



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

43.802/H/11



RSFi
621.34
Ret
k-1
2011

TUGAS AKHIR - SF 1321

KARAKTERISASI SIFAT MAGNET DAN LISTRIK BAHAN MULTIFEROIK BiFeO_3

DWI YULI RETNOWATI
NRP. 1107 100 041

Dosen Pembimbing

1. Prof.Dr. Darminto, M.Sc
2. Malik Anjelh Baqiya, M.Si

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	9-8-2011
Terima Dari	H
No Agenda Ppt.	✓

JURUSAN FISIKA

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2011



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - SF 1321

**CHARACTERIZATION OF MAGNETIC AND
ELECTRICAL PROPERTIES MULTIFERROIC
BiFeO₃**

DWI YULI RETNOWATI
NRP. 1107 100 041

Advisor Lecturer

- 1. Prof.Dr. Darminto, M.Sc**
- 2. Malik Anjelh Baqiya, M.Si**

PHYSICS DEPARTMENT

**Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2011**

LEMBAR PENGESAHAN

KARAKTERISASI SIFAT MAGNET DAN LISTRIK BAHAN MULTIFEROIK BiFeO_3

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada

Bidang Studi Fisika Material
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DWI YULI RETNOWATI
NRP. 1107 100 041

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Darminto, M.Sc (Pembimbing I)

2. Malik Anjelh Baqiya, M.Si (Pembimbing II)

Surabaya, 25 Juli 2011

KARAKTERISASI SIFAT MAGNET DAN LISTRIK BAHAN MULTIFEROIK BiFeO_3

Nama Mahasiswa : Dwi Yuli Retnowati
NRP : 1107 100 041
Jurusan : Fisika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Prof.Dr. Darminto, M.Sc
2. Malik Anjelh Baqiya, M.Si

Abstrak

Multiferoik adalah bahan yang secara bersamaan menunjukkan sifat magnet dan listrik. Bahan multiferoik BiFeO_3 telah dibuat dengan bahan baku dan metode yang berbeda dengan tujuan untuk mengetahui bahan baku dan metode terbaik yang dapat membuat BiFeO_3 fase tunggal. Bahan baku yang digunakan yaitu pasir besi, garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan serbuk Fe murni. Metode yang digunakan untuk membuat serbuk BiFeO_3 yaitu pencampuran basah dan kopresipitasi. Sampel yang didapatkan dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-X, VSM dan Polarisasi meter. Pola XRD menunjukkan bahwa sampel yang dibuat dari serbuk Fe dengan metode pencampuran basah memiliki fase BiFeO_3 lebih banyak daripada yang lain. Pengukuran sifat magnet dan listrik pada suhu kamar menunjukkan sifat feromagnetik dan feroelektrik lemah.

Kata kunci: Pencampuran basah, kopresipitasi, feromagnet, feroelektrik

CHARACTERIZATION OF MAGNETIC AND ELECTRICAL PROPERTIES MULTIFERROIC BiFeO_3

Name : Dwi Yuli Retnowati
NRP : 1107 100 041
Department : Physics FMIPA-ITS
Advisor Lecturer : 1. Prof. Dr. Darminto, M.Sc
2. Malik Anjelh Baqiya, M.Si

Abstract

Multiferroics are materials that simultaneously exhibit magnetic and electric properties. Multiferroic BiFeO_3 were prepared by different raw materials and methods in order to know the best raw materials and methods can make a single phase BiFeO_3 . The raw materials were iron sand, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and Fe powder. Wet mixing and coprecipitation's method were used to prepare BiFeO_3 powder. The materials were characterized by X-ray diffraction, VSM and Radiant Polarization. The XRD pattern suggest that sample with Fe powder as raw material were prepared by wet mixing method have BiFeO_3 's phase more than another. Room Temperature magnetic and electric measurement showed low ferromagnetic and ferroelectric behavior.

Keywords: *wet mixing, copresipitation, ferromagnetic, ferroelectric*

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala limpahan Rahmat, Barakah, dan Hidayah-Nya sehingga kami bisa menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “ **Karakterisasi Sifat Magnet dan Listrik Bahan Multiferroik BiFeO₃**”. Laporan ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tentunya tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak, Ibu dan kakak tercinta yang senantiasa berdoa untuk kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan memberikan semangat serta nasihat
2. Prof. Dr. Darminto selaku dosen pembimbing sekaligus dosen wali yang telah memberikan nasihat dan pengarahan
3. Malik Anjelh Baqiya, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan
4. Drs. Heny Faisal, M.Si. selaku Ketua Jurusan Program S1 Jurusan Fisika FMIPA ITS
5. Lila Yuwana, M.Si. selaku Koordinator Tugas Akhir Program S1 Jurusan Fisika FMIPA ITS yang telah memberikan tambahan waktu sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini
6. Drs. Suminar Pratapa, M.Sc, Ph.D. selaku dosen penguji serta yang telah memberi ilmu tentang slide write dan memberi izin untuk menggunakan alat pelet
7. Drs. Yoyok Cahyono, M.Si. selaku dosen penguji
8. Mas Stefan & keluarga yang telah membantu dan memberikan semangat selama proses penelitian
9. Teman – teman seperjuangan Fisika 2K7 yaitu Nurul, Pras, Mbak Chalim, Mayang, Agus, Ellys, Aida, Aghes, Linda dan Riskon yang telah membantu dalam penelitian ini dan

diskusinya dalam memecahkan masalah yang dihadapi selama penelitian

10. Pak Soleh, Pak Ratno, Pak Tris (Petugas Laboratorium bahan), Mas Adi (petugas Laboratorium Instrument) dan Pak Mul (petugas Laboratorium Optik) yang telah membantu dan mengizinkan menggunakan peralatan yang dibutuhkan untuk penelitian
11. Mas Herman (2K6), mbak Feby, mbak Henyk dan mas Henry (alumni) yang telah membantu dalam penelitian baik secara langsung maupun tidak langsung
11. Temen-temen kos Mbak Taty, Mbak Niken, Mbak Widya, Mbak Endah dan Mbak Suci.
12. Retno, Tutik dan Tahta (2K8) yang telah membantu selama di Serpong
13. Pak Akidah (operator XRD), Pak Indra Fathonah (operator polarisasi meter), Pak Eko dan Ibu Mujamilah (operator VSM) yang telah membantu dalam karakterisasi sampel dalam penelitian ini

Semoga Allah SWT melimpahkan pahala kepada semuanya. Kami menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna maka kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata kami berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penerapan teknologi Fisika di masyarakat.

Surabaya, Juli 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Multiferoik	5
2.2 BiFeO ₃	5
2.2.1 Struktur BiFeO ₃	5
2.2.2 Diagram Fasa BiFeO ₃	8
2.2.3 Sintesis BiFeO ₃	8
2.2.3.1 Sifat-sifat Bahan Penyusun BiFeO ₃	9
2.2.3.2 Metode Pembuatan Sampel	10
2.3 Feromagnetik	11
2.4 Feroelektrik	12

BAB III. METODOLOGI	
3.1 Alat dan Bahan	17
3.2 Pembuatan Sampel	17
3.2.1. Tahap Awal	17
3.2.2. Tahap Sintesis	18
3.2.3. Tahap Akhir	19
3.3. Karakterisasi Sampel BiFeO_3	19
3.3.1. Difraktometer Sinar-X (XRD)	19
3.3.2. Sifat Magnet	20
3.3.3. Sifat Listrik	20
BAB IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Sintesis Sampel BiFeO_3	23
4.2. Identifikasi Kandungan Fasa BiFeO_3	24
4.2.1. Identifikasi Kandungan Fasa BiFeO_3 Sampel Serbuk	25
4.2.2. Identifikasi Kandungan Fasa BiFeO_3 Sampel Pelet	29
4.3 Sifat Magnet	31
4.4 Sifat Listrik	34
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Contoh aplikasi bahan multiferroik sebagai perangkat memori	1
Gambar 2.1	Tabel periodik unsur yang memiliki perilaku magnetik dan ferroelektrik	6
Gambar 2.2	Struktur perovskit BiFeO_3 R3c dalam ideal kubik struktur perovskit ion oksigen akan menempati situs <i>face center</i>	7
Gambar 2.3	Diagram fasa BiFeO_3	8
Gambar 2.4	(a) Susunan dipole magnet (b) Domain pada bahan feromagnetik	12 12
Gambar 2.5	(a) Kurva histerisis ferroelektrik nano BFO (b) Kurva histerisis feromagnet nano BFO	13 13
Gambar 2.6	Dinding domain yang luasnya hanya dua nanometer dapat menghantarkan listrik pada suhu kamar	14
Gambar 2.7	Contoh kurva histerisis ferroelektrik	15
Gambar 3.1	Skema kerja VSM	20
Gambar 3.2	Alat polarisasi meter <i>Radiant Technologies 66A</i>	21
Gambar 4.1	Pola XRD nano BiFeO_3	25
Gambar 4.2	Pola difraksi serbuk BiFeO_3 metode	26

pencampuran basah

Gambar 4.3	Pola difraksi serbuk BiFeO_3 metode kopresipitasi	27
Gambar 4.4	Hasil SEM BiFeO_3 berbahan dasar garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	29
Gambar 4.5	Pola difraksi pelet BiFeO_3	30
Gambar 4.6	Kurva Histerisis Feromagnet BiFeO_3 dengan metode kopresipitasi	31
Gambar 4.7	(a) dan (b) menunjukkan kurva histerisis feromagnet	32
Gambar 4.8	Kurna Histerisis Feromagnet sampel 4 dan 5	34
Gambar 4.9	Kurva Histerisis Feroelektrik BiFeO_3 (a) metode pencampuran basah dan (b) metode kopresipitasi	36
Gambar 4.10	Kurva Histerisis Feroelektrik sampel 2 dan 4	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data kristalografi BiFeO_3	7
Tabel 4.1	Hasil Sintesis Sampel	24
Tabel 4.2	Kandungan Fasa dan Ukuran Kristal Serbuk BiFeO_3	28
Tabel 4.3	Kandungan Fasa dan Ukuran Kristal Pelet BiFeO_3	30
Tabel 4.4	Nilai Magnetisasi Saturasi, Magnetisasi Remanen dan Medan Koersif	33
Tabel 4.5	Nilai Polarisasi BiFeO_3	35
Tabel 4.6	Nilai Polarisasi Remanen dan Medan Koersif	37



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	SKEMA PEMBUATAN SAMPEL	45
Lampiran B	SKEMA KARAKTERISASI SAMPEL	51
Lampiran C	DATA PDF BiFeO ₃	52
Lampiran D	HASIL SEARCH MATCH	53
Lampiran E	HASIL UJI VSM	59
Lampiran F	HASIL UJI POLARISASI METER	62
Lampiran G	PROGRAM MATLAB UNTUK PENGOLAHAN DATA UJI POLARISASI METER	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Multiferroik adalah bahan yang secara bersamaan menunjukkan lebih dari satu sifat yaitu sifat magnet, listrik, dan elastis dalam materi yang sama. Penelitian bahan ini banyak dilakukan karena didorong oleh aplikasinya dalam perangkat memori, perangkat spintronik dan sensor. Multiferroik dalam spintronika merupakan bidang baru dalam teknologi modern dewasa ini. Istilah spintronika (*spintronics*) berasal dari kata *spin-based electronics*, yakni elektronika yang memanfaatkan sifat spin elektron selain sifat muatannya. Dalam perangkat memori saat ini contohnya *hard disk*, data (bit) ditulis menggunakan medan magnet yang mengarahkan magnetisasi untuk menetapkan nilai bit. Adanya materi multiferroik, dapat dimodifikasi sehingga dapat menulis dan menghapus data menggunakan medan listrik karena penggunaan medan listrik membutuhkan energi lebih kecil dari penggunaan medan magnet sehingga baterai akan tahan lama (www.nano.com).



Gambar 1.1 Contoh aplikasi bahan multiferroik sebagai perangkat memori

BiFeO_3 merupakan bahan multiferroik yang memiliki sifat ferroelektrik dan antiferomagnetik pada temperature Curie dan temperatur Neel relatif tinggi yaitu 810°C dan 375°C sehingga memungkinkan untuk menjadi salah satu kandidat utama untuk aplikasi magnetoelektrik pada suhu ruang. BiFeO_3 telah

ditemukan pada tahun 1960, struktur dan sifat yang dimiliki secara intensif telah banyak dipelajari oleh banyak peneliti akan tetapi aplikasi praktis masih terhambat oleh masalah kebocoran yang timbul dari non-stoikiometri. Hal ini terjadi karena kesulitan dalam mendapatkan fase tunggal bahan BiFeO_3 . Berbagai metode diterapkan untuk mempersiapkan serbuk murni-fase BiFeO_3 seperti kopresipitasi, mekanik, sintesis hidrotermal dan sol-gel (Jie Wei, 2008). Baru-baru ini, beberapa upaya telah dilakukan dalam rangka mempersiapkan nano BiFeO_3 tetapi masih tantangan untuk menyiapkannya di suhu kamar.

Pasir besi Lumajang telah banyak digunakan dalam penelitian oleh beberapa peneliti. Penelitian tersebut telah berhasil mensintesis Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 berukuran nano dengan metode kopresipitasi. Berdasarkan hal tersebut, dalam pembuatan serbuk nano BiFeO_3 ini, peneliti menggunakan Fe_2O_3 yang merupakan hasil sintesis dari pasir besi Lumajang, garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan serbuk Fe. Metode yang digunakan yaitu kopresipitasi dan pencampuran basah. Serbuk BiFeO_3 yang didapatkan kemudian dianalisis sifat listrik dan sifat magnetnya.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dipecahkan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Membuat BiFeO_3 dengan metode kopresipitasi dan pencampuran basah
2. Karakterisasi sifat listrik dan sifat magnet BiFeO_3

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah sifat listrik dan sifat magnet BiFeO_3 .

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui bahan dan metode yang tepat untuk mendapatkan serbuk murni BiFeO_3

2. Dapat mengetahui sifat magnet dan listrik dari bahan multiferroik BiFeO_3

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan penguasaan di bidang material khususnya dalam proses sintesis dan karakterisasi bahan multiferroik BiFeO_3 yang memiliki peluang besar dalam aplikasi teknologi dan segi ilmiah.
2. Menghasilkan jurnal dan paper ilmiah yang dapat memberikan informasi tentang karakterisasi sifat listrik dan magnet bahan multiferroik BiFeO_3 yang dibuat dengan menggunakan dua metode yaitu kopresipitasi dan pencampuran basah.
3. Memberikan kontribusi dalam bidang penelitian yang berkesinambungan sehingga dapat dikembangkan baik dalam aspek ilmiah maupun penerapan teknologi yang dilakukan secara berjenjang.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dibagi menjadi enam bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori-teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini meliputi teori tentang multiferroik, struktur kristal BiFeO_3 , feromagnetik dan feroelektrik.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini dijelaskan tentang alat dan bahan yang diperlukan, langkah kerja pembuatan sampel, dan metode karakterisasi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi data-data hasil karakterisasi dan pembahasan dari data tersebut.

BAB V KESIMPULAN

Bagian ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian dan saran untuk proses pengembangan selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Multiferoik

Multiferoik adalah bahan yang secara bersamaan menunjukkan lebih dari satu sifat yaitu sifat magnetik, listrik dan elastis. Sifat magnetik dihasilkan oleh adanya interaksi pertukaran antar dipol magnetik yang berasal dari kulit orbital terisi elektron. Sifat elektrik terjadi akibat adanya dipol listrik lokal. Sifat elastis merupakan sifat hasil perpindahan atom karena strain. Terjadinya simultan magnet dan listrik sangat menarik karena menggabungkan sifat yang bisa dimanfaatkan untuk penyimpanan informasi, pengolahan, dan transmisi. Namun, properti ini sangat langka seperti adanya orbital yang diisi atom sebagian yang merupakan syarat untuk dipol magnet biasanya menghalangi terjadinya dipol listrik, yang biasanya terkait dengan kehadiran kulit-d kosong. Gambar 2.1 merupakan tabel periodik unsur yang memiliki sifat magnetik dan feroelektrik (Palstra, 2006).

