

# LAPORAN PENELITIAN



**Peningkatan Sifat *Multiferroic*  $\text{BiFeO}_3$  *Non Single Phase* / Non Stoikiometri Melalui Sintesis Nanokeramik  $\text{BiFeO}_3$ - $\text{BaTiO}_3$ - $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  *Solid Solution* untuk Aplikasi Divais Elektronik Guna Mendukung Industri 4.0**

Ketua : Dr. Ir. Dwita Suastiyanti MSi (NIDN : 0316096501)

Anggota : Pathya Rupajati ST, MT (NIDN : 0313108701)

Dibiayai oleh :  
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan,  
Riset dan Teknologi

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

**Agustus 2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Peningkatan Sifat Multiferroic BiFeO<sub>3</sub> Non Single Phase / Non Stoikiometri Melalui Sintesis Nanokeramik BiFeO<sub>3</sub>-BaTiO<sub>3</sub>-BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> Solid Solution untuk Aplikasi Divais Elektronik Guna Mendukung Industri 4.0

Jenis Penelitian : Pengembangan

Bidang Penelitian : Materials Engineering

Tujuan Sosial Ekonomi: Manufacturing (Materials performance and processes analysis)

Peneliti / Pelaksana

Nama Lengkap : Dr. Ir. Dwita Suastiyanti MSi, IPM

Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Indonesia

NIDN : 0316096501

Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

Program Studi : Teknik Mesin

Nomor Hp : 085697163727

Alamat Surel : dwita\_suastiyanti@iti.ac.id

Anggota Dosen : Pathya Rupajati ST, MT

Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Indonesia

NIDN : 0313108701

Anggota Mahasiswa :

Nama Lengkap : Rihadi Rizkiansyah

NIM : 1121700006

Program Studi : Teknik Mesin

Nama Lengkap : Pujiyanto

NIM : 1121700045

Program Studi : Teknik Mesin

Nama Lengkap : Fany Himawan

NIM : 1121700039

Program Studi : Teknik Mesin

Sumber Dana : Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi  
Biaya Penelitian : Rp 172,183,000,-

26 Agustus 2021

Mengetahui  
Program Studi Teknik Mesin  
Ketua

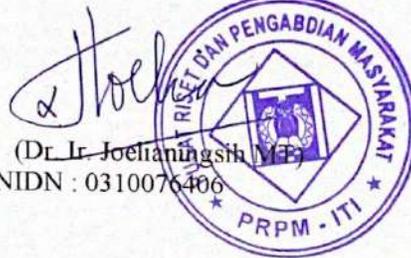
Ketua Tim



(Ir. J. Victor Tuapetel ST, MT, Ph.D, IPM)  
NIDN : 0322096803

(Dr. Ir. Dwita Suastiyanti MSi, IPM)  
NIDN : 0316096501

Menyetujui  
Kepala Pusat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat



(Dr. Ir. Joelianingsih MSi)  
NIDN : 0310076406



# INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

Jl. Raya Puspiptek, Tangerang Selatan - 15314  
(021) 7562757

[www.iti.ac.id](http://www.iti.ac.id) [institutteknologiindonesia](https://www.instagram.com/institutteknologiindonesia) [@kampusITI](https://www.facebook.com/kampusITI) Institut Teknologi Indonesia

## SURAT TUGAS

No. : 060/ST-PLT/PRPM-PP/ITI/V/2021

**Pertimbangan** : Bahwa dalam rangka melaksanakan kegiatan Penelitian Bagi dosen Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia, perlu dikeluarkan surat tugas.

**Dasar** : 1. Pembebanan Tugas Dosen Program Studi Teknik Mesin  
2. Surat Permohonan Tanggal 29 April 2021  
3. Kepentingan ITI

### DITUGASKAN

**Kepada** : Dosen Program Studi Teknik Mesin-ITI( Terlampir)

**Untuk** : 1. Melaksanakan kegiatan Penelitian pada Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021  
2. Melaporkan hasil tugas kepada Kepala PRPM-ITI.  
3. Dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

Tangerang Selatan, 03 Mei 2021

**Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Institut Teknologi Indonesia  
Kepala**

  
Dr. Ir. Joelianingsih, MT.



**Tembusan Yth.**  
1. Wakil Rektor  
2. Ka. Biro SDMO  
3. Ka. Prodi Teknik Mesin  
4. Arsip

DAFTAR PENELITIAN DOSEN PROGRAM STUDI MESIN SEMESTER GENAP THN AKADEMIK: 2020/2021

Revisi 23 Agustus 2021

NO	TOPIK PENELITIAN	BIDANG	NAMA DOSEN	SUMBER DANA	JUMLAH DANA (Rp)	KETERLIBATAN PRODI/INSTITUSI LAIN	KETERLIBATAN MAHASISWA
1	Peningkatan Sifat Multiferroic BiFeO <sub>3</sub> Non Single Phase / Non Stoikiometri Melalui Sintesis Nanokeramik BiFeO <sub>3</sub> -BaTiO <sub>3</sub> -BaFe <sub>2</sub> O <sub>19</sub> Solid Solution untuk Aplikasi Divais Elektronik Guna Mendukung Industri 4.0	Engineering and Technology	1. Ketua : Dr. Ir. Dwita Suastiyanti Msi, IPM 2. Anggota : Pathya Rupajati ST, MT	Kemdikbud - Dikti	172.183.000	tidak ada	1. Rizhadi Rizkiansyah (1121700006) , 2. Pujiyanto (1121700045) 3. Fany Himawan (1121700039)
2	Prototype Pendingin Ramah Lingkungan Berbasis Sistem Termoelektrik	Mechanical and Industrial Engineering	1. Ketua: J. Victor Tuapelei, ST, MT, PhD, IPM 2. Anggota: Dipl. Ing. M. Kurmiadi Rasyid, MM	Hibah Internal ITI	8.000.000	tidak ada	Yogi Suryono (1121600035)
3	Modifikasi dan Uji Teknis Mesin Pengerik Tipe "Tray-Rotary Dryer" Untuk Pengerik Gepuk Daging Sapi	Engineering and Technology	1. Ketua : Dr. Ir. Iyus Hendrawan, MSi, IPU, ASEAN ENG. 2. Anggota : Ir. Darti Nurani, MS	Hibah Internal ITI	8.000.000	TIP	1. Dewi Gusshantingsih (1321700006) 2. Tisihah Rahmawati (1321700017)
4	Investigasi Sifat Mekanis Proses Pengelasan GTAW pada Dissimilar Material	Engineering and Technology	Ketua : Pathya Rupajati ST, MT	Mandiri	3.000.000	Tidak Ada	Muhibul Wagianto (1121600055)
5	Determinan Gangguan Pendengaran Pada Operator Mesin Bubut dan Aplikasi Personal Proteksi Pada Hazard Noise di Tempat Kerja	Engineering and Technology	Ketua : Ir. Rulyenzi Rasyid, MKKK	Mandiri	3.000.000	Tidak Ada	Francois Rubian (1121800037)
6	Perancangan Transport Skid Compressor	Engineering and Technology	Ketua Dipl. Ing. Mohammad Kurniadi Rasyid	Mandiri	3.000.000	Tidak Ada	Erik Mulbanik R. (1121700005)
7	Analisa Kekuatan Struktur <i>Crown Block Oil Rig CPI #71</i> Dengan Material <i>Box/Rectangel</i> .	Engineering and Technology	Ketua Dr.-Ing. Putu M. Santika	Mandiri	3.000.000	Tidak ada	M. Nurulaa Saputra 1121800008
8	Analisis Statistika Hubungan Antara Proses Sintering dengan Energi Magnetik Pada Peningkatan Sifat Magnetik Magnet Permanen BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>	Engineering and Technology	Ketua : Dra. Perak Samosir, M.Si	Mandiri	3.000.000	Tidak Ada	Daniel B.S. Simamora (1121800041)
9	Pemodelan Dinamik Sistem Spindle pada Mesin CNC Milling 3 Axis dengan Menggunakan Receptance Coupling Substructure Analysis (RSCA)	Advance Manufaktur	Ketua : Khairul Jauhari, ST, MT. Anggota :	Mandiri	5.000.000	BT - MEPPPO	Roji Al-faruq (1122005001)
10	Proses reverse Engineering untuk Hypoid Gear	Engineering and Technology	Ketua: Achmad Zaki Rahman	Mandiri	3.000.000	Tidak Ada	-

Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Institut Teknologi Indonesia



Kepala

*[Signature]*

Dr. Ir. Joelianningsih, MT.

## RINGKASAN

Pada penggunaan divais elektronik khususnya *ultimate memory device*, diperlukan material *multiferroic* yang mempunyai sifat listrik dan magnetik sekaligus dalam sebuah material. Sudah dilakukan beberapa penelitian material *multiferroic* yang berbasis BaTiO<sub>3</sub>, BiFeO<sub>3</sub> dan BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>, akan tetapi belum memperoleh sifat *multiferroic* yang optimum. Oleh karena itu penelitian ini fokus kepada peningkatan nilai kekerasan Vickers, perbaikan sifat listrik dan magnet. Di samping itu juga dilakukan uji XRD dan pengamatan metalografi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) terhadap material *multiferroic* yang tersusun dari *mixing powder* berbasis BaTiO<sub>3</sub>, BiFeO<sub>3</sub>, dan BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>. Parameter yang divariasikan adalah rasio komposisi berat BaTiO : BiFeO<sub>3</sub> : BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> = 1:1:1; 1:2:2; 2:1:1; 1:2:1 dan 2:1:2. Kekerasan tertinggi diperoleh pada perbandingan berat 2:1:2 sebesar 561 HV. Pengamatan struktur dengan SEM menunjukkan bahwa sampel dengan perbandingan berat tersebut didominasi oleh fasa BaTiO<sub>3</sub> dan BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> yang masing-masing mempunyai kekerasan yang tinggi.

**Kata kunci :** *multiferroic, ultimate memory device, mixing powder*

## PRAKATA

Dengan mengucapkan Syukur Alhamdulillah kepada Tuhan Yang Maha Esa, maka Laporan Penelitian Semester Genap 2020/2021 dengan judul “Peningkatan Sifat *Multiferroic* BiFeO<sub>3</sub> *Non Single Phase* / Non Stoikhiometri Melalui Sintesis Nanokeramik BiFeO<sub>3</sub>-BaTiO<sub>3</sub>-BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> *Solid Solution* untuk Aplikasi Divais Elektronik Guna Mendukung Industri 4.0” telah selesai disusun. Penelitian ini mulai dilaksanakan pada bulan Mei 2021 dan pada bulan Agustus 2021 telah berhasil disusun laporan berdasarkan data-data penelitian yang sudah diperoleh. Di samping itu telah dilakukan submit artikel pada Jurnal Internasional Bereputasi (Scopus Q4) : Journal of Ceramic Processing Research.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada :

1. Rektor Institut Teknologi Indonesia yang mendukung kegiatan riset dengan dana hibah.
2. Dr.Ir.Joelianingsih MT, Kepala Pusat Riset dan Pengabdian pada Masyarakat, yang telah membantu administrasi penelitian ini.
3. Mahasiswa Institut Teknologi Indonesia dan pihak-pihak lain yang tidak dapat disampaikan satu persatu, yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

Penelitian ini masih jauh dari sempurna dan penulis sangat terbuka untuk menerima masukan, saran maupun kritik terhadap penelitian ini. Semoga laporan kemajuan ini mempunyai manfaat bagi masyarakat Indonesia.

