilitasnya  $\mu \gg \mu_0$

### 4. Superparamagnetik

Sifat superparamagnetik merupakan sifat material yang memiliki magnetisasi tinggi ketika diberi H eksternal, namun ketika tidak ada H eksternal nilai magnetisasi rata-ratanya adalah nol. Bahan superparamagnetik timbul dari bahan ferromagnetik yang berukuran sangat kecil (nano) (Naseri, *et al.*, 2011). Ukurannya yang kecil menyebabkan material tersebut sangat reaktif terhadap medan magnet luar (Wu A, *et al.*, 2010). Suseptibilitas  $\chi_m$  bahan superparamagnetik adalah besar dan positif.

Tabel 2. Sifat Berbagai Magnet

Bahan Magnet	Induksi Jenuh $B_s$ (V.det/m <sup>2</sup> )	Medan koersif $-H_c$ (A/m)	Permeabilitas relatif, $M_r$ (Maksimum)
Besi Murni (Kps)	2,2	80	5000
Kern Transformator	2,0	40	15.000
Permelloy, Ni-Fe	1,6	10	2000
Superpermalloy Ni-Fe-Mo	0,2	0,2	100.000
Ferroxcube A, (Mn,Zn) Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,4	30	1.200
Ferroxcube B (Ni,Zn) Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,3	30	700

(Afza, 2011)

### G. Sifat Kemagnetan Bahan

Berdasarkan wujudnya, magnet dibagi menjadi dua yaitu magnet permanen (*hardmagnet*), magnet sementara (*soft magnet*).

#### 1. Magnet Permanen ( *Hard Magnet* )

Magnet permanen adalah magnet yang memiliki kurva histerisis (*hysterisis loop*) yang lebar dan memiliki nilai koersivitas yang tinggi yaitu diatas 10 kA/m (Muller, dkk. 2001).

Adapun bahan-bahan yang tergolong magnet permanen adalah:

- a. Magnet keramik (*hard ferrite*) misalnya ferit adalah senyawa kimia yang terdiri dari keramik bahan dengan besi (III) oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebagai komponen utamanya (Moulson, *et al.*, 1985).

- b. Magnet Alnico (Aluminium, Nikel, Cobalt) adalah magnet paduan yang mengandung Aluminium (Al), Nikel (Ni), Cobalt (Co), karena dari ketiga unsur tersebut magnet ini sering disebut Alnico(Alex, 1991).
- c. Magnet plastik atau magnet *fleksibel* dibuat dengan mencampur ferit atau serbuk magnet neodymium dengan bahan karet sintesis atau alami(Ragowo, 2013).
- d. Magnet Neodymium (NdFeB/NiB) merupakan jenis magnet yang kuat, terbuat dari campuran logam neodymium. Memiliki struktur kristal tetragonal dengan persamaan  $Nd_2Fe_{14}B$ (Masno, dkk. 2006).
- e. Magnet Samarium–Cobalt merupakan salah satu dari dua jenis magnet bumi yang langka, terbuat dari paduan samarium dan kobalt(Cullity, 1972)

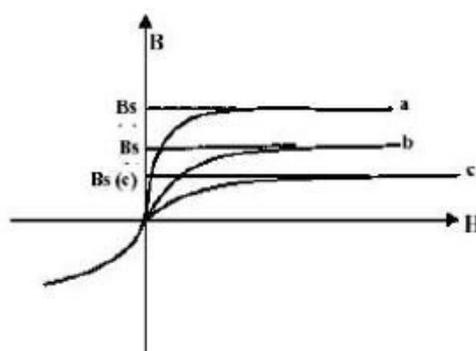
## 2. Magnet Sementara (*Soft Magnet*)

Magnet Sementara adalah suatu bahan yang hanya dapat menghasilkan medan magnet yang bersifat sementara. Magnet ini memiliki koersivitas yang rendah yaitu dibawah 1 kA/m. Magnet sementara (*soft magnet*) dihasilkan melalui proses pengecoran, dimana logam cair ditungkan ke dalam cetakan kemudian dibiarkan mendingin dan membeku (Murjito, 2012). Selain itu untuk menghasilkan suatu bahan *soft magnet* menggunakan elektromagnet. Bila suatu bahan penghantar dialiri arus listrik, besarnya medan magnet yang dihasilkan tergantung pada besar arus listrik yang dialirkan. Agar medan magnet yang dihasilkan

cukup kuat, kumparan diisi dengan besi atau bahan sejenis besi dan sistem ini dinamakan elektromagnet (Ningsih,2015).

## H. Parameter Magnet

Sifat-sifat kemagnetan bahan dapat dilihat pada kurva histerisis yaitu kurva hubungan intensitas magnet ( $H$ ) terhadap medan magnet ( $B$ ). Kurva histerisis pada saat magnetisasi dapat dilihat pada Gambar 6.

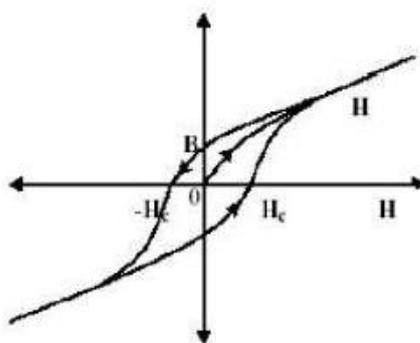


Gambar 6. Kurva Histeresis Saat Proses Magnetisasi  
(Moulson, dkk. 1985)

Gambar 6 menunjukkan kurva tidak berbentuk garis lurus sehingga dapat dikatakan bahwa hubungan  $H$  dan  $B$  tidak linier (Hia, 2015). Saat kenaikan harga  $H$ , mula-mula  $B$  turut naik cukup besar, tetapi mulai dari nilai  $H$  tertentu terjadi kenaikan nilai  $B$  yang kecil dan makin lama nilai  $B$  akan konstan. Harga medan magnet untuk keadaan saturasi disebut dengan  $B_s$  atau medan magnet saturasi. Saturasi magnetisasi adalah keadaan dimana terjadi kejenuhan, nilai medan magnet  $B$  akan selalu konstan walaupun medan eksternal  $H$  dinaikkan terus (Giancoli, 2001).