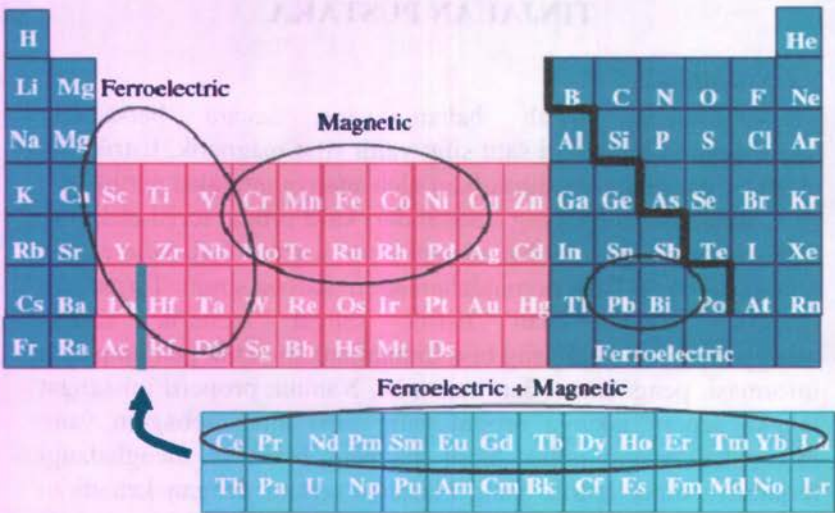
2.2 BiFeO₃

2.2.1 Struktur BiFeO₃

Pada suhu ruang bismuth ferit memiliki struktur perovskit rhombohedral dengan grup ruang R3c dengan parameter kisi ditunjukkan pada Tabel 2.1. Ion-ion Bi dan O secara bersama membentuk bangunan *cubic close packing* dengan ion Fe menempati posisi interstitial oktahedron. Struktur perovskit dari BiFeO₃ dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Deepam, 2008).

Secara umum Perovskit merupakan oksida logam yang memiliki rumus umum ABO₃ dengan A adalah ion-ion logam blok s-, d-, atau f- yang berukuran lebih besar sedangkan B merupakan ion-ion logam transisi (Tien-Thao dkk, 2007). Jumlah muatan kation A dan B adalah +6, yang dapat tersusun dari kation yang bermuatan (1+5), (2+4) atau (3+3), hal tersebut agar terjadi keseimbangan muatan dengan muatan negatif 6 yang dibawa oleh tiga ion oksigen (Wold, 1993).





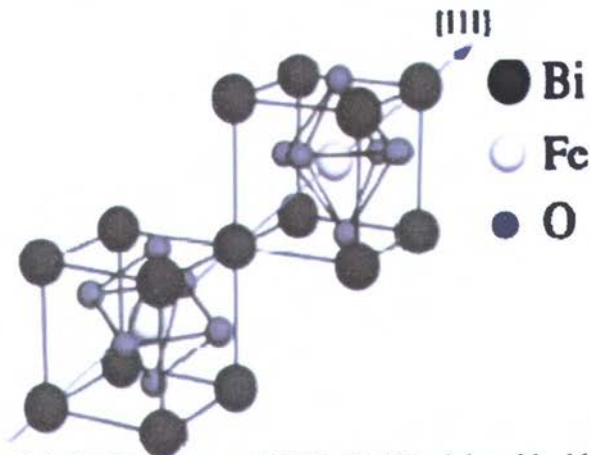
Gambar 2.1. Tabel Periodik unsur yang memiliki perilaku magnetik dan feroelektrik

Nicola Hill menyatakan bahwa beberapa material yang feromagnet dan feroelektrik ditentukan oleh transisi oksida logam khususnya struktur perovskit. Dia meneliti bahwa feroelektrik mempunyai ion dengan orbital electron d^0 sedangkan magnet orbital electron d^j dimana j tidak sama dengan nol sehingga pada struktur perovskit situs A memberikan sifat feroelektrik dan situs B memberikan sifat feromagnet. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pada BiFeO_3 , polarisasi disebabkan oleh pasangan elektron (orbital s^2) dari Bi^{3+} sehingga polarisasi berasal dari situs A sedangkan magnetisasi berasal dari situs B (Hill, 2000).

Tabel 2.1 Data Kristalografi BiFeO₃

BiFeO ₃	
Crystal system	
Rhombohedral	
Space group	R3c (161)
Lattice parameters	
a=b (Å)	5.5768 (3)
c (Å)	13.8642
(6)	
Cell volume (Å ³)	373.418
R _f (%)	3.95
R _{Bragg}	4.71
R _p	7.72
R _{wp}	9.95
X ²	1.19

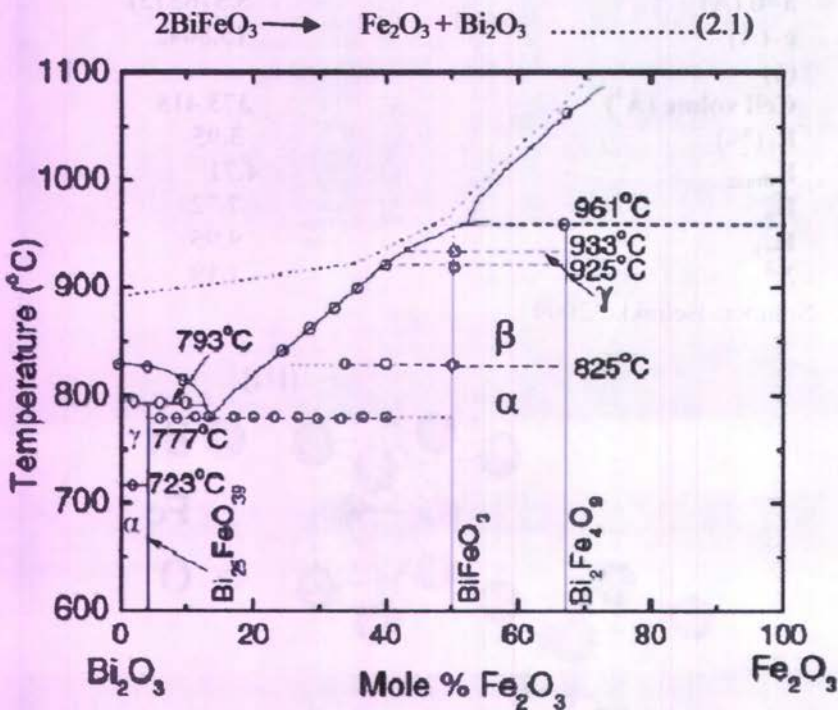
Sumber: Bellakki, 2009



Gambar 2.2 Struktur Perovskit BiFeO₃ R3c dalam ideal kubik struktur perovskit ion oksigen akan menempati situs face center (Neaton, 2005)

2.2.2 Diagram Fasa BiFeO₃

Diagram fase untuk sistem Bi₂O₃-Fe₂O₃ telah dipetakan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. BiFeO₃ biasanya disiapkan dari bagian yang sama dari Bi₂O₃ dan Fe₂O₃, dan pada suhu tinggi dapat terurai kembali ke bahan-bahan awal, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 2.1.



Gambar 2.3 Diagram fasa BiFeO₃ (Palai, 2008)

2.2.3 Sintesis BiFeO₃

Dalam sintesis fase tunggal bahan multiferroik, yang harus diperhatikan adalah menghindari adanya impuritas atau pengotor. Pengotor yang diperkirakan berasal dari tiga penyebab yang berbeda yaitu: Pertama, penguapan komponen Bi terjadi

dengan mudah pada awal sintesis karena rendahnya suhu penguapan garam bismut ini sehingga komponen Bi_2O_3 muncul lagi di akhir produksi sebagai suatu pengotor. Kedua, valensi kimia ion Fe bervariasi dalam kandungan oksigen di udara sehingga adanya ion Fe^{2+} yang dihasilkan saat sintesis berhubungan dengan kebocoran yang terjadi dalam sintesis BiFeO_3 . Ketiga, sintesis BiFeO_3 fase tunggal dalam diagram fase Bi_2O_3 - Fe_2O_3 sangat sempit dari sudut pandang termodinamika, di mana dua jenis pengotor $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ dan $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ adalah substitusi biasa untuk BiFeO_3 (Hua Ke, 2010).

Sifat-sifat BFO multiferroik perlu dipahami dengan menetapkan prosedur fabrikasi fase BFO -R murni. Jika suhu dan oksigen tidak dikontrol secara akurat selama kristalisasi dari fase R BFO, kinetika fasa formasi selalu menyebabkan tahapan impuritas lain di Bi-Fe-O sistem seperti $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, $\text{Bi}_2\text{O}_{2.75}$, dan $\text{Bi}_{46}\text{Fe}_2\text{O}_{72}$. Baru-baru ini, beberapa upaya telah dilakukan dalam rangka mempersiapkan nano BiFeO_3 . Namun, masih tantangan untuk menyiapkannya di suhu kamar (Jong, 2005).

2.2.3.1 Sifat-sifat bahan penyusun BiFeO_3

a. Bismuth

Bismuth oksida (Bi_2O_3) berwarna kuning. Titik Cairnya 271°C dan keadaannya relatif murni. Bismuth yang terdapat dalam senyawanya dengan tingkat oksidasi +3 dan +5. Bismuth (III) lebih stabil dari pada bismuth (V).

Bismuth diperoleh dari campuran berbagai unsur dalam kondisi alami. Proses pemisahannya dilakukan dengan pembersihan terlebih dahulu dimana bismuth ini terdapat dalam keadaan kurang bersih, sehingga diperlukan berbagai perlakuan. Bismuth digunakan sebagai unsur paduan dengan logam lain yang memiliki titik cair rendah. Unsur ini paling bersifat diamagnetik dan merupakan unsur kedua setelah raksa yang memiliki konduktivitas termal terendah. Bismuth mempunyai tahanan listrik yang tinggi. Ketika terbakar dengan oksigen, bismut terbakar dengan nyala yang berwarna biru.

b. Fe₂O₃

Fe₂O₃ termasuk dalam besi oksida. Maghemite mempunyai struktur kristal yang sama dengan magnetite dan juga termasuk ferit spinel serta bagian dari feromagnetik. Mineral ini mempunyai warna abu-abu (grey shade), putih dan coklat. Mineral ini struktur kristalnya isometrik. Secara ringkas sifat fisik dan kimia dari Fe₂O₃ sebagai berikut:

Sifat fisik :

Rumus molekul : Fe₂O₃
 Massa molekul : 159,69 gr/mol
 Titik Beku : 1566 °C
 Densitas : 2,2 g/cm³, padat
 ΔHf 298 K : -825.50 kJ/mol

Sifat kimia :

- Tidak larut dalam air
- Sukar larut dalam asam-asam encer
- Larut dalam asam-asam kuat

2.2.3.2 Metode Pembuatan Sampel

Dalam pemilihan metode yang akan kita gunakan dalam sintesis suatu bahan pada umumnya diharapkan endapan yang terbentuk mudah disaring dan dibersihkan dari pengotor, memiliki kelarutan cukup rendah sehingga tidak ada analit yang terbuang pada saat penyaringan dan pencucian, tidak reaktif terhadap udara dan setelah dikeringkan atau dibakar, menghasilkan produk yang diketahui komposisinya (Sonny, 2009).

a. Metode Kopresipitasi

Metode kopresipitasi adalah pembentukan suatu materi dengan cara mengendapkannya dalam larutan (Patnaik, 2004). Permasalahan yang sering muncul pada metode ini yaitu keikutsertaan mengendapnya pengotor yang tidak diinginkan sehingga mempengaruhi massa dan kemurnian materi yang diinginkan. Masalah ini dapat dikurangi dengan membiarkan lebih lama agar seluruh materi mengendap dengan sempurna atau

dengan melarutkan kembali cuplikan lalu diendapkan lagi (Harvey, 2000).

b. Metode Pencampuran Basah

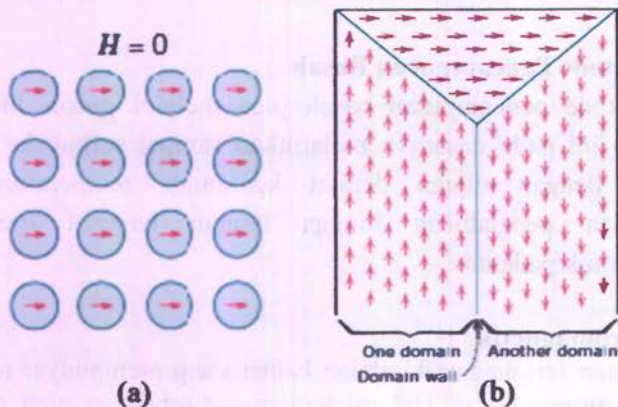
Metode pencampuran basah juga melalui proses kimiawi. Metode ini pada dasarnya melarutkan sampel serbuk ke dalam HNO_3 dengan dijaga derajat keasaman, temperature dan kecepatan pengadukan hingga larutan tersebut mengerak membentuk padatan.

2.3 Feromagnetik

Bahan feromagnetik adalah bahan yang mempunyai resultan medan atomis besar. Hal ini terutama disebabkan oleh momen magnetik spin elektron. Pada bahan feromagnetik banyak spin elektron yang tidak berpasangan. Masing-masing spin elektron yang tidak berpasangan ini akan memberikan momen magnetik, sehingga total medan magnetik yang dihasilkan oleh suatu atom lebih besar (Halliday & Resnick, 1978).

Bahan feromagnetik sebelum diberi medan magnet luar mempunyai domain yang momen magnetiknya kuat, tetapi momen magnetik ini mempunyai arah yang berbeda-beda dari satu domain ke domain yang lain sehingga medan magnet yang dihasilkan tiap domain saling meniadakan (Halliday & Resnick, 1978). Ketika diberi medan magnet dari luar, maka domain-domain ini akan mensejajarkan diri searah dengan medan magnet dari luar. Semakin kuat medan magnetnya semakin banyak domain-domain yang mensejajarkan dirinya. Akibatnya medan magnet dalam bahan feromagnetik akan semakin kuat. Setelah seluruh domain terarahkan, penambahan medan magnet luar tidak memberi pengaruh terhadap domain tersebut karena tidak ada lagi domain yang disearahkan. Keadaan ini dinamakan jenuh atau keadaan saturasi. Feromagnetik menyangkut pensejajaran sebagian besar momen magnetik molekuler kedalam suatu arah tertentu dalam kristal. Gejala ini sering ditemukan

dalam transisi metal dimana sel 3d dan 4f tidak terisi penuh (Lucky, 2010).



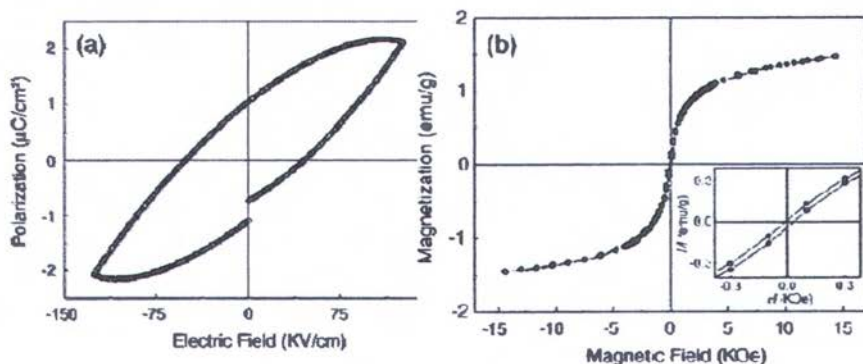
Gambar 2.4 (a) Susunan dipol magnet dan (b) domain pada bahan Feromagnetik (Callister, 2007)

Permeabilitas bahan feromagnetik adalah $\mu \gg \mu_0$ dan suseptibilitas bahannya $\chi_m \gg 0$. Sifat kemagnetan bahan feromagnetik ini akan hilang pada temperatur yang disebut suhu Curie (Billah, 2006). Suhu Curie (T_c) atau titik Curie adalah suhu di mana suatu *ferromagnetisme* atau *ferrimagnetisme* bahan menjadi *paramagnetisme* pada pemanasan, efeknya reversibel. Sebuah magnet besi akan berkurang dengan daya tarik magnetnya jika dipanaskan di atas suhu Curie. Suhu Neel, didefinisikan untuk antiferromagnetik bahan. Sifat antiferromagnetik BiFeO_3 dengan suhu Ne'el relatif tinggi yaitu 375°C .

2.4 Feroelektrik

Ferroelektrik merupakan kelompok bahan yang dicirikan oleh adanya polarisasi spontan dan nilai polarisasi listrik dapat diubah dengan menggunakan medan listrik yang sesuai. Hubungan antara medan listrik dan polarisasi listrik membentuk kurva histerisis (Takayama, 1986). Gambar 2.5 (a) menunjukkan kurva histerisis dari bulk fase tunggal BiFeO_3 . Sifat feroelektrik BiFeO_3 dengan

suhu Curie 810°C yaitu suhu di mana polarisasi spontan hilang pada pemanasan (Kuk,2005).