Serpong, 26 Agustus 2021

Ketua

(Dr. Ir. Dwita Suastiyanti MSi, IPM)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	1
HALAMAN PENGESAHAN.....	2
RINGKASAN.....	4
PRAKATA.....	5
DAFTAR ISI.....	6
BAB 1. PENDAHULUAN.....	7
1.1. Latar Belakang Masalah.....	7
1.2. Tujuan Penelitian .....	9
1.3. Batasan Masalah.....	9
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	11
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	15
BAB 4. METODE PENELITIAN.....	16
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI.....	22
BAB 6. KESIMPULAN.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Riset tentang material maju terus berkembang dan yang secara konsisten diteliti dalam 5 tahun terakhir ini khususnya di Indonesia adalah material *multiferroic* yang banyak diaplikasikan untuk divais elektronik. Material *multiferroic* adalah material yang memiliki lebih dari 1 sifat fisis dalam sebuah material yaitu feroelektrik, feromagnetik, feroelastisitas, dan atau feroidisitas. Salah satu cara karakterisasi yang paling mudah adalah jika material *multiferroic* diberi efek medan magnet luar yang kecil akan memberikan respons berupa tegangan listrik yang besar. Fenomena ini menunjukkan bahwa material mempunyai kopling MagnetoElektrik (ME) yang besar. Contoh material *multiferroic* yang berkualitas tinggi adalah  $\text{BiFeO}_3$ . Akan tetapi material tersebut harus dalam wujud fasa tunggal dan nanopartikel. Sedangkan kenyataannya sulit untuk memperoleh material  $\text{BiFeO}_3$  fasa tunggal mengingat pembentukan material tersebut tidak secara stoikiometri yang berakibat terbentuknya fasa pengotor (impuritas)  $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$  dan  $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{40}$  yang muncul selama proses sintesis. Fasa impuritas ini menyebabkan timbulnya arus bocor yang hebat yang dapat menurunkan sifat feromagnetik, menurunkan nilai kopling MagnetoElektrik (ME) dan menurunkan resistivitas. Oleh karena itu dalam rencana penelitian dalam 2 tahun ini akan dilakukan proses sintesis material keramik ukuran nano yang merupakan gabungan antara material  $\text{BiFeO}_3$ , material feroelektrik ( $\text{BaTiO}_3$ ) dan material magnetik ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) dengan hipotesa bahwa fasa impuritas yang terbentuk akan digantikan oleh fasa feroelektrik dan fasa magnetik. Sifat feroelektrik dan magnetik yang ditambahkan ke dalam material keramik tersebut diharapkan dapat meningkatkan respons tegangan listrik yang besar jika material diberikan efek medan magnet yang kecil. Ukuran nano diperlukan untuk memperbesar luas permukaan yang dapat meningkatkan interaksi atom-atom feroelektrik dan magnetik. Teknologi yang digunakan untuk proses sintesis ini adalah *sol-gel* yang merupakan teknologi yang mudah, membutuhkan peralatan sederhana dan temperatur proses yang diaplikasikan rendah serta dapat menghasilkan serbuk berukuran nano. Dengan riset ini diharapkan dapat diperoleh solusi untuk memperoleh sifat *multiferroic* yang tinggi pada material  $\text{BiFeO}_3$ . Level TKT

pada kegiatan tahun I adalah 2 yang diharapkan meningkat menjadi 3 pada kegiatan tahun II.

Material *multiferroic* telah menarik minat penelitian dalam beberapa tahun terakhir karena adanya sifat feromagnetik, feroelektrik, dan / atau ferroelastik yang muncul secara simultan dalam satu fase [1,2]. *Bismuth ferrite* ( $\text{BiFeO}_3$ ) adalah salah satu senyawa *multiferroic* yang paling menjanjikan untuk aplikasi dalam spintronics, sensor, filter optik, memori dan perangkat penyimpanan data [3,4,5]. Material  $\text{BiFeO}_3$  memiliki struktur *perovskite* yang terdistorsi secara *rhombohedral* dengan grup ruang  $R3c$  dan mempunyai koeksistensi dari ordering feroelektrik dan magnetik pada temperatur kamar. Mempunyai temperatur *Curie*  $T_C = 826\text{-}845^\circ\text{C}$  dan temperatur *Neel antiferromagnetic* tipe G,  $T_N = 360\text{-}380^\circ\text{C}$ .

Meskipun  $\text{BiFeO}_3$  memiliki sifat yang menarik, akan tetapi aplikasinya dibatasi karena adanya fasa pengotor (impuritas) seperti  $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$  dan  $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{40}$  yang muncul selama proses sintesis, hal ini yang menyebabkan sangat sulit untuk memperoleh fasa tunggal  $\text{BiFeO}_3$  yang ternyata pembentukannya tidak secara stoikhiometri. Fasa impuritas ini menyebabkan penurunan sifat feromagnetik, timbul arus bocor yang hebat, menurunkan kopling magnetoelektrik dan resistivitas [6]. Banyak metode telah digunakan untuk melakukan sintesis serbuk  $\text{BiFeO}_3$ . Metode reaksi *solid-state* konvensional tidak dapat menghasilkan fasa tunggal  $\text{BiFeO}_3$  [7]. Akan tetapi metode kimia sintesis (*sol-gel*) menghasilkan  $\text{BiFeO}_3$  yang lebih baik kualitasnya jika partikel serbuknya berada dalam ukuran nano.

Dalam metode reaksi *solid-state* (dalam usaha untuk memperoleh fasa tunggal  $\text{BiFeO}_3$ ) ada beberapa hasil penelitian yang menyoroti penggunaan asam nitrat pada proses pencuciannya yang kemudian dikalsinasi untuk menghilangkan kotoran. Namun, pencucian selanjutnya menghasilkan serbuk yang lebih kasar dan reproduktifitas yang buruk.

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, yaitu tingkat kesulitan yang tinggi untuk memperoleh kualitas sifat *multiferroic* yang baik pada serbuk  $\text{BiFeO}_3$  mengingat masih terdapatnya fasa pengotor, maka dilakukan usaha untuk memperoleh sifat *multiferroic* yang lebih baik pada material  $\text{BiFeO}_3$  yaitu melalui sintesis nano keramik yang merupakan gabungan dari senyawa  $\text{BiFeO}_3$  itu sendiri, senyawa feroelektrik dan

magnetik. Senyawa ferroelektrik yang digunakan adalah senyawa  $\text{BaTiO}_3$  dan senyawa magnetik yang digunakan adalah  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ . Ukuran nano pada keramik yang akan dihasilkan sangat diperlukan agar terbentuk permukaan yang lebih luas yang dapat meningkatkan interaksi antara sifat magnetik dan elektrik sehingga akan muncul kopling MagnetoElektrik yang kuat. Penggabungan sifat feroelektrik dan feromagnetik masing-masing ke dalam sifat *multiferroic* sebuah material diharapkan dapat menghasilkan sifat *multiferroic* yang lebih baik lagi yang ditunjukkan dengan nilai konstanta kopling ME yang lebih tinggi mengingat adanya kontribusi dari sifat elektrik dan magnetik. Diharapkan akan muncul respons tegangan listrik yang tinggi hanya dengan memberikan efek medan magnet yang kecil. Atas dasar ide kreatif ini, maka judul dari kegiatan penelitian ini adalah “**Peningkatan Sifat *Multiferroic*  $\text{BiFeO}_3$  *Non Single Phase/Non Stoichiometri* Melalui Sintesis Nanokeramik  $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3\text{-BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  *Solid Solution* untuk Aplikasi Divais Elektronik Guna Mendukung Industri 4.0**”.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan kegiatan penelitian ini adalah meningkatkan sifat *multiferroic* material  $\text{BiFeO}_3$  melalui sintesis material baru berupa *mixing powder* berbasis  **$\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3\text{-BaFe}_{12}\text{O}_{19}$**  di mana selama ini material  $\text{BiFeO}_3$  hanya dapat memunculkan respons tegangan listrik jika diberi efek medan magnet luar yang cukup besar. Hal ini disebabkan karena masih munculnya fasa pengotor pada hasil sintesis material  $\text{BiFeO}_3$ . Urgensi penelitian ini adalah melakukan terobosan teknologi baru untuk menghasilkan nanokeramik paduan yang mempunyai sifat *multiferroic* yang sangat baik.

## 1.3. Batasan Masalah

Untuk dapat lebih mengarah dan mencapai tujuan penelitian, maka diperlukan beberapa pembatasan masalah, yaitu :

1. Material dasar yang digunakan adalah  $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3\text{-BaFe}_{12}\text{O}_{19}$
2. Rasio berat dari *mixing powder* adalah  $\text{BiFeO}_3\text{:BaTiO}_3\text{:BaFe}_{12}\text{O}_{19} = 1\text{:}1\text{:}1; 1\text{:}2\text{:}2; 2\text{:}1\text{:}1; 1\text{:}2\text{:}1$  dan  $2\text{:}1\text{:}2$
3. Ketiga material dasar dibentuk dengan proses sintesis metode *Sol-gel*.

4. Untuk pengujian sampel digunakan uji XRD, *Scanning Electron Microscope* (SEM), pengukuran besar partikel dan kekerasan serbuk

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Sifat *multiferroic* sebuah material sangat tergantung juga dari sifat elektrik salah satu material penyusunnya. Kontribusi dari sifat elektrik yang baik dapat menyebabkan tingginya nilai konstanta ME yang dimiliki material *multiferroic*. Salah satu material yang mempunyai sifat elektrik yang baik adalah material berbasis *titanate*. Dalam hal ini telah berhasil dilakukan sintesis serbuk *barium titanate* ( $\text{BaTiO}_3/\text{BTO}$ ) fasa tunggal dengan metode *sol-gel* dan mempunyai sifat elektrik yang baik dengan nilai saturasi polarisasi elektrik =  $44,84 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  [8].

Sifat feromagnetik dapat juga memberikan kontribusi yang baik pada sifat *multiferroic* sebuah material. Ketika sifat feromagnetik ditambahkan kepada sifat *multiferroic*, maka untuk memunculkan sifat elektrik material *multiferroic* tidak perlu menggunakan efek magnetik yang terlalu besar. Hal ini dapat mengurangi konsumsi energi ketika material *multiferroic* diaplikasikan sebagai *ultimate memory device*. Dwita S telah berhasil melakukan sintesis serbuk  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  (*barium hexaferrite/BHF*) fasa tunggal dan berukuran nano dengan menggunakan metode *sol-gel* dan mempunyai sifat magnetik yang baik dengan nilai koersivitas intrinsik =  $453,2 \text{ kA/m}$  [9].

Untuk menghindari pembentukan fase pengotor pada hasil sintesis material *multiferroic*  $\text{BiFeO}_3$ , metode yang berbeda telah dikembangkan seperti proses sintesis untuk menghasilkan struktur nano atau sintesis film tipis [10] dan kombinasi dari beberapa senyawa padatan dengan bahan perovskite  $\text{ABO}_3$  lainnya (mis.  $\text{BiFeO}_3$ -  $\text{BaTiO}_3$ ) dan beberapa senyawa  $\text{BiFeO}_3$  yang diolah [11]. Telah diklaim bahwa doping A situs  $\text{ABO}_3$  perovskit oleh ion diamagnetik (Ca, La, Sr, Pb dan Ba) adalah cara yang efisien untuk memperoleh fasa tunggal  $\text{BiFeO}_3$ . Selain itu, diketahui bahwa  $\text{BiFeO}_3$  memiliki struktur dasar antiferromagnetik dari putaran G-type yang dimodulasi secara sikloid dengan panjang gelombang 62 nm. Hal ini menunjukkan bahwa  $\text{BiFeO}_3$  cukup banyak mengalami magnetisasi dan menyebabkan keterbatasan dalam sifat multifungsinya.

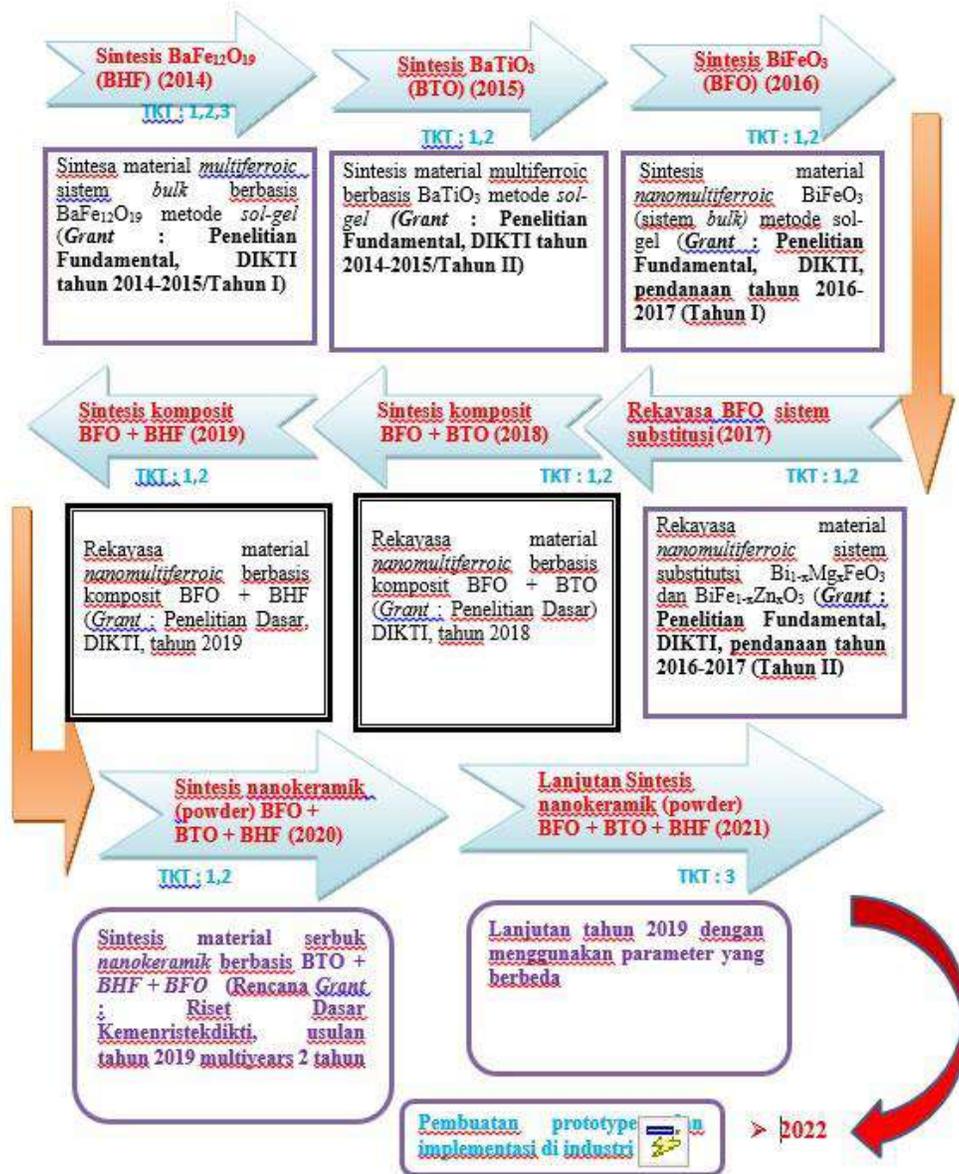
Untuk menghancurkan struktur *spiral cycloid* berputar di  $\text{BiFeO}_3$  dan untuk meningkatkan magnetisasi spontan dilakukan modifikasi struktural dengan cara  $\text{BiFeO}_3$  diinduksi oleh ion pengganti *rare-earth A-site* dengan perbedaan besar dalam jari-jari ionik.

