

**PENGARUH KOMPOSISI MnFe_2O_4 TERHADAP SIFAT
MAGNETIK NANOKOMPOSIT MnFe_2O_4 / PVDF YANG
DI PREPARASI DENGAN METODE *SPIN COATING***

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh:
ROMIZAH MARTA
NIM. 15034039/2015

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH KOMPOSISI MnFe_2O_4 TERHADAP SIFAT MAGNETIK NANOKOMPOSIT MnFe_2O_4 / PVDF YANG DI PREPARASI DENGAN METODE *SPIN COATING*

Nama : Romizah Marta
NIM/TM : 15034039/2015
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2020

Mengetahui
Ketua Jurusan



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si
NIP 19690120 199303 2002

Disetujui
Pembimbing



Dra. Hj. Yenni Darvina, M.Si
NIP 19630911 198903 2003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Romizah Marta

NIM : 15034039

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH KOMPOSISI MnFe_2O_4 TERHADAP SIFAT MAGNETIK NANOKOMPOSIT $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ YANG DI PREPARASI DENGAN METODE *SPIN COATING*

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Padang

Padang, Februari 2020

Tim Penguji

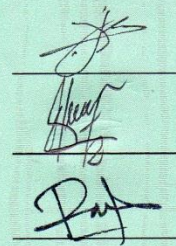
Nama

Tanda tangan

Ketua : Dra. Hj. Yenni Darvina, M.Si

Anggota : Dr. Desnita, M.Si

Anggota : Dr. Ramli, S.Pd, M.Si



PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa Skripsi dengan judul, “ Pengaruh Komposisi MnFe_2O_4 Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ Yang Di Preparasi Dengan Metode *Spin Coating*” adalah asli karya saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali dari pembimbing.
3. Didalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada perpustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, Februari 2020

Yang membuat pernyataan



Romizah Marta
Nim 15034039

Pengaruh Komposisi MnFe_2O_4 Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF Yang Di Preparasi Dengan Metode *Spin Coating*

Romizah Marta

ABSTRAK

Saat ini merupakan era “*Internet of things*”, artinya segala hal terhubung ke internet. *Internet of Things* adalah kumpulan benda-benda berupa perangkat yang bisa bertukar informasi antar sumber informasi dan terhubung ke dalam sistem. Untuk membangun sistem tersebut, maka membutuhkan komponen-komponen seperti *device connection* dan *Data sensing*. *Device connection* tersebut seperti ESP8266 dan Modem USB 4G LTE dimana didalam device ini, memerlukan sensor *magnetic* untuk menyimpan data. Dalam pembuatan sensor *magnetic*, bahan-bahan akan digabungkan membentuk Nanokomposit. Pada penelitian ini, bahan yang dijadikan Nanokomposit adalah *Manganese Ferrit* (MnFe_2O_4) dan *Polyvinilidene Flouride* (PVDF). Kemudian metode yang digunakan adalah metode *spin coating*. Perbedaan komposisi MnFe_2O_4 akan mempengaruhi hasil sifat magnetik Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menyelidiki pengaruh komposisi MnFe_2O_4 terhadap sifat magnetik dari Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF.

Pada penelitian ini, ada lima variasi komposisi Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF, yaitu 25% : 75%, 33,33% : 66,67%, 50% : 50%, 66,67% : 33,33% dan 75% : 25%. Ke lima variasi komposisi di preparasi menggunakan metode *spin coating*. Yaitu suatu metode menyebarkan larutan ke atas substrat, lalu substrat diputar untuk mendapatkan lapisan tipis diatas substrat.

Hasil Karakterisasi XRD sebagai data pendukung menunjukkan ada dua zat yaitu MnFe_2O_4 dan PVDF yang memiliki puncak-puncak. Untuk setiap puncak memiliki sudut 2θ , Intensitas, Nilai FWHM dan Indeks Miller yang berbeda-beda. Bentuk Kristal dari MnFe_2O_4 adalah *Monoclinic* dan bentuk Kristal dari PVDF adalah *Cubic*. Hasil Karakterisasi FTIR sebagai data pendukung menunjukkan Bilangan Gelombang, *Transmitansi*, *Absorbansi* dan Gugus Fungsi. Gugus Fungsi ada dua buah yaitu Fe-O dan CH_2 . Untuk Fe-O merupakan Gugus Fungsi MnFe_2O_4 , dan CH_2 merupakan Gugus Fungsi PVDF atau $(\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2)_n$. Hasil Karakterisasi VSM sebagai hasil penelitian menunjukkan hubungan variasi komposisi Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF dengan *Magnetisasi Saturasi* adalah cenderung menurun yaitu bernilai 2,07; 1,11; 1; 1,54; 1,09. Selanjutnya, hubungan variasi komposisi dengan *Magnetisasi Remanen* yaitu bernilai 0,37; 0,35; 0,47; 0,31; 0,25 adalah cenderung menurun. Selanjutnya, hubungan variasi komposisi Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF dengan *Koersivitas*, didapatkan hasil *Koersivitas* yang *fluktuatif*. Ada 3 buah variasi dengan nilai *Koersivitas* tinggi yang menunjukkan *Hard Magnetic* yaitu 297,08 pada 25% : 75%; 300,53 pada 66,67% : 33,33% dan 300,53 pada 66,67% : 33,33% dan dua lainnya dengan nilai *Koersivitas* rendah yang menunjukkan *Soft Magnetic* yaitu 144,96 pada 33,33% : 66,67% dan 196,57 pada 75% : 25%.

Kata kunci : Nanokomposit, MnFe_2O_4 / PVDF, dan Karakterisasi

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan, kekuatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **Pengaruh Komposisi MnFe_2O_4 Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF Yang Di Preparasi Dengan Metode *Spin Coating*.**

Skripsi 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 Bapak Dr. Ramli, S.Pd, M.Si, dkk dalam penelitian dasar tahun 2019 dengan judul “Pengembangan Nano Komposit MFe_2O_4 (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. Ibu Dra. Hj. Yenni Darvina, M.Si selaku Pembimbing dan Penasehat Akademik.
2. Ibu Dr. Desnita, M.Si selaku Penguji.
3. Bapak Dr. Ramli, S.Pd. M.Si selaku Penguji.
4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika.
5. Ibu Dr. Fatni Mufit, S.Pd, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Fisika.
6. Ibu Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Program Studi Fisika.
7. Seluruh staff pengajar Jurusan Fisika yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.

8. Seluruh staff 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, Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	7
C. Batasan Masalah	8
D. Rumusan Masalah.....	8
E. Tujuan Penelitian.....	9
F. Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
A. Sifat-sifat Fisika Pada Mangan Oksida (MnO).....	10
B. Bijih Besi Dalam Bentuk Hematit (Fe ₂ O ₃)	15
C. <i>Manganese Ferrit</i> (MnFe ₂ O ₄)	15
D. <i>Polivinilidene Fluoride</i> (PVDF)	16
E. Nanokomposit	19
F. Nanokomposit MnFe ₂ O ₄ / PVDF	20
G. Sifat Magnetik Bahan	21
H. Metode <i>Spin Coating</i>	38
I. Karakteristik Sifat Magnetik Nanokomposit MnFe ₂ O ₄ / PVDF	40
J. Pengaruh Komposisi MnFe ₂ O ₄	53
K. Aplikasi Sensor Magnet Pada <i>Device</i>	55
BAB III METODE PENELITIAN.....	57
A. Jenis Penelitian	57
B. Waktu dan Tempat Penelitian	57
C. Variabel Penelitian	57

D. Instrument Penelitian	58
E. Pelaksanaan Penelitian	74
F. Diagram Alir Penelitian.....	81
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	82
A. Hasil Penelitian	82
B. Pengolahan Data	102
C. Pembahasan.....	105
BAB V PENUTUP.....	108
A. Kesimpulan	108
B. Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN.....	115

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
1. Kenampakan Bijih Mangan.....	10
2. Struktur Tetragonal Pyrolusite	11
3. Struktur Kubik Bixbyte	11
4. Jarak Antar Bidang d_{hkl}	13
5. Bentuk Sistem Kristal Monoklinik.....	17
6. Bentuk Sistem Kristal Kubik	18
7. Bentuk Ikatan Partikel Pada Material Nanokomposit.....	19
8. Kurva Histeresis Magnet Lunak	21
9. Kurva Histeresis Magnet Keras	22
10. <i>Spin Magnetic</i> yang Tak Seimbang.....	23
11. Arah Domain Magnetik pada Bahan Bersifat Diamagnetik	28
12. Arah Domain Magnetik pada Bahan Bersifat Paramagnetik	29
13. Grafik Hubungan Suseptibilitas dengan Suhu pada Paramagnetik.....	30
14. Arah Domain Magnetik pada Bahan Bersifat Ferromagnetik.....	30
15. Grafik Hubungan Suseptibilitas dengan Suhu pada Ferromagnetik	31
16. Arah Domain Magnetik pada Bahan Bersifat Antiferromagnetik	32
17. Grafik Hubungan Suseptibilitas dengan Suhu pada Antiferromagnetik	33
18. Arah Domain Magnetik pada Bahan Bersifat Ferrimagnetik	34
19. Tahap-Tahap Penting dari Proses Pelapisan <i>Spin Coating</i>	39
20. XRD tipe X'PERT POWDER Tipe PW 30/40	41
21. Prinsip Kerja <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	42
22. Peristiwa Hamburan Pada Kristal	42
23. Grafik Contoh Analisis Sampel Uji XRD.....	44
24. Alat Uji FTIR di Kimia FMIPA UNP	45
25. Hasil Spektrum IR Variasi Perbandingan Komposisi Protein : KBr	46
26. Alat Uji <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) LIPI Fisika.....	47
27. Komponen <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	49
28. Prinsip Kerja <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	51
29. Kurva Histeresis M-H (Magnetisasi-Medan Eksternal).....	52
30. Kurva <i>Loop</i> Histeresis Nanopartikel $MnFe_2O_4$	54
31. <i>High Energy Milling</i> (HEM-E3D) Nanotech Indo Esia Paten LIPI	59
32. Magnet Permanen tipe TRUSCO Ferrite Magnet.....	60
33. Timbangan Digital tipe <i>Kern Ara</i>	60
34. Cawan.....	60
35. <i>Magnetic Stirrer</i> tipe MS-088	61
36. Penyaring 100 Mesh.....	61
37. Spatula.....	61

38. Lumpang dan Alu.....	62
39. Termometer Air Raksa.....	62
40. Gelas Beker	62
41. Oven Laboratorium Jenis <i>Gallenkamp</i>	63
42. <i>Spin Coater</i>	64
43. Pipet Tetes.....	64
44. Penjepit.....	64
45. Ultrasonik.....	65
46. Bijih Besi.....	66
47. Mangan Oksida Berbentuk <i>Manganese Powder</i>	66
48. <i>Aquabidest</i>	67
49. Tepung Tapioka	67
50. <i>Etilen Glikol</i>	68
51. <i>Asam Oksalat</i>	68
52. <i>Asam Nitrat</i>	69
53. <i>Asam Sitrat</i>	70
54. THF (<i>Tetrahydrofuran</i>).....	70
55. <i>Amonium Persulfate</i>	71
56. <i>Polyvinylidene Fluoride</i> (PVDF).....	72
57. Kaca Preparat	72
58. Bentuk alat XRD tipe X'PERT POWDER PW 30/40	73
59. Bentuk Alat FTIR.....	73
60. Bentuk Alat VSM LIPI, Tangerang Selatan	74
61. Diagram Tahap Preparasi Sampel Untuk Bijih Besi.....	74
62. Kurva Histeresis.....	79
63. Diagram Alir Penelitian	81
64. Pola Difraksi Nanokomposit dengan Variasi Komposisi MnFe ₂ O ₄ / PVDF 25% : 75%.....	83
65. Pola Difraksi Nanokomposit dengan Variasi Komposisi MnFe ₂ O ₄ / PVDF 33,33% : 66,67%	85
66. Pola Difraksi Nanokomposit dengan Variasi Komposisi MnFe ₂ O ₄ / PVDF 50% : 50%	86
67. Pola Difraksi Nanokomposit dengan Variasi Komposisi MnFe ₂ O ₄ / PVDF 66,67% : 33,33%.....	88
68. Pola Difraksi Nanokomposit dengan Variasi Komposisi MnFe ₂ O ₄ / PVDF 75% : 25%.....	89
69. Grafik Karakterisasi FTIR MnFe ₂ O ₄ /PVDF Variasi 25% : 75%.....	91
70. Grafik Karakterisasi FTIR MnFe ₂ O ₄ /PVDF Variasi 33,33% : 66,67%....	92
71. Grafik Karakterisasi FTIR MnFe ₂ O ₄ /PVDF Variasi 50% : 50%.....	93
72. Grafik Karakterisasi FTIR MnFe ₂ O ₄ /PVDF Variasi 66,67% : 33,33%....	94
73. Grafik Karakterisasi FTIR MnFe ₂ O ₄ /PVDF Variasi 75% : 25%.....	95

74. Kurva Histeresis Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ Variasi 25% : 75%.....	97
75. Kurva Histeresis Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ 33,33% : 66,67%	98
76. Kurva Histeresis Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ 50% : 50%	99
77. Kurva Histeresis Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ 66,67 % : 33,33%	100
78. Kurva Histeresis Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ 75 % : 25%	101
79. Grafik Hubungan Variasi Komposisi Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/$ PVDF dengan <i>Magnetisasi Saturasi</i>	103
80. Grafik Hubungan Variasi Komposisi Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/$ PVDF dengan <i>Magnetisasi Remanen</i>	103
81. Grafik Hubungan Variasi Komposisi Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/$ PVDF dengan <i>Koersivitas</i>	104

DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
1. Persamaan Parameter Kisi untuk Sistem Kristal	12
2. Kisi Bravais, Panjang Rusuk, Besar Sudut-Sudut Untuk Sistem Kristal	13
3. Kisi Bravais, Panjang Rusuk, Besar Sudut-Sudut Untuk Sistem Kristal Pada PVDF	18
4. <i>Magnetisasi Saturasi</i> pada beberapa <i>Ferromagnetik</i>	26
5. Parameter Sintesis Nanopartikel MnFe_2O_4 Variasi Konsentrasi NaOH	53
6. Hasil Pengamatan VSM Pada MnFe_2O_4 Variasi Konsentrasi NaOH.....	54
7. Alat, Bahan dan Alat Karakterisasi yang Disiapkan	58
8. Data Hasil VSM Untuk Setiap Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF	80
9. Data Hasil Karakterisasi FTIR untuk Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF dengan Variasi Komposisi 25% : 75%	91
10. Data Hasil Karakterisasi FTIR untuk Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF Dengan Variasi Komposisi 33,33% : 66,67%	92
11. Data Hasil Karakterisasi FTIR untuk Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF dengan Variasi Komposisi 50% : 50%	93
12. Data Hasil Karakterisasi FTIR untuk Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF dengan Variasi Komposisi 66,67% : 33,33%	94
13. Data Hasil Karakterisasi FTIR untuk Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF dengan Variasi Komposisi 75% : 25%	95
14. Nilai <i>Magnetisasi Saturasi</i> (M_s), <i>Magnetisasi Remanen</i> (M_r), dan <i>Koersivitas</i> Untuk Variasi Komposisi MnFe_2O_4 /PVDF 25% : 75%	97
15. Nilai <i>Magnetisasi Saturasi</i> (M_s), <i>Magnetisasi Remanen</i> (M_r), dan <i>Koersivitas</i> Variasi Komposisi MnFe_2O_4 /PVDF 33,33% : 66,67%	98
16. Nilai <i>Magnetisasi Saturasi</i> (M_s), <i>Magnetisasi Remanen</i> (M_r), dan <i>Koersivitas</i> Untuk Variasi Komposisi MnFe_2O_4 /PVDF 50% : 50%	99
17. Nilai <i>Magnetisasi Saturasi</i> (M_s), <i>Magnetisasi Remanen</i> (M_r), dan <i>Koersivitas</i> Variasi Komposisi MnFe_2O_4 /PVDF 66,67% : 33,33%	100
18. Nilai <i>Magnetisasi Saturasi</i> (M_s), <i>Magnetisasi Remanen</i> (M_r), dan <i>Koersivitas</i> Untuk Variasi Komposisi MnFe_2O_4 /PVDF 75% : 25%	101
19. Hasil Karakterisasi VSM untuk Setiap Variasi Komposisi Nanokomposit MnFe_2O_4 /PVDF	101

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
1. ICDD Kode 01-073-3820	115
2. Nilai <i>Medan Eksternal</i> dan <i>Magnetisasi Kurva Histeresis</i> Nanokomposit MnFe ₂ O ₄ / PVDF Variasi Komposisi 50% : 50%	119

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Saat ini, perkembangan teknologi sudah era “*Internet of Things*”, artinya segala hal terhubung ke internet. (Ramli, dkk. 2018). Menurut penelitian Muhammad Izzudin Mahali pada tahun 2018 tentang *Smart Door Locks Based On Internet of Things Concept With Mobile Backend as a Service, Internet of Things* (IoT) merupakan kumpulan benda-benda (*things*) berupa perangkat fisik (*hardware /embedded system*) yang mampu bertukar informasi antar sumber informasi, terhubung ke dalam sebuah sistem. Untuk membangun sistem *Internet of Things* ini, membutuhkan komponen *Device Connection*. Contoh dari *Device Connection* seperti ESP8266 yaitu sebuah *embedded* chip dan Modem USB (*Universal Serial Bus*) 4G LTE yang memiliki penyimpanan data dan berbasis WiFi. Didalam *Device* ESP8266 dan Modem USB 4G LTE ini, yang berperan dalam penyimpanan data adalah sensor *magnetic* di dalamnya. Menurut penelitian Lusiana Citra Dewi pada tahun 2011, WiFi adalah singkatan dari *Wireless Fidelity* yang merupakan teknologi dimana manusia dapat berkomunikasi, baik secara langsung ataupun tidak langsung menggunakan frekuensi radio.

Disebabkan pentingnya *device* pada sistem *Internet of Things*, maka dibutuhkan bahan pembentuk *device*. Bahan tersebut seperti Besi (Fe). Besi memiliki sifat mudah membentuk ikatan koordinasi. Hal tersebut akan menghasilkan *device* yang bagus dan padat. Oleh karena itu, Besi adalah salah satu bahan dalam proses pembuatan *device*. Dimana dalam proses pembuatan

tersebut, Besi akan digabungkan membentuk Nanokomposit. (Kusno Isnugroho & Birawidha David C. 2016.)

Nanokomposit terdiri dari dua kata yaitu Nano dan Komposit. Nano artinya benda yang berukuran $1,0 \times 10^{-9}$ m. Sedangkan Komposit adalah gabungan dua bahan atau lebih yang terdiri dari Matriks dan Penguat. Matriks adalah bahan pengikat pada Komposit. Penguat adalah bahan yang bertindak sebagai penguat dalam Komposit. Maka, Nanokomposit adalah gabungan dua bahan atau lebih yang terdiri dari Matriks dan Penguat yang berukuran $1,0 \times 10^{-9}$ m. (Muhammad Muhajir, dkk. 2016).

Berikut adalah beberapa penelitian mengenai Nanokomposit. Penelitian yang pertama mengenai Nanokomposit Fe_3O_4 . Menurut penelitian Ramli dan kawan – kawan tahun 2018 tentang Struktur Mikro dan Sifat Magnetik dari Lapisan Tipis Nanokomposit Fe_3O_4 / PVDF, hasil yang diperoleh adalah Lapisan Tipis Nanokomposit Fe_3O_4 / PVDF memiliki sifat *Ferimagnetik* dengan nilai magnetisasi saturasi bertambah seiring dengan bertambahnya konsentrasi Fe_3O_4 dalam sampel lapisan tipis Fe_3O_4 / PVDF. Lapisan tipis Fe_3O_4 / PVDF berada di dalam matriks polimer PVDF. Tetapi, menurut penelitian Wahyu Widanarto dan kawan-kawan tahun 2015, sifat *Ferimagnetik* memiliki kelemahan yaitu tetap termagnetisasi setelah medan magnetik luar dihilangkan. Nilai magnetisasinya susah kembali ke nilai nol.

Penelitian yang kedua mengenai Nanokomposit CoFe_2O_4 . Berikut adalah penelitian Riris Sugianti dan kawan-kawan tahun 2019 tentang Analisis Sifat Magnetik Nanokomposit CoFe_2O_4 /PANI yang Disintesis dengan Metoda Sol Gel. Hasil penelitian ini adalah CoFe_2O_4 memiliki koersivitas dan magnetisasi yang

tinggi, sehingga tergolong kepada magnet keras. Karena hal tersebut, Nanokomposit CoFe_2O_4 dalam bentuk Nanokomposit bisa digunakan dalam aplikasi rekaman audio dan rekaman *digital high density disk*. Tetapi, Nanokomposit CoFe_2O_4 memerlukan waktu yang lama dalam menumbuhkan lapisan tipis yang sempurna.

Penelitian yang ketiga mengenai Nanokomposit MnFe_2O_4 . Penulis belum menemukan penelitian mengenai Nanokomposit MnFe_2O_4 tetapi mengenai Nanopartikel MnFe_2O_4 . Bedanya Nanokomposit dengan Nanopartikel adalah Nanokomposit memiliki *matriks* dan *filler* sedangkan Nanopartikel tidak memiliki *filler*. Penelitian Nanopartikel MnFe_2O_4 itu seperti penelitian oleh Rosita Dewi Tawainella dan kawan – kawan tahun 2014 tentang Sintesis Nanopartikel *Manganese Ferrite* (MnFe_2O_4) menggunakan metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. Hasil yang diperoleh adalah nilai magnetisasi saturasi MnFe_2O_4 semakin meningkat, seiring dengan meningkatnya ukuran butir, meningkatnya suhu dan meningkatnya kristalinitas sampel MnFe_2O_4 . Tetapi, konsentrasi NaOH akan berkurang ketika ukuran butir nanopartikel MnFe_2O_4 meningkat.

Selanjutnya penelitian oleh Rajab dan kawan - kawan tahun 2017 tentang Sintesis Nanopartikel *Manganese Ferrite* (MnFe_2O_4) Berbasis Pasir Besi dan Mangan Alam. Hasil yang diperoleh adalah meningkatnya nilai magnetisasi saturasi, magnetisasi remanent dan suseptibilitas magnetik MnFe_2O_4 seiring dengan peningkatan suhu Sintering dan ukuran partikelnya. Tetapi, meningkatnya nilai magnetisasi saturasi mengakibatkan efek yang tidak bagus pada permukaan sampel MnFe_2O_4 .

Dari beberapa penelitian di atas, terlihat bahwa hasil penelitian menggunakan Fe_3O_4 pada Lapisan Tipis Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PVDF}$ memiliki sifat *Feromagnetik* dengan nilai magnetisasi saturasi bertambah seiring dengan bertambahnya konsentrasi Fe_3O_4 . Hal ini terjadi di dalam sampel lapisan tipis $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{PVDF}$ yang berada di dalam matriks polimer PVDF. Tetapi, sifat *Feromagnetik* memiliki kelemahan yaitu akan tetap termagnetisasi setelah medan magnetik luar dihilangkan. Kemudian hasil penelitian menggunakan CoFe_2O_4 pada Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PANI}$. Hasil penelitiannya adalah CoFe_2O_4 memiliki koersifitas dan magnetisasi yang tinggi, sehingga tergolong kepada magnet keras. Sehingga, bisa digunakan dalam aplikasi rekaman. Tetapi, Nanokomposit CoFe_2O_4 memerlukan waktu yang lama dalam menumbuhkan lapisan tipis yang sempurna. Selanjutnya hasil penelitian menggunakan *Manganese Ferrit* (MnFe_2O_4). Hasilnya adalah nilai magnetisasi saturasi MnFe_2O_4 semakin meningkat, seiring dengan meningkatnya ukuran butir, suhu kristalinitas sampel MnFe_2O_4 . Tetapi, hal tersebut menyebabkan konsentrasi NaOH berkurang dan efek yang tidak bagus pada permukaan sampel MnFe_2O_4 .

Disebabkan kelemahan dari penelitian sebelumnya, maka peneliti melakukan inovasi menggunakan MnFe_2O_4 (*Manganese Ferrit*). MnFe_2O_4 memiliki sifat Superparamagnetik yang membuat nilai magnetisasi yang dihasilkan mudah termagnetisasi jika diberi pengaruh medan magnet dari luar dan mudah kembali ke nilai 0 ketika pengaruh medan magnet luar dihilangkan. (Muh.Pauzan, dkk. 2013).

Sifat Superparamagnetik pada MnFe_2O_4 berguna pada pengaplikasian seperti dibidang Elektronika yaitu *microwave device*, *radio frequency coil*

fabrication, chip memori *computer*, *drug deliver*, media penyimpanan data dan *transformer cores*. (Rosita Dewi Tawainella, dkk. 2014). Peneliti terfokus pemanfaatan MnFe_2O_4 ini sebagai penyimpanan data pada aplikasi sensor *magnetic* yang berada di dalam *device* ESP8266 dan USB 4G LTE.

Dari hasil penelitian sebelumnya, MnFe_2O_4 tergolong kepada *Soft Magnetic* atau Magnet Lunak yang cocok untuk aplikasi penyimpanan data (Rosita Dewi Tawainella, dkk. 2014). Tetapi MnFe_2O_4 mudah mengalami pengumpalan atau *aglomerasi* yang ditandai dengan bentuk kurva loop histeresisnya seperti S landai. (Rosita Dewi Tawainella, dkk. 2014). Sehingga untuk mencegah terjadinya pengumpalan MnFe_2O_4 sebagai bahan baku dalam pembuatan sensor *magnetic*, maka peneliti menjadikan MnFe_2O_4 dalam bentuk Nanokomposit dengan polimer PVDF (*polyvinylidene fluoride*). PVDF cocok digunakan dalam penelitian ini karena PVDF merupakan polimer non magnetik yang akan mempertahankan nilai Magnetisasi pada MnFe_2O_4 dan mencegah terjadinya pengumpalan. (Sheila Pramusiwi, dkk. 2014).

Dalam pembuatan Nanokomposit ini, MnFe_2O_4 bertindak sebagai *filler* atau penguat dan PVDF sebagai matriks dalam Nanokomposit. Pada penelitian ini, pembuatan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF membutuhkan Bijih Besi dan Bijih Mangan dalam pembuatan prekursor MnFe_2O_4 . Oleh karena itu, untuk bijih Besi peneliti mengambil Bijih Besi yang berasal dari Kecamatan Sangir, Kabupaten Solok Selatan. Pengambilan bijih Besi disini karena daerah Sangir, Solok Selatan ini memang merupakan kawasan pertambangan yang saat ini beroperasi PT. Fersada Indo Tambang (FIT) yang mengelola Bijih Besi dengan luas area kurang lebih 300 hektar. Selain itu, kandungan mineral magnetik bijih

Besi di Sangir, Solok Selatan ini pun tercatat sebesar 91,6%, lebih tinggi dibandingkan kandungan mineral magnetik bijih Besi di Kabupaten Dhamasraya (Hendry Gunawan & Arif Budiman. 2014). Untuk bijih Mangan, peneliti menggunakan produk *Manganese Powder* (Bubuk Mangan) dengan kadar kemurnian (99,5 %) yang sudah berbutir halus dan berukuran Nano keluaran Merk Chemicals. Alasan peneliti menggunakan produk *Manganese Powder* ini, karena kualitas kemurniannya telah terjamin dan untuk mempercepat proses penelitian.

Untuk hasil penelitian, peneliti ingin mendapatkan hasil penelitian yang bagus dalam pembuatan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF. Oleh sebab itu, diperlukan metode-metode yang bisa digunakan, agar hasil sampel yang didapatkan bagus, seperti metode Kopresipitasi, reaksi padatan, *Spin Coating* dan lain-lain. Tetapi, peneliti hanya menggunakan metode *Spin Coating* dalam pembuatannya. Alasannya karena Metode *Spin Coating* menghasilkan sampel yang lebih homogen dan kualitasnya yang semakin sempurna, seiring bertambahnya kecepatan alat Coater dalam satuan rpm (*rotation per minutes*) daripada menggunakan metode-metode lain. Metode *Spin Coating* itu merupakan metode dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat, kemudian substrat diputar dengan kecepatan konstan. (Romli Purwanto & Gontjang Prajitno, 2013).

Dari pembuatan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF yang di preparasi dengan metode *Spin Coating*, bisa dianalisis sifat-sifat fisika yang dimilikinya seperti sifat Listrik, Sifat Magnetik, Sifat Struktur dan Sifat Gelombang Mikro. Dari sifat-sifat fisika yang ada dalam Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF, peneliti tertarik untuk menganalisis sifat Magnetik yang dimilikinya. Sifat Magnetik ini

nantinya berguna dalam Sensor *Magnetic* pada *Device* ESP8266 dan Modem USB (*Universal Serial Bus*) 4G LTE sebagai media penyimpanan data dan berbasis Wifi saat ini. Dalam menganalisis sifat magnetik yang dimiliki Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF tersebut, besarnya komposisi mempengaruhi analisa terhadap sifat magnetik yang ada pada Nanokomposit itu. Oleh sebab itu, peneliti ingin melakukan penelitian mengenai pengaruh komposisi MnFe_2O_4 terhadap sifat magnetik Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF. Sehingga penelitian ini diberi judul, “Pengaruh Komposisi MnFe_2O_4 Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF yang di Preparasi dengan Metode *Spin Coating*”.