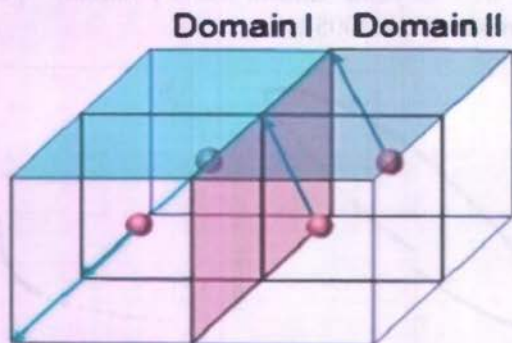


Gambar 2.5 (a) Kurva Histerisis feroelektrik nano BFO dan (b) Kurva Histerisis feromagnet nano BFO (Kang, 2009)

Baru-baru ini, film epitaksi atau kristal tunggal dari BFO memiliki telah terbukti memiliki sisa polarisasi feroelektrik lebih dari 50 C/cm^2 (Szafraniak, 2007). Dalam fase feroelektrik jika bahan bertemperatur $T < T_c$, maka bahan akan terpolarisasi secara spontan. Dengan demikian, pada temperatur Curie T_c merupakan temperatur transisi fase.

Ferit Bismut adalah isolator, tetapi domain yang berbeda mungkin memiliki polarisasi listrik yang berbeda. Posisi atom besi di pusat dan perpindahan dari atom bismut di setiap sel kubik menentukan polarisasi dari domain. Polarisasi spontan tidak sama dalam seluruh bagian bahan. Oleh karena itu bahan terdiri dari sejumlah domain yaitu daerah dimana polarisasinya seragam (Ade, 2010).

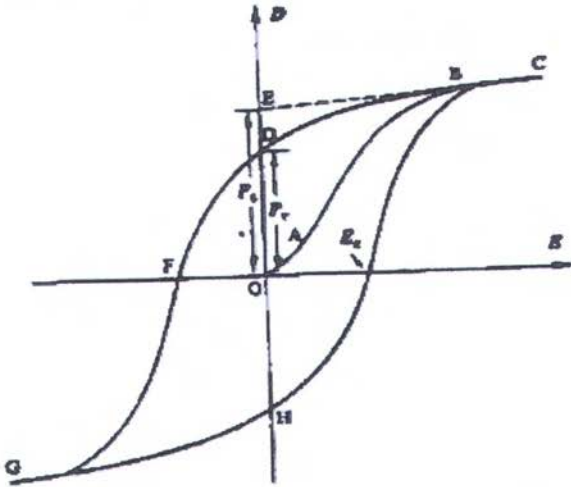
Sifat magnet dan listrik dari suatu bahan dapat dilihat dari bentuk kurva histerisisnya. Penjelasan dari kurva histeresis pada Gambar 2.7 sebagai berikut:



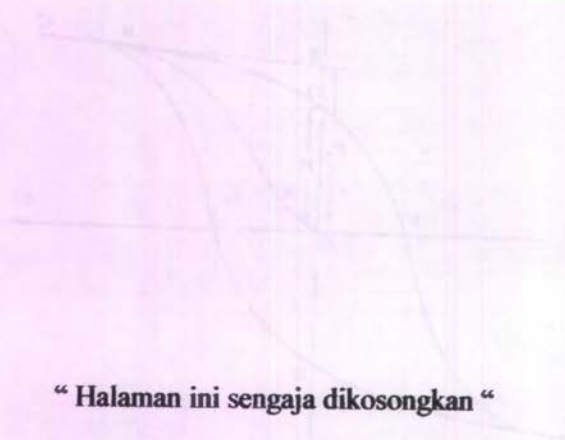
Gambar 2.6 Dinding domain yang luasnya hanya dua nanometer dapat menghantarkan listrik pada suhu kamar (www.nano.com, 2009).

- Karena kekuatan medan listrik meningkat, domain mulai untuk menyusun pada arah yang positif sehingga menimbulkan peningkatan pesat dalam polarisasi (OB).
- Pada tingkat medan yang sangat tinggi, polarisasi mencapai nilai saturasi atau jenuh (P_{sat}). Polarisasi tidak jatuh jadi nol ketika medan yang diberikan dilepas. Polarisasi saturasi adalah polarisasi yang terjadi pada kondisi jenuh meski medan listrik diberikan terus
- Pada saat medan nol, beberapa domain tetap sejajar dalam arah yang positif, maka kristal akan menjadi terpolarisasi remanen (Pr). Polarisasi remanen yaitu sisa polarisasi pada medan listrik nol.
- Kristal tidak bisa sepenuhnya terdepolarisasi sampai besar dari medan OF diberikan pada arah negatif.
- Medan eksternal yang dibutuhkan untuk menghindari polarisasi menjadi nol disebut medan koersif (E_c).

- Jika medan ini nilainya menjadi lebih negatif, arah polarisasi membalik dan dengan demikian loop histeresis diperoleh.



Gambar 2.7 Contoh kurva histeresis feroelektrik



“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

ST. J. S. S.

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir besi Lumajang, serbuk Fe, garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, serbuk Bi_2O_3 , larutan HCl 37%, larutan HNO_3 65%, larutan NH_4OH 25% dan aquades. Alat yang digunakan antara lain gelas beker, gelas ukur, pipet, kertas saring, pH *paper* dan alat pengaduk.

3.2 Pembuatan Sampel

Pada penelitian ini dibuat enam sampel dengan dua metode yaitu pencampuran basah dan kopresipitasi.

3.2.1 Tahap Awal

a. Proses Pelarutan Pasir Besi

1. Pasir besi dipisahkan kandungan besinya dengan separator magnetik.
2. Pasir besi hasil pemisahan dilarutkan ke dalam HCl 37% atau HNO_3 65% kemudian diaduk sampai warnanya coklat kehitaman
3. Larutan pasir besi tersebut kemudian disaring dan diambil larutannya.

b. Proses Pelarutan Garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Pelarutan garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan menambahkan aquades kemudian diaduk sampai semua garam larut.

c. Proses Pelarutan Serbuk Fe

Serbuk Fe dilarutkan ke dalam HNO_3 65% sambil diaduk sampai semua serbuk larut.

d. Proses Pelarutan Bi_2O_3

Bi_2O_3 dilarutkan ke dalam HCl 37% atau HNO_3 65% kemudian diaduk sampai bening.

3.2.2 Tahap Sintesis**a. Metode Pencampuran Basah**

Prosedur sintesis serbuk BiFeO_3 dengan metode pencampuran basah diuraikan sebagai berikut:

1. Larutan yang diperoleh dari pasir besi yang dilarutkan dalam HNO_3 65% (kode sampel: 1), garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (kode sampel: 2) dan serbuk Fe (kode sampel: 3) masing-masing dicampur dengan larutan $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$
2. Campuran larutan tersebut kemudian diaduk sambil dipanaskan pada suhu 50°C
3. Larutan tersebut diaduk terus sampai dihasilkan kerak
4. Kerak kemudian dikeringkan pada suhu 200°C selama 5 jam

b. Metode Kopresipitasi

Prosedur sintesis serbuk BiFeO_3 dengan metode kopresipitasi diuraikan sebagai berikut:

1. Larutan yang diperoleh dari garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (kode sampel: 4), pasir besi yang dilarutkan dalam HCl 37% (kode sampel: 5) dan pasir besi yang dilarutkan dalam HNO_3 65% (kode sampel: 6) berturut-turut dicampur dengan larutan BiCl_3 , BiCl_3 dan $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ kemudian diaduk
2. Campuran larutan tersebut diendapkan dengan menambahkan NH_4OH 25% secara perlahan-lahan sambil diaduk.
3. Endapan yang terbentuk diukur pH pengendapannya kemudian dicuci dengan aquades hingga $\text{pH}=7$.
4. Endapan yang dihasilkan disaring kemudian dikeringkan

3.2.3 Tahap Akhir

1. Serbuk yang dihasilkan dikalsinasi pada suhu 750 °C selama 3 jam kemudian diuji XRD dan VSM.
2. Serbuk tersebut juga dibentuk pelet kemudian disinter pada suhu 750 °C selama 3 jam. Pelet yang dihasilkan kemudian diuji XRD dan Polarisasi meter

3.3 Karakterisasi Sampel BiFeO₃

3.3.1 Difraktometer sinar-X (XRD)

Difraksi sinar-x digunakan untuk memperoleh informasi tentang struktur, komposisi, ukuran kristal, dan tingkat kristalinitas material. Beberapa aplikasinya yaitu mengidentifikasi cuplikan didasarkan pada puncak kristalinitas, penelitian variabel suhu, pengukuran yang tepat dari kisi-kisi konstan dan tegangan sisa, serta pembersihan koordinat atomik (Sibilia, 1996). Analisis lebih lanjut mengenai fasa dan ukuran kristal dilakukan menggunakan program *Search Match* dan *Fityk*. Jumlah kandungan fasa dari BiFeO₃ dapat kita hitung secara manual dengan menggunakan data *peak* hasil *Search Match* yaitu dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kandungan Fasa BiFeO}_3 = \frac{\sum \text{peak BiFeO}_3}{\sum \text{peak seluruh}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

Dari program *Fityk* akan didapatkan nilai FWHM dimana untuk mendapatkan ukuran kristal menggunakan rumus Scherer:

$$d = \frac{k\lambda}{FWHM \cos\theta} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana:

d = ukuran kristal

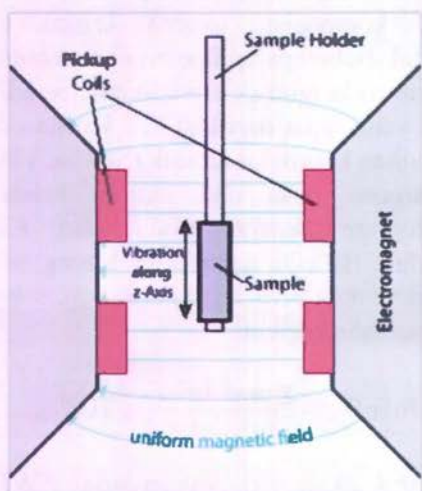
k = 0,9

λ = 1,54056 Å

θ = sudut Bragg

3.3.2 Sifat Magnet

Pengukuran VSM dilakukan untuk mengetahui sifat kemagnetan dari serbuk BiFeO_3 melalui kurva histeresis. Disini dapat dibandingkan besaran-besaran kemagnetan (seperti magnetisasi jenuh) dari hasil-hasil tersebut. Alat VSM yang dipakai adalah tipe OXFORD VSM1.2H. Pengukuran dilakukan pada suhu kamar. Analisis terhadap sifat magnetisasi sampel dilakukan berdasarkan hasil pengujian VSM .



Gambar 3.1 Skema kerja VSM

3.3.3 Sifat Listrik

Pengukuran polarisasi dapat digunakan untuk mengetahui sifat listrik dari serbuk BiFeO_3 . Penetapan nilai polarisasi spontan dapat dilakukan dengan pengukuran kurva histeresis. Pengukuran kurva histeresis listrik dilakukan dengan polarisasi meter *Radiant Technologies 66A* di Laboratorium Fisika Material ITB.



Gambar 3.2 Alat polarisasi meter *Radiant Technologies 66A*

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Sintesis Sampel BiFeO₃

Sintesis BiFeO₃ berbahan dasar pasir besi dan garam FeCl₃.6H₂O menggunakan metode kopresipitasi telah dilakukan dengan variasi pH, suhu kalsinasi dan waktu pemanasan, akan tetapi belum mendapatkan fasa murni BiFeO₃ 100%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, kandungan fasa BiFeO₃ yang paling banyak diperoleh ketika serbuk dipanaskan pada suhu 750 °C selama 3 jam (Fitriyah, 2011). Oleh karena itu, pada penelitian ini disiapkan enam buah sampel yang dibuat dari bahan yang berbeda dan dengan metode sintesis yang berbeda pula. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bahan dan metode yang tepat untuk membuat serbuk murni BiFeO₃. Bahan dasar yang digunakan yaitu pasir besi, garam FeCl₃.6H₂O dan serbuk Fe sedangkan metode yang digunakan yaitu pencampuran basah dan kopresipitasi. Secara ringkas hasil sintesis sampel dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Serbuk yang dihasilkan kemudian dipanaskan pada suhu 750 °C selama 3 jam. Proses pemanasan ini biasanya disebut kalsinasi yang bertujuan untuk mendapatkan fasa BiFeO₃ murni serta menguraikan senyawa-senyawa dalam bentuk garam atau dihidrat menjadi oksida sehingga membentuk fase kristal. Serbuk yang telah dikalsinasi kemudian diuji XRD dan VSM.

Sampel yang akan diuji sifat listrik menggunakan polarisasi meter harus berbentuk pelet sehingga serbuk tersebut dibuat bentuk pelet terlebih dahulu dengan dikompaksi pada tekanan 0,7 MPa kemudian disinter pada suhu 750 °C selama 3 jam. Tekanan yang diberikan hanya 0,7 MPa dengan tujuan untuk mengurangi pengaruh tekanan terhadap mikrostruktur dari bahan tersebut. Struktur kristal rhombohedral R3c diperoleh ketika tekanan yang diberikan dibawah 0,6 GPa (Haumont, 2009). Sintering merupakan proses perlakuan panas terhadap material dengan tujuan untuk menyatukan granula, menurunkan pori dan menghilangkan tegangan sisa sehingga bahan tidak mudah retak.

Selama proses ini terbentuklah batas-batas butir, yang merupakan tahap rekristalisasi. Disamping itu gas yang ada menguap (Strnat, Wahlfarth, dkk, 1952).

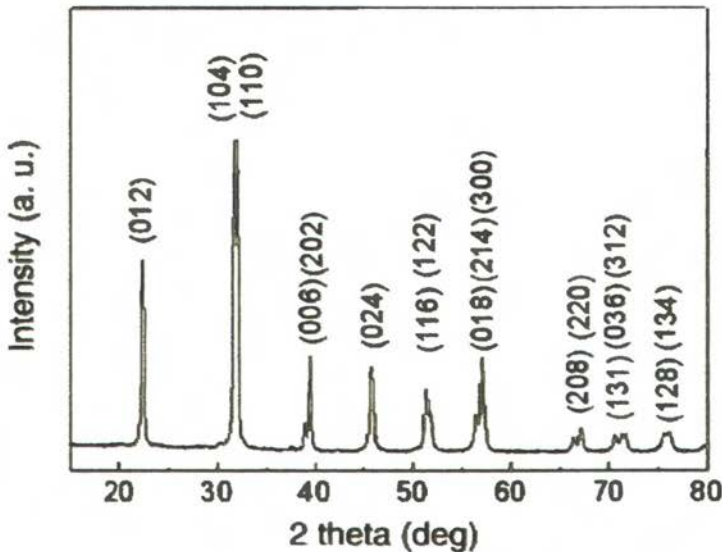
Tabel 4.1 Hasil Sintesis Sampel

Kode Sampel	Bahan Dasar	Metode
Sampel 1	Pasir besi (pelarut HNO_3)	Pencampuran basah
Sampel 2	Garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (pelarut H_2O)	Pencampuran basah
Sampel 3	Serbuk Fe (pelarut HNO_3)	Pencampuran basah
Sampel 4	Garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (pelarut H_2O)	Kopresipitasi
Sampel 5	Pasir besi (pelarut HCl)	Kopresipitasi
Sampel 6	Pasir besi (pelarut HNO_3)	Kopresipitasi

4.2 Identifikasi Kandungan Fasa BiFeO_3 dan Ukuran Kristal

Identifikasi kandungan fasa dan ukuran kristal dari suatu bahan dapat digunakan untuk menentukan sifat fisis yang dimiliki oleh bahan tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengukuran menggunakan difraksi sinar-X untuk mendapatkan pola difraksi dari bahan tersebut. Dari pola difraksi itu dapat diperoleh informasi tentang kandungan fasa dan ukuran kristal dari bahan. Pola difraksi BiFeO_3 dari penelitian sebelumnya yang dilakukan dengan menggunakan metode sol gel ditunjukkan oleh Gambar