Bahan yang mencapai saturasi untuk harga  $H$  rendah disebut magnet lunak seperti yang ditunjukkan kurva a. Sedangkan bahan yang saturasinya

terjadi pada harga  $H$  tinggi disebut magnet keras seperti yang ditunjukkan kurva c. Sesudah mencapai saturasi ketika intensitas magnet  $H$  diperkecil hingga mencapai  $H=0$  ternyata kurva  $B$  tidak melewati jalur kurva semula. Pada harga  $H=0$  medan magnet atau rapat fluks  $B$  mempunyai harga  $B_r \neq 0$  seperti ditunjukkan pada kurva histerisis pada Gambar 7 harga  $B_r$  ini disebut dengan induksi remanen atau remanensi bahan. Remanen atau ketertambatan adalah sisa medan magnet  $B$  dalam proses magnetisasi pada saat medan magnet  $H$  dihilangkan, atau remanensi terjadi pada saat intensitas medan magnetik  $H$  berharga nol dan medan magnet  $B$  menunjukkan harga tertentu (Buschow dan Boer, 2004).



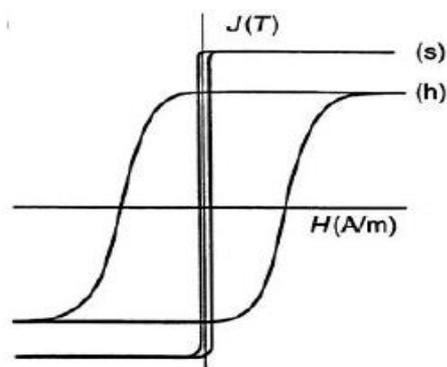
Gambar 7. Kurva Histerisis Material Magnetik  
(Moulson, dkk. 1985)

Gambar 7 tampak bahwa setelah harga intensitas magnet  $H=0$  atau dibuat negatif (dengan membalik arus lilitan) kurva  $B(H)$  akan memotong sumbu pada harga  $H_c$ . Intensitas  $H_c$  inilah yang diperlukan untuk membuat rapat fluks  $B=0$  atau menghilangkan fluks dalam bahan. Intensitas magnet  $H_c$  ini disebut koersivitas bahan. Koersivitas digunakan untuk membedakan magnet keras atau magnet lunak. Semakin besar gaya koersivitasnya maka

semakin keras sifat magnetnya. Bahan dengan koersivitas tinggi berarti tidak mudah hilang kemagnetannya.

Menghilangkan kemagnetannya diperlukan intensitas magnet  $H$  yang besar. Bila selanjutnya harga diperbesar pada harga negatif sampai mencapai saturasi dan dikembalikan melalui nol, berbalik arah dan terus diperbesar pada harga  $H$  positif hingga saturasi kembali, maka kurva  $B(H)$  akan membentuk satu lintasan tertutup yang disebut *loop histerisis*. Bahan yang mempunyai koersivitas tinggi kemagnetannya tidak mudah hilang. Bahan seperti itu baik untuk membuat magnet permanen (Chrismant, 1988).

Kurva histerisis dapat digunakan untuk melihat sifat kemagnetan dari magnet permanen dan magnet lunak, dan dapat pula diteliti penyebab perbedaan keduanya. Material magnet lunak memiliki nilai koersivitas yang rendah dan permeabilitas yang tinggi sedangkan material magnet keras memiliki nilai koersivitas yang tinggi dan permeabilitas yang rendah (Sagita, 2015). Kekuatan medan koersifitas dapat dilihat menggunakan diagram histerisis pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva Histerisis Magnet Lunak dan Magnet Keras (Buschow dan Boer, 2004)

Kurva histerisis pada Gambar 9 memperlihatkan perbedaan yang sangat mencolok. Ketika medan magnetik dihilangkan, sebagian besar induksi dipertahankan agar menghasilkan induksi remanen ( $B_r$ ) dan medan balik disebut medan koersif ( $H_c$ ) dan diperlukan sebelum induksi turun menjadi nol. Sama dengan *loop* lengkap dari suatu magnet lunak, *loop* lengkap suatu magnet permanen memiliki sumbu simetri  $180^\circ$  dan untuk magnet keras ini memerlukan energi yang cukup besar untuk menghilangkan kembali medan magnetnya *demagnetisasi*. Karena hasil kali antara medan magnetik ( $A/m$ ) dan induksi magnetik ( $Vs/m^2$ ) adalah energi persatuan volume. Daerah terintegrasi didalam *loop* histerisis dari 0 sampai  $+H$  hingga  $-H$  sampai 0 (Cullity, 1972).

Ferrite merupakan jenis magnet permanen yang tergolong sebagai material keramik dan hanya memiliki remanensi magnet maksimal sekitar 0,2 – 0,6 T dan koersivitasnya relatif tinggi sekitar 100 – 400 kA/m. Produksi magnet ferrite di dunia masih cukup besar, karena bahan bakunya lebih murah dibandingkan dengan magnet dari jenis logam. Jadi kebutuhan pasar akan magnet permanen ferrite masih tinggi. Keunggulan lainnya dari magnet ferrite adalah memiliki suhu kritis ( $T_c$ ) relatif tinggi dan lebih tahan korosi (Afza, 2011). Magnet lunak merupakan pilihan tepat untuk penggunaan pada arus bolak-balik atau frekuensi tinggi, karena harus mengalami *magnetisasi* dan *demagnetisasi* berulang kali selama selang satu detik. Spesifikasi yang agak kritis untuk magnet lunak adalah induksi jenuh tinggi, medan koersif rendah, dan permeabilitas maksimum tinggi. Nilai rasio permeabilitas yang

tinggi berarti bahwa magnetisasi mudah terjadi karena diperlukan medan magnet kecil untuk menghasilkan rapat fluks yang tinggi (induksi). Kerapatan dari bahan ferit lebih rendah dibandingkan logam-logam lain dengan ukuran yang sama. Oleh karena itu nilai saturasi dari bahan ferit relatif rendah yang menguntungkan untuk dapat dihilangkan (Jiles, 1996).