B. Identifikasi Masalah

Dari beberapa uraian yang dikemukakan pada latar belakang, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut :

1. Pembuatan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF membutuhkan bijih Besi dan bijih Mangan dalam pembuatannya melalui tahap pembuatan prekursor MnFe_2O_4 .
2. Peneliti ingin melakukan penelitian mengenai pengaruh komposisi MnFe_2O_4 .
3. Peneliti ingin mendapatkan hasil penelitian yang bagus dalam pembuatan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF. Oleh sebab itu, diperlukan metode-metode yang dapat digunakan agar hasil sampel yang didapatkan bagus, seperti metode Kopresipitasi, reaksi padatan, *Spin Coating* dan lain-lain

4. Dari pembuatan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF, banyak sifat-sifat fisika yang dapat dianalisis, seperti sifat Listrik, Sifat Magnet, Sifat Struktur dan Sifat Gelombang Mikro.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka peneliti akan memfokuskan permasalahan menjadi :

1. Dalam pembuatan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF yang membutuhkan bijih Besi dan bijih Mangan, peneliti mengambil bijih besi dari Kecamatan Sangir, Kabupaten Solok Selatan dan bijih Mangan sudah dalam bentuk *Manganese Powder* karena kualitas kemurnian yang telah terjamin dan untuk mempercepat proses penelitian.
2. Untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh komposisi MnFe_2O_4 , digunakan 5 variasi komposisi MnFe_2O_4 : PVDF yaitu 25% : 75%, 33,33% : 66,67%, 50% : 50%, 66,67% : 33,33% dan 75% : 25%. (Ramli, dkk. 2018). Alasan menggunakan komposisi tersebut, karena penelitian ini pengembangan penelitian Bapak Dr. Ramli, S.Pd, M.Si tahun sebelumnya mengenai Nanokomposit.
3. Metode yang digunakan adalah metode *Spin Coating*. Alasan menggunakan metode ini, sampel yang dihasilkan lebih homogen dan kualitasnya semakin sempurna, seiring bertambahnya kecepatan alat Coater dalam satuan rpm (*rotation per minutes*). (Romli Purwanto & Gontjang Prajitno, 2013)
4. Sifat fisika yang dianalisis dalam pembuatan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF hanya sifat Magnetik. Pada penelitian ini, akan dibahas sifat

magnetik yaitu, *Medan Magnet Luar* (H), *Koersivitas* atau *Medan Koersif* (H_c), Magnetisasi (M), Magnetisasi Remanen (M_r), Magnetisasi Saturasi (M_s), Kurva Histeresis dan Klasifikasi Bahan Magnetik termasuk *Soft Magnetic* atau *Hard Magnetic*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

Bagaimana pengaruh komposisi $MnFe_2O_4$ terhadap sifat magnetik Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF yang dipreparasi dengan metode *Spin Coating* ?

E. Tujuan Penelitian

Menyelidiki pengaruh komposisi $MnFe_2O_4$ terhadap sifat magnetik Nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF yang dipreparasi dengan metode *Spin Coating*.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika S1 dan Pengembangan diri dalam bidang kajian Fisika.
2. Mengetahui pengaruh komposisi $MnFe_2O_4$ terhadap sifat magnetik nanokomposit $MnFe_2O_4$ / PVDF yang dipreparasi dengan metode *Spin Coating*.
3. Menambah pengetahuan dan memperluas wawasan pembaca dalam bidang kajian material serta dalam pengembangan aplikasinya dalam berbagai bidang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada Tinjauan Pustaka ini, disesuaikan dengan judul Skripsi yaitu Pengaruh Komposisi MnFe_2O_4 Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF yang Di Preparasi dengan Metode *Spin Coating*. MnFe_2O_4 itu merupakan gabungan *Mangan Oksida* (MnO) dengan Bijih Besi dalam bentuk *Hematit* (Fe_2O_3). Untuk hal pertama, akan dibahas mengenai sifat-sifat Fisika pada Mangan Oksida (MnO) seperti berikut ini:

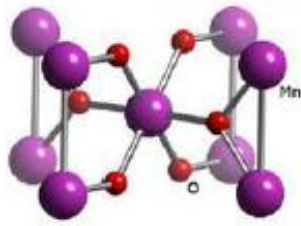
A. Sifat-Sifat Fisika pada Mangan Oksida (MnO)

Mangan di alam ditemukan dalam bentuk MnO (Mangan Oksida). Mangan merupakan unsur yang memiliki bentuk padat dalam keadaan normal. Kenampakan bijih Mangan di bumi berwarna kelabu, hitam kecoklatan seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut ini :



Gambar 1. Kenampakan Bijih Mangan.
(Phobi Juwandari, dkk. 2015)

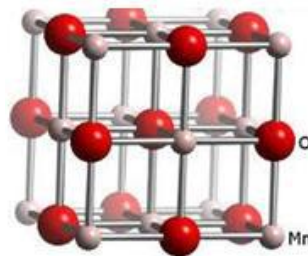
Dari Gambar 1 kenampakan Bijih Mangan, di dalam bijih Mangan itu terdapat jenis-jenis mineral seperti *Pyrolusite* dan *Bixbyte*. *Pyrolusite* berbentuk kristal tetragonal dengan dimensi selnya adalah $a = 4,39 \text{ \AA}$ dan $c = 2,86 \text{ \AA}$. *Pyrolusite* mempunyai kekerasan sebesar 2,0-2,5 dan berat jenis sebesar 4,7-4,8 gr / cm^3 serta dengan Grup ruang $P_{42} // \text{mm}$. Adapun struktur dari *Pyrolusite* ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Tetragonal *Pyrolusite*.
(Phobi Juwandari, dkk. 2015)

Pada Gambar 2 menampilkan bahwa *Pyrolusite* memiliki struktur tetragonal. Struktur ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi seperti dalam pembuatan baterai-sel kering. (Phobi Juwandari, dkk. 2015.).

Bixbyite mempunyai sistem kristal kubik. dengan dimensi sel $a = 9,41 \text{ \AA}$, $b = 9,41 \text{ \AA}$, $c = 9,41 \text{ \AA}$ serta grup ruang Ia-3. Kekerasan dan berat jenis *bixbyite* hampir sama dengan *pyrolusite*. Bentuk struktur kubik *bixbyite* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini :



Gambar 3. Struktur Kubik *Bixbyite*
(Phobi Juwandari, dkk. 2015)

Gambar 3 membuat *Bixbyite* dijadikan katalis untuk karbon monoksida dan oksidasi polutan organik serta dapat mendekomposisi Nitrogen Oksida. (Phobi Juwandari, dkk. 2015).

Selanjutnya, Mangan memiliki Massa Jenis pada suhu kamar yaitu $7,21 \text{ g/cm}^3$, Massa Jenis Cair pada titik lebur yaitu $5,95 \text{ g/cm}^3$ dan titik lebur pada 1519°C . Sedangkan titik didih Mangan berada pada 2061°C . Kapasitas Kalor

Mangan pada suhu ruang yaitu 26,32 J/mol.K. Mangan memiliki sifat magnet yaitu *Paramagnetik*. *Paramagnetik* adalah sifat magnet dimana atom, molekul, atau ion ditarik lemah oleh medan magnet karena elektron yang tidak berpasangan pada orbitnya. (Cullity B.D, dkk. 2000).

Untuk menentukan jarak antar bidang-bidang kristal pada struktur Tetragonal *Pyrolusite* dan Struktur Kubik *Bixbyite* dapat menggunakan persamaan parameter kisi seperti Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Persamaan Parameter Kisi untuk Sistem Kristal

No .	Sistem Kristal	Persamaan Parameter Kisi
1.	Kubik	$\frac{1}{a^2} = \left(\frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \right)$
2.	Monoklinik	$\frac{1}{a^2} = \frac{1}{\sin^2 \beta} \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2 \sin^2 \beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hl \cos \beta}{ac} \right)$
3	Triklinik	$\frac{1}{a^2} = \frac{1}{v^2} (S_{11}h^2 + S_{22}k^2 + S_{33}l^2 + 2S_{12}hk + 2S_{23}kl + 2S_{31}hl)$
4.	Tetragonal	$\frac{1}{a^2} = \left(\frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2} \right)$
5.	Orthorombik	$\frac{1}{a^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$

Keterangan : Dengan v = volume satuan sel.

$$S_{11} = b^2 c^2 \sin^2 \alpha$$

$$S_{22} = a^2 c^2 \sin^2 \beta$$

$$S_{33} = a^2 b^2 \sin^2 \gamma$$

$$S_{12} = abc^2 (\cos \alpha \cos \beta - \cos \gamma)$$

$$S_{23} = a^2 bc (\cos \beta \cos \gamma - \cos \alpha)$$

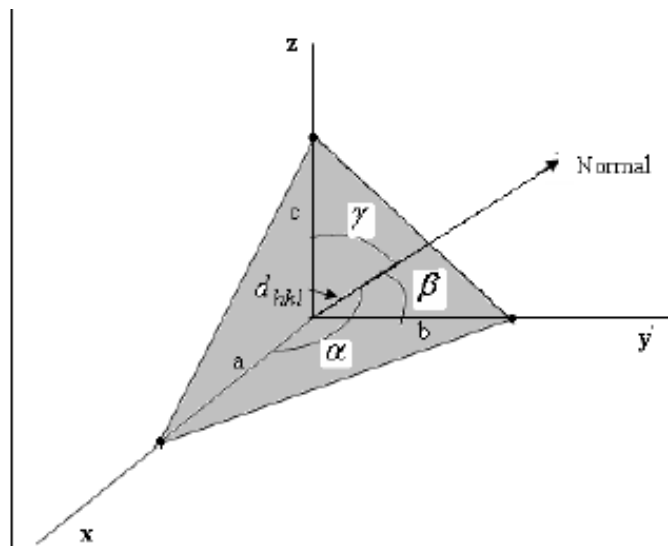
$$S_{31} = ab^2 c (\cos \gamma \cos \alpha - \cos \beta)$$

Dari Tabel 1, dari sistem kristal juga dapat diketahui Kisi Bravais, panjang rusuk seperti Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Kisi Bravais, Panjang Rusuk, Besar Sudut-Sudut untuk Sistem Kristal:

No	Sistem Kristal	Kisi Bravais	Panjang rusuk	Besar sudut-sudut
1.	Kubik	Sederhana Berpusat badan Berpusat muka	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
2.	Monoklinik	Sederhana Berpusat muka	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$
3.	Triklitik	Sederhana	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
4.	Tetragonal	Sederhana Berpusat Badan	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
5.	Ortorombik	Sederhana Berpusat badan Berpusat muka	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

Jarak antar bidang kristal merupakan jarak atom antar permukaan kristal yang saling berdekatan. Jarak antar bidang kristal atau indeks Miller ditulis dengan simbol d_{hkl} . Bentuk Gambar jarak antar Bidang Krtal yang saling tegak lurus (d_{hkl}), dapat dilihat pada Gambar 4, berikut ini:



Gambar 4. Jarak Antar Bidang d_{hkl}
(Phobi Juwandri, dkk. 2015)

Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat diketahui sifat-sifat fisika pada Mangan adalah sebagai berikut :

1. Massa Jenis Mangan pada suhu kamar yaitu $7,21 \text{ g/cm}^3$
2. Massa Jenis Cair Mangan pada titik lebur yaitu $5,95 \text{ g/cm}^3$.
3. Titik lebur pada Mangan berada pada 1519°C .
4. Titik didih Mangan berada pada 2061°C .
5. Kapasitas Kalor Mangan pada suhu ruang yaitu $26,32 \text{ J/mol.K}$
6. Mangan memiliki sifat magnet yaitu *Paramagnetik*. *Paramagnetik* adalah sifat magnet dimana atom, molekul, atau ion ditarik lemah oleh medan magnet.
7. Mangan pada jenis mineral bijih Mangan *Pyrolusite* yang berbentuk Kristal Tetrahedral, memiliki kekerasan sebesar 2,0-2,5 dan berat jenis sebesar $4,7\text{-}4,8 \text{ gr / cm}^3$.
8. Mangan pada jenis mineral bijih Mangan *Bixbyite* yang berbentuk Kristal Kubik, memiliki kekerasan hampir sama dengan *Pyrolusite*.

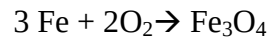
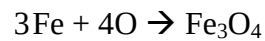
Dari penjelasan tersebut, penulis menyimpulkan sifat-sifat fisika pada Mangan yaitu Massa Jenis Mangan pada suhu kamar sebesar $7,21 \text{ g/cm}^3$, lalu Massa Jenis Cair Mangan pada titik lebur yaitu $5,95 \text{ g/cm}^3$, Kapasitas Kalor Mangan pada suhu ruang yaitu $26,32 \text{ J/mol.K}$, Mangan memiliki sifat magnet yaitu *Paramagnetik*, titik lebur dan titik didih Mangan yaitu 1519°C dan 2061°C dan Mangan memiliki jenis mineral *Pyrolusite* dan *Bixbyite* yang memiliki berat jenis dan kekerasan.

B. Bijih Besi Dalam Bentuk *Hematit* (Fe_2O_3)

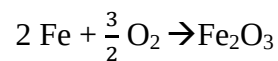
Bijih besi di alam berbentuk *Magnetit* (Fe_3O_4) dan *Hematit* (Fe_2O_3).

Reaksi kimia pembentukan bijih Besi adalah sebagai berikut :

a. *Magnetit* (Fe_3O_4)



b. *Hematit* (Fe_2O_3)



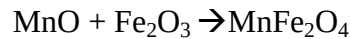
Biji Besi dalam bentuk *Hematit* (Fe_2O_3) memiliki keunggulan diantaranya lebih ramah lingkungan, stabilitas kimia, kekuatan tinggi dalam pewarnaan, daya penutup dan tahan lama (daya tahan) baik (Hermen Zanur, dkk. 2017).