4.1. Dari penelitian tersebut didapatkan ukuran kristal BiFeO_3 sebesar 60 nm (Kang, 2009).



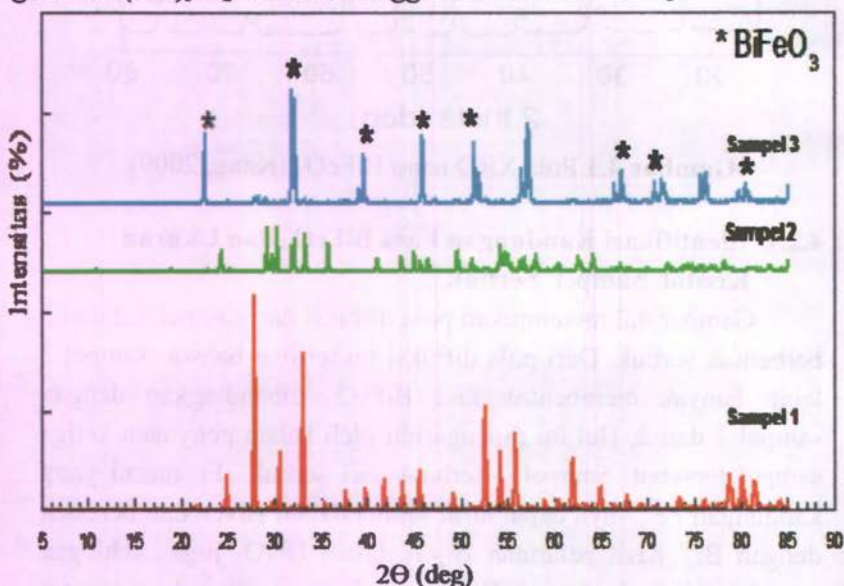
Gambar 4.1 Pola XRD nano BiFeO_3 (Kang, 2009)

4.2.1 Identifikasi Kandungan Fasa BiFeO_3 dan Ukuran Kristal Sampel Serbuk

Gambar 4.2 menunjukkan pola difraksi dari sampel 1, 2 dan 3 berbentuk serbuk. Dari pola difraksi itu terlihat bahwa sampel 3 lebih banyak membentuk fasa BiFeO_3 dibandingkan dengan sampel 1 dan 2. Hal ini dipengaruhi oleh bahan penyusun ketiga sampel tersebut. Sampel 3 terbuat dari serbuk Fe murni yang kandungan Fe^{3+} -nya dapat larut semua dalam HNO_3 dan bereaksi dengan Bi^{3+} hasil pelarutan Bi_2O_3 dalam HNO_3 juga sehingga mudah terbentuk fasa BiFeO_3 meskipun masih ada pengotor $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$. Sampel 1 terbuat dari pasir besi yang kandungan Fe^{3+} -nya yang larut dalam HNO_3 sedikit sehingga sebagian besar

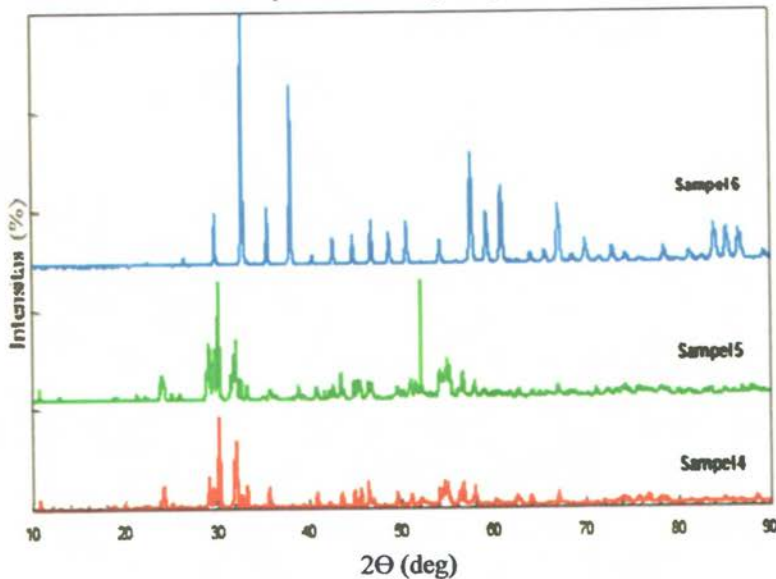
menunjukkan fasa $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{40}$. Selain itu, valensi kimia ion Fe bervariasi dalam kandungan oksigen di udara sehingga adanya ion Fe^{2+} yang dihasilkan saat sintesis berhubungan dengan kebocoran yang terjadi dalam sintesis BiFeO_3 juga menyebabkan munculnya pengotor $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ dan $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ (Hua Ke, 2010).

Pada sampel 2 sudah terbentuk fasa BiFeO_3 tetapi masih ada fasa Fe_2O_3 dan Bi_2O_3 . Hal ini dikarenakan penguapan komponen Bi terjadi dengan mudah pada awal sintesis karena rendahnya suhu penguapan garam bismut ini sehingga komponen Bi_2O_3 muncul lagi di akhir produksi sebagai suatu pengotor (Hua Ke, 2010). Adanya fasa $\text{Bi}_{24}\text{O}_{31}\text{Cl}_{10}$ diperoleh dari ion Cl yang berasal dari garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ karena lebih baik menggunakan garam $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ketika menggunakan larutan HNO_3 .



Gambar 4.2 Pola difraksi serbuk BiFeO_3 metode pencampuran basah

Pola difraksi dari metode kopresipitasi dapat dilihat pada Gambar 4.3. Dari ketiga sampel yang dibuat dengan metode kopresipitasi, fasa BiFeO_3 masih sedikit dan lebih banyak pengotor yang terbentuk. Adanya pengotor $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ dan $\text{Bi}_4\text{Fe}_2\text{O}_{72}$ terbentuk ketika suhu dan oksigen tidak dikontrol secara akurat selama kristalisasi dari fase BFO yang menyebabkan kinetika fasa formasi selalu menyebabkan tahapan impuritas lain di sistem Bi-Fe-O (Jong, 2005).



Gambar 4.3 Pola difraksi serbuk BiFeO_3 metode kopresipitasi

Pada Tabel 4.2 dapat dilihat kandungan fasa dan ukuran kristal dari setiap sampel yang didapat dari pendekatan menggunakan persamaan 3.1 dan 3.2. Sampel 3 memiliki kandungan fasa BiFeO_3 dibandingkan yang lain. Hal ini menunjukkan lebih mudah membentuk fasa BiFeO_3 dengan menggunakan serbuk Fe murni. Hal yang perlu diperhatikan lagi

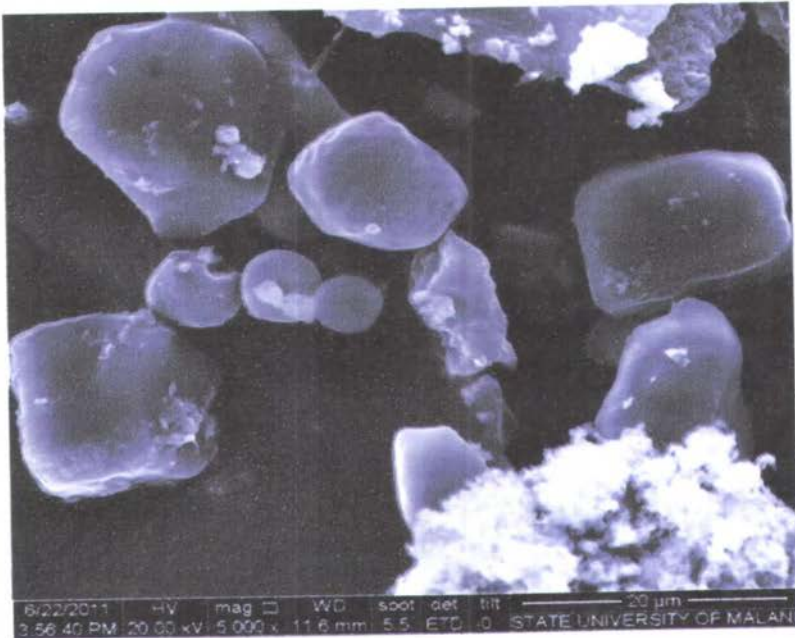
adalah suhu kalsinasi agar pengotor yang terbentuk sedikit atau bahkan murni BiFeO_3 . Sampel 1 dan sampel 6 dibuat dari bahan yang sama yaitu pasir besi yang dilarutkan dalam HNO_3 tetapi dibuat dengan metode yang berbeda. Hasil keduanya menunjukkan tidak ada fasa BiFeO_3 yang terbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa ion Fe^{3+} yang dihasilkan sedikit karena ion Fe^{3+} dari pasir besi lebih mudah larut dalam asam kuat seperti HCl dibandingkan dengan asam lemah HNO_3 .

Tabel 4.2 Kandungan Fasa dan Ukuran Kristal Serbuk BiFeO_3

Kode Sampel	Kandungan Fasa BiFeO_3 (%)	Ukuran (nm)
Sampel 1	0	-
Sampel 2	9,7	12
Sampel 3	38,6	16
Sampel 4	14,4	6
Sampel 5	8,4	54
Sampel 6	0	-

Ukuran kristal dan bentuk kristal yang terbentuk dapat diamati dari hasil SEM pada sampel 4 yaitu sampel yang terbuat dari garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan metode kopresipitasi yang dikalsinasi pada suhu 750°C selama 3 jam seperti terlihat pada Gambar 4.4 menunjukkan bentuk kristal BiFeO_3 kubik perovskit sudah mulai terbentuk. Ukurannya berkisar $10\ \mu\text{m}$. Secara morfologi masih ada partikel yang beraglomerasi dan

diperkirakan berukuran nano. Terdapat pula partikel berbentuk bola (Fitriyah, 2011).

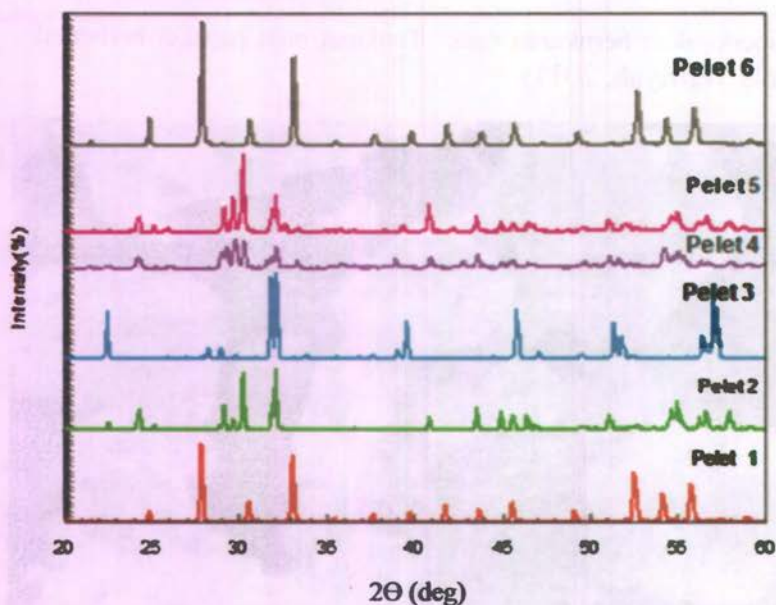


Gambar 4.4 Hasil SEM BiFeO_3 berbahan dasar garam $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dipanaskan 750 selama 3 jam (Fitriyah, 2011)

4.2.2 Identifikasi Kandungan Fasa BiFeO_3 dan Ukuran Kristal Sampel Pelet

Pada Gambar 4.5 menunjukkan pola difraksi dari sampel pelet yang dibuat dengan tujuan untuk pengukuran sifat polarisasi listrik. Kandungan fasa dan ukuran kristal dari sampel pelet disajikan dalam Tabel 4.3. Jika dibandingkan dengan sampel serbuk terlihat bahwa sebagian besar kandungan fasa meningkat dan ukuran kristal semakin kecil. Sampel 3 memiliki kandungan fasa BiFeO_3 terbesar yaitu 71,4 % dan sisanya pengotor $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$.





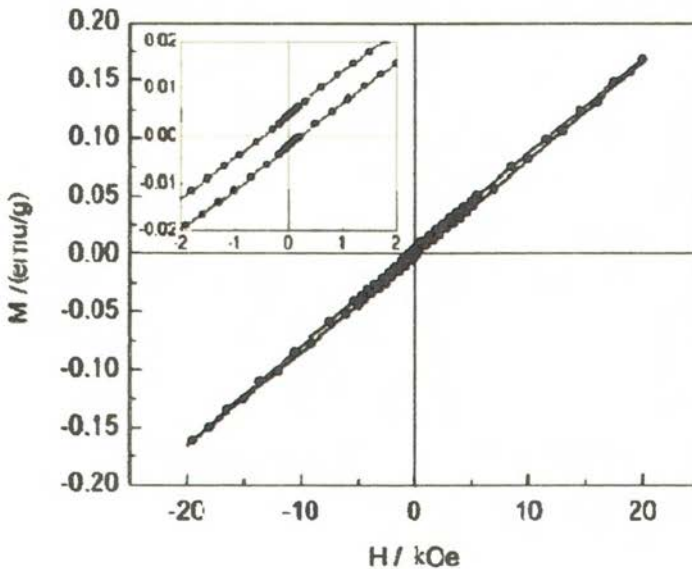
Gambar 4.5 Pola difraksi pelet BiFeO₃

Tabel 4.3 Kandungan Fasa dan Ukuran Kristal Pelet BiFeO₃

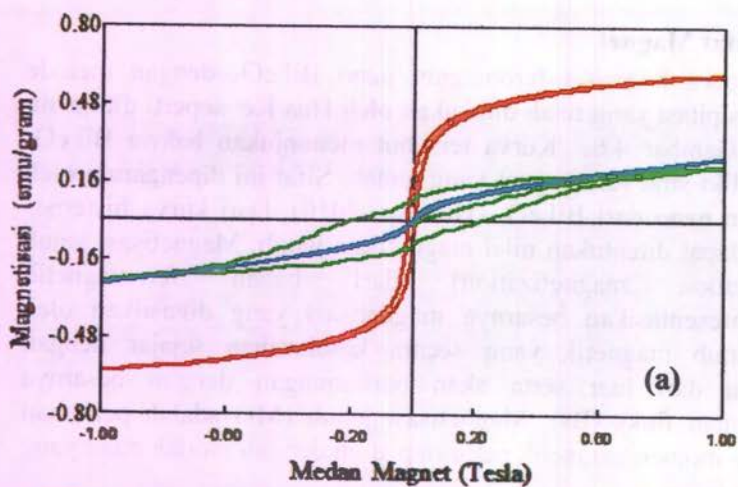
Kode Sampel	Kandungan Fasa BiFeO ₃ (%)	Ukuran (nm)
Pelet 1	0	-
Pelet 2	20,6	7
Pelet 3	71,4	5
Pelet 4	9,9	5
Pelet 5	14,5	121
Pelet 6	0	-

4.3 Sifat Magnet

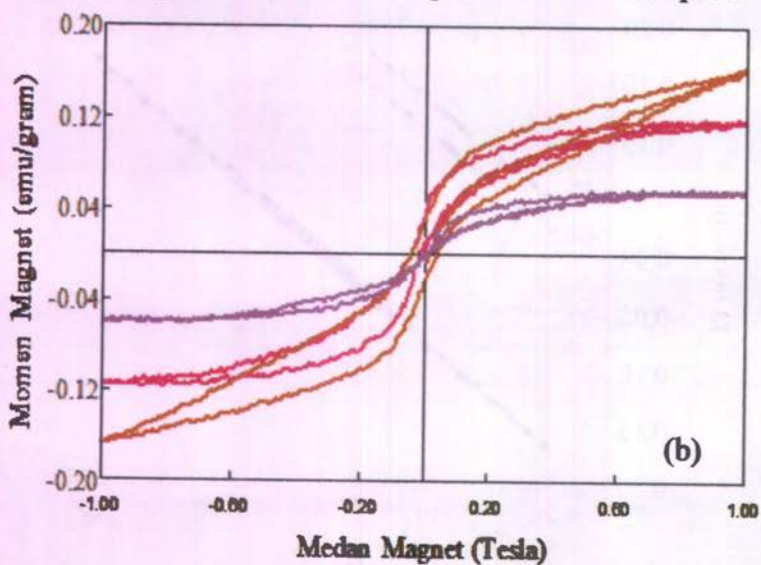
Kurva histerisis feromagnet nano BiFeO_3 dengan metode kopresipitasi yang telah dilakukan oleh Hua Ke seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6. Kurva tersebut menunjukkan bahwa BiFeO_3 memiliki sifat feromagnet yang lemah. Sifat ini dipengaruhi oleh ukuran nano dari BiFeO_3 (Hua Ke, 2010). Dari kurva histerisis juga dapat ditentukan nilai magnetisasi jenuh. Magnetisasi jenuh (saturation magnetization) dari bahan feromagnetik mempresentasikan besarnya magnetisasi yang dihasilkan oleh dwikutub magnetik yang secara keseluruhan sejajar dengan medan dari luar serta akan berhubungan dengan besarnya kerapatan fluks (B_s). Magnetisasi jenuh (M_s) adalah perkalian antara momen magnetik netto tiap atom dengan jumlah atom yang ada.



