

# Sifat Magnet Multiferoik $\text{BiFeO}_3$ Berbahan Dasar Pasir Besi dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Komersial Hasil Sintesis dengan Metode Kopresipitasi dan Pencampuran Basah

Dwi Yuli Retnowati,\* Nurul Fitriyah, Mohammad Ghufron, Malik Anjelh Baqiya, dan Darminto†  
*Jurusan Fisika-FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)*  
*Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111*

## Intisari

Multiferoik adalah bahan yang secara bersamaan menunjukkan sifat magnet dan listrik. Bahan multiferoik  $\text{BiFeO}_3$  telah dibuat dengan bahan baku pasir besi dan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  komersial dengan dua metode yang berbeda dengan tujuan untuk membandingkan sifat magnet yang dihasilkan dari setiap bahan dan metode. Metode yang digunakan untuk membuat serbuk  $\text{BiFeO}_3$  yaitu pencampuran basah dan kopresipitasi. Sampel yang didapatkan dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-X dan VSM. Pengukuran sifat magnet semua sampel pada suhu kamar menunjukkan sifat feromagnetik lemah. Kurva histerisis terbaik dihasilkan oleh sampel yang terbuat dari pasir besi dengan metode pencampuran basah meskipun masih banyak fase pengotor.

## ABSTRACT

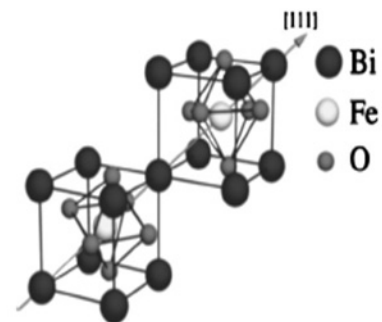
Multiferroics are materials that simultaneously exhibit magnetic and electric properties. Bismuth-ferrites were prepared from iron sands and commercial  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  as raw materials used two methods in order to compare magnetic properties of  $\text{BiFeO}_3$  which was produced from each raw materials and methods. Wet mixing and coprecipitation method were used to prepare  $\text{BiFeO}_3$  powder. The materials were characterized by X-ray diffraction and vibrating sample magnetometer (VSM). The magnetic measurement at room temperature exhibited a weak ferromagnetic behavior. The best hysteretic curve was showed by samples with iron sands as raw material and were used by wet mixing method although they still have impurities.

KATA KUNCI: multiferroic, iron sands, coprecipitation, wet mixing, ferromagnetic

## I. PENDAHULUAN

Multiferoik adalah bahan yang secara bersamaan menunjukkan lebih dari satu sifat yaitu sifat magnet, listrik, dan elastis dalam materi yang sama [1]. Penelitian bahan ini banyak dilakukan karena didorong oleh aplikasinya dalam perangkat memori, perangkat spintronik dan sensor. Dalam perangkat memori saat ini contohnya hard disk, data (bit) ditulis menggunakan medan magnet yang mengarahkan magnetisasi untuk menetapkan nilai bit. Adanya materi multiferoik, 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.

$\text{BiFeO}_3$  merupakan bahan multiferoik yang memiliki sifat feroelektrik dan antiferomagnetik pada temperature Curie dan temperatur Neel relatif tinggi yaitu  $810^\circ\text{C}$  dan  $375^\circ\text{C}$  sehingga memungkinkan untuk menjadi salah satu kandidat utama untuk aplikasi magnetoelektrik pada suhu ruang [2].  $\text{BiFeO}_3$  memiliki struktur kristal Perovskit Rhombohedral



Gambar 1: Struktur Perovskit  $\text{BiFeO}_3$  R3c dalam ideal kubik struktur perovskit ion oksigen akan menempati situs face center [2]

R3c seperti pada Gambar 1.

$\text{BiFeO}_3$  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 arus yang timbul dari non-stoikiometri. Hal ini terjadi karena kesulitan dalam mendapatkan fase tunggal bahan  $\text{BiFeO}_3$ . Berbagai metode diterapkan untuk mempersiapkan serbuk murni-fase  $\text{BiFeO}_3$  seperti kopresipitasi, mekanik, sintesis hidrotermal dan sol-gel [3]. Baru-baru ini, beberapa upaya telah dilakukan dalam rangka

\*E-MAIL: ulee\_lmj@physics.its.ac.id

†E-MAIL: darminto@physics.its.ac.id

TABEL I: Hasil Sintesis Sampel

Kode Sampel	Bahan Dasar	Metode
Sampel 1	Pasir besi (pelarut HNO <sub>3</sub> )	Pencampuran basah
Sampel 2	FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O komersial (pelarut H <sub>2</sub> O)	Pencampuran basah
Sampel 3	Garam FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O (pelarut H <sub>2</sub> O)	Kopresipitasi
Sampel 4	Pasir besi (pelarut HCl)	Kopresipitasi

mempersiapkan nano BiFeO<sub>3</sub> tetapi masih tantangan untuk menyiapkannya di suhu kamar.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang merupakan hasil sintesis dari pasir besi dari Lumajang (Jawa Timur) dan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O komersial. Metode yang digunakan yaitu kopresipitasi dan pencampuran basah. Hal ini bertujuan untuk membandingkan sifat magnet multiferroik BiFeO<sub>3</sub> yang dihasilkan dari setiap bahan dan metode.