C. *Manganese Ferrit* (MnFe_2O_4)

Manganese Ferrit (MnFe_2O_4) merupakan Magnet Lunak (*Soft Magnetic*) yang memiliki *Magnetisasi Saturasi* yang sangat besar yakni 175 Oe. Pada suhu ruang (20°C) memiliki energi anisotropi yang rendah, kondisi ini akan menghalangi energi anisotropi kembali ke statenya yang terendah. Hal ini memunculkan sifat *Superparamagnetik* yang fungsinya untuk mengobati *hyperthermia cancer* dengan pemberian medan eksternal pada frekuensi yang tinggi pada sel-sel kanker. (Rosita Dewi Tawainella, dkk. 2014).

Manganese Ferrit (MnFe_2O_4) berasal dari bijih besi (Fe) dan bijih Mangan (Mn). Bijih Besi di alam berbentuk *magnetit* (Fe_3O_4) dan *hematit* (Fe_2O_3). Sedangkan Bijih Mangan di alam berbentuk *Mangan Oksida* (MnO).

Untuk pembuatan MnFe_2O_4 , menggunakan bijih Besi berbentuk *Hematit* (Fe_2O_3). Kemudian bijih Besi tersebut digabungkan dengan MnO (*Mangan Oksida*), seperti yang terlihat pada reaksi kimia dibawah ini:



D. Polyvinylidene fluoride (PVDF)

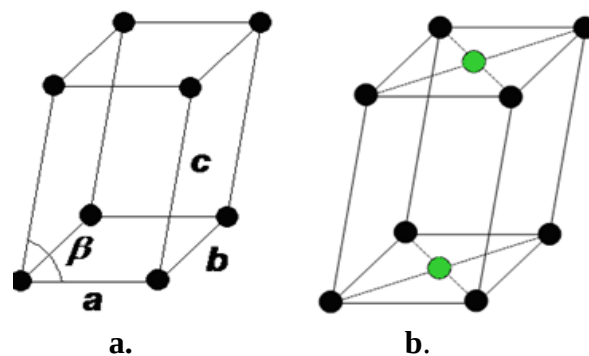
Polyvinylidene Fluoride (PVDF) dengan rumus kimia $(\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2)_n$ adalah bahan *fluoropolymer* yang memiliki sifat *Piezoelektrik* dan sifat *Pyroelektrik* yang kuat. *Piezoelektrik* adalah suatu kemampuan yang dapat menghasilkan suatu arus listrik jika didapatkan suatu tekanan. *Pyroelektrik* yaitu polaritasnya akan berubah ketika mendapatkan tekanan. Bahan ini banyak digunakan karena memiliki sifat kekakuan yang rendah, respon yang baik, fleksibel, dan ringan. Oleh karena itu, dalam beberapa dekade terakhir, PVDF telah banyak digunakan sebagai sensor dan *aktuator*. Material PVDF diketahui memiliki tiga bentuk struktur molekul yaitu fase α , fase β dan fase γ . (Nugraha Aditya, dkk. 2017).

Di antara tiga struktur tersebut, PVDF dengan struktur fase β yang tinggi paling banyak digunakan sebagai sensor dan aktuator karena memiliki efek piezoelektrik terbesar. Semua material PVDF dapat memiliki fase β , tetapi harus dilakukan suatu teknik fabrikasi tertentu untuk mendapatkannya. Cara agar memiliki fasa β yang tinggi PVDF harus melalui proses *stretching* (penarikan) dengan suhu tertentu dan dilanjutkan dengan polarisasi dengan listrik DC tegangan tinggi. (Nugraha Aditya, dkk. 2017).

PVDF dengan rumus kimia $-(\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2)_n-$ memiliki domain *feroelektrik* yang tidak beraturan. Melalui proses polarisasi dengan tegangan tinggi, domain *feroelektrik* pada PVDF berubah menjadi lebih beraturan. Kualitas polarisasi ini

tentunya dipengaruhi oleh tegangan dan jarak elektroda ketika melakukan polarisasi. Material PVDF dengan arah domain yang lebih beraturan lebih baik untuk dijadikan sensor dibandingkan dengan yang tidak beraturan. Jadi pada PVDF lebih dominan sifat menghantarkan listrik dari pada sifat magnetnya. Selain itu, PVDF non-reaktif yang dihasilkan oleh polimerisasi *Vinilidena Difluoride* yang memiliki titik lebur 177°C dan kepadatan $1,78 \text{ g/cm}^3$. (Cullity B.D, dkk. 2000).

Polyvinylidene Fluoride (PVDF) memiliki Sistem Kristal yaitu Monoklinik dan Kubik. Untuk bentuk Sistem Kristal Monoklinik dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini :

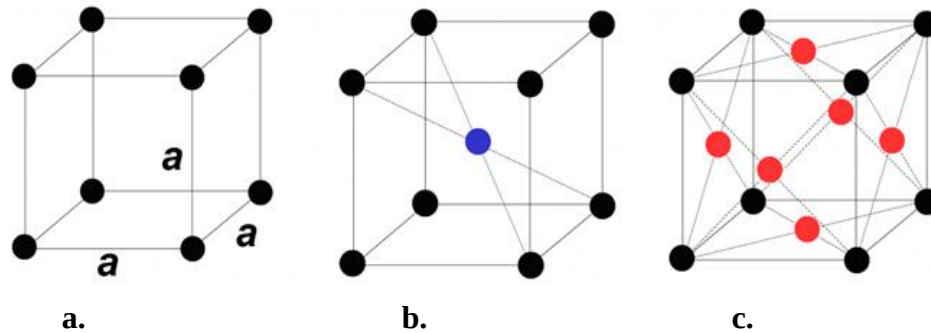


Gambar 5 : Bentuk Sistem Kristal Monoklinik:

- a. Monoklinik Sederhana
 - b. Monoklinik Berpusat muka
- (Kittel Charles and John Willey. 2005)

Dari Gambar 5 dapat dilihat bentuk dari system Kristal Monoklinik yang terdiri atas 2 bentuk yaitu monoklinik sederhana dan berpusat muka (yang ditunjukkan atom dengan warna hijau). Sistem kristal Monoklinik ini memiliki panjang rusuk yaitu ($a \neq b \neq c$), berarti satu rusuk dengan yang lainnya berbeda-beda dengan sudut $\alpha = \gamma = 90^{\circ}$ dan $\beta \neq 90^{\circ}$.

Selanjutnya, bentuk sistem Kristal Kubik ditunjukkan pada Gambar 6 berikut ini:



Gambar 6 : Bentuk Sistem Kristal Kubik:

- Kubik Sederhana (SC/ *Simple Cubic*)
 - Kubik Berpusat Badan (BCC / *body-centered cubic*)
 - Kubik Berpusat Muka (FCC / *Face-centered Cubic*)
- (Kittel Charles and John Willey. 2005)

Dari Gambar 6 dapat dilihat bentuk Sistem Kristal Kubik yang dibagi 3 yaitu kubus sederhana (*simple cubic/ SC*), kubus berpusat badan (*body-centered cubic/ BCC*) dan kubus berpusat muka (*Face-centered Cubic/ FCC*). Sistem Kristal kubus memiliki panjang rusuk yang sama ($a = b = c$) serta memiliki sudut ($\alpha = \beta = \gamma$) sebesar 90° . (Kittel Charles and John Willey. 2005)

Dari penjelasan dua system Kristal pada PVDF diatas, maka bisa dirangkum pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Kisi Bravais, Panjang Rusuk, Besar Sudut-Sudut untuk Sistem Kristal pada PVDF

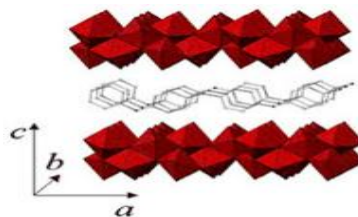
No	Sistem Kristal	Kisi Bravais	Panjang rusuk	Besar sudut-sudut
1.	Monoklinik	Sederhana Berpusat muka	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90^\circ$, $\beta \neq 90^\circ$
2.	Kubik	Sederhana Berpusat badan Berpusat muka	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

E. Nanokomposit

Nanokomposit terdiri dari dua kata yaitu Nano dan Komposit. Nano artinya benda yang berukuran $1,0 \times 10^{-9}$ m. Sedangkan Komposit adalah gabungan dua bahan atau lebih yang terdiri dari Matriks dan Penguat. Matriks adalah bahan pengikat pada Komposit. Penguat adalah bahan yang bertindak sebagai penguat dalam Komposit. Maka, Nanokomposit adalah gabungan dua bahan atau lebih yang terdiri dari Matriks dan Penguat yang berukuran $1,0 \times 10^{-9}$ m yang disusun berulang-ulang dengan berbagai bentuk Komplier. (Ida Sriyanti. 2014)

Ikatan antar partikel yang terjadi pada material nanokomposit memainkan peran penting dalam peningkatan dan pembatasan sifat material. Semakin banyak partikel yang berinteraksi, semakin kuat pula material. Inilah yang membuat ikatan antarpartikel makin kuat, sehingga sifat mekanik materialnya bertambah. Namun penambahan partikel-partikel nano tidak selamanya akan meningkatkan sifat mekaniknya. Ada batas tertentu saat dilakukan penambahan, kekuatan material justru makin berkurang. Namun pada umumnya, material nanokomposit menunjukkan perbedaan sifat mekanik, listrik, optik, elektrokimia, katalis, dan struktur dibandingkan dengan material penyusunnya. (Hadyawarman, dkk. 2008).

Bentuk ikatan partikel pada material nanokomposit dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini:



Gambar 7. Bentuk Ikatan Partikel pada Material Nanokomposit (Hadyawarman, dkk. 2008)

F. Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF

Nanokomposit adalah gabungan dua bahan atau lebih yang terdiri dari Matriks dan Penguat yang berukuran $1,0 \times 10^{-9}$ m. Pada Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF, yang berperan sebagai matriks adalah PVDF dan berperan sebagai penguat adalah MnFe_2O_4 . Matriks adalah bahan pengikat pada Nanokomposit, sedangkan penguat adalah bahan penguat pada Nanokomposit. (Ida Sriyanti. 2014)

Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF ini, di perlukan dalam aplikasi pada bidang Elektronika yaitu pada *microwave device*, *radio frequency coil fabrication*, chip memori *computer*, *drug delivery*, media penyimpanan data dan *transformer cores*. (Rosita Dewi Tawainella, dkk. 2014). Dari beberapa pengaplikasian Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF, aplikasi yang utama dalam penelitian ini adalah dalam media penyimpanan atau *Big Data*. Contohnya dalam pembuatan *Flashdisk*.

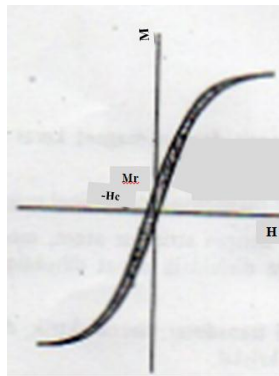
Pada Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF, MnFe_2O_4 memiliki sifat Superparamagnetik yaitu sifat dimana jika diberikan pengaruh dari medan magnetik luarnya, maka nilai magnetisasinya akan melonjak tinggi, tetapi jika tidak diberikan pengaruh dari medan magnetik luarnya, maka nilai magnetisasinya menjadi nol. Sedangkan PVDF (*Polyvinylidene fluoride*) sifat *Piezoelektrik* dan sifat *Pyroelektrik* yang kuat. *Piezoelektrik* adalah suatu kemampuan yang dapat menghasilkan suatu arus listrik jika didapatkan suatu tekanan. *Pyroelektrik* yaitu polaritasnya akan berubah ketika mendapatkan tekanan. (Nugraha Aditya, dkk. 2017).

G. Sifat Magnetik Bahan

Secara umum, klasifikasi pada bahan magnetik dibagi menjadi 2 kelompok yaitu magnet lunak (*soft magnetic*) dan magnet keras (*hard magnetic*). Penjelasan kedua magnet adalah sebagai berikut:

1. Magnet Lunak (*soft magnetic*)

Magnet Lunak memiliki nilai koersivitas yang rendah dan magnetisasi yang tinggi. Contohnya yaitu *Mangan Ferrite*, *Zinc Ferrite*, *Nickel Ferrite*, dan *Lithium Ferrite* (Kotnala & Shah, 2015). Bentuk dari kurva Histeresis Magnet Lunak adalah seperti Gambar 8 berikut ini:



Gambar 8. Kurva *Histeresis* Magnet Lunak
(Lawrence H. Van Vlack, 1992.)

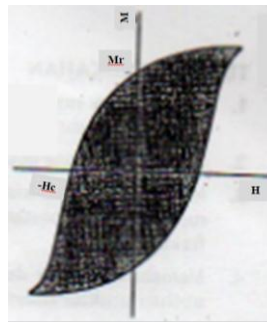
Pada Gambar 8 terlihat kurva *Histeresis* dengan sumbu horizontal menjelaskan nilai medan eksternal (H) dan sumbu vertikal menjelaskan nilai Magnetisasi (M). Lebar kurva histeresis pada magnet lunak ini sangat tipis mendekati nilai 0 untuk sumbu horizontal dan sumbu vertikal. .

2. Magnet Keras (*hard magnetic*)

Pada Magnet Keras dicirikan dengan nilai *koersivitas* yang tinggi. Bahan ini biasanya diaplikasikan dalam loudspeaker dan sistem otomotif (Yang et

al., 2009). Contoh dari bahan ini adalah barium ferrit dan kobalt ferrit (Kotnala & Shah, 2015).

Bentuk dari kurva *Histeresis* Magnet Keras adalah seperti Gambar 9 berikut ini:



Gambar 9. Kurva *Histeresis* Magnet Keras
(Lawrence H. Van Vlack, 1992.)

Pada Gambar 9 terlihat kurva *Histeresis* dengan sumbu horizontal menjelaskan nilai *Medan Eksternal* (H) dan sumbu vertikal menjelaskan nilai *Magnetisasi* (M). Lebar kurva *Histeresis* pada magnet keras ini lebar menjauhi nilai 0 untuk sumbu horizontal dan sumbu vertikal. Semakin lebar maka semakin bagus kekerasan magnet yang dihasilkan.

Dari kurva *Histeresis* kita dapat melihat *Medan Eksternal* (H) yaitu medan magnet yang timbul akibat pengaruh dari luar dan *Magnetisasi* (M) menunjukkan seberapa besar suatu bahan dapat dipengaruhi oleh medan magnet dari luar. *Magnetisasi* (M) setiap bahan berbeda-beda tergantung suseptibilitasnya. Hubungan *Magnetisasi* (M) dan suseptibilitas adalah:

$$M = \chi H \dots\dots\dots(1) \text{ (Kotnala \& Shah, 2015)}$$

dengan χ merupakan suseptibilitas benda, H merupakan medan magnet dan M merupakan *Magnetisasi* (Kotnala & Shah, 2015).