Gambar 4.6 Kurva histerisis feromagnet BiFeO_3 dengan metode kopresipitasi (Hua Ke, 2010)



— Sampel 1 — Sampel 2 — Sampel 3



— Sampel 4 — Sampel 5 — Sampel 6

Gambar 4.7 (a) dan (b) menunjukkan kurva histeresis feromagnet

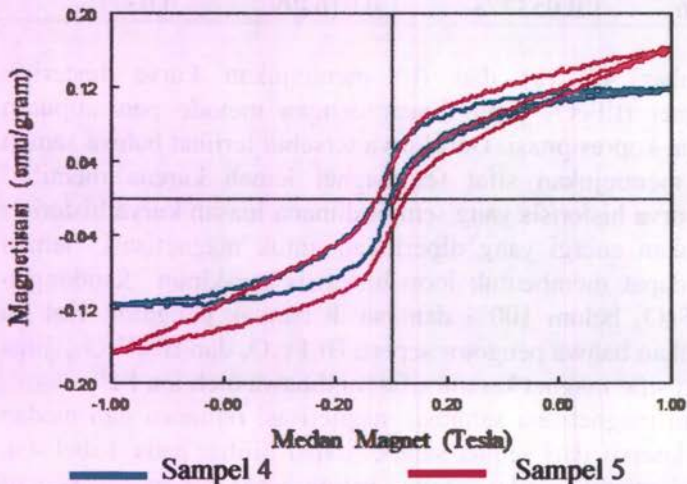
Tabel 4.4 Nilai Magnetisasi Saturasi (M_s), Magnetisasi Remanen (M_r) dan Medan Koersif (H_c)

Kode Sampel	M_s (emu/gr)	M_r (emu/gr)	H_c (T)
Sampel 1	0,600692	0,196144	0,0025
Sampel 2	0,22424	0,090764	0,227
Sampel 3	0,262949	0,032034	0,0158
Sampel 4	0,11794	0,037284	0,034
Sampel 5	0,164125	0,037668	0,456
Sampel 6	0,053773	0,016499	0,0371

Gambar 4.7 (a) dan (b) menunjukkan kurva histerisis feromagnet BiFeO_3 yang dibuat dengan metode pencampuran basah dan kopresipitasi. Dari kurva tersebut terlihat bahwa semua sampel menunjukkan sifat feromagnet lemah karena memiliki luasan kurva histerisis yang sempit dimana luasan kurva histerisis menunjukkan energi yang diperlukan untuk magnetisasi. Semua sampel dapat membentuk loop histerisis meskipun kandungan fasa BiFeO_3 belum 100% dan masih banyak pengotor. Hal ini menunjukkan bahwa pengotor seperti $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ dan $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ juga memiliki sifat magnet karena sifat ini dibawa oleh ion Fe^{3+} .

Nilai magnetisasi saturasi, magnetisasi remanen dan medan magnet koersif dari semua sampel dapat dilihat pada Tabel 4.4. Sampel 1 memiliki nilai saturasi paling besar dan medan koersif paling kecil. Sifat magnet ini berasal dari fasa $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{40}$ yang sebagian besar terdapat pada sampel 1. Berdasarkan kandungan fasa BiFeO_3 yang terdapat pada sampel, sampel 3 memiliki nilai magnetisasi saturasi yang paling besar. Hasil ini menunjukkan teori yang tepat karena semakin banyak partikel magnetik maka magnetisasi saturasinya semakin besar. Nilai magnetisasi saturasi yang besar juga dipengaruhi oleh ukuran partikel. Semakin kecil ukurannya maka nilai magnetisasi saturasi semakin besar karena jika ukuran semakin kecil maka domain magnetik yang terdapat pada butir tersebut mendekati domain tunggal (Park, 2006).

Pada Tabel 4.2 dapat kita lihat jumlah kandungan fasa BiFeO_3 antara sampel 4 dan 5 menunjukkan bahwa sampel 4 memiliki kandungan BiFeO_3 hampir dua kali lebih banyak dari sampel 5. Akan tetapi, nilai magnetisasi saturasi sampel 4 lebih kecil dibandingkan sampel 5. Hal ini dikarenakan pada sampel 5 jumlah pengotor yang mengandung ion Fe^{3+} lebih banyak dibandingkan sampel 4 sehingga nilai magnetisasi saturasinya semakin besar.



Gambar 4.8 Kurva histeresis feromagnet sampel 4 dan 5

4.4 Sifat Listrik

Sifat feroelektrik BiFeO_3 dapat diketahui dengan menggunakan kurva histeresis antara polarisasi (P) dan medan listrik (E) karena dari kurva tersebut dapat terlihat nilai polarisasi spontan (P_s), polarisasi remanen (P_r), polarisasi saturasi (P_{sat}) dan medan koersif (E_c). Seperti yang telah kita ketahui bahwa suatu bahan disebut feroelektrik ketika bahan tersebut mempunyai polarisasi listrik spontan tanpa adanya medan listrik dan arahnya dapat beralih dari satu kutub ke kutub lainnya oleh adanya medan

listrik luar yang diberikan. Polarisasi yang terjadi merupakan penerapan medan listrik yang mengakibatkan adanya ketidaksimetrian struktur kristal pada suatu material feroelektrik. BiFeO_3 memiliki struktur perovskit rhombohedral terdistorsi pada arah kristal [111] yang menunjukkan polarisasi terjadi sepanjang arah tersebut (Neaton, 2005).

Kurva histerisis dari BiFeO_3 dapat dilihat pada Gambar 2.5 (a). Kristal tunggal dari BiFeO_3 telah terbukti memiliki nilai polarisasi spontan sebesar 50 C/cm^2 (Szafraniak, 2007). Adapun nilai polarisasi spontan BiFeO_3 dari beberapa penelitian sebelumnya dengan bentuk sampel yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 4.5.

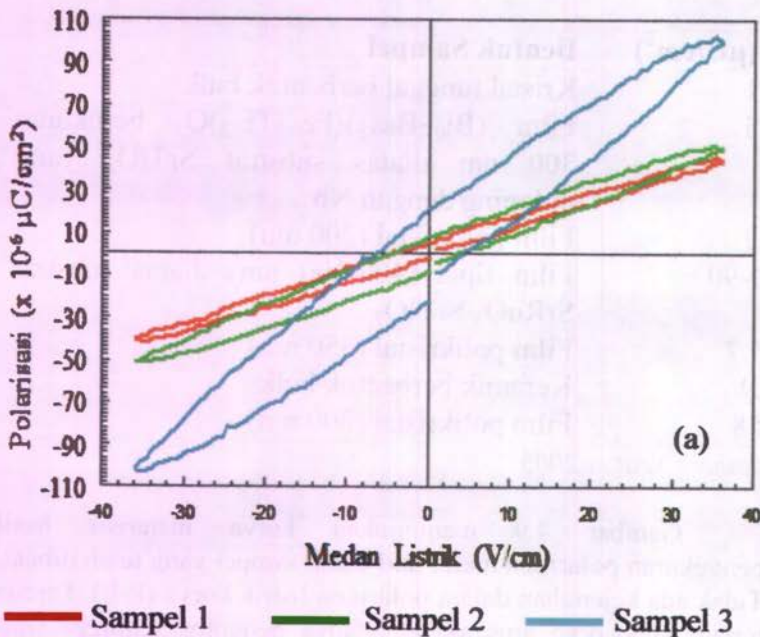
Tabel 4.5 Nilai Polarisasi BiFeO_3

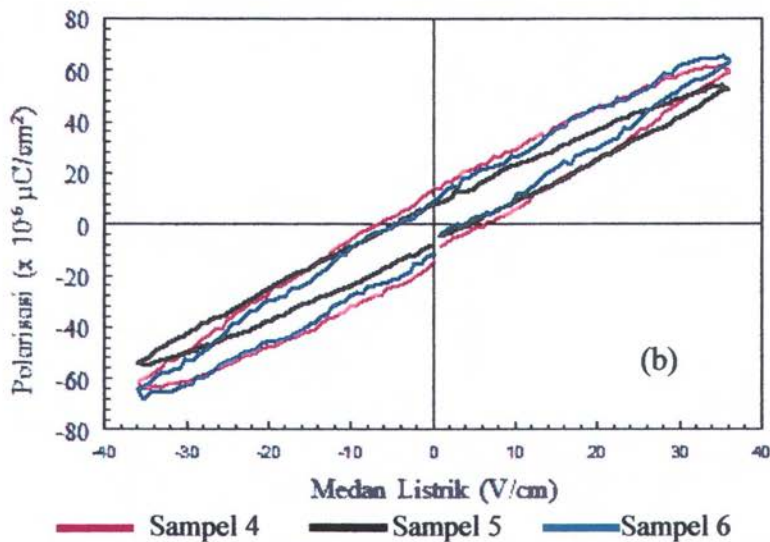
P ($\mu\text{C/cm}^2$)	Bentuk Sampel
6,1	Kristal tunggal berbentuk bulk
2,5	Film $(\text{Bi}_{0,7}\text{Ba}_{0,3})(\text{Fe}_{0,7}\text{Ti}_{0,3})\text{O}_3$ berukuran 300 nm diatas substrat SrTiO_3 yang didoping dengan Nb
2,2	Film polikristal (200 nm)
50-90	Film tipis (400-100 nm) diatas substrat $\text{SrRuO}_3/\text{SrTiO}_3$
35,7	Film polikristal (350 nm)
8.9	Keramik berbentuk bulk
158	Film polikristal (300 nm)

Sumber: Neaton, 2005

Gambar 4.9 menunjukkan kurva histerisis hasil pengukuran polarisasi meter dari enam sampel yang telah dibuat. Tidak ada kejenuhan dalam polarisasi listrik kurva (P-E) karena terjadi kebocoran arus akibat adanya pengotor sehingga sulit untuk menentukan nilai polarisasi saturasi (P_{sat}). Semua sampel menunjukkan loop histerisis yang sempit sehingga memiliki sifat

feroelektrik yang lemah. Hal ini disebabkan karena adanya pengotor seperti yang ditunjukkan hasil XRD dimana pengotor ini sebagian besar juga mengandung ion Bi^{3+} yang merupakan pembawa sifat feroelektrik. (Awan & Bhatti, 2010). Nilai polarisasi dan medan koersif semua sampel disajikan dalam Tabel 4.7. Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa sampel 2 memiliki kandungan fasa BiFeO_3 dua kali lebih banyak dari sampel 4 tetapi nilai polarisasi remanen sampel 2 hanya setengah dari nilai polarisasi sampel 4. Hal ini disebabkan karena kandungan pengotor yang mengandung ion Bi^{3+} pada sampel 4 lebih banyak daripada sampel 2. Oleh karena itu, nilai polarisasi remanen sampel 4 lebih besar dibandingkan sampel 2.

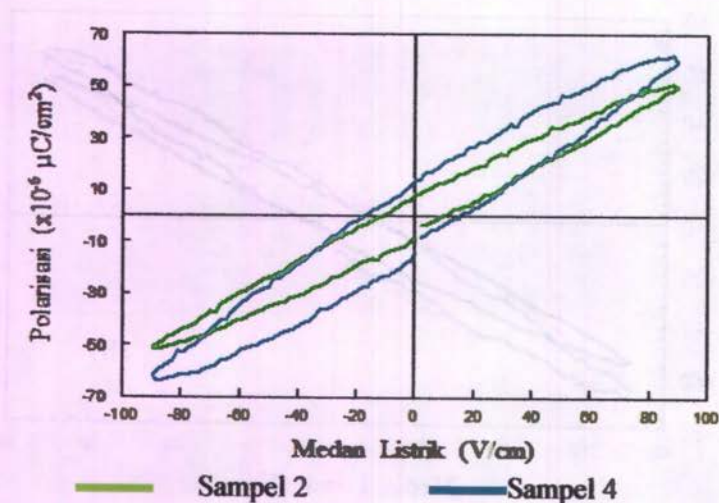




Gambar 4.9 Kurva Histerisis Feroelektrik BiFeO₃ (a) metode pencampuran basah dan (b) metode kopresipitasi

Tabel 4.6 Nilai Polarisasi Remanen dan Medan Koersif

Kode Sampel	Pr (x 10 ⁻⁶ μC/cm ²)	Ec (V/cm)
Sampel 1	5,28	3,72
Sampel 2	7,71	3,90
Sampel 3	20,54	5,48
Sampel 4	13,63	6,06
Sampel 5	7,4	2,67
Sampel 6	11,14	2,82



Gambar 4.10 Kurva histerisis feroelektrik sampel 2 dan 4

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

BiFeO_3 yang dibuat dari bahan dasar serbuk Fe murni dengan metode pencampuran basah memiliki kandungan fasa BiFeO_3 terbanyak baik berupa serbuk maupun pelet dengan ukuran partikel nano. Semua sampel yang mengandung ion Fe^{3+} dan Bi^{3+} baik yang membentuk fasa BiFeO_3 maupun pengotor dapat membentuk loop histerisis feromagnet dan feroelektrik karena sifat magnet ditentukan oleh adanya ion Fe^{3+} sedangkan sifat listrik ditentukan oleh ion Bi^{3+} . Berdasarkan kurva histerisis, BiFeO_3 menunjukkan sifat feromagnet dan feroelektrik lemah pada suhu kamar karena luasan loop histerisis yang dibentuk sangat sempit.

5.2. Saran

Adapun saran yang ingin disampaikan penulis antara lain:

1. Dalam pembuatan BiFeO_3 dengan pasir besi, perlu ditinjau lebih lanjut tentang cara melarutkan ion Fe^{3+} pasir besi agar mendapatkan ion Fe^{3+} murni lebih banyak.
2. Suhu pemanasan lebih diperhatikan lagi agar pengotor yang timbul akibat pemanasan tidak muncul di akhir produksi.
3. Pemberian tegangan saat pengukuran sifat feroelektrik sebaiknya lebih dari 9 Volt agar polarisasi saturasi dapat terlihat lebih jelas.

KATA PENGANTAR

2.1.1.1.1.1

Halaman ini sengaja dikosongkan

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

2.1.1.1.1.2

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Awan, M.S & Bhatti.2010. *Synthesis and Multiferroic Properties of BFO Ceramics by Melt-phase Sintering*. ASM International Journal.
- Bellakki,dkk.2009. *Synthesis and Magnetic Properties of BiFeO₃ and Bi_{0,98}Y_{0,02}FeO₃*. Materials Chemistry and Physics 16. 599-602.
- Billah,Arif.2006. *Pembuatan dan Karakterisasi Magnet Stronsium Ferit dengan Bahan Dasar Pasir Besi*. Semarang: Universitas Semarang.
- Callister,William D.2007. *Material Science and Engineering 7th edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Fitriyah,Nurul.2011. *Sintesis Bahan Multiferoik BiFeO₃ dengan Meode Kopresipitasi*. Surabaya: ITS.
- Haumont,R dkk.2009. *Efect of High Pressure on Multiferroic BiFeO₃*. Physical Review 79, 184110.
- Halliday,D dan Resnick, R.1978. *Fisika Jilid 2*.Terjemahan Pantur Silaban dan Erwin Sucipto.1992,Jakarta: Erlangga.
- Hill,Nicola.2000. J. Phys. Chem. B104, 6694.
- Harvey, D.2000. *Modern Analytical Chemistry*. New York: McGraw-Hill.
- Kang,Yu-Qing dkk.2009. *Microwave Absorption Properties Of multiferroic BiFeO₃ Nanoparticles*. Material Letters 63: 1344-1346

- Ke, Hua. et al. 2010. *Factors Controlling Pure-phase Multiferroic BiFeO₃ Powders Synthesized by Chemical Co-Precipitation*, Journal of Alloys and Compounds, 213.
- Kuk, Jong Kim. et al. 2005. *Sol-gel synthesis and properties of multiferroic BiFeO₃*, Materials Letters, 59, pp. 4006 – 4009.
- Lucky, Ade Farida. Et al. 2010. *Upaya Modifikasi Struktur Kristal Delafossite Cu(CrNi)O₂ dengan Dopping Ni Untuk Meningkatkan Dielektrisitas Sebagai Variasi Suhu*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Neaton, J. b. 2005. *First Principles Study of Spontaneous Polarization in Multiferroic BiFeO₃*. Phys. Rev. B 71: 014113.
- Palstra, T. T. M. & Blake, G. R. 2006. *Multiferroic Materials: Physics and Properties*. Science direct, pp. 1.
- Park, Tae-Jin. 2006. *Size-Dependent Magnetic Properties of Single-Crystalline Multiferroic BiFeO₃ Nanoparticles*. Nano Letters, 7, 766-772.
- Patnaik, P. 2004. *Dean's Analytical Chemistry Handbook*, 2nd edition. New York : McGraw-Hill.
- R. Palai, et al. 2008. Phys. Rev. B 77: 014110.
- Sibilia, J.P. (ed.). 1996. *Materials Characterization and Chemical Analysis*. 2nd edition. New York: Wiley-VCH.
- Stenat, K.J. Wahlfarth, E.P., 1952, *Ferromagnetic Material*, Amsterdam: North Holland.