## I. Metode Sol-gel

Pada sintesis nanomaterial berlapis dan berpori metode preparasi yang paling sering digunakan yaitu metode sol-gel. Metode sintesis menggunakan sol-gel untuk material berbasis oksida berbeda-beda bergantung prekursor dan bentuk produk akhir, baik itu berupa *powder*, film, aerogel, atau serat. Metode sol-gel cocok untuk preparasi thin film dan material berbentuk *powder*. Tujuan preparasi ini agar suatu material keramik dapat memiliki fungsional khusus (elektrik, optik, magnetik, dll). Metode ini merupakan salah satu "*wet method*" karena pada prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Pada metode sol-gel, sesuai dengan namanya larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) dan kemudian menjadi gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar dari pada sol).

Sol adalah suspensi koloid yang fasa terdispersinya berbentuk padat dan fasa pendispersinya berbentuk cairan. Suspensi dari partikel padat atau molekul-molekul koloid dalam larutan, dibuat dengan metal alkoxi dan dihidrolisis dengan air, menghasilkan partikel padatan metal hidroksida dalam larutan, dan reaksinya adalah reaksi hidrolisis (Paveena *et al.*, 2010).

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 (Paveena *et al.*, 2010).

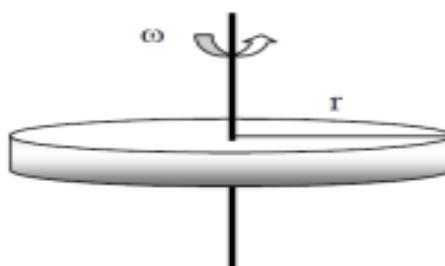
Prekursor atau bahan awal adalah alkoksida logam dan klorida logam, yang kemudian mengalami reaksi hidrolisis dan reaksi polikondensasi untuk membentuk koloid, terdiri dari partikel-partikel padat dengan ukuran partikel antara 1 nm sampai 1  $\mu\text{m}$  yang terdispersi dalam suatu pelarut (Paveena, 2010). Struktur dan ukuran gel yang dihasilkan tergantung pada rumusan komposisi kimia dan prosedur preparasi pembuatan sol hingga titik gel serta jalannya proses *aging*, pengeringan, dan pemanasan gel. Proses *aging* dilakukan dengan cara mendiamkan gel untuk mengubah sifatnya agar lebih kaku, kuat dan menyusut (Pataya, S.A,2016). Hal ini didukung juga oleh penelitian Rianto D, dkk. (2018) yang membuat larutan sol-gel pasir besi pantai Tiram Sumatera Barat dengan waktu sol-gel selama selama 2 jam dengan adukan menggunakan *stirer* berkecepatan konstan pada suhu 80<sup>0</sup>C agar mendapatkan sifat pasir besi yang kuat dan menyusut.

Penelitian tentang sol-gel yang telah ada menunjukkan bahwa proses sol-gel tidak hanya menghasilkan material yang homogen, tetapi juga sol-gel dapat digunakan untuk sintesis berbagai macam material campuran antara organik dan anorganik (Bandyopadhyay *et al*, 2005). Metoda sol-gel

memiliki kekurangan dan kelebihan. Kekurangan dari proses sol-gel ini adalah terjadinya penyusutan dari xerogel karena berkurangnya pelarut, air dan pelepasan alkohol selama proses pengeringan (Hsu *et al*, 2001). Sedangkan kelebihan dari metode sol-gel ini yaitu mempermudah proses pembentukan lapisan tipis melalui proses pemutaran atau spin menggunakan metode *spin coating*.

#### J. Metode *Spin Coating*

Metode *spin coating* dapat diartikan sebagai sebuah metode pembentukan lapisan tipis melalui proses pemutaran atau *spin*. Bahan yang akan dibentuk lapisan tipis dibuat dalam bentuk larutan atau *gel*, yang kemudian ditetaskan pada suatu substrat dan disimpan diatas piringan, yang dapat berputar dengan kecepatan yang cukup tinggi (Hidayat, 2014). Prinsip dasar *spin coating* dapat dijelaskan menggunakan Gambar 9.



Gambar 9. Sketsa Prinsip Dasar *Spin Coating* (Suhandi, 2005)

Gambar 9 memperlihatkan prinsip dasar dalam proses *spin coating*. Ketika bahan (larutan/gel) ditetaskan pada substrat diatas piringan yang berputar, lalu dilakukan percepatan sentripetal yang mengakibatkan substrat

melakukan gerak melingkar dengan kecepatan relatif tinggi kecepatan yang digunakan mengakibatkan adanya gaya sentrifugal pada larutan diatas substrat pada piringan, karena gaya sentrifugal ini, maka bahan tersebut dapat tertarik ke pinggir substrat dan tersebar merata (Suhandi, 2005). Halliday (1986), mengatakan bahwa besarnya gaya ini akan ditentukan oleh laju rotasi dari putaran piringan, menurut persamaan 4:

$$F = m \frac{v^2}{r} \quad (2)$$

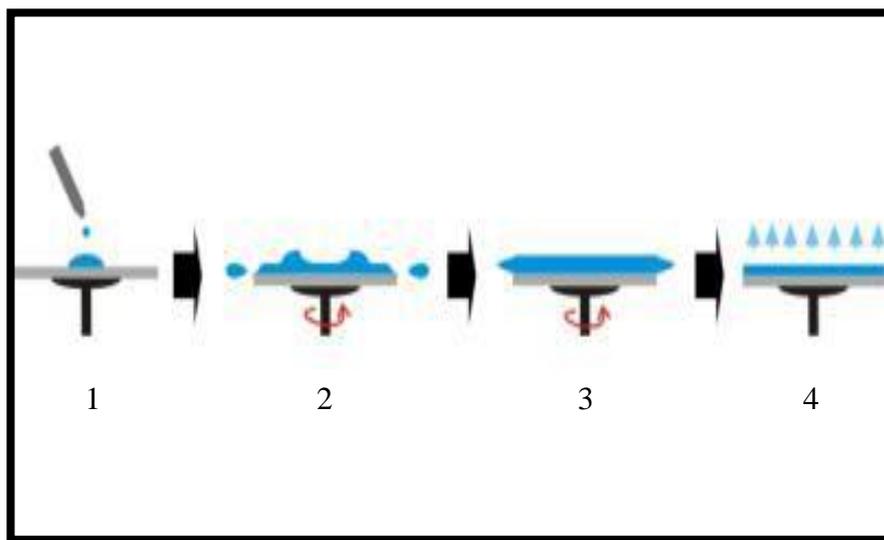
gerak melingkar  $v = \omega r$

$$F = m \frac{\omega r^2}{r} \quad (3)$$

$$F = m \omega r^2 \quad (4)$$

dengan F adalah gaya sentrifugal, m adalah massa partikel,  $\omega$  adalah laju anguler piringan dan r adalah jarak diukur dari pusat piringan secara radial ke arah luar.

Luurtsema, G.A (1997), mengatakan bahwa proses *spin coating* meliputi 4 tahapan yang terdiri dari deposisi, *spin up* dan *spin off* serta tahap evaporasi yang menentukan ketebalan akhir dari lapisan tipis. Sketsa proses *spin coating* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Skema Tahapan *Spin Coating* (Hidayat, 2014)

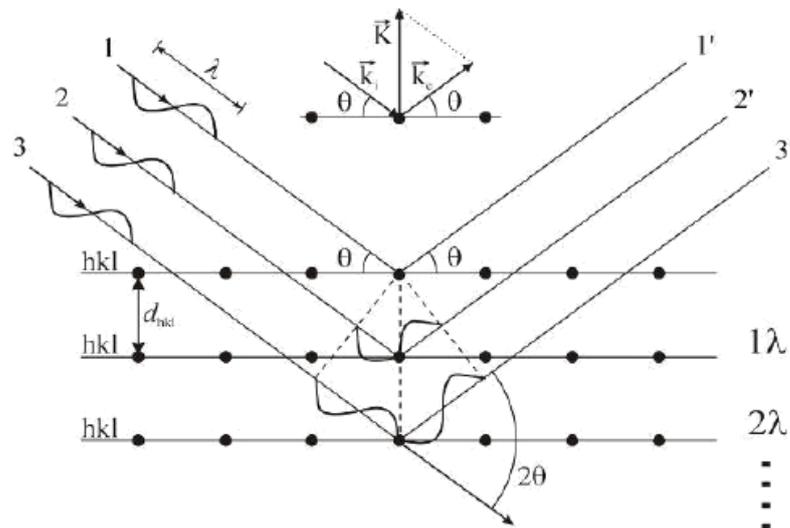
Gambar 10 memperlihatkan empat tahapan dalam proses *spin coating*. Tahap pertama dimulai dari diteteskannya cairan pelapis berupa gel di atas substrat. Pada tahap deposisi substrat belum diputar. Kemudian pada tahap kedua substrat mulai diputar. Akibat gaya sentrifugal cairan menjadi tersebar secara radial keluar dari pusat putaran menuju tepi piringan. Sedangkan pada tahap ketiga laju putaran mulai konstan, artinya tidak ada percepatan sudut pada substrat. Tahap keempat, evaporasi, merupakan mekanisme utama dari proses penipisan lapisan (Rustami, 2008).

Ketebalan lapisan yang dihasilkan film sedikit terpengaruh oleh proses deposisi dan *spin-up*. Walaupun proses yang sangat mempengaruhi dalam proses *spin coating* adalah tahap *spin-off* (Scriven, 2011). Metode *spin coating* merupakan metode yang paling mudah dan cepat dalam penumbuhan lapisan tipis. Lapisan tipis yang dihasilkan dengan metode ini memiliki tingkat kehomogenan yang cukup tinggi. Ketebalan lapisan yang diinginkan

bisa dikontrol berdasarkan waktu dan kecepatan putaran dari alat *spin coater* (Luurtsema, G.A, 1997). Muhlis (2013), mengatakan bahwa lapisan tipis yang dihasilkan dari metode *spin coating* akan menghasilkan lapisan tipis dengan kualitas yang cukup tinggi dan juga biaya pembuatan yang relatif murah. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Eken (2009) yang menggunakan waktu *spin coating* pada bahan material pasir besi selama 60 sekon serta pada penelitian Rianto D, dkk. (2018) pada bahan pasir besi pantai Tiram Sumatera Barat dengan kecepatan *coatiang* 1000rpm dan waktu 60 sekon yang mendapatkan ukuran kristal sebesar 38nm.

#### **K. X-Ray Diffraction (XRD)**

Sinar X merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan fasa suatu material. Bila sinar X dengan panjang gelombang  $\lambda$  diarahkan kesuatu permukaan kristal dengan sudut datang, maka sebagian sinar dihamburkan oleh bidang atom dalam kristal. Berkas sinar X yang dihamburkan dalam arah-arrah tertentu akan menghasilkan puncak-puncak difraksi yang dapat diamati dengan peralatan X-Ray Diffraction (Cullity, 1978). Fenomena interaksi dan *difraksi* sudah dikenal pada ilmu optik. Standart pengujian laboratorium fisika adalah untuk menentukan jarak antara dua gelombang dengan mengetahui panjang gelombang sinar, dengan mengukur sudut berkas sinar yang terdifraksi. Pengujian ini merupakan aplikasi langsung dari pemakaian sinar-X untuk menentukan jarak antar atom dalam kristal.