Oleh karena itu, doping BiFeO<sub>3</sub> dengan jari-jari ion yang lebih besar dapat menjadi metode yang menjanjikan untuk mencapai sifat *multiferroic* yang lebih baik [12].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Feng Wan, pemilihan  $x = 0,2$  di antara semua senyawa Bi<sub>1-x</sub>Ba<sub>x</sub>FeO<sub>3</sub> yaitu Bi<sub>0,8</sub>Ba<sub>0,2</sub>FeO<sub>3</sub> menunjukkan kopling listrik magneto yang maksimum, ketahanan lelah yang lebih baik, bentuk loop histeresis feroelektrik yang memadai dan aktivasi tertinggi energi yang mengarah pada kinerja yang lebih baik sebagai bahan dielektrik [13]. Pada riset ini bahan keramik BiFeO<sub>3</sub> dengan paduan bahan magnet dan bahan listrik disintesis melalui rute reaksi *solid state*.

Ukuran nanopartikel pada material *multiferroic* dengan kopling (*coupling*) yang kuat dari feroelektrik dan sifat magnetik material memberikan peluang untuk aplikasi yang potensial dibidang penyimpanan informasi [14]. Ini artinya material *nanomultiferroic* adalah material yang tepat untuk pembuatan divais elektronik.

Penelitian direncanakan dilaksanakan selama 2 tahun (2020 dan 2021) dengan peta rencana seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Roadmap (Peta Jalan) Penelitian

Kegiatan penelitian yang berbasis *multiferroic* ini sebenarnya sudah berlangsung hampir 7 tahun sejak tahun 2012 yang dimulai dari studi literatur untuk menelusuri sudah sejauh mana riset tentang *multiferroic* dilaksanakan oleh para peneliti lain. Gambar 1 menunjukkan peta penelitian yang dimulai dari tahun 2014 yang sudah fokus kepada tahap sintesis material *multiferroic*. Riset tahun 2014 sampai dengan 2017 sudah sampai pada level TKT 2 yang di dalamnya terdapat pemahaman prinsip dasar teknologi *sol-gel* yang digunakan dan aplikasi

dari formulasi dasar tentang teknologi *sol-gel* yang diikuti dengan tahap karakterisasi produk secara analisis dan ekperimental. Riset tahun 2022 akan masuk kepada TKT 3.

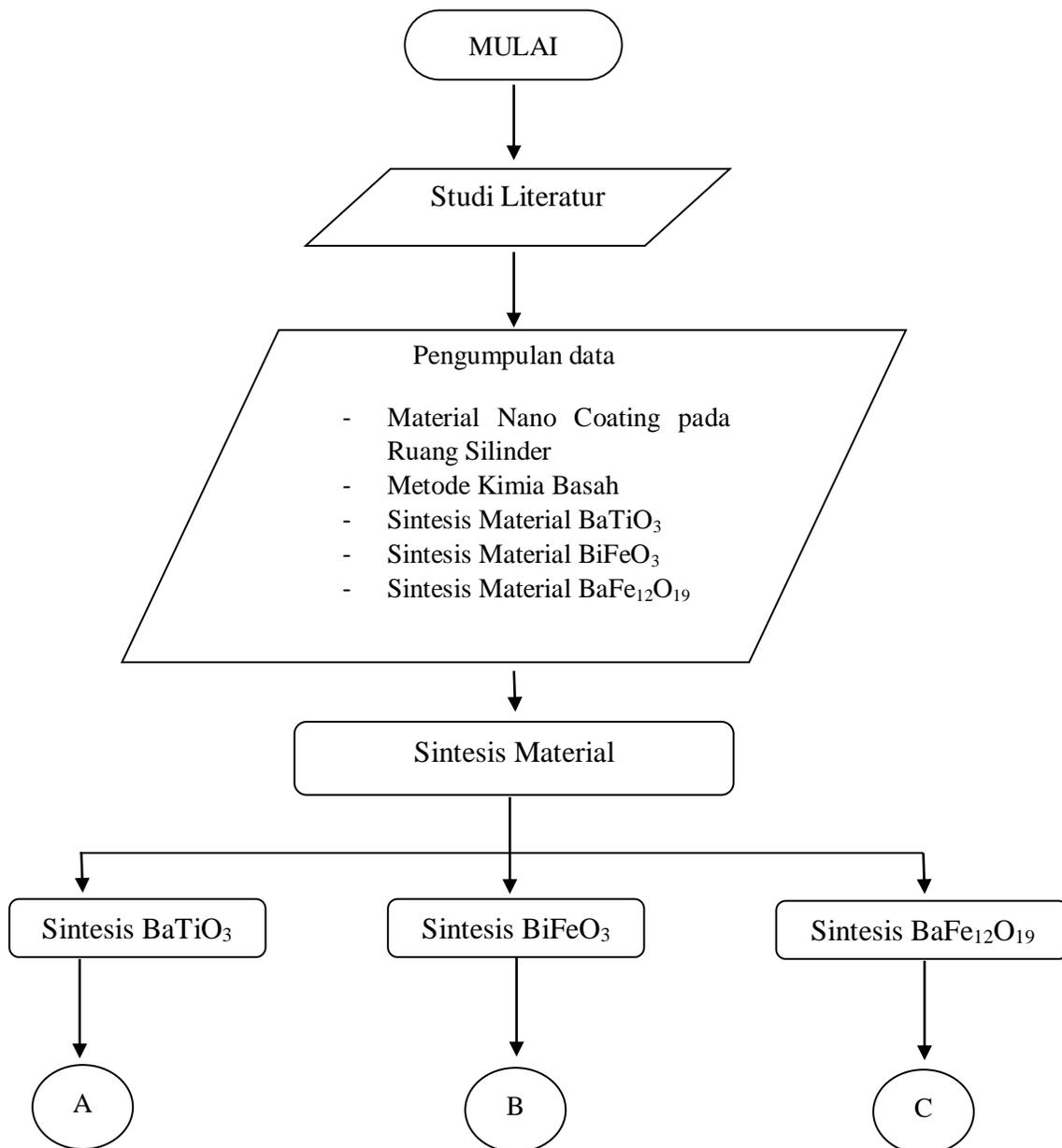
### **BAB 3**

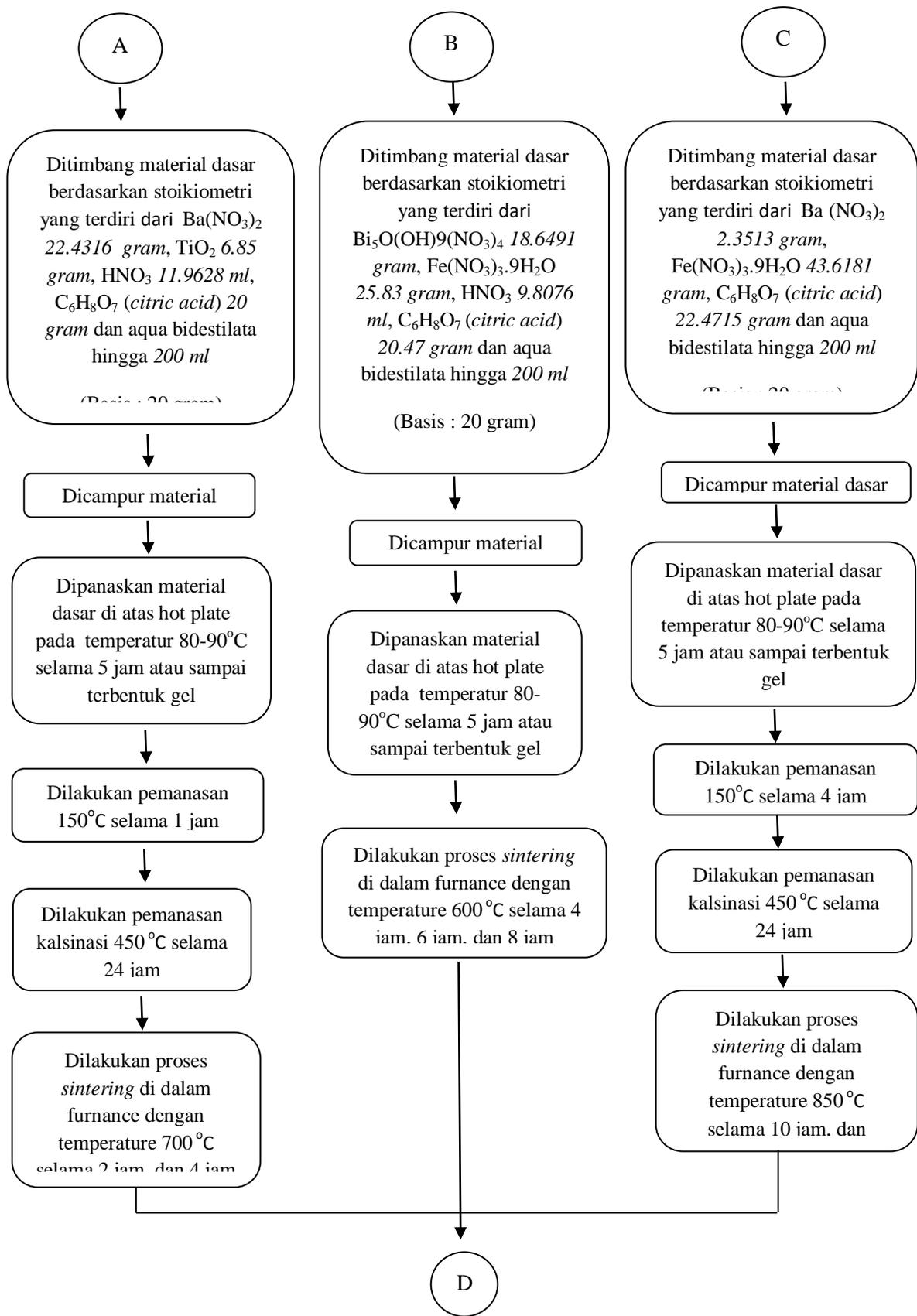
#### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