Didalam bahan atau meterial terdapat karakteristik magnetik dimana tiap elektron atom pada bahan memiliki **Momen Magnetic**, ρ_m yang disebut spin electron oleh ahli fisika. Momen magnetik, disebut *magneton* Bohr dan sama dengan $9,27 \times 10^{-27} \text{ A.m}^2$. Elektron biasanya berpasangan dalam orbit dan membentuk spin atas dan spin bawah. Jadi, efek luar dari momen tersebut tidak ada. Atom akan bersifat magnet bila ada kesetimbangan dalam spin elektron. Oleh karena itu, separuh elemen yang memiliki karakteristik magnetik, tidak 50% dari elemen mempunyai jumlah electron valensi genap. Sama halnya dengan ion, kebanyakan ion melepaskan atau menerima elektron untuk mengisi kulitnya dengan delapan elektron. Akhirnya ikatan kovalen selalu mempunyai pasangan electron (dengan spin yang berlawanan). Akibatnya hanya beberapa atom memiliki spin elektron yang tidak seimbang, dengan demikian memiliki *Momen Magnetic*. (Lawrence H. Van Vlack, 1992).

Elemen yang memenuhi persyaratan adalah unsur transisi dengan kulit subvalensi yang tak terisi. *Spin Magnetic* yang tak seimbang (atom terisolir), di tunjukkan pada Gambar 10, berikut ini:

	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
4s	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑↓
3d	↑	—	1	2	3	5	5	5	5	5	5	5
	—	—	—	—	—	—	—	1	2	3	5	5
	—	—	1	2	3	5	5	4	3	2	0	0

Gambar 10. *Spin Magnetic* yang tak seimbang (atom terisolir). Orbit 4s terisi sebelum 3d ketika proton tambahan bergabung dengan inti.
(Lawrence H. Van Vlack, 1992)

Dari Gambar 10 terlihat spin electron untuk K, CA, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn. Dari bahan tersebut, yang memiliki sifat magnet kuat adalah Besi, Nikel, Kobalt dan Nikel.

Tiap atom besi memiliki 4 atom Magneton Bohr. Ini berarti ada ketidakpastian sebanyak 4 spin tiap atomnya. Pada temperatur tinggi, agitasi termal mencegah terbentuknya kopel magnet di antara atom. Karena tiap “atom” magnet bekerja sendiri-sendiri, jumlah momen per satuan volume. (Lawrence H. Van Vlack, 1992)

Pada temperature ruang, momen magnet dari atom besi yang berdekatan bergabung. Orientasi yang terkoordinir yang terjadi menghasilkan magnetisasi. Daerah kristal yang memiliki orientasi magnetik yang sama disebut **Domain**. (Lawrence H. Van Vlack, 1992)

Selain itu, pada bahan atau material yang bersifat magnet dapat diketahui **Permeabilitas relative** (μ_r) adalah Permeabilitas (daya hantar) untuk bahan magnet yang sifatnya tidak konstan. Persamaan permeabilitas relative adalah:

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \dots \dots \dots (2) \text{ (Lawrence H. Van Vlack, 1992).}$$

Keterangan :

μ = Permeabilitas magnet (Wb/Am)

μ_0 = Permeabilitas hampa udara = $1,257 \times 10^{-6}$ Wb/Am

μ_r = Permeabilitas relative (Wb/Am)

Permeabilitas Magnet atau daya hantar magnet merupakan konstanta perbandingan antara kerapatan fluks magnet (B) dengan kuat medan (H) yang dihasilkan magnet.

$$\mu = \frac{B}{H} \dots\dots\dots(3) \text{ (Lawrence H. Van Vlack, 1992).}$$

Keterangan :

μ = Permeabilitas magnet (Wb/Am)

B = Induksi Medan Magnetik (T)

H = Kuat Medan Magnet (A/m)

Untuk mencari nilai B (*Induksi Medan Magnetik*) yang terjadi sebagai akibat dari medan magnet yang mengenai suatu bahan dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$B = \mu_0 H \dots\dots\dots(4) \text{ (Griffith, 1999)}$$

Keterangan :

B = Induksi Medan Magnetik (T)

μ_0 = Permeabilitas hampa udara = $1,257 \times 10^{-6}$ Wb/Am

H = Kuat Medan Magnet (A/m)

Selanjutnya juga terdapat *Induksi Remanen* yang merupakan *induksi magnetik* sisa yang terjadi ketika medan H dihilangkan atau saat berharga nol dan medan magnet B menunjukkan nilai tertentu. *Induksi magnetik* sisa disebut *Induksi Remanen* (Br) dan Magnetisasi sisa disebut *Magnetisasi Remanen* (Mr).

$$Br = \mu_0 Mr \dots\dots\dots(5) \text{ (Griffith, 1999)}$$

Induksi Remanen digunakan untuk menggambarkan nilai sisa *Induksi* atau *Magnetisasi* saat medan dilepaskan setelah bahan magnet mengalami keadaan saturasi. (Griffith, 1999)

Selain *Induksi Remanen*, pada bahan atau material terdapat *Koersivitas* atau *Medan Magnet Koersif* (H_c) adalah Intensitas medan magnet yang diperlukan untuk mengembalikan *Magnetisasi* bahan ke nilai nol setelah terjadi *Magnetisasi Saturasi*. Kekuatan suatu material magnet dapat diketahui dari nilai koersivitasnya. Semakin besar nilai koersivitasnya maka material tersebut semakin tergolong magnet kuat. (Griffith, 1999)

Selanjutnya ada yang dinamakan *Magnetisasi Saturasi* (*Magnetisasi jenuh*) yaitu batas *Magnetisasi* material saat maksimal. Medan H menyebabkan *Induksi Magnetisasi* meningkat. Apabila nilai medan magnet H , M_s , M_r , $-H_c$ 10 meningkat secara tak terbatas maka *Induksi Magnetisasi* pada akhirnya akan mencapai kejenuhan pada nilai yang akan ditetapkan. Kondisi ini disebut sebagai *Magnetisasi Saturasi*. Tabel 4 berikut ini adalah *Magnetisasi Saturasi* pada beberapa *Ferromagnetik*. (Jiles, 1991).

Tabel 4. *Magnetisasi Saturasi* pada beberapa *Ferromagnetik*

Material Besi	M_s (10^2 emu/g)
Kobalt	2,84
Nickel	0,96
78 Permalloy(78% Ni, 22% Fe	1,72
Supermalloy (80% Ni, 15% Fe, 5% Mo)	1,26
Metglas 2605 (Fe ₈₀ B ₂₀)	2,54
Metglas 2615 (Fe ₈₀ P ₁₆ C ₃ B ₁)	2,72
Permendur(50% Co, 50% Fe)	3,82
Kobalt Ferit (CoFe ₂ O ₄)	0,96

Medan magnetik atau *Magnetisasi* dapat searah maupun berlawanan arah dengan *Medan Magnetik Luar* yang diberikan. *Medan Magnetisasi*

tersebut dikaitkan dengan munculnya arus terikat yang muncul pada bahan, yaitu aliran muatan listrik pada loop- loop kecil dalam bahan. Pada akhirnya, medan total di dalam bahan akan berupa penjumlahan dari *Medan Magnetik Luar* (H) dengan medan *Magnetisasi* (M). Selain Magnetisasi, ada *Demagnetisasi*. *Demagnetisasi* merupakan suatu cara menghilangkan kemagnetan dengan cara memutar arah medan magnetnya. (David J. Griffiths, 1999)

Bahan yang dikenai medan magnet luar akan terinduksi, dan arah medan magnetik induksi dapat sejajar (paralel) atau berlawanan (diametral) terhadap *Medan Magnet Luar* yang diberikan. Sehingga dalam konteks tersebut, bahan dapat digolongkan menjadi bahan paramagnetik adalah diamagnetik. (David J. Griffiths, 1999)

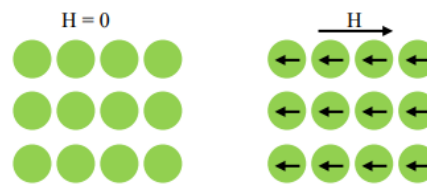
Ada juga bahan yang mampu mempertahankan *Medan Magnetic Induksinya* walaupun tidak lagi dikenai medan magnetik luar. Bahan ini disebut bahan *ferromagnetik*. Sifat *paramagnetisme* dapat dijelaskan dengan meninjau sebuah bahan sebagai kumpulan dari dipol-dipol magnetik kecil dengan medan magnet luar menyebabkan torsi magnetik pada dipol-dipol tersebut. (David J. Griffiths, 1999)

Berdasarkan respon momen magnetik terhadap pengaruh medan magnet luar (H), ada beberapa **sifat magnetik bahan** seperti berikut ini:

a. Diamagnetik

Respon momen magnetik dari bahan yang bersifat *Diamagnetik* terhadap pengaruh medan magnet luar (H) yaitu memiliki domain yang berlawanan arah dengan medan magnet luar yang diberikan. Arah

domain magnetik pada material *Diamagnetik* sebelum dan sesudah diberi medan magnet luar seperti pada Gambar 11 berikut ini:



Gambar 11. Arah domain magnetik pada bahan bersifat *Diamagnetik* sebelum dan setelah diberi medan magnet luar (H).
(David Halliday & Robert Resnick. 1978).

Terlihat pada Gambar 11, Arah domain magnetik *Diamagnetik* sebelum diberi medan magnet, tidak ada. Setelah diberi medan magnet luar (H), arah domain magnetiknya berlawanan dengan medan magnet luar (H).

Dalam material *Diamagnetik* hampir semua spin elektron berpasangan, sehingga resultan medan magnet atomik dari masing-masing atom atau molekul adalah nol. Permeabilitas bahan ini adalah $\mu < \mu_0$ dengan suseptibilitas magnetik bahan $\chi_m < 0$ (orde 10^{-5}). Contoh bahan yang memiliki sifat *Diamagnetik* yaitu: Bismut, Perak, Emas, Tembaga dan Seng. (David Halliday & Robert Resnick. 1978).

b. Paramagnetik

Respon momen magnetik dari bahan yang bersifat *Paramagnetik* terhadap pengaruh medan magnet luar (H) memiliki domain searah dengan medan magnet luar (H) jika medan magnet yang diberikan besar, karena arah domain magnetik pada material ini sembarangan dan sulit untuk disejajarkan. Arah domain magnetik pada material

Paramagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet luar seperti pada Gambar 12 berikut ini:

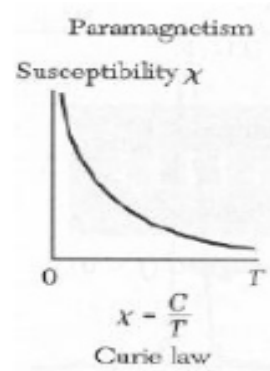


Gambar 12. Arah domain magnetik pada bahan bersifat Paramagnetik sebelum dan setelah diberi medan magnet luar (H).
(David Halliday & Robert Resnick. 1978).

Terlihat pada Gambar 12, arah domain magnetik pada bahan bersifat Paramagnetik sebelum diberi medan magnet luar (H) adalah sembarangan, tidak ada yang sama. Tetapi setelah diberikan medan magnet luar yang besar, arah domainnya searah dengan medan magnet luar.

Selain itu efek paramagnetik dalam material juga akan hilang ketika medan magnet yang diterapkan pada material tersebut dihilangkan. Nilai susceptibilitas bahan paramagnetik bernilai positif, berada pada rentang 10^{-5} sampai $10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan bergantung pada suhu. (David Halliday & Robert Resnick. 1978).

Ketika suhu tinggi daripada suhu titik Curie, bahan menjadi magnet paramagnetik. Adapun T_c bahan magnetik berbeda, seperti besi Curie suhu sekitar 770°C , kobalt Curie suhu sekitar 1131°C bahwa suhu Curie adalah suhu kritis terjadinya transisi fase *ferromagnetik* suatu bahan padat menjadi paramagnetik akibat pemanasan (Kittel, 1996: 443-446). Grafik hubungan susceptibilitas dengan suhu pada Paramagnetik terlihat pada Gambar 13, berikut ini:

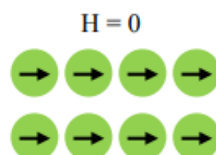


Gambar 13. Grafik hubungan suseptibilitas dengan suhu pada Paramagnetik.

Dari Gambar 13 terlihat bahwa semakin besar suhu, maka semakin besar suseptibilitas yang dihasilkan. Dari grafik tersebut juga terlihat persamaan hukum Curie (*Curie Law*) yaitu $\chi = \frac{C}{T}$. Dengan keterangan, χ adalah nilai suseptibilitas, C adalah nilai Temperatur Curie dan T adalah nilai suhu.

c. *Ferromagnetik*

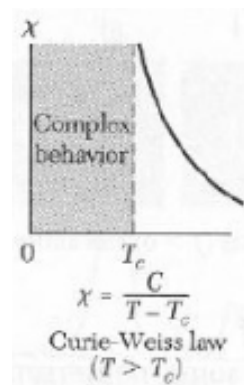
Bahan yang bersifat *Ferromagnetik*, momen magnetiknya memiliki arah domain yang cenderung paralel satu sama lain dari setiap atom penyusun material tersebut, meski tidak sedang berada di bawah pengaruh medan magnet luar. Arah domain magnetik pada material Paramagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet luar seperti pada Gambar 14 berikut ini:



Gambar 14. Arah domain magnetik pada bahan bersifat *Ferromagnetik* (Halliday et al. 1989).

Selain itu, bahan yang bersifat *Ferromagnetik*, permeabilitas bahannya $\mu \gg \mu_0$ dengan suseptibilitas bahan $\chi_m \gg 0$. Keteraturan arah *domain magnetik* yang terdapat pada *ferromagnetik* disebut dengan *magnetisasi spontan*. *Magnetisasi spontan* terjadi di bawah suhu kritis tertentu yang disebut dengan *temperature Curie*. Di atas suhu *Curie*, fluktuasi termal dapat merusak keteraturan orientasi momen magnetik sehingga bahan yang bersifat *ferromagnetik* tersebut akan berubah sifat kemagnetannya. (Halliday et al. 1989).

Sifat kemagnetan bahan *ferromagnetik* ini akan hilang pada temperatur yang disebut *Temperatur Curie*. *Temperatur Curie* untuk besi lemah adalah 770°C , dan untuk baja adalah 1043°C (Kraus.J. D, 1970). Grafik hubungan suseptibilitas dengan suhu pada *Ferromagnetik* terlihat pada Gambar 15, berikut ini:



Gambar 15. Grafik Hubungan Suseptibilitas dengan Suhu pada *Ferromagnetik*.