Gambar 11. Difraksi Bragg (Beiser, 1992)

Gambar 11 menunjukkan suatu berkas sinar X dengan panjang gelombang  $\lambda$ , jatuh pada sudut  $\theta$  pada sekumpulan bidang atom berjarak  $d$ . Sinar yang dipantulkan dengan sudut  $\theta$  hanya dapat terlihat jika berkas dari setiap bidang yang berdekatan dan menempuh jarak sesuai dengan perbedaan kisi yaitu sama dengan panjang gelombang  $n \lambda$ . Menurut syarat terjadinya difraksi, beda lintasan merupakan kelipatan bilangan bulat dari panjang, sehingga hal tersebut dirumuskan W.L.Brag

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta \quad (5)$$

dimana  $n$  adalah orde difraksi ( $n = \text{bilangan bulat } 1, 2, 3, \dots$ ),  $\lambda$  merupakan panjang gelombang sinar-X,  $d$  jarak antar bidang dan  $\theta$  sudut difraksi .

Mengetahui fasa dan struktur material yang diamati dapat dilakukan dengan cara sederhana, yaitu dengan cara membandingkan nilai  $d$  yang terukur dengan nilai  $d$  pada data standart. Data  $d$  standart dapat diperoleh melalui *Joint Commitee On Powder Diffraction Standart (JCPDS)*. Derajat

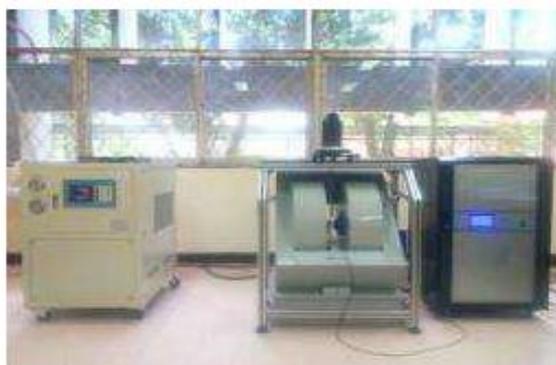
kristalinitas yaitu besaran yang menyatakan banyaknya kandungan kristal dalam suatu material dengan membandingkan luasan kurva kristal dengan total luasan amorf dan kristalit. Derajat kristalinitas dihitung menggunakan parameter *Full Width at Half Maximum* (FWHM) hubungan antara ukuran kristal dengan lebar puncak difraksi sinar-X dapat diproksimasi dengan persamaan Debye-Scherrer berikut (Cullity, 1956):

$$D = K \frac{\lambda}{B \cos \theta_B} \quad (6)$$

Dimana D merupakan diameter rata-rata, K merupakan faktor keadaan, B merupakan perluasan *full width at half maximum* (FWHM) puncak difraksi yang dihitung dalam radian, dan  $\lambda$  merupakan panjang gelombang sinar-x dan  $\theta$  merupakan sudut difraksi Bragg (Skoog, 1998).

#### L. *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM)

*Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) merupakan salah satu alat ukur magnetisasi yang bekerja berdasarkan metode induksi. Alat ini ditemukan oleh Simon Foner pada tahun 1955 di Laboratorium Lincoln MIT (Buschow dan Boer, 2004).



Gambar 12. *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM)  
(Nainggolan, 2016)

Gambar 12 merupakan alat *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) atau *M-H Curve Hysteresis Graph Test System* dari Dexing Magnet Ltd bertipe VSM250. Peralatan ini dapat digunakan untuk mengukur sifat-sifat magnetik pada bahan magnetik. Beberapa output yang dapat dihasilkan melalui pengukuran dengan VSM250 adalah kurva hysteresis (M-H loop), kurva magnetisasi (M-H curve), dan kurva pemanasan (M-T curve).

Berdasarkan metode pengukuran tersebut, dapat dihasilkan karakteristik magnetik bahan seperti momen magnetik saturasi ( $M_s$ ), momen magnetik remanen ( $M_r$ ), koersivitas magnetik intrinsik ( $H_c$ ), energi produk maksimum ( $BH_{max}$ ) dan Temperature Curie ( $T_c$ ). Material yang dapat dianalisis menggunakan VSM250 antara lain dapat berbentuk serbuk, bongkah/serpihan maupun film tipis. Metode yang digunakan pada alat ini yaitu sampel yang akan diukur magnetisasinya dipasang pada ujung bawah batang kaku yang bergetar secara vertikal dalam lingkungan medan magnet luar  $H$ . Sampel termagnetisasi, secara permanen ataupun sebagai respon dari adanya medan magnet luar, getaran ini akan mengakibatkan perubahan garis gaya magnetik.

Perubahan ini akan menginduksikan/menimbulkan suatu sinyal tegangan AC pada kumparan pengambil (*pick-up coil* atau *sense coil*) yang ditempatkan secara tepat dalam sistem medan magnet ini (Mujamilah, dkk., 2000). Sinyal AC ini akan dibaca oleh rangkaian *pre-amplifier* dan *lock-in amplifier*. Frekuensi dari *lock-in amplifier* diset sama dengan frekuensi getaran sinyal referensi dari pengontrol getaran sampel. *Lockin amplifier* ini

akan membaca sinyal tegangan dari kumparan yang sefasa dengan sinyal referensi. Kumparan penganmbil biasanya dirangkai berpasangan dengan kondisi arah lilitan yang berlawanan. Hal ini untuk menghindari terbacanya sinyal yang berasal dari selain sampel, misalnya dari akibat adanya perubahan medan magnet luar itu sendiri. Selanjutnya dalam proses pengukuran, medan magnet luar yang diberikan, suhu sampel, sudut dan interval waktu pengukuran dapat divariasikan melalui kendali komputer. Komputer akan merekam data tegangan kumparan sebagai fungsi medan magnet luar, suhu, sudut ataupun waktu (Mujamilah, dkk., 2000).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