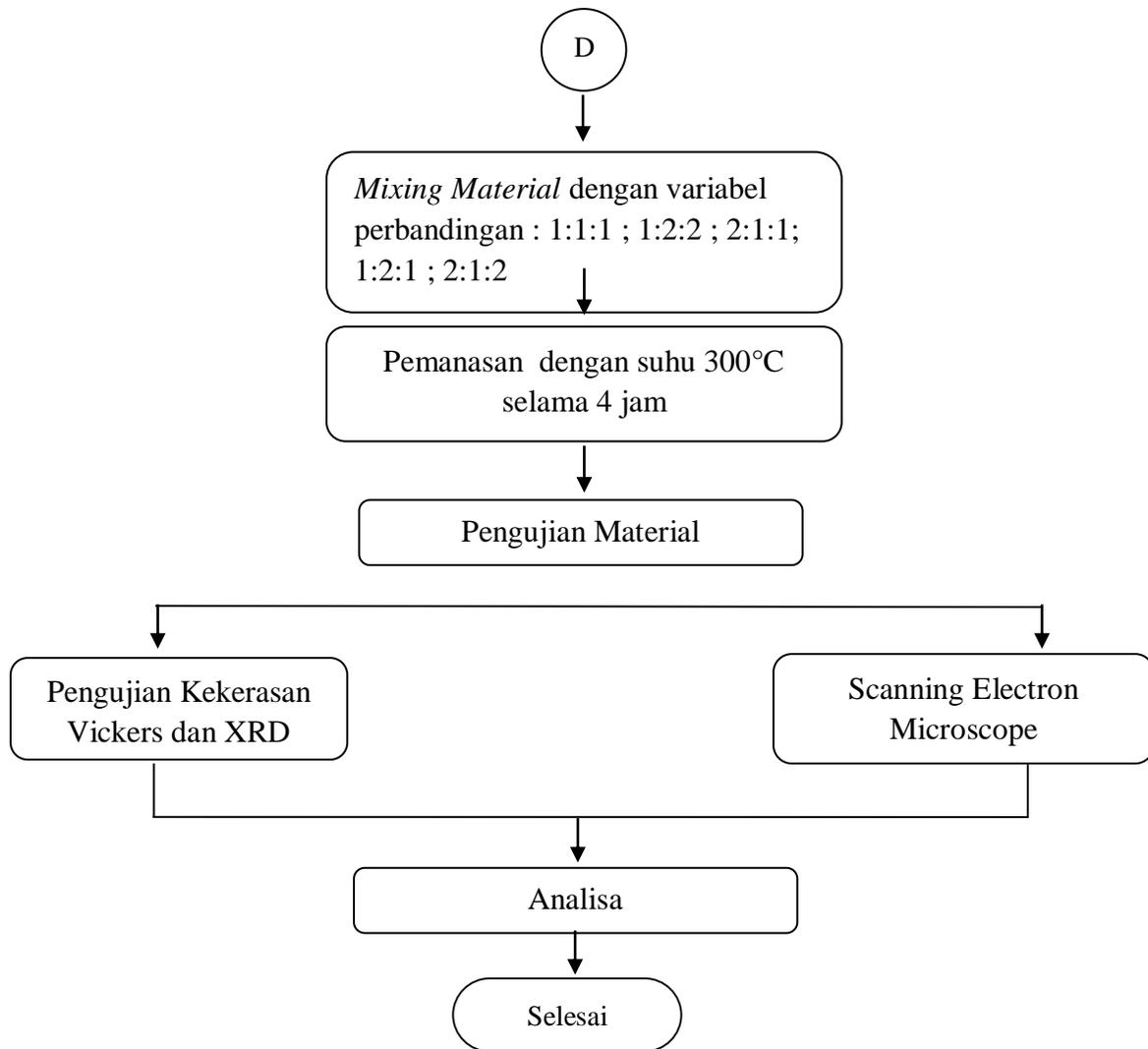
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh rasio berat dari *mixing powder*  $\text{BiFeO}_3:\text{BaTiO}_3:\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} = 1:1:1; 1:2:2; 2:1:1; 1:2:1$  dan  $2:1:2$  terhadap sifat *multiferroic*, kekerasan serbuk dan ukuran partikel

## BAB 4 METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini direncanakan akan dilaksanakan dalam waktu 2 tahun di mana tahun pertama adalah proses sintesis menghasilkan material serbuk nanokeramik berbasis larutan padat yang terdiri dari  $\text{BiFeO}_3$  (BFO),  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  (BHF) dan  $\text{BaTiO}_3$  (BTO) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1







Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Material dan laboratorium Kimia Dasar Institut Teknologi Indonesia, Serpong, Tangerang Selatan. Pada penelitian ini menggunakan tiga jenis material yaitu  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3$ , dan  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  sebagai basis membuat *mixing powder*. Proses sintesis menggunakan metode kimia basah (*Sol – gel*), Adapun Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Proses Sintesis Material  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{BiFeO}_3$ , dan  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$
2. Proses *Sintering* dan Kalsinasi untuk menghasilkan *Nano powder*

Setelah diperoleh masing – masing *Nano powder coating* yang dibutuhkan selanjutnya yang dilakukan adalah dengan mencampurkan ketiga *Nano Powder* tadi dengan rasio komposisi BTO : BFO : BHF adalah sebagai berikut : 1:1:1 ; 1:2:2 ; 2:1:1 ; 1:2:1 ; 2:1:2.

### **Proses Sintesis Material BaTiO<sub>3</sub>**

Untuk melakukan sintesis pada BaTiO<sub>3</sub> digunakan beberapa senyawa basis yaitu sebagai berikut : Barium Nitrate (Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>), C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> dan Asam Nitrat (HNO<sub>3</sub>) semua larutan senyawa tadi dipanaskan diatas *Hot Plate* dengan suhu yang dijaga konstan diantara 80 – 90°C dalam waktu kira-kira 4 – 5 jam. Setelah dilakukan sintesis kemudian senyawa tersebut dilakukan proses kalsinasi dengan suhu 150°C dalam waktu 1 jam, setelah dikalsinasi diperoleh powder BaTiO<sub>3</sub> kemudian dilakukan *sintering* selama 450°C selama 2 jam didalam *furnace* Langkah yang terakhir dilakukan adalah *sintering* 700°C masing-masing dengan variasi waktu 2 – 4 Jam.

### **Proses Sintesis Material BiFeO<sub>3</sub>**

Guna membuat BiFeO<sub>3</sub> dalam keadaan single fase, Bahan yang digunakan adalah pro analysis Merck product dengan tingkat kejernihan 99.99% Adapun paduan senyawa yang digunakan adalah sebagai berikut : Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O dan citric acid C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> Semua senyawa basa dilarutkan dalam aquabidestilate yang kemudian dipanaskan pada *hot plate* pada suhu yang dijaga konstan antara 80 - 90°C untuk membentuk gel dalam waktu 4 – 5 jam, Saat dilakukan pemanasan larutan senyawa harus terus diaduk sehingga dapat merata temperaturnya, setelah berbentuk Gel, kemudian dipanaskan dalam tungku pada suhu kalsinasi 160°C dan 200°C selama b jam masing-masing. Tujuannya adalah untuk menguapkan air dan unsur C, N dan H. Setelah dihasilkan serbuk BiFeO<sub>3</sub> langkah selanjutnya adalah melakukan proses *sintering* pada suhu 600°C dengan beberapa variasi waktu 4, 6, dan 8 Jam.

### **Proses Sintesis Material BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>**

Proses sintesis material Barium Hexagonal ferrite (BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>) menggunakan beberapa material dasar ditimbang berdasarkan stoikiometri yang terdiri dari material sebagai berikut : Ba (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 2.3513 gram, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O 43.6181 gram, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> (citric

acid) 22.4715 gram dan aqua bidestilata hingga 200 ml. Nitrat dilarutkan dalam jumlah minimum air suling. Asam sitrat dengan perbandingan 1: 1 terhadap total mol ion nitrat kemudian ditambahkan ke dalam larutan encer yang telah disiapkan untuk mengkelat  $Ba^{2+}$  dan  $Fe^{3+}$  dalam solusinya. Larutan campuran dinetralkan sampai pH 7 dengan menambahkan cairan amonia. Larutan yang dinetralkan diuapkan sampai kering dengan pemanasan pada  $80^{\circ}C - 90^{\circ}C$  di atas hot plate dengan pengadukan terus menerus. Saat air menguap, larutan menjadi kental dan akhirnya membentuk gel coklat yang sangat kental. Peningkatan suhu menyebabkan perubahan gel. Adapun hasil dari sintesis material yang sudah jadi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 *Sol-gel*  $BaFe_{12}O_{19}$

Dilakukan, pemanasan  $150^{\circ}C$  selama 4 jam setelah itu Dilakukan pemanasan kalsinasi  $450^{\circ}C$  selama 24 jam yang terakhir Dilakukan proses *sintering* di dalam furnance dengan temperature  $850^{\circ}C$  selama 10 jam, dan temperature  $1000^{\circ}C$  selama 10 jam, bentuk powder dari  $BaFe_{12}O_{19}$  dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Powder BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>*

## BAB 5

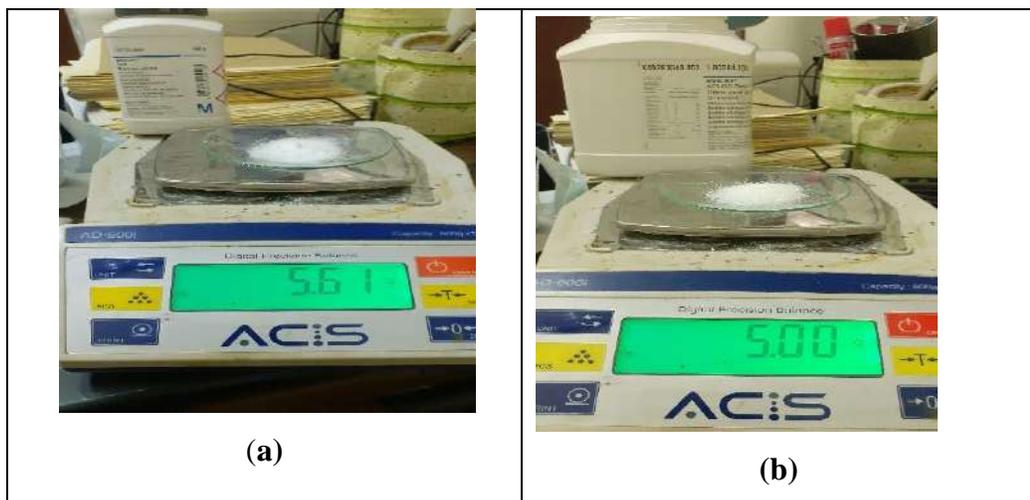
### HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

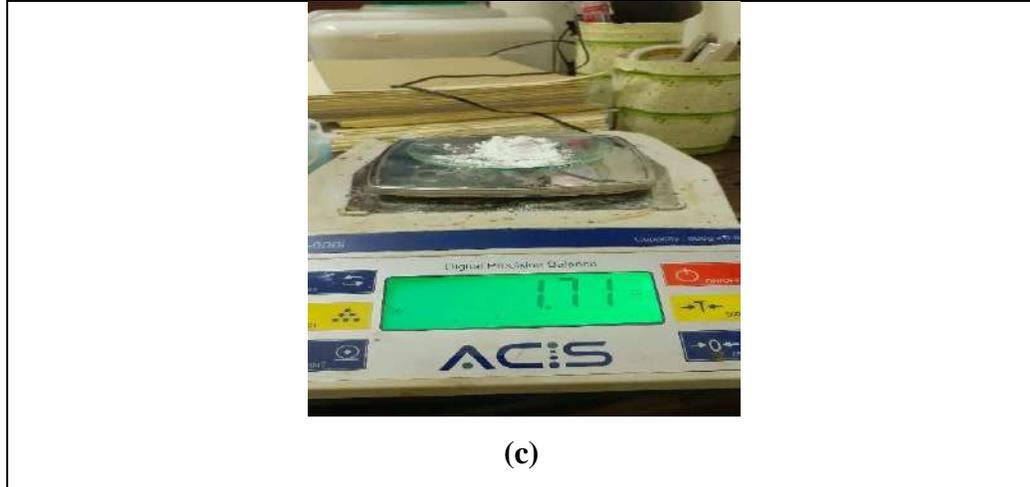
#### 5.1. Pembuatan Material Dasar

##### Sintesis Material BaTiO<sub>3</sub>

Metode yang digunakan pada sintesis material BaTiO<sub>3</sub> adalah dengan menggunakan metode *Sol – Gel*, metode ini merupakan salah satu jenis dari aplikasi metode kimia basah disebut sebagai metode kimia basah (*wet method*) karena dalam proses memproduksi material menggunakan larutan sebagai medianya, metode sol – gel ini adalah metode kimia basah yang sangat sederhana dan mudah dalam pengaplikasiannya karena pada dasarnya metode sol – gel hanya melibatkan dua transisi sistem dari sebuah liquid (sol) menjadi solid (gel) karena kemudahannya metode sol – gel ini cenderung lebih banyak digunakan guna memproduksi material – material lainnya