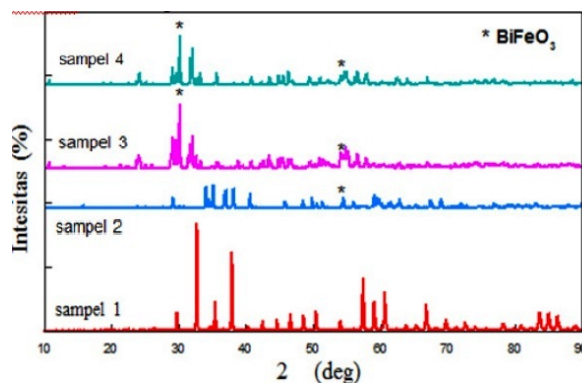
## II. METODOLOGI

- Metode Pencampuran Basah**  
 Larutan yang diperoleh dari pasir besi yang dilarutkan dalam HNO<sub>3</sub> 65% (kode sampel: 1) dan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O komersial (kode sampel: 2) masing-masing dicampur dengan larutan Bi(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. Campuran larutan tersebut kemudian diaduk sambil dipanaskan pada suhu 50°C. Larutan tersebut diaduk terus sampai dihasilkan kerak. Kerak kemudian dikeringkan pada suhu 200°C selama 5 jam.
- Metode Kopresipitasi**  
 Larutan yang diperoleh dari garam FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (kode sampel: 3) dan pasir besi yang dilarutkan dalam HCl 37% (kode sampel: 4) berturut-turut dicampur dengan larutan BiCl<sub>3</sub> kemudian diaduk. Campuran larutan tersebut diendapkan dengan menambahkan NH<sub>4</sub>OH 25% secara perlahan-lahan sambil diaduk. Endapan yang terbentuk diukur pH pengendapannya kemudian dicuci dengan aquades hingga pH = 7. Endapan yang dihasilkan disaring kemudian dikeringkan.
- Karakterisasi Sampel**  
 Serbuk yang dihasilkan dikalsinasi pada suhu 750°C selama 3 jam kemudian diuji XRD dan VSM. Hasil sintesis sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### Analisis hasil XRD

Gambar 2 menunjukkan pola difraksi dari sampel berbentuk serbuk. Dari pola difraksi itu terlihat bahwa sampel



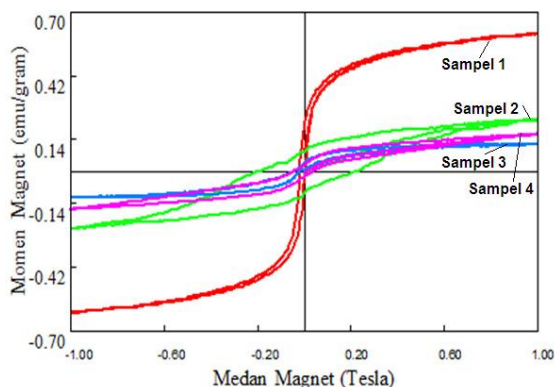
Gambar 2: Pola difraksi serbuk BiFeO<sub>3</sub>

3 lebih banyak membentuk fasa BiFeO<sub>3</sub> dibandingkan dengan sampel yang lain. Sampel 1 terbuat dari pasir besi yang kandungan Fe<sup>3+</sup>-nya yang larut dalam HNO<sub>3</sub> sedikit sehingga sebagian besar menunjukkan fasa Bi<sub>25</sub>FeO<sub>40</sub>. Selain itu, valensi kimia ion Fe bervariasi dalam kandungan oksigen di udara sehingga adanya ion Fe<sup>2+</sup> yang dihasilkan saat sintesis berhubungan dengan kebocoran yang terjadi dalam sintesis BiFeO<sub>3</sub> juga menyebabkan munculnya pengotor Bi<sub>2</sub>Fe<sub>4</sub>O<sub>9</sub> dan Bi<sub>25</sub>FeO<sub>39</sub> [4]. Pada sampel 2 sudah terbentuk fasa BiFeO<sub>3</sub> tetapi masih ada fasa Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hal ini dikarenakan penguapan komponen Bi terjadi dengan mudah pada awal sintesis karena rendahnya suhu penguapan garam bismut ini sehingga komponen Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> muncul lagi di akhir produksi sebagai suatu pengotor [4]. Adanya fasa Bi<sub>24</sub>O<sub>31</sub>Cl<sub>10</sub> diperoleh dari ion Cl<sup>-</sup> yang berasal dari garam FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O karena lebih baik menggunakan garam Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O ketika menggunakan larutan HNO<sub>3</sub>. Semua sampel menunjukkan fasa BiFeO<sub>3</sub> masih sedikit dan lebih banyak pengotor yang terbentuk. Adanya pengotor Bi<sub>2</sub>Fe<sub>4</sub>O<sub>9</sub> dan Bi<sub>46</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>72</sub> 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 [5]. Hal yang perlu diperhatikan lagi adalah suhu kalsinasi agar pengotor yang terbentuk sedikit atau bahkan murni BiFeO<sub>3</sub>.