Dari Hasil penelitian tentang pengaruh variasi komposisi pada sifat magnet dari nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi yang disintesis dengan metode sol-gel *spin coating*, maka dapat dibuat kesimpulan telah berhasil dilakukan pembuatan nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi dengan metode sol-gel *spin coating* dengan variasi komposisi NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dalam PANi yaitu 30%, 40%, 50%, 60%, 70% dengan ukuran rata-rata 40nm . Berdasarkan analisa didapatkan bahwa variasi komposisi NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dari nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi mempengaruhi sifat magnetik dari nanokomposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/PANi semakin banyak NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> diberikan maka sifat magnetik juga semakin kuat dibuktikan dengan Mr dan Ms yang besar pada variasi komposisi 70% serta Hc yang melebihi 200Oe dan ukuran butir juga ikut mempengaruhi sifat magnet dari bahan semakin kecil ukuran butir sifat magnet semakin bertambah kuat.

#### **B. SARAN**

Bedasarkan penelitian yang telah dilakukan maka peneliti menyarankan untuk melakukan proses sol gel dengan teliti agar larutan yang dibuat makin gel sehingga pada saat penumbuhan nanokomposit menggunakan *spin coating* menghasilkan film yang homogen dan lengket.. Untuk waktu putar *spin coating* ditemukan yang lebih tepat lagi agar nilai ukuran kristal menjadi sama pada setiap variasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. (2003): GPS Survey for Natural Hazard Mitigation in Indonesia, Country Report of International Union of Geophysics and Geodesy (Indonedain Committee), Sapporo, Japan, June 30-July 11, 22-27
- Afdal, Elio Nora Islami.2015.Karakteristik Magnetik Batuan Besi dari Bukit Barampung, Nagari Lolo,Kecamatan Pantai Cermin, Kabupaten Solok, Sumatera Barat, *Prosiding Semirata 2015* bidang MIPA BKS-PTN Barat, Hal. 01-08
- Afza, E.2011.Pembuatan Magnet Permanen Ba-Hexaferrite ( $BaO.6Fe_2O_3$ )dengan Metode Koopresipitasi dan Karakterisasinya.Skripsi.Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Aji Mahardika Prasetya, Agus yulianto, Satria Bijaksana.2007. Sintesis Nanopartikel Magnetit Maghemit dan Hematit Dari Bahan Lokal. *Jurnal Sains Materi Indonesia Journal Of Material Science* edisi khusus Oktober2007 hal : 106- 108
- Alex G.M.1991. *Magnetic Ceramic Ferrit Vol. 4*. USA: ASM International hand book Comitte
- Aryati,T dan Yayah Y. 2001. Pembuatan dan PengukuranTransmitansi Bahan Polianilin Kompleks. Padjajaran :Laboratorium Material Jurusan FisikaFakultas IPA Universitas Padjadran.Laporan Penelitian, Dipublikasi tanggal 21 Oktober 2001,3-7
- Astley OM, Chanliaud E, Donald AM. 2001. Structure of Acetobacter cellulose composites in the hydrated state a Polymers and Colloids. *Journal of Biological Macromolecules*. 29:193-202
- ASM Handbook. 2001. Composite. ASM International
- Bandyopadhyay, A., M. D. Sarkar, & A. K. Bhowmick.2005.Poly(Vinyl Alcohol)/Silica Hybrid Nanocomposites By Sol-Gel Technique: Synthesis And Properties. *Journal of Materials Science*Vol. 40:5233-5241
- Buschow, K. H. J. and Boer F. R.2004. *Physics of Magnetism and Magnetic Materials*. Moscow: Kluwer Academic Publisher
- Callister, William.,dkk. 2001. Fundamental of Material Science and Engginering. USA.

- Cao Yan Chang, Wei Guo, Zhi Min Cui, Wei Guo Song dan Wei Cai. 2011. Microwave-Assisted Gas/Liquid Interfacial Synthesis Of Flowerlike Nio Hollow Nanosphere Precursors And Their Aplication As Supercapacitor Electrodest, *Journal Of Material Chemistry* Vol 21 hal 3204-3209
- Chung DDL. 2001. Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon materials. *Carbon*. 39:279-285. ISSN 0008-6223
- Chrismant, J. Richard.1988. *Fundamental of Solid State Physics*. Canada: John Willey and Sons Inc
- Cullity, B. D.1956. *Elements of X-Ray Diffraction*. Canada: Addison Wesley Publishing Company Inc
- Darvina, Y., Rianto, D., Murti, F., Yulfriska, N., Ramli. 2017. Struktur Nano Partikel Oksida Besi dari Pasir Besi Pantai Tiram Sumatera Barat. *Seminar Prosiding*. Padang :Universitas Negeri Padang
- Daulay, S. 2012. Pengaruh Substitusi Mn pada Sifat Magnetik Barium Heksaferit.Skripsi. Depok: Universitas Indonesia
- Dong XM, Fu RW, Zhang MQ, Zang B, Rong MZ.2004. Electrical Resistance Response Of Carbon Black Filled Amorphouse Polymer Composite Sensors To Organic At Low Vapor Concentrations. *Carbon* 42(12-13);2551-9
- Dunlop, D., O. Ozdemir.1997.*Rock Magnetic*.Cambridge University Press, Cambridge
- Eken, A. E., Ozenbas, M. 2009. Characterization of nanostructured magnetite thin films produced by sol-gel processing. *Journal Sol-Gel Sci Technol*. 50:321-327
- Giancoli, D. C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 2 (Terjemahan)*.Jakarta: Erlangga
- Hadiyawarman, Rijal A, Nuryadin BW. 2008. Fabrikasi Material Nanokomposit Super Kuat Dan Transparan Menggunakan Metode *Simple Mixing*. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. 2:1-5
- Halliday dan Resnick. 1989. *Fisika Jilid 1 (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga
- Handayani, A. 2007. Pengamatan Struktur mikro dengan Mikroskop Optik dan *Scanning Electron Microscope (SEM-EDAX)*. *Pusdiklat*. Jakarta. 21 – 31 Mei 2007