Sebelum melakukan sintesis material BaTiO<sub>3</sub> dilakukan penimbangan bahan – bahan dasar untuk pembuatan BaTiO<sub>3</sub> bahan – bahan dasar ini terdiri dari beberapa unsur antara lain : Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 22.4316 gram, TiO<sub>2</sub> 6.85 gram, HNO<sub>3</sub> 11.9628 ml, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> asam citric (citric acid) 20 gram dan aqua bidestilata hingga 200 ml. semua bahan – bahan ditimbang sesuai dengan stokiometri dengan berat masing – masing yang tepat, aqua bedistilata digunakan sebagai media sintesis. Gambar 5.1 menunjukkan proses penimbangan masing-masing material dasar (a) Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Barium Nitrate) Gambar 5.1 (b) C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> (Citric Acid) Gambar 5.1 (c) TiO<sub>2</sub> (Titanium Dioxide)





**Gambar 5.1** (a)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  (Barium Nitrate) (b)  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  (Citric Acid) (c)  $\text{TiO}_2$  (Titanium Dioxide)

Proses sintesis material  $\text{BaTiO}_3$  dapat dilihat pada Gambar 5.2 Sintesis material  $\text{BaTiO}_3$



**Gambar 5.2** Sintesis Material  $\text{BaTiO}_3$

Sintesis material  $\text{BaTiO}_3$  dilakukan dengan suhu larutan dan kecepatan putaran konstan 80 – 90°C dan kecepatan putaran 320 rpm dengan lama waktu sintesis selama 5 – 6 jam hingga terlihat transformasi dari liquid menjadi gel. Material yang sudah berbentuk solid atau gel kemudian dilakukan proses kalsinasi atau pemberian panas pada material gel untuk melakukan dekomposisi dan untuk melepas gas – gas dalam bentuk karbonat sehingga menghasilkan serbuk dalam bentuk oksida dengan kemurnian tinggi, kalsinasi yang dilakukan dengan menambahkan panas dengan temperatur 150°C selama 1 jam. hasil

dari skalsinasi material  $\text{BaTiO}_3$  dapat dilihat pada Gambar 5.3 Hasil Kalsinasi Material  $\text{BaTiO}_3$



Gambar 5.3 Hasil Kalsinasi Material  $\text{BaTiO}_3$

Setelah material  $\text{BaTiO}_3$  melalui proses kalsinasi kemudian material ini Kembali dilakukan proses *sintering* material, proses ini bertujuan untuk membentuk ikatan antar permukaan serbuk, pada proses ini material akan diberikan panas didalam furnace dengan temperatur  $450^\circ\text{C}$  selama 24 jam sampai terbentuk gumpalan berwarna putih. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.4 Hasil *Sintering* material  $450^\circ\text{C}$   $\text{BaTiO}_3$



Gambar 5.4 Hasil *Sintering* material  $450^\circ\text{C}$   $\text{BaTiO}_3$

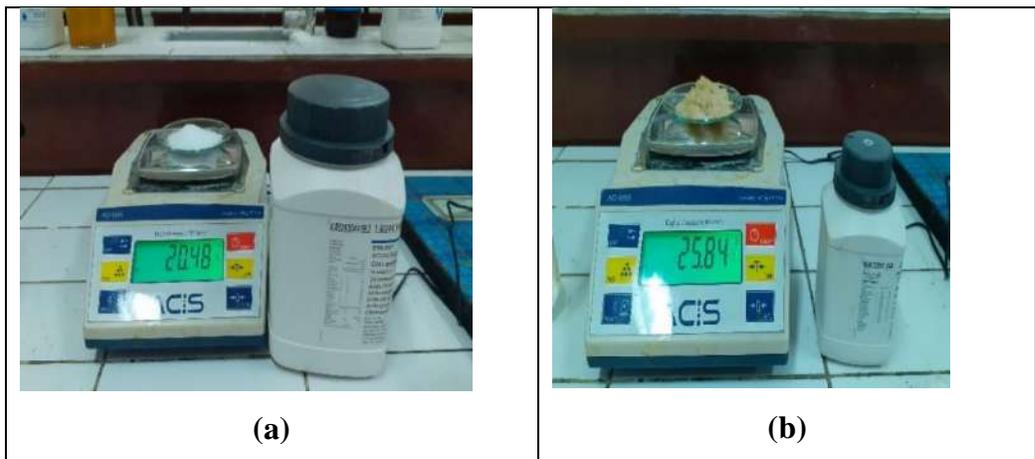
dilakukan *sintering* material 450°C selama 24 jam, material BaTiO<sub>3</sub> akan dilakukan Kembali *sintering* ke 2 didalam furnace dengan temperatur pemanasan 700°C dengan lama waktu 2 jam seperti terlihat pada Gambar 5.5 Hasil *Sintering* material 700°C BaTiO<sub>3</sub>

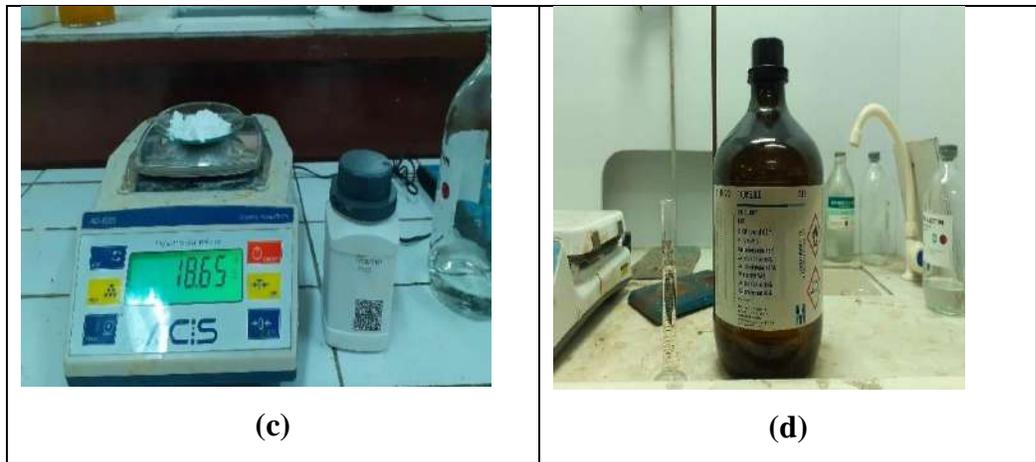


Gambar 5.5 Hasil *Sintering* material 700°C BaTiO<sub>3</sub>

### Sintesis Material BiFeO<sub>3</sub>

Sama dengan material BaTiO<sub>3</sub>, proses sintesis material BiFeO<sub>3</sub> juga dibuat melalui metode sol – gel yaitu dengan melibatkan dua transformasi yaitu liquid (sol) dan solid (gel). Bahan – bahan dasar penyusun material BiFeO<sub>3</sub> adalah sebagai berikut : Bi<sub>5</sub>O(OH)9(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> 18.6491 gram, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O 25.83 gram, HNO<sub>3</sub> 9.8076 ml, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> (citric acid) 20.47 gram dan aqua bidestilata hingga 200 ml, seperti yang terlihat pada Gambar 5.6 : proses penimbangan material dasar (a) C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> (citric acid) Gambar 4.6 (b) Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.9H<sub>2</sub>O, Gambar 4.6 (c) Bi<sub>5</sub>O(OH)9(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> Bismuth Nitrate, Gambar 4.6 (d) HNO<sub>3</sub> (Nitric Acid)





Gambar 5.6 (a)  $C_6H_8O_7$  (citric acid) (b)  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ,  
 (c)  $Bi_5O(OH)9(NO_3)_4$  Bismuth Nitrate, (d)  $HNO_3$  (Nitric Acid)

Setelah semua bahan – bahan ditimbang dengan berat yang sesuai untuk melakukan proses sintesis material  $BiFeO_3$  campuran bahan – bahan dasar penyusun tadi kemudian ditambahkan dengan aqua bedistilata 200 ml. Proses sintesis material  $BiFeO_3$  dapat dilihat pada Gambar 5.7 Sintesis material  $BiFeO_3$



Gambar 5.7 Sintesis material  $BiFeO_3$

Sintesis material  $BiFeO_3$  dilakukan dengan suhu larutan dan kecepatan putaran konstan 80 – 90°C dan kecepatan putaran 290 rpm dengan lama waktu sintesis selama 5 – 6 jam hingga terlihat transformasi atau perubahan dari liquid menjadi gel, seperti yang terlihat pada Gambar 5.8 Gel material  $BiFeO_3$



Gambar 5.8 Gel Material  $\text{BiFeO}_3$

Material yang sudah berbentuk solid atau gel kemudian dilakukan proses *sintering* atau pemberian panas pada material gel untuk melakukan transformasi dari bentuk gel menuju bentuk powder, material  $\text{BiFeO}_3$  disintering pada suhu  $600^\circ\text{C}$  dengan lama waktu didalam furnace atau dapur pemanas adalah 4 jam. Hasil dari proses *sintering* material dapat dilihat pada Gambar 5.9 *Sintering*  $\text{BiFeO}_3$



Gambar 5.9 *Sintering*  $\text{BiFeO}_3$

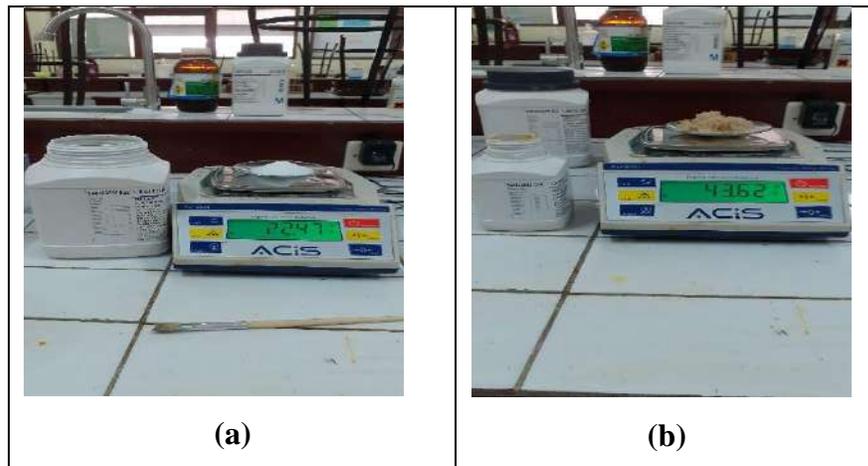
Setelah mengeras, material  $\text{BiFeO}_3$  kemudian dihaluskan dengan mortar hingga berubah menjadi bentuk powder seperti yang terlihat pada Gambar 5.10.

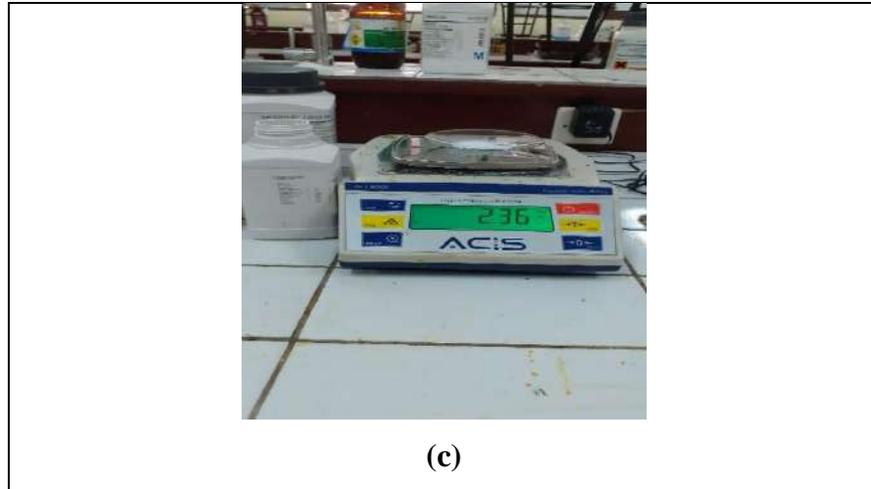


Gambar 5.10 Powder  $\text{BiFeO}_3$

### Sintesis Material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$

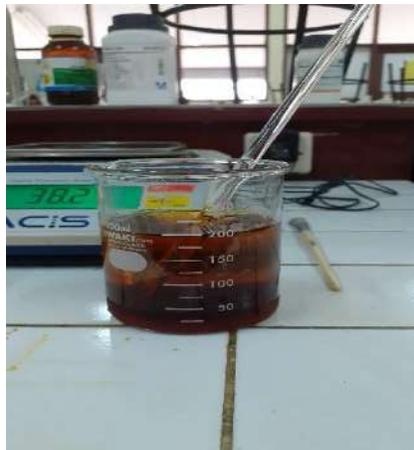
Proses sintesis material terakhir adalah proses sintesis material  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  Sama dengan material  $\text{BaTiO}_3$  dan material  $\text{BiFeO}_3$  Proses sintesis material  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  menggunakan metode sol – gel dengan bahan – bahan penyusun sebagai berikut : dari  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  2.3513 gram,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  43.6181 gram,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  (citric acid) 22.4715 gram dan yang terakhir adalah aqua bidestilata hingga 200 ml yang digunakan sebagai media sintesis material ini. setelah semua bahan – bahan penyusun  $\text{BiFe}_{12}\text{O}_{19}$  ditimbang dengan berat yang sesuai, setiap campuran bahan – bahan penyusun dibuat dengan basis pembuatan material 20 gram, Adapun proses penimbangan bahan – bahan penyusun dapat dilihat pada Gambar 5.11 : proses penimbangan material dasar : (a)  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  (citric acid), (b)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  (c)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  (Barium Nitrate)