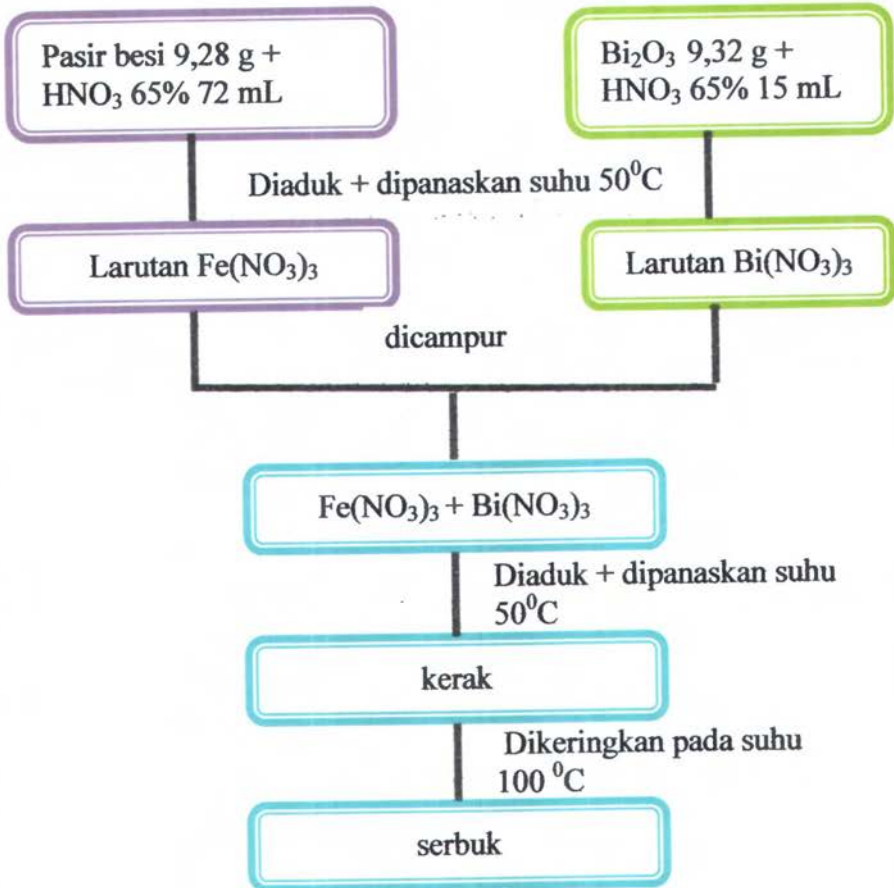
- Szafraniak, I. et al. 2007. *Characterization of BiFeO₃ Nanopowder Obtained by Mechanochemical Synthesis*. Journal of the European Ceramic Society 27: 4399–4402.
- Takayama, R., Y. Tomita, K. Ijima, and I. Ueda, 1986, *Preparation and Characteristics of Pyroelectric Infrared Sensor Made of c-axis Oriented La-Modified PbTiO₃ thin Film*, *Appl. Phys.* 61, 1: 4011-4015
- Tri, Sigit Wicaksono. 2007. *Sintesis dan Karakterisasi Bahan Magnet Nanopartikel Berbasis Mangan Mn_{3-x}M_xO₄*. LIPI: 536.
- Widiarto, Sonny. 2009. *Kimia Analitik*,
- Wold, A. and Dwight, K..1993. *Solid State Chemistry, Sintesis, Structure, and Properties of Selected Oxides and Sulfides*. New York : Chapman & Hall, Inc.
- _____. 2009. *Menjelajahi Nanoscale Ultimate untuk Elektronik Masa Depan*. Nanotechnology. 28 Januari 2009, <<http://www.nano.com/>> [didownload 8 Juni 2011]