- Hayati Sukma. 2014. Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi Terhadap Karakterisasi Besi Oksida dari Bijih Besi yang terdapat di Sungai Kunyit Kecamatan Sangir Balai Janggo, Kabupaten Solok Selatan. Skripsi. Padang: Universitas Negeri Padang
- Hia, T. H. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Magnet Berbasis Barium Heksaferit-Alumina. Tesis. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Hidayat. 2014 . Pengaruh Suhu dan Kecepatan Putar *Spin Coating* Terhadap Kinerja Sel Surya Organik Berbahan Dasar TiO<sub>2</sub>. Skripsi. Bandung : Universitas Telkom
- H. Perron, T Miller, C domain, J Roquest, E Simoni, R Drot, H Catalette. 2007. Structural investigation and electronic properties of the nickel ferrite NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Periodic Density Functional Theory Approach; *Journal Of Physics; Condens Matter* 346219
- Iftimie N, E Rezlescu, C Doroftei. 2006. Semiconducting gas acetone based on the fine grained nickel ferrite. *Journal Sensor and Actuators: Chemical* Volume 114, Issue 1 Pages 427-432
- Jatiutoro, P. 2006. Pembuatan dan karakterisasi magnet komposit dari bahan magnet barium heksaferit (BaO.6Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Skripsi. UNNES: Semarang
- Jiles, David. 1996. *Introduction to Magnetism and Magnetic Materials*. London: Chapman and Hall
- Joshi S, M. Kumar, S. Chhoker, G. Srivastara, M. Jawariya dan V.N Singh, V.N. 2014. Structural, Magnetic, Dielectric And Optical Properties Of Nickel Ferrite Nanoparticles Synthesized By Co-Precipitation Method, *Journal Of Molecular Structure*, Vol 1076, Pp 55-62
- Karokaro A, Suharpiyu, M Febri, Mujamillah, E. Yulianti, S. Purwanto, Ridwan, Sudirman. 2002. Aplikasi Resin Poliester Dan Epoksi Dalam Pengembangan Rigid Bonded Magnet. *Jurnal Sains Materi Indonesia Vol.3 No.2*. Tangerang: Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) BATAN
- Khairunnisa Hafsa. 2017. Pengaruh Penambahan Fe Pada Pembuatan Bonded Magnet NdFeB Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Magnet. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Khairy M, M.E Gounda. 2014. Electrical And Optical Properties Of Nickel Ferrite/Polyaniline Nanocomposite. *Journal Of Advance Research* (2014) 6(4):555-62

- Luurtsema, G.A. 1997. Spin Coating for Rectangular Substrates. Thesis. University of California. Barkeley. hal. 4-7
- Maensiri S, C Masingboon, B Boonchom, S Seraphin. 2007. A simple Route To Synthesize Nickel Ferrite( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ) Nanoparticles using Egg White. *Script Materialia* Volume 56, issue 9, pages 797-800
- Masno, G., Muljadi, Sebayang, P. 2006. Pembuatan Magnet Permanen Isotropik Berbasis NdFeB dan Karakterisasinya. *Teknologi Indonesia*. Vol 29. Hal. 1-5
- Mattews, F.L, Rawlings, RD. 1993. Composite Material Engineering And Science, Imperial College Of Science, Technology and medicine. Londo ,UK
- Muflihatun, Siti Sofiah, Edi Suharyadi. 2015. Sintesis Nanopartikel Nickel Ferrite ( $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ ) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya: *Jurnal Fisika Indonesi UGM* No. 55 Vol XXX SSN 1410-2994
- Mujamilah, Ridwan, Muslich, R.M., Purwanto, S., Febri, M.M.I., Yohannes, A.M, Santoso, E., dan Mugirahardjo, B. 2000. Vibrating Sample Magnetometer (VSM) Tipe Oxford VSM 1.2H. *Prosiding Seminar Nasional Bahan Magnet I*. Serpong: Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) -BAT AN
- Moulson, A. J and Herbert J. M. 1985. Electroceramics: Material, Properties and Applications. London: Chapman and Hall Inc
- Mulyawan Ade. 2017. Pengaruh Waktu Milling Terhadap Mikrostruktur Dan Sifat Magnetik Komposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4\text{-NdFeO}_3$  . *Jurnal Metalurgi* 2017 3 hal 105-114 , LIPI
- Mulyawan Ade. 2014. Fabrikasi Dan Optimasi Sifat Fisis Film Nanokomposit  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ - Multiwalled Nanotube/Pva. Skripsi. Inatitut Pertanian Bogor .Bogor
- M. Kooti dan A.N. Sadeh. 2013. Synthesis And Characterization Of  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  Magnetic Nanoparticles By Combustion Methode. *Journal Of Materials Science And Technology* Vol.29 Pp 34-38
- M. Parishani, A. Cheragi, R. Malekfar. Spectroscopy, Structural And Optical Investigations Of  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  Ferrite: *International Journal of Optics and Photonics (IJOP)*”. vol. 9, no. 2, pp. 73-78, 2015