**Gambar 5.11** (a)  $C_6H_8O_7$  (citric acid) (b)  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$   
(c)  $Ba(NO_3)_2$  (Barium Nitrate)

Sintesis material  $BaFe_{12}O_{19}$  dilakukan dengan suhu larutan dan kecepatan putaran konstan  $80 - 90^\circ C$  dan kecepatan putaran 290 rpm dengan lama waktu sintesis selama 5 – 6 jam hingga terlihat transformasi atau perubahan dari liquid menjadi gel. Proses sintesis material dapat dilihat pada Gambar 5.12 Sintesis material  $BaFe_{12}O_{19}$



Gambar 5.12 Sintesis Material  $BaFe_{12}O_{19}$

Setelah dilakukan sintesis material, material  $BaFe_{12}O_{19}$  akan bertransformasi dari bentuk liquid menjadi bentuk gel seperti yang terlihat pada Gambar 5.13



Gambar 5.13 Gel  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$

Material  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  yang sudah berbentuk gel dilakukan proses kalsinasi dengan temperatur  $150^{\circ}\text{C}$  dengan lama waktu pemanasan 1 jam seperti yang dilihat pada Gambar 5.14



Gambar 5.14 Proses Kalsinasi  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$

Setelah dilakukan pemanasan dalam furnace selama 1 jam, material  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  akan mengeras dan membentuk gumpalan kehitaman seperti terlihat pada Gambar 5.15



Gambar 5.15 Hasil Kalsinasi  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$

Setelah dilakukan proses kalsinasi, Material  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  kemudian ditumbuk sampai menjadi butiran yang lebih halus dengan menggunakan mortar sehingga dapat dilakukan proses *sintering* berikutnya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.16 Hasil Tumbukan  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$



Gambar 5.16 Hasil Tumbukan  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$

Kemudian material  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dilakukan proses *sintering* material didalam *furnace* dengan temperatur  $450^{\circ}\text{C}$  dengan lama waktu 24 jam seperti terlihat pada Gambar 5.17



Gambar 5.17 Hasil *Sintering* material BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>

Setelah dilakukan *sintering* dengan suhu 450°C dalam waktu 24 jam material BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> melalui proses terakhir yaitu *sintering* dengan temperatur 1000°C selama 10 jam didalam furnace, kemudian material akan ditumbuk Kembali sampai menjadi powder halus BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.18



Gambar 5.18 Hasil *Sintering* Material temperatur 1000°C

### **Pembuatan Mixing Powder**

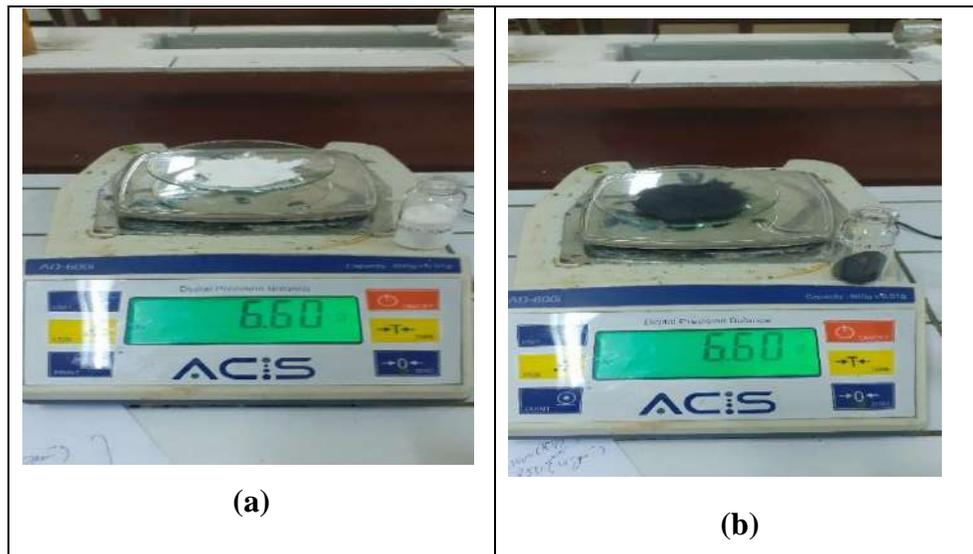
Setelah semua basis material penyusun *nano powder ceramic* telah dibuat kemudian semua material akan dicampur (*mixing*) guna mendapatkan parameter sintesis *nano powder ceramic* dengan karakteristik yang baik, dengan rasio material BaTiO<sub>3</sub> : BiFeO<sub>3</sub> : BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dan rasio komposisi berat yang digunakan adalah sebagai berikut : 1:1:1 ; 1:2:2 ; 2:1:1 ; 1:2:1 ; 2:1:2.

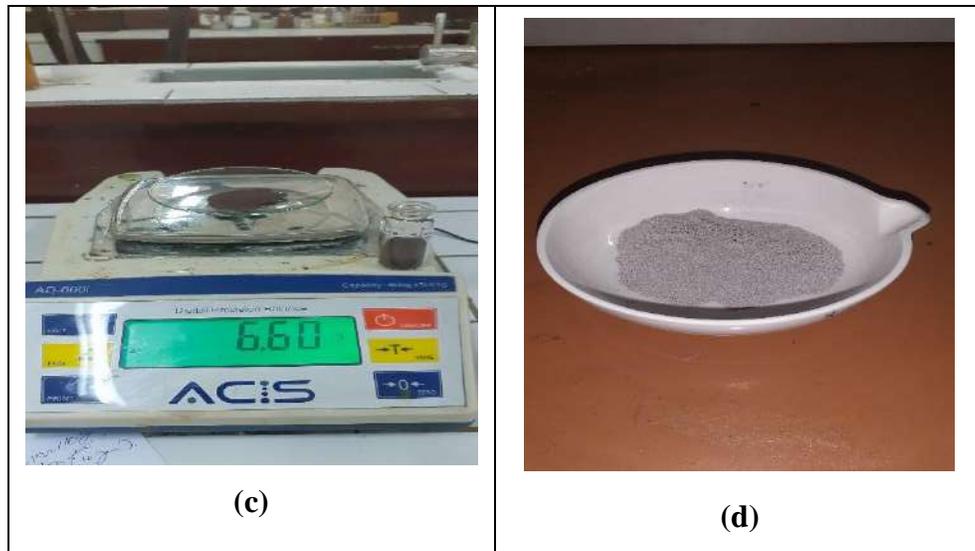
Setelah dicampur (*mixing*) material akan dibagi menjadi 5 sampel yang berbeda, kemudian masing – masing sampel akan Kembali melalui proses *sintering* material dengan temperatur 300°C dengan lama waktu pemanasan 4 jam guna menciptakan ikatan antar permukaan material, Seperti terlihat pada Gambar 5.19 *Mixing* material.



Gambar 5.19 *Mixing* material

Pada setiap rasio berat dibuatkan masing – masing basis material 20 gram *nano powder ceramic*, proses penimbangan sampel 1 dengan rasio berat 1:1:1 untuk basis material 20 gram dapat dilihat pada Gambar 5.20 : proses penimbangan material dasar (a) BaTiO<sub>3</sub> (b) BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> (c) BiFeO<sub>3</sub> (d) Powder Sampel 1





Gambar 5.20 (a)  $\text{BaTiO}_3$  (b)  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  (c)  $\text{BiFeO}_3$   
 (d) Powder Sampel 1

Pada sampel 1 setelah dilakukan pencampuran dan proses *sintering* didalam furnace dengan temperatur  $300^\circ\text{C}$  selama 4 jam untuk menciptakan ikatan – ikatan antar permukaan material terlihat *nano powder ceramic* yang lebih halus dan berwarna abu – abu, ini disebabkan karena kandungan 3 material dasar yaitu material  $\text{BiFeO}_3$  dan material  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dan material  $\text{BaTiO}_3$  memiliki berat yang sama sehingga menghasilkan *nano powder ceramic* paduan yang berwarna abu – abu. Proses yang sama dilakukan untuk memperoleh rasio berat sampel lainnya

## 5.2. Analisa Kekerasan Vickers

Pengujian Vickers menjadi salah satu pengujian yang digunakan pada penelitian kali ini untuk mengukur nilai kekerasan pada serbuk *nano powder ceramic*, Adapun metode uji Vickers yang digunakan pada penelitian kali ini adalah metode Microvickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramida Nilai keras microvickers adalah hasil bagi antara beban tekan statis maksimum dengan luas bidang penetrator.

Masing – masing material yang diuji memiliki nilai kekerasan yang berbeda antara satu dengan yang lainnya, seperti dapat dilihat pada Tabel 5.1 Nilai Kekerasan Material menurut Literatur.

**Tabel 5.1** Nilai Kekerasan Material menurut Literatur.

<b>Hasil Uji Kekerasan Microvickers</b>			
<b>No</b>	<b>Senyawa</b>	<b>Rasio</b>	<b>Kekerasan (Vickers)</b>
1	BaTiO <sub>3</sub>		526 HV
2	BiFeO <sub>3</sub>		516 HV
3	BaFe <sub>12</sub> O <sub>19</sub>		530 HV

Hasil uji kekerasan sampel ditunjukkan pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Hasil uji Kekerasan Microvickers

<b>Hasil Uji Kekerasan Microvickers</b>			
<b>No</b>	<b>Senyawa</b>	<b>Rasio</b>	<b>Kekerasan (Vickers)</b>
1	BTO : BFO : BHF	2 : 1 : 2	561HV
2	BTO : BFO : BHF	1 : 2 : 2	545 HV
3	BTO : BFO : BHF	2 : 1 : 1	543 HV
4	BTO : BFO : BHF	1 : 2 : 1	535 HV
5	BTO : BFO : BHF	1 : 1 : 1	535 HV

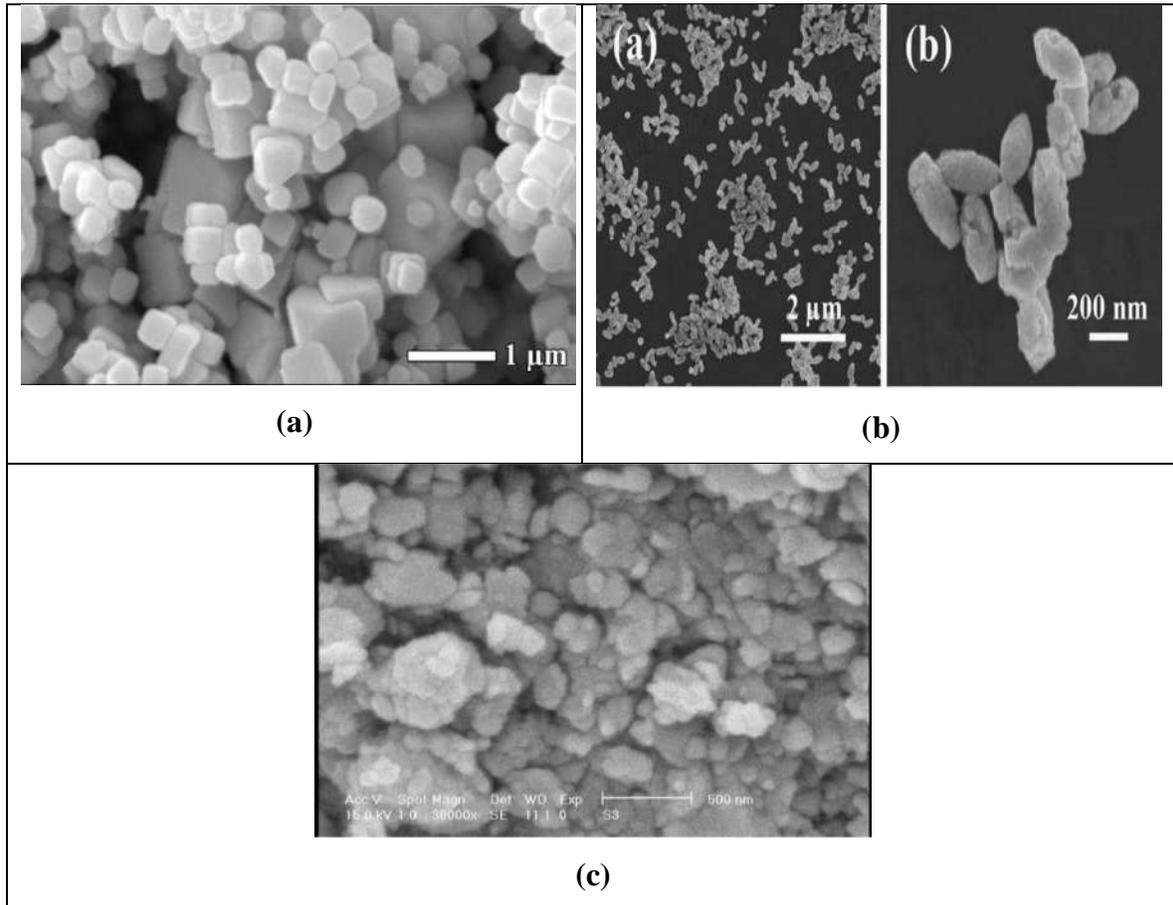
Dari data pengujian kekerasan microvickers pada ke 5 variasi sampel dengan rasio komposisi berat 1:1:1 ; 1:2:2 ; 2:1:1 ; 1:2:1 ; 2:1:2 didapatkan hasil bahwa material paduan BaTiO<sub>3</sub> : BiFeO<sub>3</sub> : BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dengan komposisi berat 2 : 1 : 2 memiliki karakteristik nilai kekerasan yang lebih baik yaitu sebesar 561 HV nilai ini lebih baik dibandingkan dengan rasio komposisi berat yang lain.