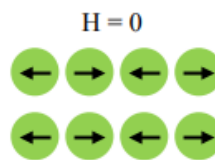
Dari Gambar 15 terlihat bahwa semakin besar suhu *Curie* atau *temperature Curie*, maka semakin besar suseptibilitas yang dihasilkan, setelah melewati fase *Complex Behavior*. Dari grafik tersebut juga

terlihat persamaan hukum Curie (*Curie Law*) yaitu $\chi = \frac{C}{T - T_c}$ dimana

$T > T_c$. Dengan keterangan, χ adalah nilai *suseptibilitas*, T_c adalah nilai *Temperatur Curie* dan T adalah nilai suhu.

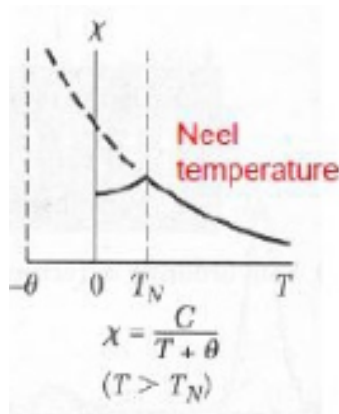
d. *Antiferromagnetik*

Bahan yang bersifat *Antiferromagnetik*, orientasi momen magnetiknya cenderung antiparalel (kebalikan dari *ferromagnetik*). Arah domain magnetik pada material *Antiferromagnetik* sebelum dan sesudah diberi medan magnet luar seperti pada Gambar 16:



Gambar 16. Arah Domain Magnetik pada Bahan Bersifat *Antiferromagnetik* (Halliday et al. 1989).

Jika bahan bersifat *Antiferromagnetik* diberikan medan magnet luar maka akan timbul magnetisasi yang sangat kecil dengan koersivitas material akan naik seiring dengan bertambahnya suhu. *Magnetisasi* dapat mencapai maksimum pada suhu kritis (suhu *Nell*). Di atas suhu *Nell*, magnetisasi mengalami penurunan. Grafik hubungan suseptibilitas dengan suhu pada *Ferromagnetik* terlihat pada Gambar 17, berikut ini:



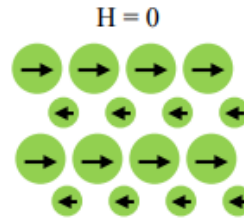
Gambar 17. Grafik Hubungan Suseptibilitas dengan Suhu pada *Antiferromagnetik*.

Dari Gambar 17 terlihat bahwa semakin besar suhu Curie atau *temperature Curie*, maka semakin besar *suseptibilitas* yang dihasilkan dimulai saat nilai $T = 0$. Saat $T=0$ sampai dengan T_N terdapat *Neel Temperature* atau *Temperatur Neel*. Dari grafik tersebut juga terlihat persamaan hukum Curie (*Curie Law*) yaitu $\chi = \frac{C}{T - T_c}$ dimana $T > T_c$. Dengan keterangan, χ adalah nilai *suseptibilitas*, T_c adalah nilai *Temperatur Curie* dan T adalah nilai suhu.

e. *Ferrimagnetik*

Bahan yang bersifat *Ferrimagnetik* memiliki susunan dipol magnetik mirip dengan *Antiferromagnetik* dimana momen magnetik yang berdekatan arah domainnya antiparalel, tetapi magnetisasinya tidak nol. Hal ini disebabkan karena dua subkekisi dalam bahan *Ferrimagnetik* memiliki perbedaan magnitudo. Sifat *ferrimagnetik* terdapat dalam material seperti ferrit yang komponen utamanya ialah

oksida logam. Arah domain magnetik pada bahan *Ferrimagnetik* seperti pada Gambar 18:



Gambar 18. Arah Domain Magnetik pada Bahan Bersifat *Ferrimagnetik*. (Halliday et al. 1989).

f. *Superparamagnetik*.

Superparamagnetik adalah sifat material yang memiliki nilai magnetisasi saturasi yang tinggi, tetapi ketika tidak dipengaruhi medan magnet luar, *koersivitas* rata-ratanya adalah nol. Sifat ini muncul ketika bahan *ferromagnetik* atau *ferrimagnetik* dalam ukuran sangat kecil (orde nanometer). Sifat ini terdapat pada *Manganese Ferrit* / MnFe_2O_4 . (Iwan Yusan, dkk. 2012)

Dari kajian sifat bahan magnet diatas, maka sifat-sifat magnet yang akan diteliti pada penelitian ini adalah Magnetisasi Remanen, Magnetisasi Saturasi, *Koersivitas* / Medan Koersif, *Soft Magnetic* dan *Hard Magnetic*.

3. Orientasi Magnetik

Ada beberapa hal mengenai orientasi magnetik, yaitu sebagai berikut :

a. **Momen Magnet Elektron.**

Sebuah electron bergerak mengorbit pada suatu inti atom dengan menyapu luasan orbit A dengan periode τ , maka besarnya arus sebanding dengan:

$$i = \frac{e}{\tau} \quad \dots(6)$$

Dari persamaan 1, diperoleh besarnya momen magnet orbital electron,

$$\begin{aligned} m_0 &= i \cdot A \\ &= \frac{eA}{\tau} \end{aligned} \quad \dots(7)$$

Besarnya luasan yang disapu electron adalah:

$$A = \frac{1}{2} p_0 \frac{\tau}{m_e} \quad \dots(8)$$

Sehingga dapat dihitung momen magnet orbital electron dalam bentuk momentum anguler p_0 adalah

$$m_0 = -\left(\frac{e}{2m_e}\right)p_0 \quad \dots(9)$$

Dengan cara yang sama kita dapat menentukan pengaruh spin dalam kontribusinya terhadap momen magnet electron yaitu :

$$m_s = -\left(\frac{e}{2m_e}\right)p_s \quad \dots(10)$$

Dengan p_s adalah momentum anguler spin.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa harga momentum anguler hanya dapat ditentukan dengan meggunakan mekanika kuantum. Sehingga kita harus mendefinisikan empat besaran bilangan kuantum, yaitu :

- (1) Bilangan kuantum utama (n)
- (2) Bilangan kuantum momentum anguler (l)
- (3) Bilangan kuantum magnetik orbital (m_l)
- (4) Bilangan kuantum magnetik spin (m_s)

Pendefinisian empat bilangan kuantum tersebut memungkinkan kita untuk mengetahui kontribusi momentum anguler orbital dan momentum angule spin dalam kawasan kuantum, dengan mengambil analogi penjelasan diatas kita dapat menentukan besarnya momentum anguler orbital electron adalah:

$$p_o = l\left(\frac{h}{2\pi}\right) \quad \dots(11)$$

(Jiles, 1991:223)

dengan harga l : 0,1,2,...(n-1), sedangkan momentum anguler spin elektronnya :

$$p_s = l\left(\frac{h}{2\pi}\right) \quad \dots(12)$$

(Jiles, 1991:223)

Asumsi momentum anguler sebagai jumlah integral bilangan kuantum orbital l dan bilangan kuantum spin s ternyata kurang memuaskan. Pemanfaatan gelombang mekanik memberikan gambaran mengenai momentum anguler yang jauh lebih teliti.

$$(p_o)^2 = \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 l(l+1)$$

$$(p_s)^2 = \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 s(s+1)$$

$$(p_{tot})^2 = \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 \sqrt{j(j+1)} \quad \dots(13)$$

Sebagai konsekuensi dari nilai momentum anguler yang terkuantisasi, maka nilai momen magnet dari elektron juga terkuantisasi.

$$\begin{aligned}
m_o &= -\left(\frac{e}{2m_e}\right)p_o \\
&= -\left(\frac{eh}{4\pi m_e}\right)\left(\frac{2\pi p_o}{h}\right) \\
&= -\left(\frac{eh}{4\pi m_e}\right)\sqrt{l(l+1)} \\
m_s &= -2\left(\frac{eh}{4\pi m_e}\right)\sqrt{s(s+1)} \quad \dots(14)
\end{aligned}$$

Total momen magnet dari electron diperoleh dengan menjumlahkan momentum anguler orbital dan momentum anguler spin dari elektron.

$$\begin{aligned}
m_{tot} &= m_o + m_s \\
&= -g\left(\frac{eh}{4\pi m_e}\right)\sqrt{l(l+1)}\sqrt{s(s+1)} \\
&= -g\mu_B\sqrt{j(j+1)} \quad \dots(15)
\end{aligned}$$

Dengan g adalah factor Lande.

$$g = 1 + \left(\frac{J(J+1)+s(s+1)L(L+1)}{2J(J+1)}\right)\sqrt{l(l+1)}\sqrt{s(s+1)} \quad \dots(16)$$

(Beiser, 1989:243)

b. Momen Magnet Atom

Atom memiliki beberapa elektron sehingga momen magnet atom merupakan jumlah dari semua pergerakan spin dan orbital elektron. Jika momentum anguler orbital atom (L) merupakan jumlah momentum orbital dari elektron.

$$\begin{aligned}
L &= \sum l_i \\
|L| &= \sqrt{L(L+1)} \quad \dots(17)
\end{aligned}$$

(Jiles, 1991 : 238)

Dan momentum anguler spin (S) merupakan jumlah anguler spin dari electron yang dimiliki atom.

$$S = \sum s_i$$

$$|S| = \sqrt{S(S + 1)} \quad \dots(18)$$

(Jiles, 1991 : 239)

Total momen magnet atom diperoleh dengan menjumlahkan momentum anguler orbital dan momentum anguler spin elektron, yaitu:

$$S = \sum l_i + \sum s_i$$

$$= L + S \quad \dots(19)$$

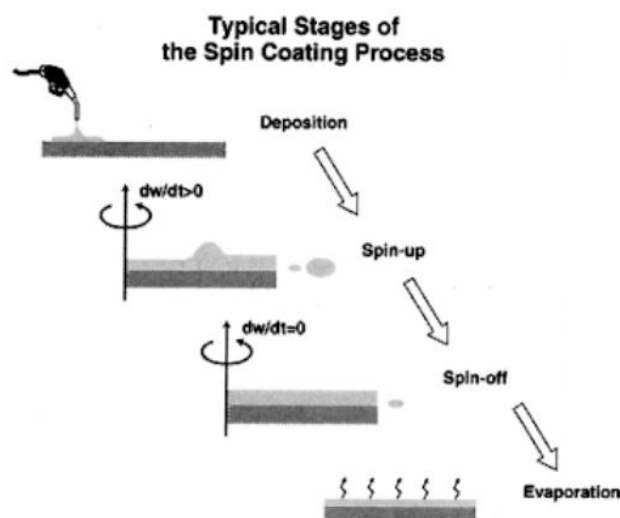
H. Metode *Spin Coating*.

Metode *Spin Coating* adalah suatu metode untuk mendeposisikan lapisan tipis dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat, kemudian substrat diputar dengan kecepatan konstan agar dapat diperoleh endapan lapisan tipis diatas substrat, atau disebut juga metode percepatan larutan untuk menyiapkan film tipis. (Purwanto dan Prajitno, 2013).

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan substrat yaitu dari kaca preparat berukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm dan 0,5 cm x 0,5 cm x 0,5 cm. Substrat dari kaca preparat ini, akan ditetaskan di atasnya larutan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF, dimana dalam pembuatannya melalui proses pembuatan prekursor Fe dan prekursor MnFe_2O_4 . Larutan Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF yang ditetaskan diatas kaca preparat

tersebut, akan ditumbuhkan lapisan tipisnya dengan preparasi atau teknik pembuatan yaitu Metode *Spin Coating*.

Metode *Spin Coating* terdiri dari tiga fase yaitu spin-up, spin-off (aliran fluida), dan penguapan. Proses *Spin Coating* ini telah banyak digunakan dalam pembuatan sirkuit terintegrasi, cermin optik, layar televisi berwarna dan *disk magnetic* untuk penyimpanan data. Tahap-tahap *Spin Coating* ditunjukkan pada Gambar 19 berikut ini;



Gambar 19. Tahap-Tahap Penting dari Proses Pelapisan *Spin Coating* (Niranjan Sahu, dkk. 2009)

Berdasarkan Gambar 19, tahap-tahap penting dari proses pelapisan *Spin Coating* terdiri dari tiga langkah penting, dimana pada langkah pertama yaitu pengendapan (*deposition*) merupakan cairan resin disimpan ke permukaan substrat. Langkah kedua adalah putaran (spin) dengan kecepatan tinggi untuk mengencerkan fluida. Langkah selanjutnya adalah pengeringan (*evaporation*) untuk menghilangkan pelarut berlebih dari film yang dihasilkan. Ada dua metode umum pengeluaran adalah pengeluaran statis, dan pengeluaran dinamis. Kecepatan putaran adalah faktor terpenting

dalam pelapisan spin. Putaran kecepatan yang tinggi umumnya menentukan ketebalan film akhir. (Niranjan Sahu, dkk. 2009)

Ketebalan film sebagian besar merupakan kesetimbangan antara gaya yang digunakan untuk menggeser resin fluida ke arah tepi substrat dan laju pengeringan, yang mempengaruhi viskositas resin. Saat resin mengering, viskositas meningkat sampai kekuatan radial dari proses putaran tidak lagi dapat memindahkan resin ke permukaan. Pada titik ini, ketebalan film tidak akan berkurang secara signifikan dengan meningkatnya waktu putaran. Metode pengukuran lebar ketebalan film tipis yang sering digunakan sekarang ini yaitu *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Ellipsometri*, *Reflectance Spectroscopy*, dan *Interferometer Michelson*. (Niranjan Sahu, dkk. 2009).

I. Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF

Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit MnFe₂O₄/ PVDF pada penelitian ini menggunakan alat VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) yang dilakukan di LIPI Serpong, Tangerang Selatan.