- Nainggolan, M. M. 2016. Optimasi Proses Pembuatan Hard Magnetic Material Berbasis  $BaFe_{12}O_{19}$  Dengan Aditif FeMn. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Ningsih, H S. 2015. Pengaruh Komposisi  $Fe_2O_3$  terhadap Sifat Fisis, Mikrostruktur dan Magnet dari Barium Heksaferit. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Nasheri, G.M., Bin E. S. H., Abbastabar A.M., Hashim A.H., Shaari. 2011. Syntesis and Characterization of Manganese Ferrite Nanoparticles by Thermal Treatment Methode. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Vol 323. Pp. 1745-1749.
- N.Chen dan M. Gu. 2012. Microstructure and Microwave Absorbtion Properties of Y Subtituted Ni-Zn Ferrite, *Open Journal of Metal* Vol 2 pp 37-41
- Pataya, S. A. 2016. Karakterisasi Lapisan Tipis Titanium Dioksida ( $TiO_2$ ) yang Ditumbuhkan dengan Metode Spin Coating Diatas Substrat Kaca. Skripsi. Universitas Hasanuddin. : Makassar
- Pauzan, M., Takeshi K., Satoshi I., Edi S. 2013. Pengaruh Ukuran Butir dan Struktur Kristal Terhadap Sifat Kemagnetan Pada Nanopartikel Magnetit  $Fe_3O_4$ . *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVII HFI Jateng & DIY*. Serpong: Pusat Penelitian Fisika – LIPI
- Paveena, A.Z. Tachan, M. Boutbara. 2010. The Effect of Substrate Temperature on Structural and Physical Properties of Ultrasonically Sprayed Cds Film; *Materials Chemistry and Physics*. 94
- Prasanna GD, RL Ashok, VB Prasad, Dan HS Jayanna. 2014. Synthesis And Characterization Of Magnetic And Conductive Nickel Ferrite-Polyaniline Nanocomposites. *Journal Of Composite Material* 0(0) 1-9
- Pratapa, Suminar. 2004. Prinsip-Prinsip Difraksi Sinar-X. Makalah seminar XRD.
- Ragowo, M. F. 2013. Pembuatan Magnet Permanen Berbasis Barium Heksaferit dengan Variasi Aditif Ti. Laporan PKL. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- Ramli, Jonuarti, R., Hartono, A. 2017. Analisis Struktur Nano dari Lapisan Tipis Cobalt Ferrite Yang Dipreparasi dengan Metode *Sputtering*. *Eksakta* Vol. 18 No. 1
- Ratman, N., Suwarti, T., dan Samodra, H. 1988. Peta Geologi Indonesia Lembar Surabaya Edisi Ke2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung

- Rianto, Debi, N Yulfriska, F Murti, H Hidayati, R Ramli. 2018. Analysis of Crystal Struktur of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Thin Films Based on Iron Sand Growth by Spin Coating *Methoe Journal of IOP Confrence Series Material Science and Engineering* 335 012012
- Rositawati, N.D. 2004. Pengaruh Doping Dan Annealing Terhadap Konduktivitas Listrik Film Polianilin. Yogyakarta:Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sanata Dharma
- Sagita, Lilis. 2015. Optimasi Milling Time Powder Terhadap Sifat Fisis dan Mikrostruktur  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dengan  $\text{SiO}_3$  Sebagai Aditif. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Salah, Abdulla Hasoon and Abdullah Ibrohim Abbo.2012. Optical and Electrical Properties of Thin Films of Polyaniline and Polypyrrole.Baghdad :College of Science for Women-Physics department.*Int. J. Electrochem. Sci.*,7,10666 – 10678
- Scriven, L. E. *Physics And Applications Of Dip Coating And Spin Coating*. University of Minnesota, 421 Washington Ave. S.E., Minneapolis, MN 55455
- Setianingsih Enni. 2014 . Karakteristik Struktur, Sifat Optik Dan Sifat Listrik Film Tipis Polianilin Doping  $\text{H}_2\text{SO}_4$  Yang Ditumbuhkan Dengan Metode *Spin Coating*.Skripsi.Universitas Negeri Semarang
- Shinde, S. S.2011. Physical Properties Of Hematite  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  Thin Films: Application To Photoelectrochem- Ical Solar Cells. *Journal of Semiconductors*, Vol. 32 No.1
- Simamora Pintor, Krisna.2014. Sintesis Dan Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Montmorilonit Berdasarkan Variasi Suhu. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Suhandi, A, dkk. 2005. Rancang Bangun Alat *Spin-Coating* untuk Deposisi Lapisan Tipis Semikonduktor. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia
- Sulastri, S. 2010. Pengukuran Sebaran Lapisan Tipis Hasil Spin Coating dengan Metode Interferometrik. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Tang, N.J, dkk. 2004. Nanostructured Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Thin Films Prepared by Sol-gel Method. Nanjing University : China

- Tatarchuk Tetiana, Mohamed Bououdina, J. Judith Vijay, L. Jhon Kennedy. 2017. Spinel Ferrite Nanoparticle: Syntesis, Crystal Structure, Properties, and Perspective Applications; Springer International Publishing 2017, *Proceedings in Physics* 195 Chapter 2
- Togar Saragi dan Normal Syakir. 2013. Preparasi Film Tipis Nano Magnetik dengan Metoda Sol Gel Dan karakterisasinya Untuk Aplikasi Media Perekaman Berkapasitas Tinggi. FMIPA. Universitas Padjadjaran.
- Wati, D.L., 2012, Fabrikasi Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles (SPIONs) Magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan Metode Kopersipitasi. Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta
- Wu, A., Ou, P. dan Zeng, L., 2010, Biomedical Applications of Magnetic Nanoparticles, *NANO: Breif Reports and Reviews*, 5, 245-270
- Xue QZ. The Influence Of Particle Shape And Size On Electric Conductivity Of Metal Polymer Composite *Eur Polym J* 2004;40(2):323-7
- Yulianingsih Anes, Munasir. 2016 . Analisis Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{C-SiO}_2$  Dari Pasir Talud Dan Pasir Lumajang, *Jurnal Inovasi Indonesiap (Ifi)* Volume 05 Nomor 02 Tahun 2016, Hal 5-8
- Yulianto A, S. Bijaksana, W. Loeksmanto, D. Kurnia. 2003. Produksi Hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dari Pasir Besi: Pemanfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Vol.5 No.1 Tahun 2003. 51-54