### **5.3. Pengamatan dengan *Scanning electron microscopy (SEM)***

Pengamatan dengan *Scanning electron microscopy* berfungsi untuk mengamati secara mendetail tentang permukaan sel atau struktur mikroskop lainnya dan menampilkan pengamatan objek secara 3D. pengamatan dengan *scanning electron microscopy* dilakukan untuk melakukan Analisa secara morfologi pada permukaan masing – masing material yang diuji. Pengujian *Scanning Electron Microscopy* pada setiap sampel dilakukan di

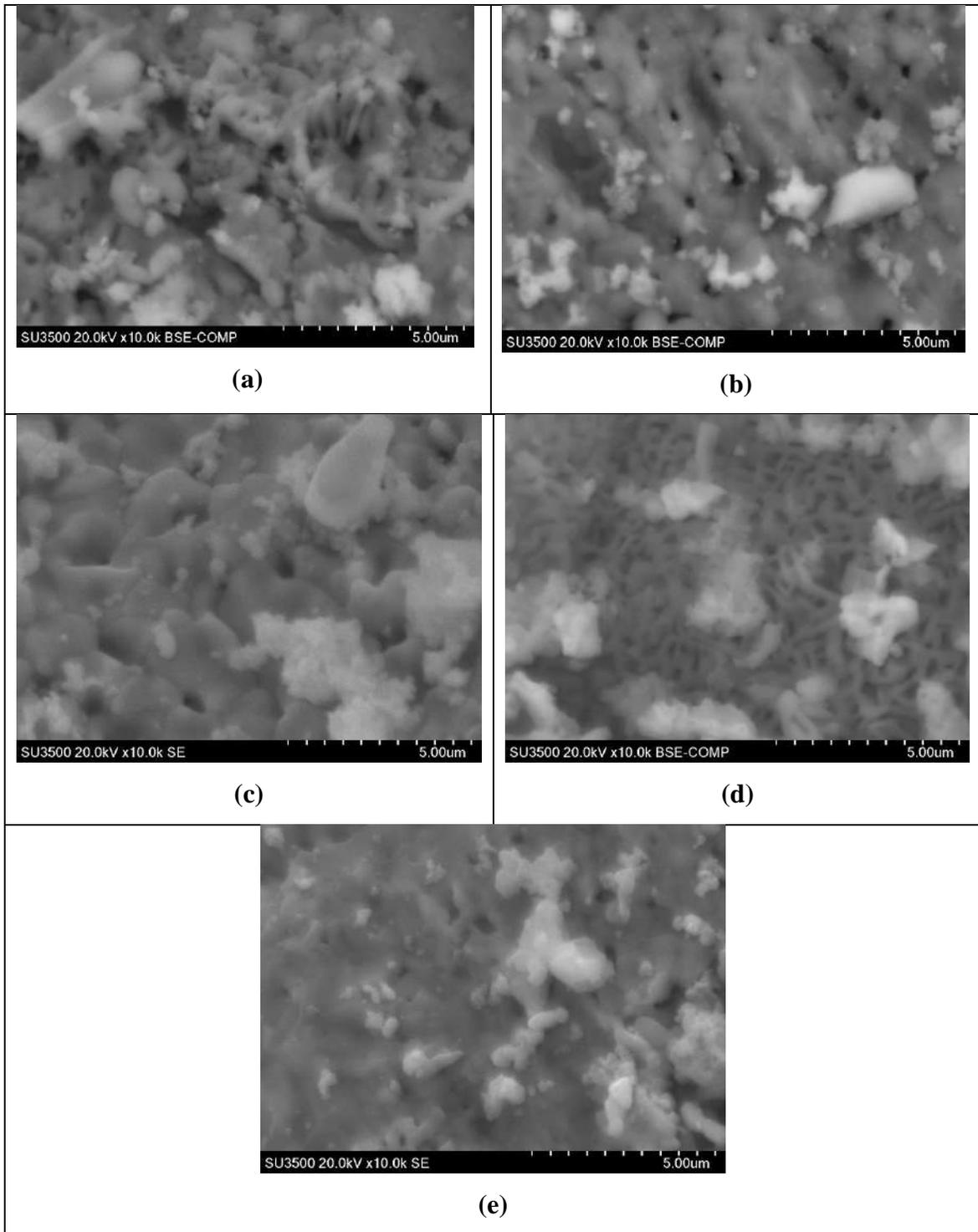
laboratorium penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Serpong, Tangerang Selatan dengan 4 variasi perbesaran yaitu: 1000x, 3000x, 5000x, 10.000x.

Adapun bentuk morfologi material – material nano ceramic yang akan dianalisa menurut literatur dapat dilihat pada Gambar 5.21 (a) Morfologi BaTiO<sub>3</sub> Gambar 5.21 (b) Morfologi BiFeO<sub>3</sub> Gambar 5.21 (c) Morfologi BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>



Gambar 5.21 (a) Morfologi BaTiO<sub>3</sub> (b) Morfologi BiFeO<sub>3</sub> (c) Morfologi BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>

Pengamatan menggunakan *Scanning electron microscopy* pada sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 5.22 (a) Sampel 1 Perbesaran 10.000x, Gambar 5.22 (b) Sampel 2 Perbesaran 10.000x dan Gambar 5.22 (c) Sampel 3 Perbesaran 10.000x, Gambar 5.22 (d) Sampel 4 Perbesaran 10.000x, Gambar 5.22 (e) Sampel 5 Perbesaran 10.000x



Gambar 5.22 (a) Sampel 1 Perbesaran 10.000x, (b) Sampel 2 Perbesaran 10.000x  
(c) Sampel 3 Perbesaran 10.000x, (d) Sampel 4 Perbesaran 10.000x, (e) Sampel 5  
Perbesaran 10.000x

Didapatkan dari gambar hasil pengujian *Scanning Electron Miscroscopy* (SEM) dapat dianalisa secara morfologi pada gambar sampel 1 dengan komposisi berat 1 ; 1 : 1 pada permukaannya didominasi oleh senyawa  $\text{BiFeO}_3$  ini terlihat dari banyaknya bentuk morfologi dari  $\text{BiFeO}_3$  pada permukaannya dan terlihat sedikit sekali senyawa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  yang menyebabkan sampel 1 hanya memiliki nilai Hardness Microvickers 535 HV.

Pada sampel 2 dengan komposisi berat 1 : 2 : 2 pada permukaannya terlihat didominasi oleh bentuk morfologi  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  yaitu dengan ciri bentuk morfologinya yang rapat dan terlihat sedikit senyawa  $\text{BaTiO}_3$  dan  $\text{BiFeO}_3$  ini ditandai dengan banyaknya bentuk titik yang terang dipermukaannya ini lah yang menyebabkan sampel 2 memiliki nilai Hardness Microvickers 545 HV.

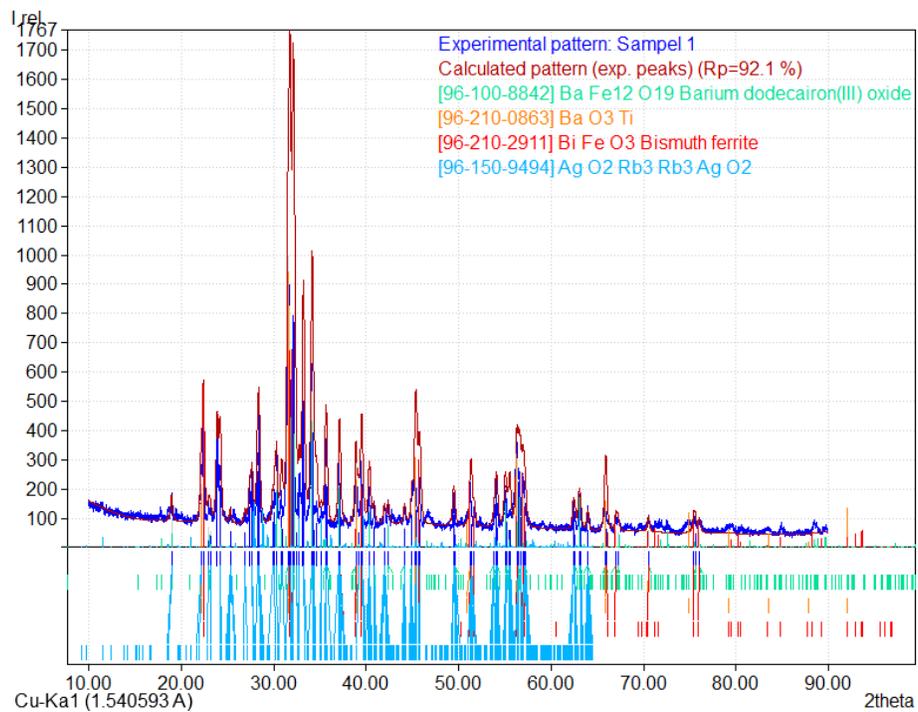
Pada sampel 3 dengan komposisi berat 2 : 1 : 1 terlihat pada permukaan sampelnya didominasi oleh 2 senyawa yang sama banyak yaitu  $\text{BaTiO}_3$  dan  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  ini terlihat dari gambar bentuk morfologi keduanya yang masing – masing mengisi ruang pada permukaan material secara merata.

Pada Sampel 4 dengan komposisi berat 1 : 2 : 1 terlihat sangat jelas pada permukaan sampel sangat didominasi oleh senyawa  $\text{BiFeO}_3$  dan terlihat dengan jumlah yang sedikit bentuk morfologi senyawa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dan  $\text{BaTiO}_3$  ini yang menyebabkan sampel 4 hanya memperoleh nilai kekerasan 535 HV

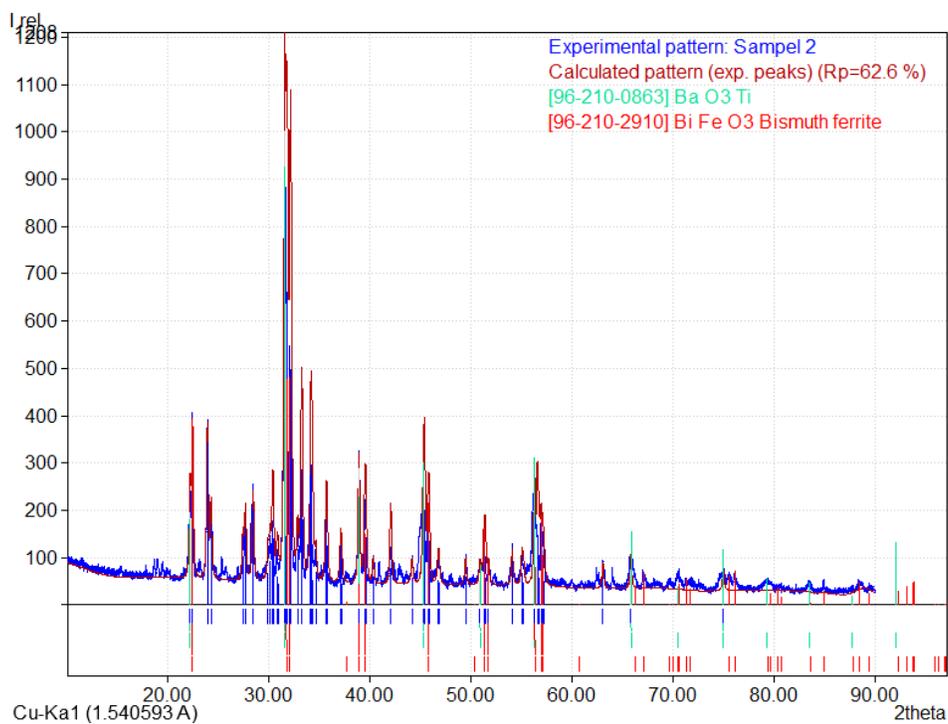
Pada sampel 5 dengan komposisi berat 2 : 1 : 2 terlihat sangat jelas permukaan materialnya sangat didominasi oleh bentuk morfologi senyawa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dan terlihat sedikit sekali bentuk morfologi senyawa  $\text{BaTiO}_3$  dan tidak terlihat  $\text{BiFeO}_3$  ini yang menyebabkan sampel 5 memiliki nilai kekerasan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain yaitu 561 HV.