“Halamn ini sengaja dikosongkan “

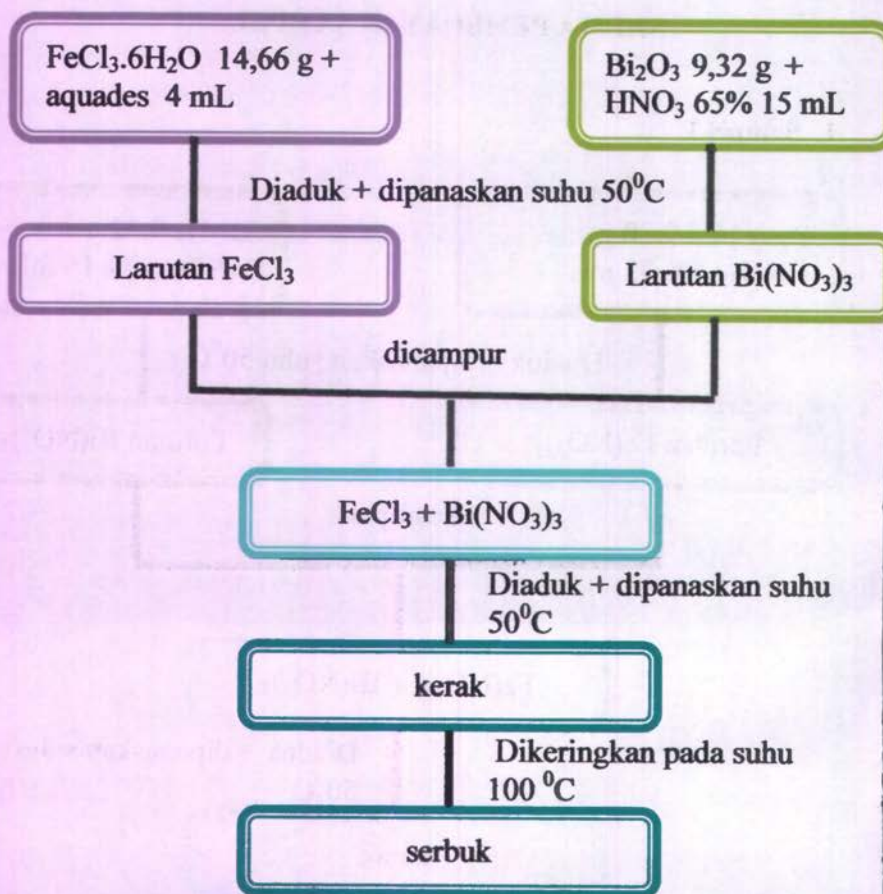
LAMPIRAN A

SKEMA PEMBUATAN SAMPEL

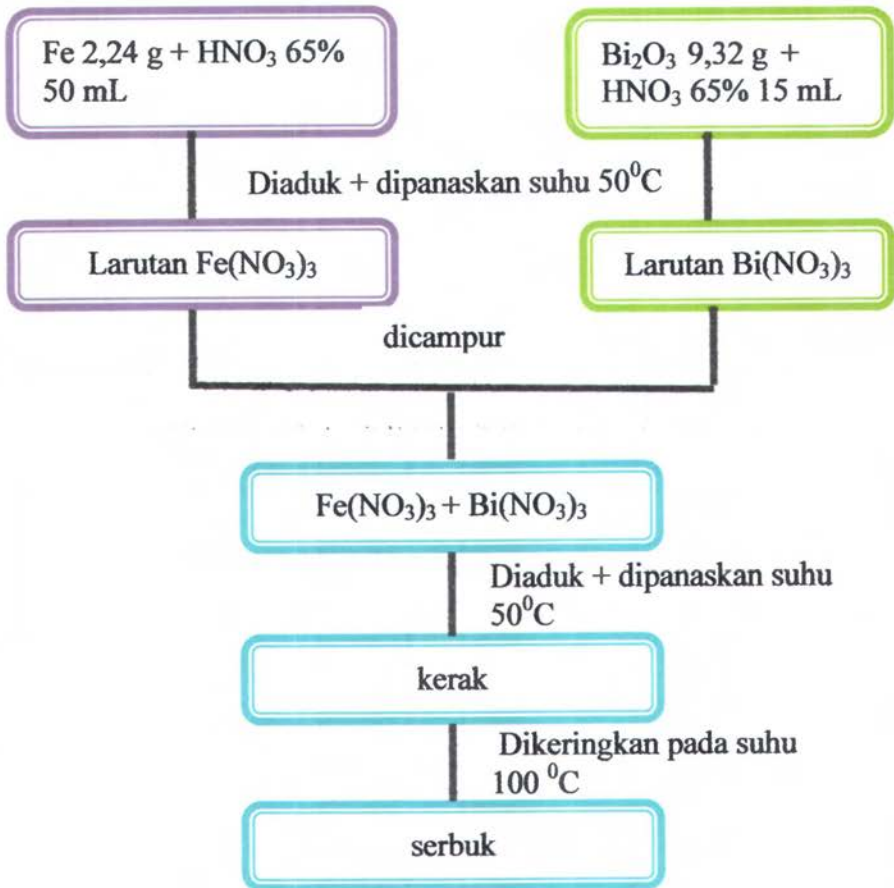
1. Sampel 1



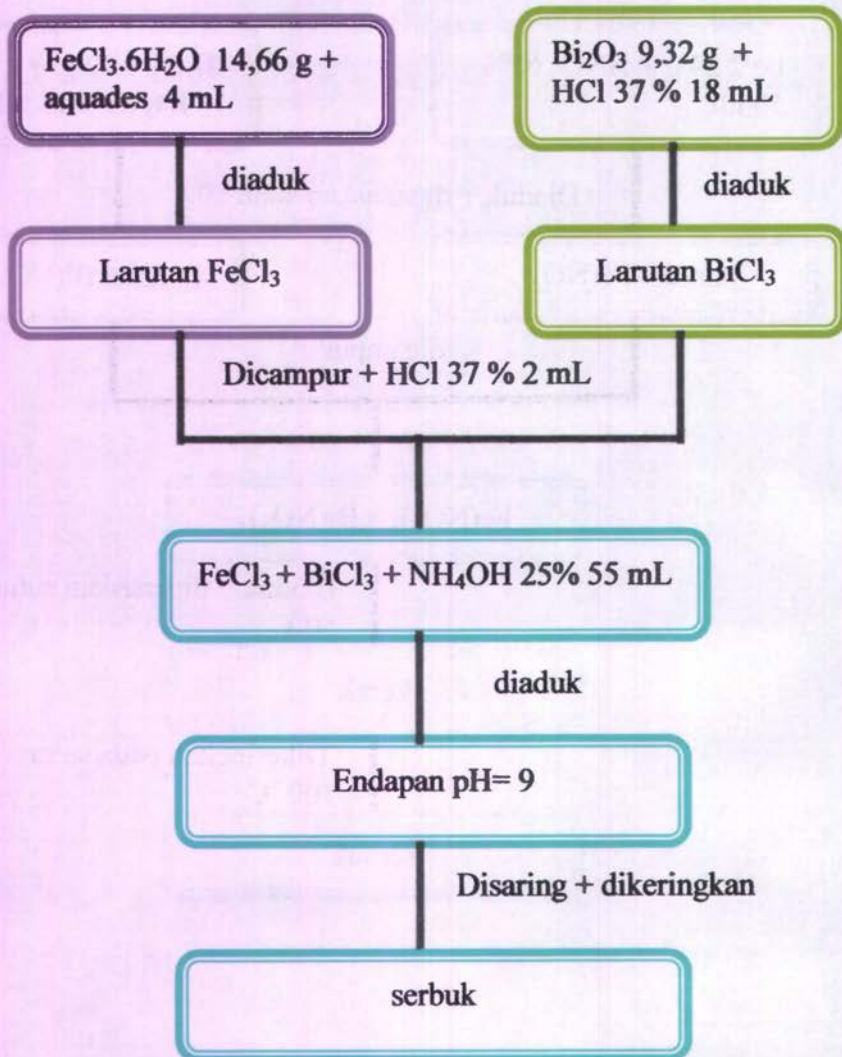
2. Sampel 2



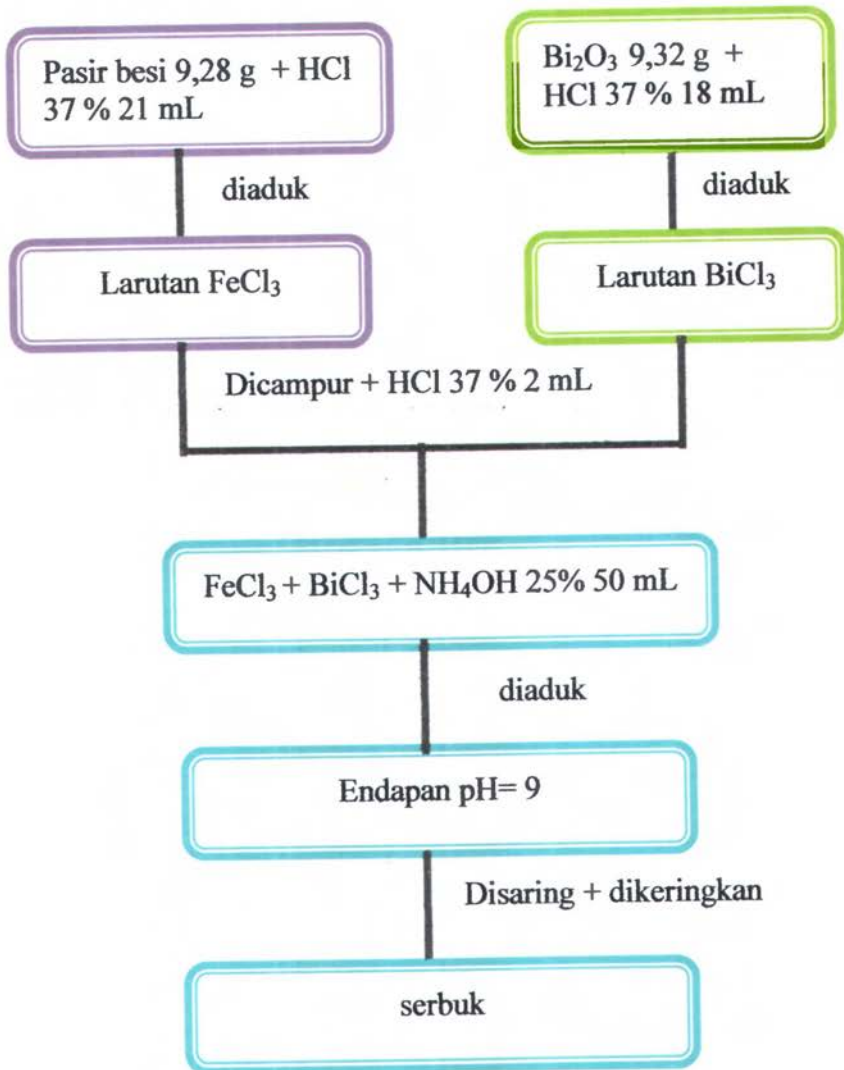
3. Sampel 3



4. Sampel 4



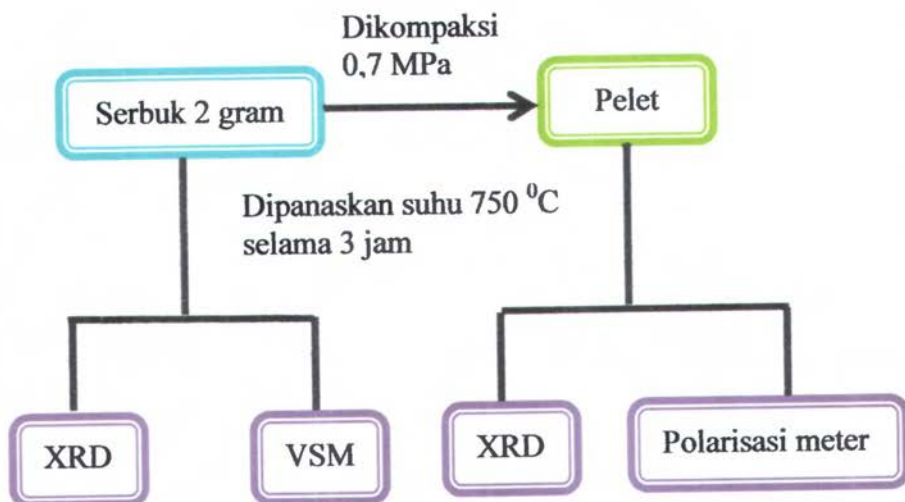
5. Sampel 5



6. Sampel 6



LAMPIRAN B SKEMA KARAKTERISASI SAMPEL



LAMPIRAN C
DATA PDF BiFeO₃

39-0100

Wavelength= 1.5418

BiFeO ₃		2 θ	Int	h	k	l	2 θ	Int	h	k	l
Bismuth Iron Oxide											
		32.509	100	1	0	1	89.428	10	2	2	3
		31.834	95	0	1	2	85.099	8	0	4	2
		32.183	80	1	1	0	88.578	18	1	2	5
		39.080	8	0	0	3	89.694	4	3	2	1
		39.542	45	0	2	1	82.521	6	1	1	6
		45.852	35	2	0	2	93.315	10	1	3	4
		46.058	3				93.892	16	2	3	2
		46.140	2				94.00	8			
Rad: CuK α λ : 1.5418 Filler: Ni Beta d-sp:		47.101	15								
Cut off: Int: Diffract: 1/leor:		47.421	1								
Ref: Achenbach, James, Gerson, J. Am. Ceram. Soc. 63, 437 (1987)		47.881	1								
Sys: Rhombohedra		47.982	4								
S.C.: 2		48.223	7								
a: 5.5730	b:	c: 6.9150	λ :	C: 1.2408							
α :	β :	γ :	Z:	mp: 850							
Ref: Ibid		51.421	40	1	1	3					
		51.850	25	2	1	1					
		58.489	18	1	0	4					
		57.062	55	1	2	2					
Dx:		57.178	45	3	0	0					
Dm: 8.370 SS/POL: F ₂₀ = 12(0.379, 20)		96.500	6	0	2	4					
Color: Violet-black		97.148	20	2	2	0					
Rhomboheda, cell: a=0.854, a=0.85. The actual structure of Bi Fe O ₃ involves a multiple cell. Therefore the a and c values, as well as the hkl indices, based upon the simple rhombohedra unit cell will have to be corrected when and if the true structure is ascertained. POC: hkl: Int: 312.63. Volume(Cu): 186.99.		70.787	10	0	1	5					
		71.405	16	3	0	3					
		71.781	10	1	3	1					
		75.655	16	2	1	4					
		76.154	30	3	1	2					
		79.785	6	2	0	5					



© 1987 ICDD - International Centre for Diffraction Data. All rights reserved
PDF4WIN v. 1.30

LAMPIRAN D

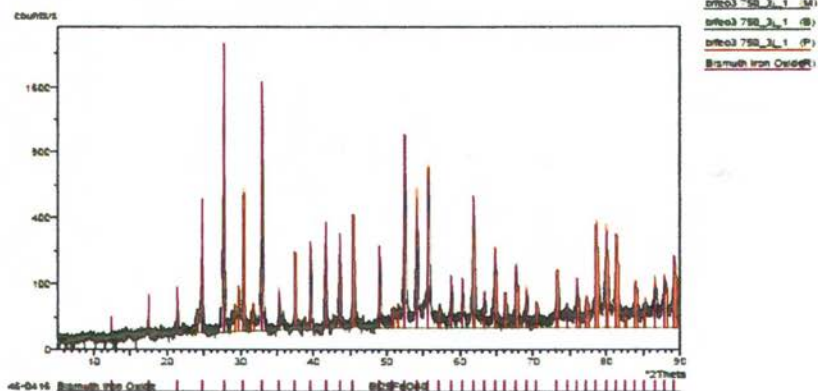
HASIL SEARCH MATCH

Sampel 1

a. Serbuk

X'Pert Graphics & Identity
Search: serbuk_750_3_1

112
7/13/11 16:10

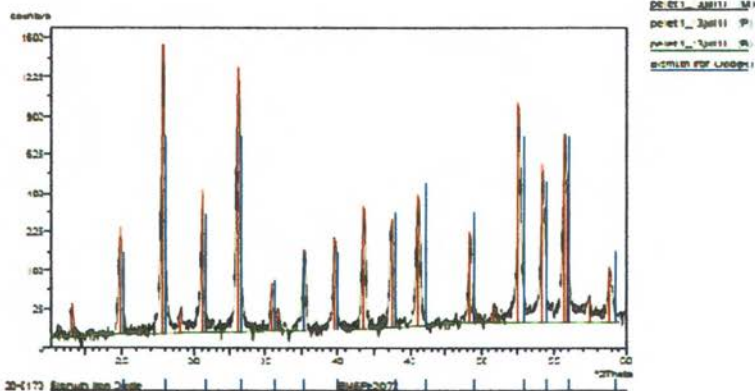


Phase Analysis

b. Pelet

X'Pert Graphics & Identity
Search: pelet_3011

112
7/13/11 16:11



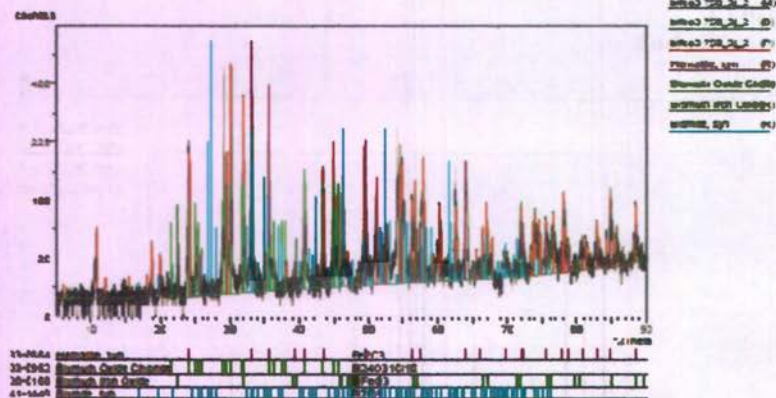
Phase Analysis

Sampel 2

a. Serbuk

SP-Inst. Diagnostik & Identifizierung
 Fachbereich 200, 21.01.2008

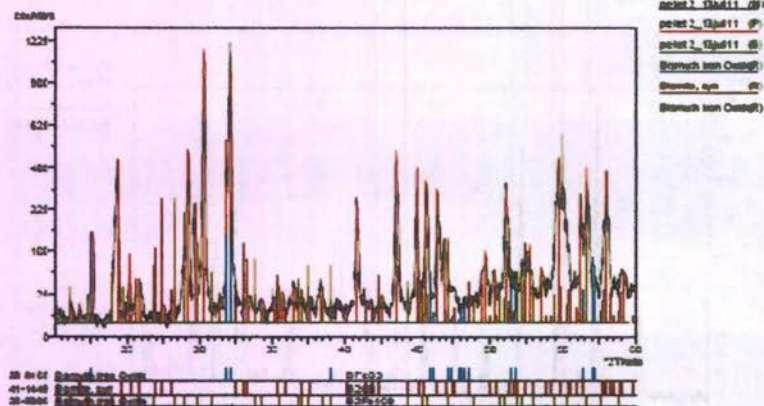
008
 21.01.11 10:34



b. Pelet

SP-Inst. Diagnostik & Identifizierung
 Fachbereich 200, 21.01.2008

008
 21.01.11 10:38



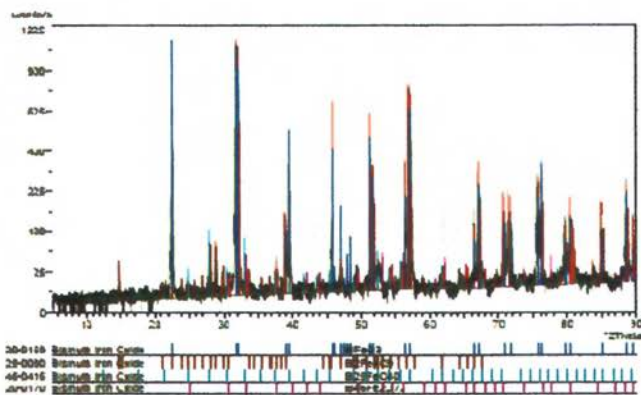
Sampel 3

a. Serbuk

XRD Graphics & Identity
SERBUK SERBUK (1) (1)

SA

/13/11 21:31



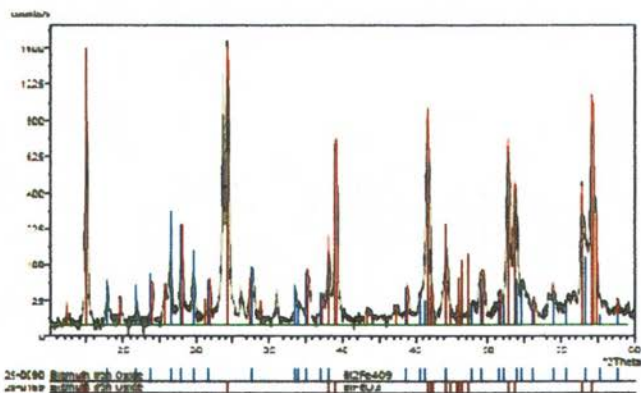
Phase Analysis

b. Pelet

XRD Graphics & Identity
PELET (1) (1)

SA

/13/11 21:31



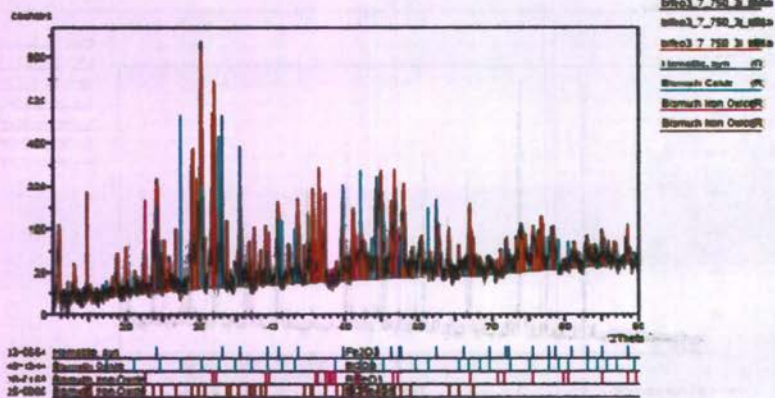
Phase Analysis

Sampel 4

a. Serbuk

3Plex Analysis & Report
Sample: 00001_7_750_3_0000

File
7/13/11 20:10

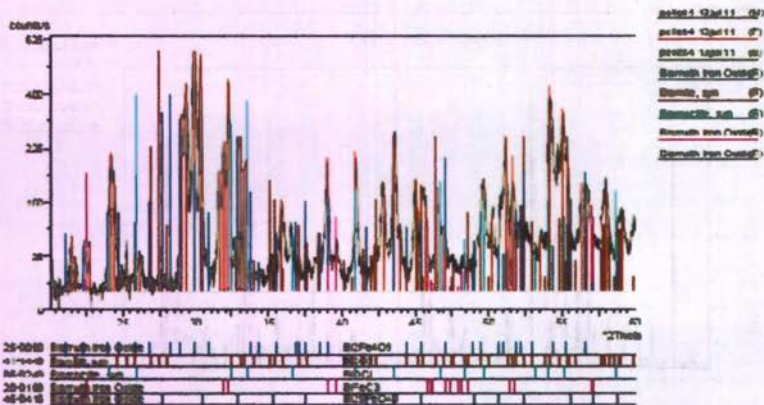


3Plex Analysis

b. Pelet

3Plex Analysis & Report
Sample: 00001_7_750_3_0000

File
7/13/11 21:22



3Plex Analysis

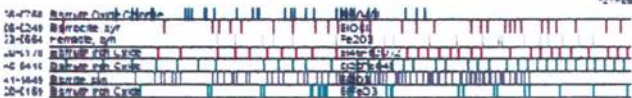
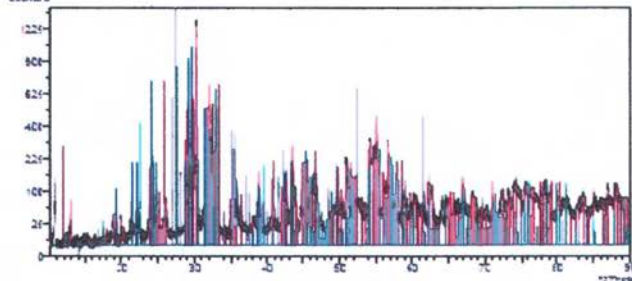
Sampel 5

a. Serbuk

PT. Kimia Farma & Industri
Jalan Jendral Sudirman No. 100, Jakarta

010
7/10/11 20:32

Count



Phyto Analysis

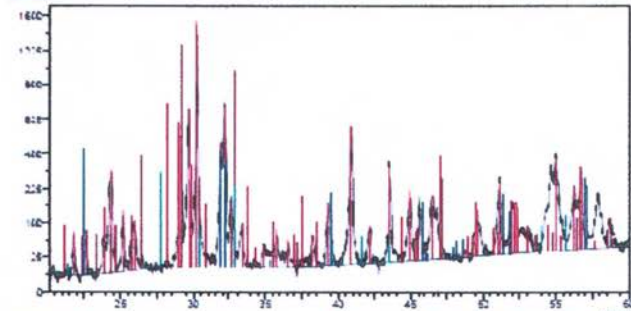
01003_0_721_3_0000
01004_0_724_4_0000
01003_6_751_3_0000
B. smulhans Oxydell
B. smulhans Oxydell
B. smulhans Oxydell
B. smulhans Oxydell
B. smulhans Oxydell
B. smulhans Oxydell
B. smulhans Oxydell

b. Pelet

PT. Kimia Farma & Industri
Jalan Jendral Sudirman No. 100, Jakarta

010
7/10/11 17:35

Count



Phyto Analysis

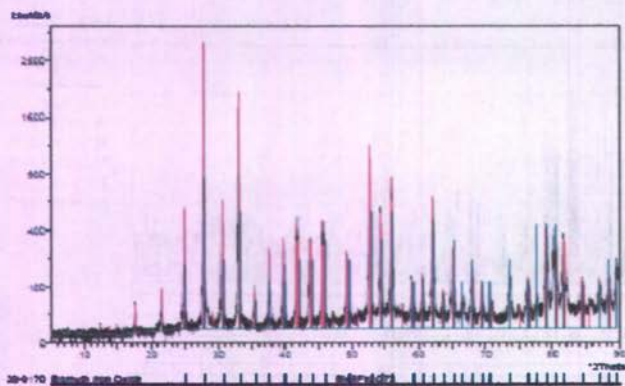
01015_1_0411_1_0101
01015_1_0411_1_0101
01015_1_0411_1_0101
B. smulhans Oxydell
B. smulhans Oxydell
B. smulhans Oxydell
B. smulhans Oxydell