Sebelum melakukan Karakterisasi Sifat Magnetik dengan alat VSM, peneliti terlebih dahulu melakukan Karakterisasi Mikrostruktur dari bahan yang diteliti dengan alat XRD dan SEM untuk mendapatkan data pendukung pada penelitian ini. Berikut ini adalah penjelasan alat XRD, SEM dan VSM yang digunakan pada penelitian ini:

a. XRD

XRD (*X-ray diffraction*) digunakan untuk mengetahui ukuran partikel MnFe₂O₄, mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara

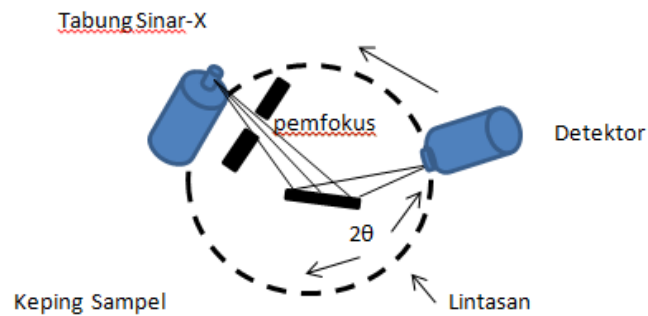
menentukan parameter struktur kisi, menentukan struktur kristal dan memastikan Mn, Fe dan PVDF ada di dalam Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF. Uji XRD pada Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF dilaksanakan di Laboratorium Material dan Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. XRD yang digunakan adalah XRD dengan tipe *X'PERT POWDER PW 30/40*. Bentuk alat XRD tipe *X'PERT POWDER PW 30/40* adalah seperti pada Gambar 20 berikut ini:



Gambar 20. XRD tipe *X'PERT POWDER PW 30/40*
(dokumentasi penulis)

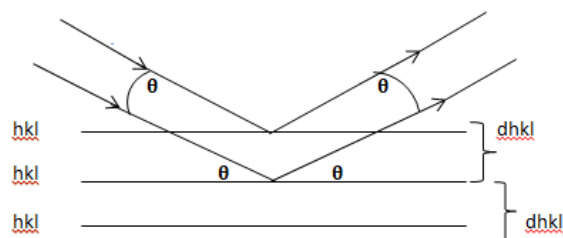
Prinsip Kerja X-Ray Diffraction (XRD) secara umum terdiri dari tiga bagian utamayaitu tabung sinar-X, tempat objek yang diteliti dan detektor sinar-X. Sinar-X dihasilkan di tabung sinar-X yang berisi katoda memanaskan filamen, sehingga menghasilkan elektron. Perbedaan tegangan menyebabkan percepatan elektron akan menembaki objek. Ketika elektron mempunyai tingkat energi yang tinggi dan menabrak elektron dalam objek sehingga dihasilkan pancaran sinar-X. Objek dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar-X. (Ratnasari, 2009: 3)

Prinsip Kerja X-Ray Diffraction (XRD) dapat dijelaskan seperti yang terlihat pada Gambar 21 berikut ini:



Gambar 21. Prinsip Kerja X-Ray Diffraction (XRD)
(Beiser, 1989)

Dari Gambar 21 dapat dijelaskan bahwa, jika seberkas sinar-X Tabung ditembakkan pada sampel padatan kristalin, maka bidang kristal ini akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang yang sama dengan jarak kisi dalam kristal (yang memenuhi hukum Bragg). Hukum Bragg yang dipenuhi itu adalah peristiwa hamburan pada kristal dimana ketika seberkas sinar-X yang sejajar dan monokromatik dijatuhkan pada bidang kristal, maka sinar-X tersebut akan mengalami hamburan oleh atom-atom yang menyusun bidang kristal tersebut. Sinar-X tersebut adalah gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang antara 0,1 - 100 Å dan memiliki energi dalam rentang 100 eV – 100 Kev. Peristiwa hamburan pada kristal dapat dilihat pada Gambar 22 berikut ini :



Gambar 22. Peristiwa Hamburan Pada Kristal
(Beiser, 1989)

Sinar-X yang datang benar-benar monokromatik, bidang kristal (hkl) yaitu bidang yang dibentuk oleh titik kisi benar-benar sejajar. Dimana menurut

pendekatan Bragg, kristal dapat dipandang sebagai bidang-bidang yang datar yang masing-masing berfungsi sebagai cermin semi transparan. Jika sinar-X ditembakkan pada tumpukan bidang datar tersebut dengan sudut pantul yang sama dengan sudut datangnya maka sinar tersebut akan dipantulkan, sedangkan sisanya akan diteruskan menembus bidang. (Nurhidayah, 2016)

Perumusan secara matematis dapat dikemukakan dengan menghubungkan panjang gelombang sinar-X, jarak antar bidang pada kristal dan sudut difraksi, seperti pada persamaan berikut:

$$n \lambda = 2.d.\sin \theta; n = 1, 2, 3, \dots \dots \dots (20)$$

Dengan keterangan :

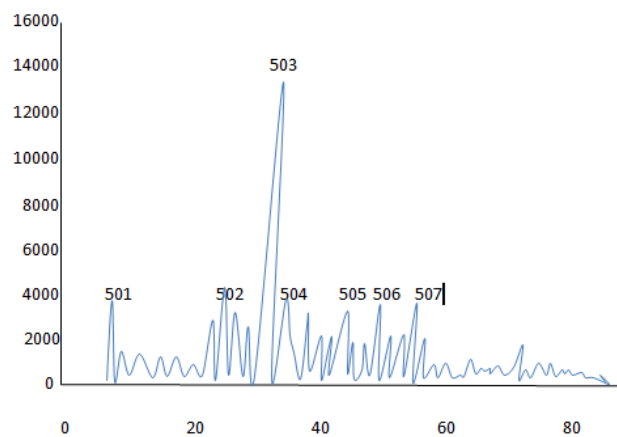
λ adalah panjang gelombang sinar - X yang digunakan ($\text{\AA}$)

d adalah jarak antara dua bidang kisi (m)

θ adalah sudut antara sinar datang dengan bidang normal (2θ / menit).

n adalah bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan

Setelah sinar-X Tabung ditembakkan pada sampel padatan kristalin, lalu pada XRD sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor, detektor kemudian akan mencatat puncak intensitas yang bersesuaian dengan orde pembiasan (orde- n) yang digunakan, yang akan ditampilkan dalam bentuk grafik yaitu grafik difraktogram. Grafik ini merupakan grafik hubungan antara intensitas (cps) dengan 2θ , yang dapat dilihat pada Gambar 23 berikut ini:



Gambar 23. Grafik Contoh Analisis Sampel Uji XRD
(Beiser, 1989)

Dari Gambar 23, besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada dalam sampel. Dimana semakin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, maka semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Setelah melakukan karakterisasi Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF menggunakan XRD, kemudian dilakukan karakterisasi Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF menggunakan FTIR.

b. FTIR (*Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red*)

Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut. Pola absorbansi yang diserap oleh tiap-tiap senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa-senyawa dapat dibedakan dan dikuantifikasikan (Sankari, 2010).

Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang merupakan salah satu metode pengukuran untuk mendeteksi struktur molekul senyawa melalui identifikasi gugus fungsi penyusun senyawa. Pengujian dengan spektroskopi

FTIR tidak memerlukan persiapan sampel yang rumit dan bisa digunakan dalam berbagai fase baik padat, cair maupun gas. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode spektroskopi adsorpsi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi infra merah oleh molekul suatu materi. Adsorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat yakni kesesuaian antara frekuensi radiasi infra merah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Chatwal: 1985).

Untuk uji FTIR pada Nanokomposit MnFe_2O_4 / PVDF di lakukan di laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Bentuk alat Uji FTIR dapat dilihat pada Gambar 24 berikut ini :



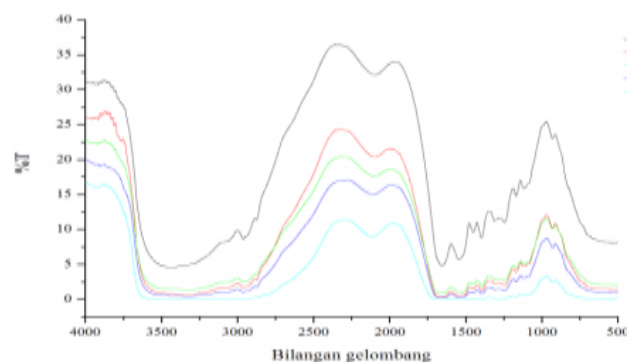
Gambar 24. Alat Uji FTIR di Kimia FMIPA UNP
(dokumentasi penulis)

Dari Gambar 24, kita dapat melihat Alat Uji FTIR di Kimia FMIPA UNP dengan merk *Nicolet iS 10 FT-IR Spectrometer* yang merupakan alat untuk kebutuhan analisis spektroskopi infra merah. Alat ini dapat mengirimkan data yang akurat dan bisa digunakan untuk menganalisis material. dengan power supply 100-240 V 50/60 Hz dan menggunakan pemecah cahaya yang sesuai standar yaitu KBR/Ge mid-inframerah.

Terdapat tiga teknik pengukuran sampel yang umum digunakan dalam pengukuran spektrum menggunakan FTIR yaitu Photo Acoustic Spectroscopy

(PAS), Attenuated Total Reflectance (ATR), dan Difuse Reflectance Infrared Fourier Transform (DRIFT). Setiap teknik memiliki karakteristik spektrum vibrasi molekul tertentu (Beasley, et al.; 2014). Metode pembacaan spektrum vibrasi molekul pada FTIR ada dua macam, yaitu metode reflektansi dan metode transmisi. Metode transmisi memerlukan teknik khusus dalam preparasi sampel yaitu harus dalam bentuk pellet disk.

Contoh analisis sampel seperti Gambar 25 berikut ini:



Gambar 25. Hasil Spektrum IR variasi perbandingan komposisi protein: KBr

Gambar 25, menunjukkan spektrum IR protein albumin yang dilakukan variasi komposisi sampel protein dan KBr. Pita serapan ikatan gugus N-H yang menunjukkan jenis senyawa amida A dan amida B pada semua sampel terlihat pada daerah bilangan gelombang $3100\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya vibrasi stretching NH, dan pada daerah bilangan gelombang $1600\text{--}1690\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya jenis senyawa amida I dengan vibrasi C=O stretching dari sampel protein albumin.

c. VSM

VSM yang merupakan singkatan dari *Vibrating Sample Magnetometer* merupakan alat yang digunakan untuk mempelajari sifat Magnetik bahan. VSM bekerja berdasarkan hukum Faraday tentang e.m.f induksi pada sebuah

konduktor oleh perubahan garis gaya magnet (fluks magnetik). Dalam penggunaannya sebagai perangkat untuk mengukur sifat magnetik material, VSM terdiri dari tiga komponen penting, yaitu sampel magnetik, elektromagnet, dan kumparan deteksi (*pick-up coil*), yang ketiganya terletak pada posisi simetris satu sama lain, dimana posisi *pick-up coil* ditempatkan sejajar dengan arah medan magnet. (Tri Mardji Atmono, dkk. 2015).

Prinsip kerja VSM cukup sederhana yaitu sebuah sampel magnetik ditempatkan pada sebuah batang sampel (*sample holder*) dan digetarkan dengan vibrator mekanik menggunakan frekuensi tertentu. Sampel ini diposisikan di antara sepasang pol elektromagnet dengan kumparan deteksi (*pick-up coil*) yang dipasang simetris terhadap posisi sampel. Gerakan osilasi dari sampel magnetik akan menghasilkan tegangan induksi di kumparan deteksi tersebut. Tegangan induksi ini sebanding dengan besarnya magnetisasi dari sampel tersebut, kemudian pengukuran selengkapnya diperoleh dengan mengubah besarnya medan magnet luar yang dihasilkan oleh elektromagnet, sehingga akan diperoleh kurva histeresis, magnetisasi sebagai fungsi medan magnet luar. (Tri Mardji Atmono, dkk. 2015).

Bentuk alat *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) dapat dilihat pada Gambar 26 berikut ini:

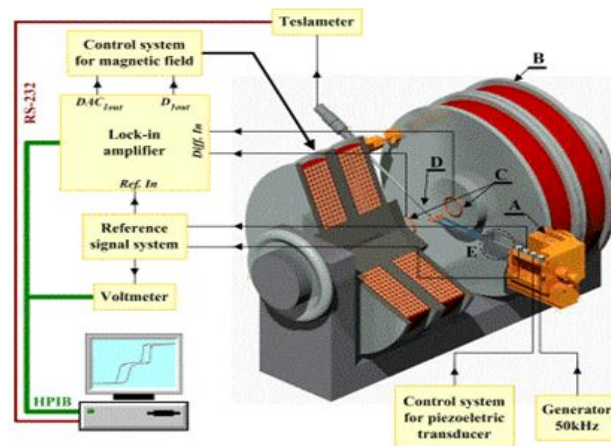


Gambar 26. Alat Uji *Vibrating Sample Magnetometer* LIPI Fisika.
(Emma Rosinta, 2017)

Gambar 26 diatas adalah Alat *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), dimana hasil karakterisasi magnet dengan alat ini berupa kurva histeresis yang dapat dilihat pada layar monitor komputer.

Salah satu keistimewaan VSM adalah merupakan *Vibrator Elektrodinamik* yang dikontrol menggunakan arus balik. Sampel dimagnetisasi dengan medan magnet homogen. Jika sampel bersifat magnetik, maka medan magnet akan memagnetisasi sampel dengan meluruskan domain magnet. Momen dipol magnet akan menciptakan medan magnet disekitar sampel, yang biasa disebut *magnetic stray field*. Ketika sampel bergetar, *magnetik stray field* dapat ditangkap oleh *coil*. Medan magnet tersebar tersebut akan menginduksi medan listrik dalam *coil* yang sebanding dengan momen magnetik sampel. Semakin besar momen magnetik, maka akan menginduksi arus yang semakin besar. Dengan mengukur arus sebagai fungsi medan magnet luar, suhu maupun orientasi sampel, berbagai sifat magnetik bahan dapat dipelajari. (Emma Rosinta, 2017)

Vibrating Sample Magnetometer (VSM) mempunyai komponen yang dapat dibedakan berdasarkan fungsi dan sifat fisisnya. Komponen-komponen tersebut tersusun membentuk satu set perangkat VSM yang menjalankan fungsinya masing-masing sesuai dengan Gambar 27 berikut ini:



Gambar 27. Komponen *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM)
(Dytchia Kesuma. 2011)

Berdasarkan Gambar 27 dapat diuraikan beberapa komponen dari *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), yaitu sesuai dengan label :

a. Kepala Generator

Kepala Generator berfungsi sebagai tempat melekatnya osilasi sampel yang dipindahkan oleh transduser *piezoelektrik*.

b. Elektromagnet atau Kumparan Hemholtz

Berfungsi untuk menghasilkan medan magnet, memagnetisasi sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik. Resonansi sampel oleh transduser *piezoelektrik* juga dialirkan kebagian ini dengan capaian frekuensi sama dengan 75 Hz.

c. *Pickup Coils*

Berfungsi untuk mengirim sinyal listrik ke Amplifier. Sinyal yang telah diinduksi akan ditransfer oleh pickup coil ke input diferensial dari *lock-in* Amplifier. Sinyal dari *pick-up coils* terdeteksi oleh *lock-in* Amplifier diukur sebagai fungsi dari medan magnet dan memungkinkan kita untuk mendapatkan loop Histeresis dari sampel diperiksa. Untuk osilasi harmonik

dari sampel, sinyal (e) induksi di *pick-up coils* sebanding dengan Amplitudo Osilasi (K), Frekuensi Osilasi Sampel (ω) dan Momen Magnet (m) dari sampel yang akan diukur pada Vibrating Sample Magnetometer (VSM).

d. Sensor Hall

Berfungsi untuk mengubah dan mentransdusi energi dalam medan magnet menjadi tegangan (Voltase) yang akan menghasilkan arus listrik. Sensor Hall juga berfungsi untuk mengukur arus tanpa mengganggu alur arus yang ada pada konduktor. Pengukuran arus ini akan menghubungkan Sensor Hall dengan Teslameter.

e. Sensor Kapasitas

Berfungsi memberikan sinyal sebanding dengan Amplitudo Osilasi Sampel dan persediaan tegangan untuk sistem elektronik yang menghasilkan sinyal referensi. Selanjutnya sinyal akan diberikan kepada masukan referensi dari *lock-in* Amplifier. Output Konverter digital akan dikirim ke analog (DAC1out) dan Output Digital (D1out) dari *lock-in* akan mengontrol penguat arus yang mengalir melalui elektromagnet dan menunjukkan arahnya masing-masing.