#### **5.4. Hasil Uji XRD**

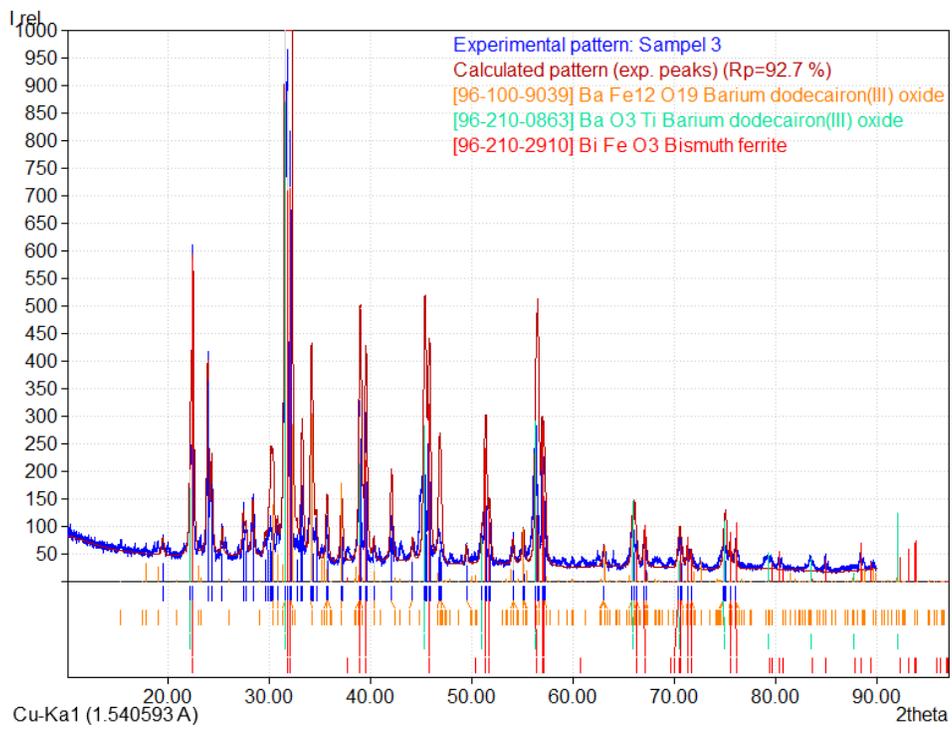
Gambar 5.23 sampai dengan Gambar 5.27 menunjukkan hasil uji XRD untuk *mixing powder* dengan rasio berat  $\text{BaTiO}_3$  :  $\text{BiFeO}_3$  :  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  1:1:1; 1:2:2; 2:1:1; 1:2:1; 2:1:2



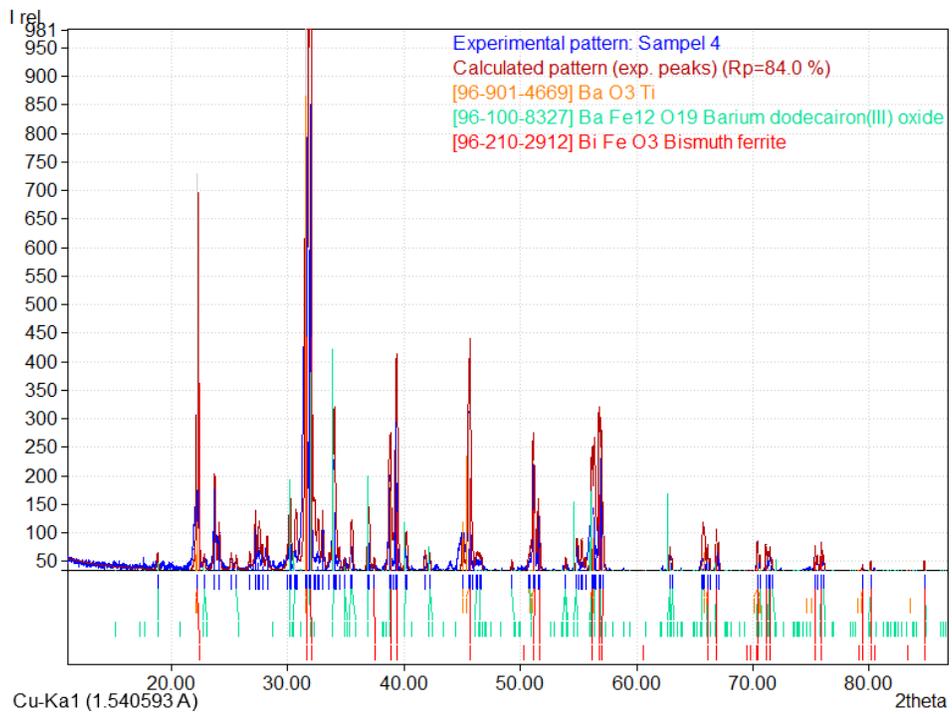
Gambar 5.23 BaTiO<sub>3</sub> : BiFeO<sub>3</sub> : BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> = 1:1:1



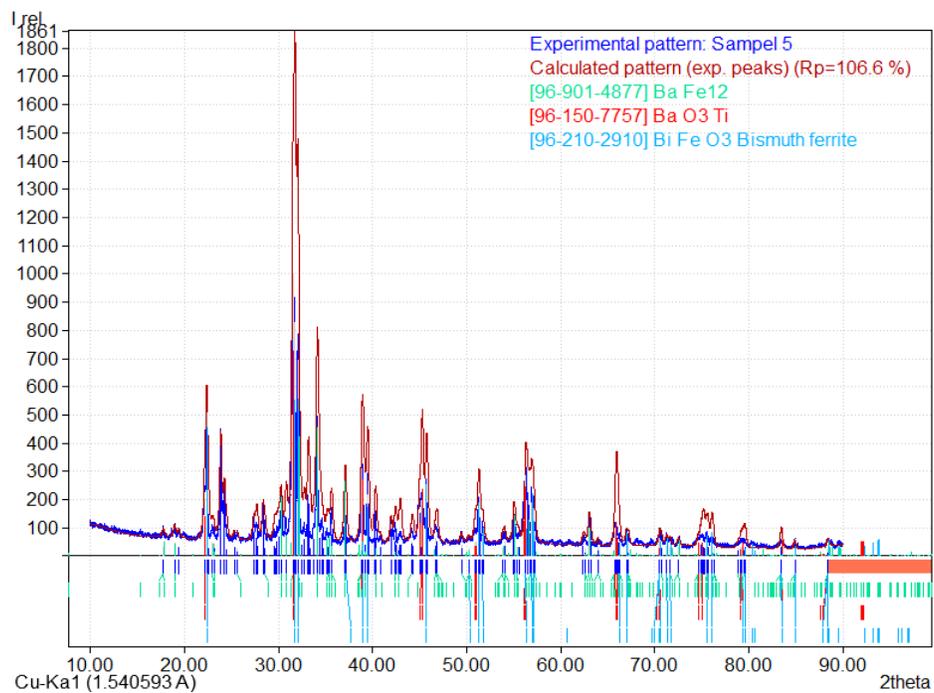
Gambar 5.24. BaTiO<sub>3</sub> : BiFeO<sub>3</sub> : BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> = 1:2:2



Gambar 5.25. BaTiO<sub>3</sub> : BiFeO<sub>3</sub> : BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> = 2:1:1



Gambar 5.26 BaTiO<sub>3</sub> : BiFeO<sub>3</sub> : BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> = 1:2:1



Gambar 5.27. BaTiO<sub>3</sub> : BiFeO<sub>3</sub> : BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> = 2:1:2

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN**

Kekerasan tertinggi diperoleh pada perbandingan berat 2:1:2 sebesar 561 HV. Pengamatan struktur dengan SEM menunjukkan bahwa sampel dengan perbandingan berat tersebut didominasi oleh fasa  $\text{BaTiO}_3$  dan  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  yang masing-masing mempunyai kekerasan yang lebih tinggi daripada  $\text{BiFeO}_3$

## DAFTAR PUSTAKA

1. Eerenstein W, Mathur N, Scott J, 2006, Multiferroic and magnetoelectric materials, *Nature* 442 , 759-765 doi:10.1038/nature05023.
2. Cheong S-W, Mostovoy M, 2007, Multiferroics: a magnetic twist for ferroelectricity, *Nat. Mater.* 6, 13-20 doi:10.1038/nmat1804
3. Scott J, 2007, Applications of modern ferroelectrics, *Science* 315, 954-959 doi:10.1126 /science.1129564
4. Park T-J, Papaefthymiou GC, Viescas AJ, Moodenbaugh AR, Wong SS, 2007, Size dependent magnetic properties of single-crystalline multiferroic BiFeO<sub>3</sub> nanoparticles, *Nano Lett.* 7, 766-772 doi: 10.1021/nl063039w
5. Selbach SM, Tybell T, Einarsrud M-A, Grande T, 2007, Size-dependent properties of multiferroic BiFeO<sub>3</sub> nanoparticles, *Chem. Mat.* 19, 6478-6484 doi: 10.1021/cm071827w.
6. Mukesh K, Mishra R.N, Mahaling, 2018, Single or both site doped BiFeO<sub>3</sub>— Which is better candidate for profound electronic device applications?, *Chinese Journal of Physics*, 56, 965-973
7. Guohua Dong, Guoqiang Tan, Wenlong Liu, Ao Xia, Huijun Ren, 2014, Effect of Tb Doping on structural and electrical properties of BiFeO<sub>3</sub> thin films prepared by sol-gel technique, *Journal of Materials Science and Technology*, 30(4), 365-370
8. Dwita S, Marlin W, 2016, Synthesis of BiFeO<sub>3</sub> nanoparticle and single phase by sol-gel process for multiferroic material, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11 (2), 901-905.
9. Dwita S, Bambang S, Hikam M, 2013, Nanosize effects on magnetic properties and peak shifting of X-Ray diffraction pattern of BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> produced by sol-gel method, *Advanced Materials Research*, 789, 87-92.
10. Mostafavi E, Ataie A, 2015, Destructive interactions between pore forming agents and matrix phase during the fabrication process of porous BiFeO<sub>3</sub> ceramics, *Journal of Materials Science & Technology*, 31, 798-805
11. Paulina W, Mariola B, 2016, *Ceramics International*, 42, 15057–15064, Processing of porous ceramics from highly concentrated suspensions by foaming, insitu polymerization and burn-out of polylactide fibers

12. Feng W, Xiaojun B, Kaikai S, Jianbang Z, Xin L, Chongde C, 2017, High pressure floating zone growth and property characterization of Cr-doped hexagonal YMnO<sub>3</sub> crystals, *Journal of Materials Science & Technology*, 33, 1061–1066
13. Feng W, Xiaojun B, Kaikai S, Jianbang Z, Xin L, Chongde C, 2017, High pressure floating zone growth and property characterization of Cr-doped hexagonal YMnO<sub>3</sub> crystals, *Journal of Materials Science & Technology*, 33, 1061–1066
14. Lei Z, Weijun R, Xiaohua L, Zhidong Z, 2019, Magnetic and magnetotransport properties of single-crystalline R<sub>2</sub>PdGe<sub>6</sub> (R = Pr, Gd and Tb), *Journal of Materials Science & Technology*, 35, 764–768