Sampel 6

a. Serbuk

PT Perintis & Mandiri
 Grup: sampel_789_3_4

03
 7/12/11 20:22

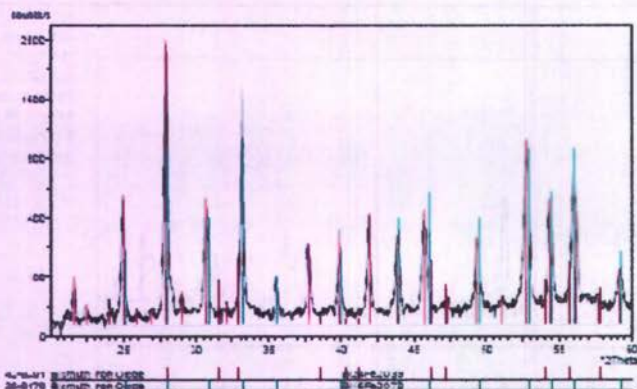


PT Perintis & Mandiri

b. Pelet

PT Perintis & Mandiri
 Grup: sampel_6_12pelet

03
 7/12/11 21:47

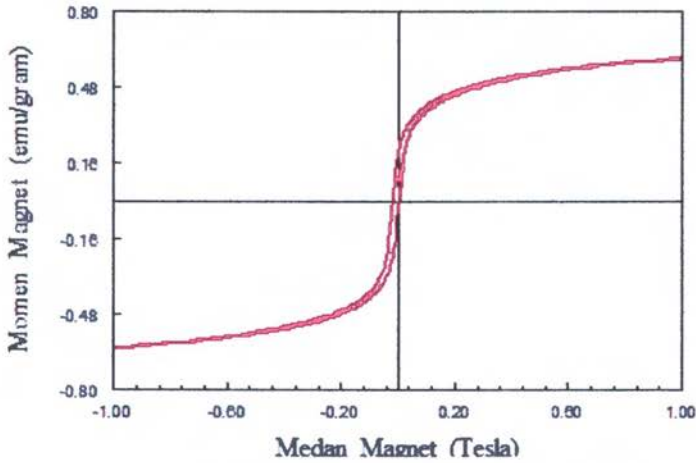


PT Perintis & Mandiri

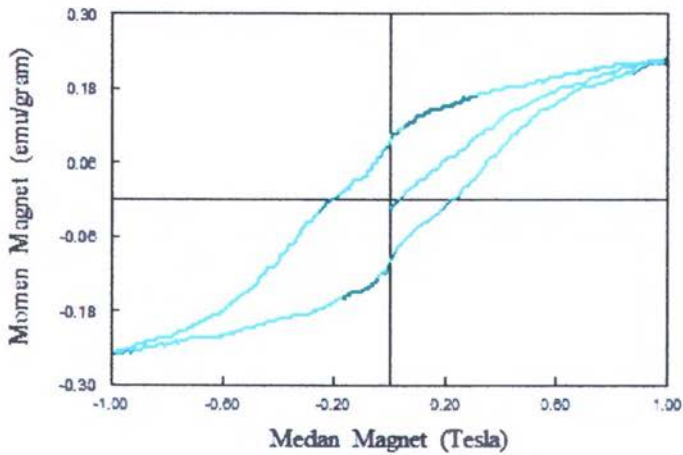
LAMPIRAN E

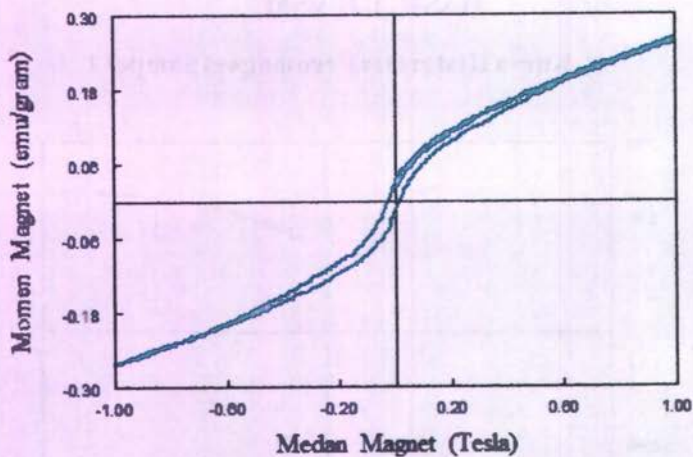
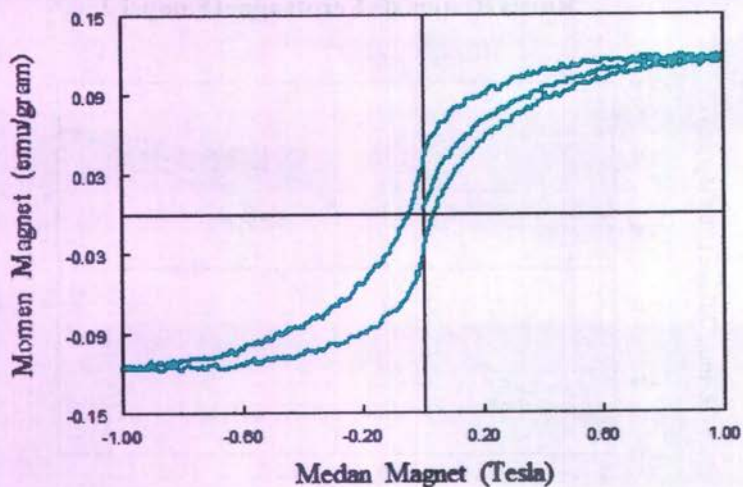
HASIL UJI VSM

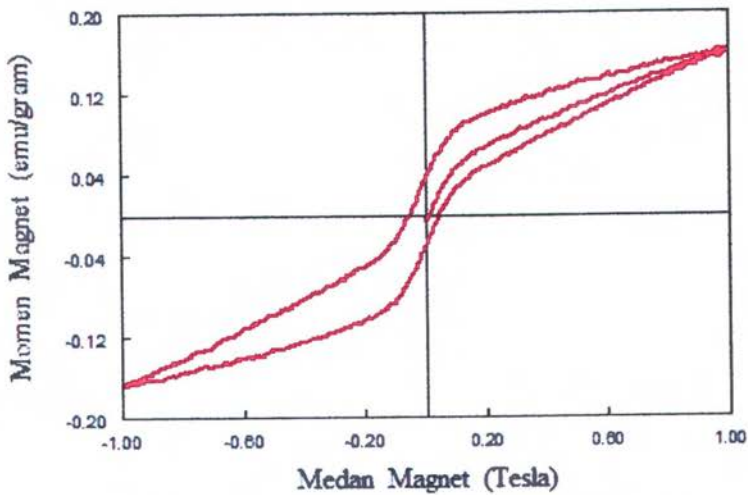
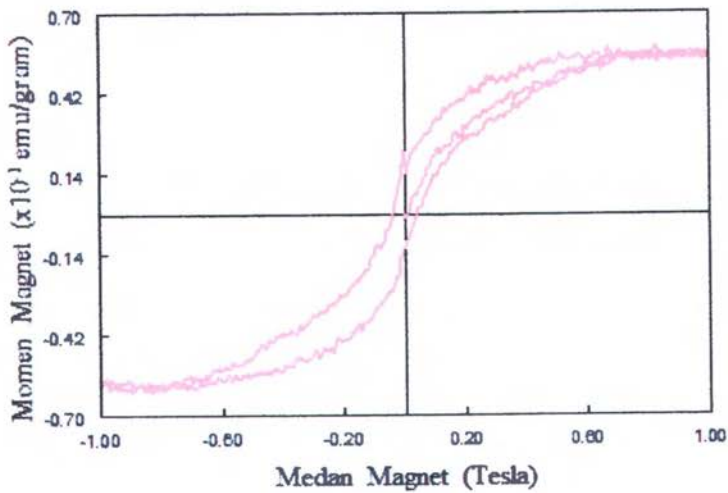
Kurva Histerisis Feromagnet Sampel 1



Kurva Histerisis Feromagnet Sampel 2



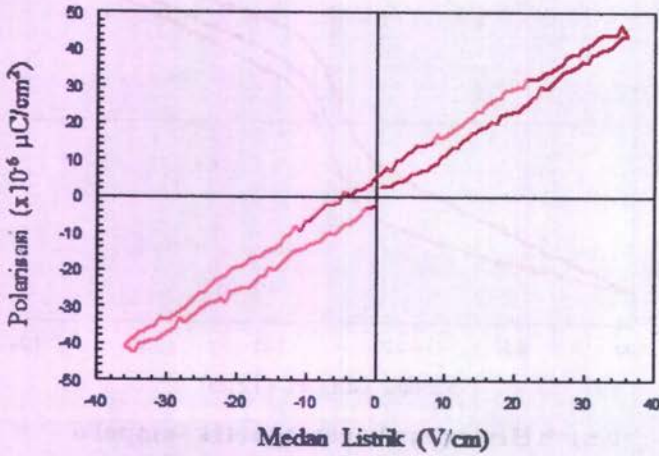
Kurva Histerisis Feromagnet Sampel 3**Kurva Histerisis Feromagnetik Sampel 4**

Kurva Histerisis Feromagnetik Sampel 5**Kurva Histerisis Feromagnetik Sampel 6**

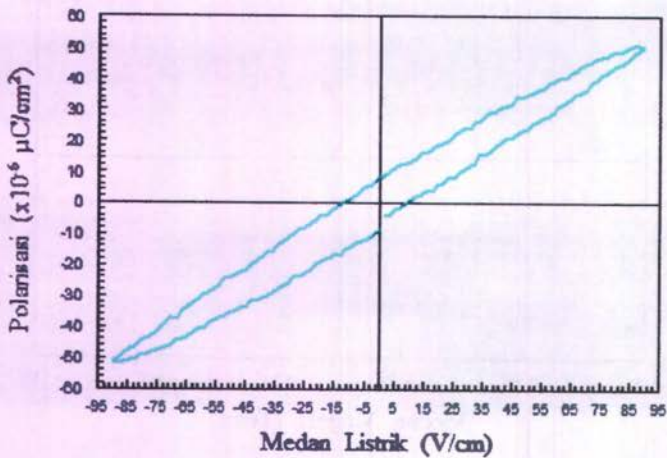
LAMPIRAN F

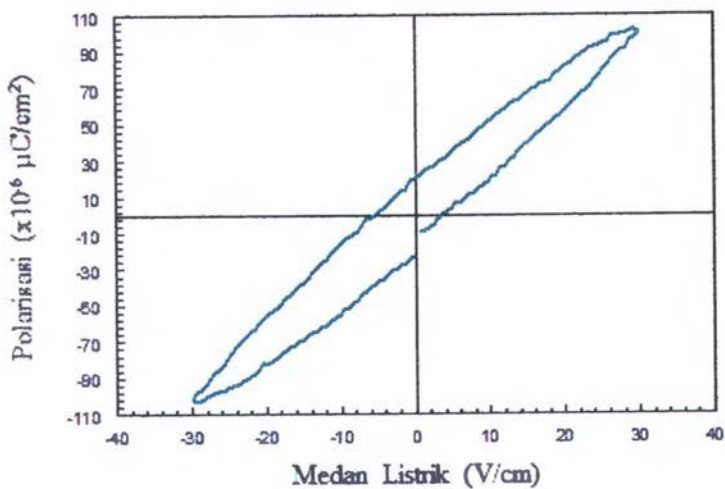
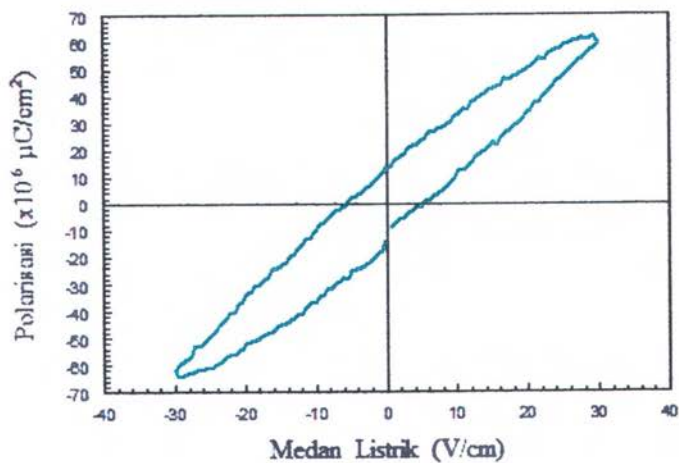
HASIL UJI POLARISASI METER

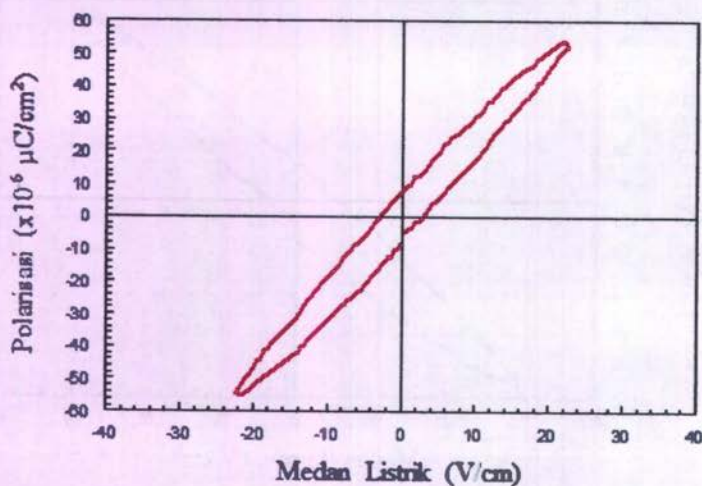
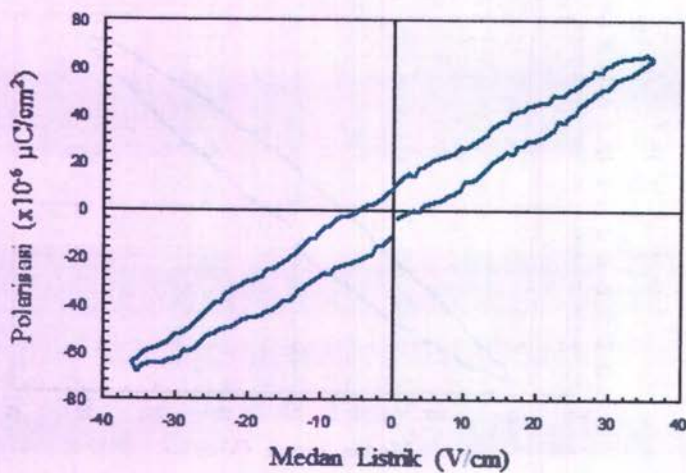
Kurva Histerisis Feroelektrik Sampel 1



Kurva Histerisis Feroelektrik Sampel 2



Kurva Histerisis Feroelektrik Sampel 3**Kurva Histerisis Feroelektrik Sampel 4**

Kurva Histerisis Feroelektrik Sampel 5**Kurva Histerisis Feroelektrik Sampel 6**

LAMPIRAN G
PROGRAM MATLAB UNTUK PENGOLAHAN DATA
UJI POLARISASI METER

```
clc
clear
dataF=xlsread('PEL6.xlsx');
%dataF=xlsread('VG_PUTIH.xls');
n=1;l=1;
m=8;k=7;
for i=1:1:213
    y(n,1)=dataF(k,1);
    k=k+2;
    x(l,1)=dataF(m,1);
    m=m+2;
    n=n+1;
    l=l+1;
end
y(213,1)=dataF(427,1);
```

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lumajang, 2 Juli 1989 merupakan anak ke-4 dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kuncup Harapan, SDN Jogotrunan 04, SMPN 1 Lumajang dan SMAN 1 Lumajang. Penulis memiliki tekad yang kuat untuk bisa melanjutkan ke perguruan tinggi. Berkat usaha dan doanya, penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA ITS melalui PMDK berbeasiswa pada tahun 2007 dan terdaftar dengan NRP. 1107 100 041.

Penulis memilih bidang Material di Jurusan Fisika ini sebagai penelitian Tugas Akhirnya. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di kegiatan akademis dan non akademis. Dalam kegiatan akademis penulis pernah menjadi perwakilan ITS dalam seleksi ON-MIPA tingkat Jawa Timur selama 2 kali, menjadi Asisten Dosen Fisika Dasar I dan II dari semester 3 sampai 7 dan Asisten Praktikum Fisika Dasar. Dalam kegiatan non akademis, penulis aktif di UKM Pramuka ITS dan menjabat sebagai Ketua UK periode 2009/2010. “ *Lakukan sesuatu selagi bisa !!! Kapan maneh ??* ”



BIOGRAFI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh dari lingkungan, faktor-faktor yang mempengaruhi, dan bagaimana proses terjadinya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode pengumpulan data melalui wawancara mendalam, observasi langsung, dan studi dokumen. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara tematik untuk mengungkap makna dan pola yang ada di dalamnya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pemahaman mengenai fenomena yang diteliti.



Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh dari lingkungan, faktor-faktor yang mempengaruhi, dan bagaimana proses terjadinya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode pengumpulan data melalui wawancara mendalam, observasi langsung, dan studi dokumen. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara tematik untuk mengungkap makna dan pola yang ada di dalamnya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pemahaman mengenai fenomena yang diteliti.

ST
KEMENTERIAN RI
KEMENTERIAN RI