Komponen pendukung Vibrating Sample Magnetometer (VSM) :

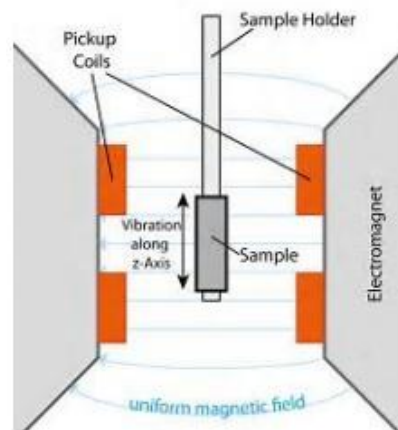
1. Teslameter

Berfungsi untuk mengukur medan magnet berdasarkan sinyal yang ditransdusi oleh sensor hall.

2. Voltmeter

Berfungsi untuk mengukur tegangan listrik yang dikirim oleh *pickup coils* ke Amplifier VSM.

Cara kerja dari *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) dapat diuraikan berdasarkan Gambar 28 berikut :



Gambar 28. Prinsip Kerja *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM)
(W Z Lubis & Mujamilah. 2017)

Berdasarkan Gambar 28, maka cara kerja VSM sebagai berikut :

1. Menempatkan sampel dalam medium preparat.

Sampel diletakkan pada ujung batang medium preparat yang dipasang pada sebuah transduser elektromekanis.

2. Menginduksi momen dipole sampel.

Sampel dari partikel yang telah ditempatkan pada preparat, akan dikondisikan dalam medan magnet yang seragam. Hal ini terjadi karena adanya induksi magnetic yang dilakukan oleh tepi dinding magnetizing pada *pickup coils* VSM.

3. Mengukur sinyal standar sampel.

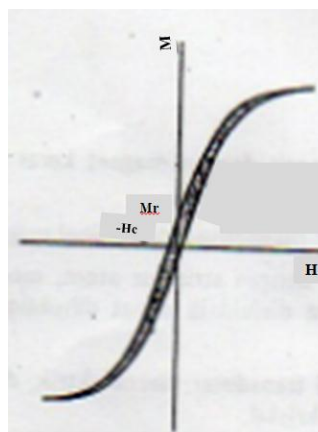
Sampel akan memperlihatkan sinyal berupa getaran-getaran dengan gerakan sinusoida dalam medium *pickup coils*. Sinyal ini memiliki frekuensi yang sama, dimana getaran sampel akan sebanding dengan amplitude dan medan magnet partikel.

4. Output unit vibrasi magnetometer

Sinyal yang dikirim dari sistem *pickup coils* akan diteruskan ke penguat differensial yang terdapat pada unit vibrasi. Output dari penguat differensial ini kemudian diproses di amplifier yang menerima sinyal referensi. Dan hasil akhir dari proses identifikasi sinyal ini akan diberikan oleh magnetometer berupa sinyal DC proporsional yang memberikan informasi momen magnetik sampel yang sedang dianalisis.

Hasil atau *output* dari VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) berupa Kurva Histeresis. Dari Kurva Histeresis ini, peneliti bisa mengetahui *Magnetisasi (M)*, *medan eksternal* atau *medan magnet luar (H)*. Kemudian Hasil VSM juga memberikan informasi mengenai sifat magnetik pada bahan seperti *Magnetisasi Remanen (Mr)*, *Magnetisasi Saturasi (Ms)*, *koersivitas (H_C)*, serta juga dapat mengklasifikasikan tergolong *Soft Magnetic* atau *Hard Magnetic*.

Bentuk Output dari *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* yaitu berupa Kurva *Histeresis M-H (Magnetisasi – Medan Eksternal)* adalah seperti Gambar 29 berikut ini:



Gambar 29. Kurva *Histeresis M-H (Magnetisasi - Medan Eksternal)*
(Lawrence H. Van Vlack, 1992.)

Dari Gambar 29 dapat terlihat Kurva *Histeresis* dengan sumbu horizontal menjelaskan nilai *Medan Eksternal* (H) dan sumbu vertikal menjelaskan nilai *Magnetisasi* (M). Lebar kurva histeresis pada magnet lunak ini sangat tipis mendekati nilai 0 untuk sumbu horizontal dan sumbu vertikal.

J. Sifat Magnetik pada MnFe_2O_4

Untuk melihat Sifat Magnetik pada MnFe_2O_4 , Peneliti mempelajari beberapa jurnal. Salah satunya penelitian oleh Rosita Dewi Tawainella dan kawan-kawan tahun 2014 yang berjudul “Sintesis Nanopartikel *Manganese Ferrite* (MnFe_2O_4) dengan metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya”.

Penelitian Nanopartikel MnFe_2O_4 dibuat menggunakan metode kopresipitasi dengan mencampurkan $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebagai penyedia ion Mn^{2+} dan Fe^{3+} dengan perbandingan koefisien reaksi 1:2. Lalu 0,84 gram $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 2,703 gram $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan masing-masing dalam 10 ml aquades sampai homogen, setelahnya dicampur jadi satu sambil menambahkan 3,37 mL HCl (37%) yang diaduk kembali hingga homogen. Kemudian masukkan campuran larutan tersebut ke dalam larutan NaOH yang telah terhomogenkan dalam 100 mL aquades tetes demi tetes secara perlahan sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan sentrifugasi 550 rpm selama 120 menit. Sintesis Nanopartikel MnFe_2O_4 ini menggunakan variasi konsentrasi NaoH seperti yang di tunjukkan pada Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Parameter Sintesis Nanopartikel MnFe_2O_4 variasi konsentrasi NaOH

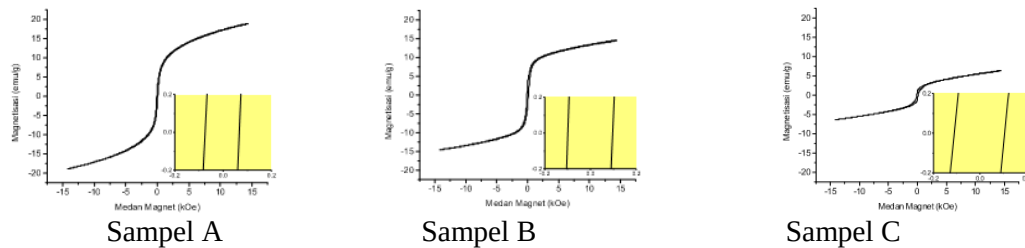
No	Nama Sampel	Massa $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (g)	Massa $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (g)	Volume HCL (ml)	Konsentrasi NaOH (M)	Durasi Pengadukan (menit)	Suhu Sintesis ($^{\circ}\text{C}$)
1	C	0,84	2,703	3,37	1,5	120	80
2	B	0,84	2,703	3,37	5	120	80
3	A	0,84	2,703	3,37	10	120	80

Selanjutnya, Hasil pengamatan VSM pada Nanopartikel MnFe_2O_4 ditunjukkan pada Tabel 6 berikut ini:

Tabel 6. Hasil Pengamatan VSM pada MnFe_2O_4 variasi konsentrasi NaOH

No	Nama Sampel	Parameter Kisi ($\text{\AA}$)	Ukuran Butir (nm)	Koersivitas (Oe)	Magnetisasi Saturasi (emu/g)	Ketinggian Intensitas puncak (311) (a.u)
1	C	8,492	25,362	107	6,41	138,55
2	B	8,478	18,611	97	14,53	104,58
3	A	8,456	14,760	67	18,95	71,58

Berdasarkan Tabel 7, Nilai *Koersivitas* sampel dengan variasi konsentrasi NaOH masing-masing untuk sampel C, B dan A adalah 107; 97; 67 Oe. Nilai *Koersivitas* ini menandakan Nanopartikel MnFe_2O_4 tergolong Magnet Lunak atau *Soft Magnetic*. Hasil ini menunjukkan bahwa besarnya *Medan Eksternal* yang dibutuhkan oleh nanopartikel yang termagnetisasi untuk kembali ke posisi nol berbanding lurus dengan ukuran butir yang dihasilkan. Ukuran partikel yang dihasilkan beberapa puluh nanometer dianggap sebagai domain tunggal dan adanya kecenderungan sampel untuk berperilaku sebagai material superparamagnetik. Dari gambar teridentifikasi bahwa nanopartikel dengan ukuran butir kecil (sampel C), memiliki kurva magnetisasi berbentuk huruf S landai yang menginformasikan terjadi penggumpalan (*aglomerasi*). variasi konsentrasi NaOH menunjukkan bahwa ketika ukuran butir semakin kecil maka nilai koersivitasnya juga semakin kecil yang menunjukkan sifat nanopartikel yang mulai bertransformasi dari ferromagnetik ke sifat superparamagnetik. MnFe_2O_4 merupakan bahan *ferrit* lunak yang dapat diaplikasikan dalam perangkat elektronik seperti *microwave devices*, media penyimpanan data, *drug delivery* dan *chip memory* komputer. Bentuk kurva *Loop Histeresis* Nanopartikel MnFe_2O_4 seperti Gambar 30 berikut ini :



Gambar 30. Kurva *Loop* Histeresis Nanopartikel MnFe_2O_4

K. Aplikasi Sensor Magnet pada *Device*

Menurut penelitian Rizky Ananda Putra & Sutanto Agus tahun 2017, mereka telah berhasil membuat *Device* yang bernama Magnetometer Digital Berbasis Web dengan Sensor Magnet HMC5883L. Sensor magnet ini memiliki pengukuran -8000 sampai 8000 milliGaus. Alat Magnetometer Digital Berbasis Web ini berfungsi untuk mengukur arah dan besar medan magnet secara *real time* berbasis *web*. Alat ini memiliki range-22.500 nT sampai 40.000 nT sesuai kondisi kemagnetan di Stasiun Geofisika Tangerang.

Menurut penelitian Mitra Jamal & Yulkifli pada tahun 2009, mereka telah berhasil menumbuhkan lapisan tipis *NiCoFe* diatas *silicon* (Si) sebagai salah satu material penyusun lapisan sensor GMR menggunakan teknik dc-OTMS. GMR (Giant Magnetoresistance) yaitu sebuah sensor yang bekerja berdasarkan perubahan medan magnetik disekitarnya. Penggunaan GMR sebagai sensor didasarkan pada nilai MR yang dihasilkan. Nilai MR ditentukan sifat magnetik dan listrik yang dihasilkan. GMR ini mempunyai sifat-sifat magnetik dan berpotensi mengembangkan *device* penyimpanan data (*data storage*), MRAM dan *Spin Valve Transistor*.

Didalam Tesis Riyadh Arrida tahun 2017 mengenai, “Desain dan Implementasi IOT - Big Data Analytic”, penggunaan sensor magnetik sebagai

penyimpanan data dalam Modem USB 4G LTE dan mendukung internet data downlink dengan kecepatan 100 Mbps dengan kecepatan upload 50 Mbps. Selain itu Modem USB ini bisa mendukung OS PC Windows 2000/2003/XP/Vista/7/8/10 dan Mac OS X v10.4 ke atas serta Linux. Kemudian ESP8266 adalah sebuah chip yang memiliki kemampuan berkomunikasi dengan *web* menggunakan port HTTPS. Selain itu ESP8266 memiliki kapasitas Wifi 2,4 GHz, 10 bit ADC, Power amplifier, penyimpanan data, jaringan dan dukungan *Smart link* Fungsi untuk kedua perangkat Android dan iOS dan *Access Point*.

Menurut penelitian Angga Wicaksono dan kawan-kawan tahun 2018 menjelaskan Sensor Magnet adalah penerapan dari kerja Resonansi Ferromagnetik yang terjadi ketika bahan magnetik berosilasi saat diberikan medan yang berosilasi secara periodik. Bahan magnetik yang digunakan pada penelitian ini adalah Barium Hexaferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) yang merupakan Magnet keramik golongan ferit. Hasil kurva Histeresis pada bahan ini adalah $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ memiliki nilai *Koersivitas* kecil dengan $H_c < 1\text{kA/m}$ yang tergolong *Soft Magnetic* atau Magnet Lunak. Sifat *Soft Magnetic* berpeluang baik untuk penyimpanan data karena akan cepat Termagnetisasi dan akan mudah kembali menuju nol setelah *Medan Eksternal* dihilangkan.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian yaitu menyelidiki pengaruh komposisi MnFe_2O_4 terhadap sifat magnetik Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ yang dipreparasi dengan metode *Spin Coating*. Maka, hasilnya adalah jika komposisi MnFe_2O_4 bertambah, maka *Magnetisasi Saturasi* pada Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ cenderung menurun. Kemudian jika komposisi MnFe_2O_4 bertambah, maka *Magnetisasi Remanen* pada Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ juga cenderung menurun. Kemudian jika komposisi MnFe_2O_4 bertambah, maka nilai *Koersivitas* pada Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ yaitu *Fluktuatif*. Hal ini menunjukkan perubahan sifat magnet dari *Hard Magnetic* ke *Soft Magnetic* dan sebaliknya.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti merekomendasikan hasil 2 variasi komposisi MnFe_2O_4 pada Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ yang memiliki sifat *Soft Magnetic* atau Magnet Lunak untuk digunakan pada aplikasi Sensor Magnet. Kemudian peneliti juga menyarankan untuk melakukan proses *Spin Coating* lebih baik lagi dari penelitian yang telah dilakukan.