### Analisis hasil VSM

Gambar 3 menunjukkan kurva histeresis feromagnet BiFeO<sub>3</sub> yang dibuat dengan metode pencampuran basah dan kopresipitasi. Dari kurva tersebut terlihat bahwa semua sampel menunjukkan sifat feromagnet lemah karena memiliki luasan kurva histeresis yang sempit dimana luasan kurva histeresis menunjukkan energi yang diperlukan untuk magnetisasi. Semua sampel dapat membentuk loop histeresis meskipun kandungan fasa BiFeO<sub>3</sub> belum 100% dan masih banyak pengotor. Hal ini menunjukkan bahwa pengotor seperti Bi<sub>2</sub>Fe<sub>4</sub>O<sub>9</sub> dan Bi<sub>25</sub>FeO<sub>39</sub> juga memiliki sifat magnet karena sifat ini dibawa oleh ion Fe<sup>3+</sup> [6].

Nilai magnetisasi saturasi, magnetisasi remanen dan medan magnet koersif dari semua sampel dapat dilihat pada Tabel 2. Sampel 1 memiliki nilai saturasi paling besar dan medan koer-



Gambar 3: Kurva histerisis feromagnetik

TABEL II: 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	0,11794	0,037284	0,034
Sampel 4	0,164125	0,037668	0,456

sifat paling kecil. Sifat magnet ini berasal dari fasa  $Bi_{25}FeO_{40}$  yang sebagian besar terdapat pada sampel 1. Sampel 1 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 [7].

Berdasarkan kurva histerisis, sampel 1 dan 4 yang berbahan dasar pasir besi dengan metode sintesis berbeda menghasilkan loop histerisis yang berbeda juga. Sampel 1 yang dibuat dengan metode pencampuran basah memiliki nilai saturasi enam kali lebih besar dari sampel 4. Hal ini terjadi karena pada sampel 1 sebagian besar terdiri dari  $Bi_{25}FeO_{40}$  sedangkan pada sampel 4 masih ada pengotor yang lain seperti  $Bi_2O_3$  yang bersifat diamagnetik. Sampel 2 dan 3 yang berbahan dasar  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  juga menunjukkan sifat magnet meskipun nilai magnetisasi saturasinya kecil jika dibandingkan dengan sampel 1.

#### IV. SIMPULAN

Semua sampel yang mengandung ion  $Fe^{3+}$  baik yang membentuk fasa  $BiFeO_3$  maupun pengotor dapat membentuk loop histerisis feromagnet karena sifat magnet ditentukan oleh adanya ion  $Fe^{3+}$ . Berdasarkan kurva histerisis,  $BiFeO_3$  menunjukkan sifat feromagnet lemah pada suhu kamar karena luasan loop histerisis yang dibentuk sangat sempit.  $BiFeO_3$  yang dibuat dari bahan dasar pasir besi dengan metode pencampuran basah memiliki kurva histerisis paling baik meskipun belum terbentuk fasa  $BiFeO_3$  murni dan sebagian besar fase pengotor  $Bi_{25}FeO_{40}$ .

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Jurusan Fisika ITS dan BATAN yang telah memberikan bantuan untuk sintesis dan pengujian bahan multiferroik.

[1] N. Hill, *J. Phys. Chem.* **B104**, 6694 (2000).  
 [2] J.B. Neaton, *Phys.Rev.***B 71**, 014113 (2005).  
 [3] J. Wei, D. Xue, *Materials Research Bulletin*, **43**, Issue 12, 33683373 (2008).  
 [4] H. Ke, *et al.*, *Journal of Alloys and Compounds*, 213 (2010).

[5] J.K. Kuk, *et al.*, *Materials Letters*, **59**, 4006 - 4009 (2005).  
 [6] N. Fitriyah, *Sintesis Bahan Multiferroik  $BiFeO_3$  dengan Metode Kopersipitasi*, Tugas Akhir Sarjana, ITS, Surabaya, 2011.  
 [7] T.J. Park, *Nano Letters*, **7**, 766-772 (2006).