

**SINTESIS MATERIAL BARIUM W-HEKSAFERRIT DENGAN
SUBSTITUSI Sr PADA $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ SEBAGAI MATERIAL
PENYERAP GELOMBANG MIKRO**

SKRIPSI

Disusun Untuk Melengkapi Syarat-Syarat

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



DISUSUN OLEH:

TSANIYA MUKARROMAH

3225110295

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA





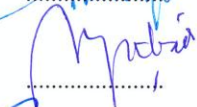



2015

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Sintesis Material Barium W-Heksaferrit dengan Subtitusi Sr Pada
 $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ Sebagai Material Penyerap Gelombang Mikro

Nama : Tsaniya Mukarromah

No. Reg. : 3225110295

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab		
Dekan : Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1 005		29/7/2015
Wakil Penanggung Jawab		
Pembantu Dekan I : Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 19640511 198903 2 001		28/7/2015
Ketua : Dr. Sunaryo, M.Si NIP. 19550303 198703 1 002		23/7/2015
Sekretaris : Dr. Mutia Delina, M.Si NIP. 19801119 200801 2 007		27/7/2015
Anggota		
Pembimbing I : Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 19730201 200312 1 002		22/7/2015
Pembimbing II : Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si NIP. 19770510 200604 2 001		27/7/2015
Penguji Ahli : Riser Fahdiran, M.Si NIP. 19830717 200912 1 008		23/7/2015

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 8 Juli 2015

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Tsaniya Mukarromah

No. Reg. : 3225110295

Jurusan : Fisika

Program Studi : Fisika

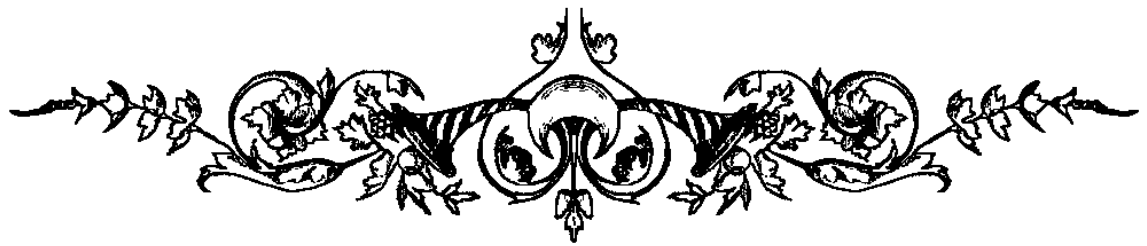
Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul “Sintesis Material Barium W-Heksaferrit Dengan Substitusi Sr Pada $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ Sebagai Material Penyerap Gelombang Mikro” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang saya peroleh dari hasil penelitian pada bulan April 2015 - Juni 2015 di Lab. Material Jurusan Fisika, FMIPA UNJ.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta, Juli 2015

Tsaniya Mukarromah



*“Skripsi ini saya persembahkan untuk Ibu dan Bapak tercinta serta kakak saya,
Rodi Gufon .F atas segala kasih sayang, kesabaran, keihlasan, dan segala bentuk
macam dukungan baik moril dan materil yang tak akan pernah bisa terbalas hingga
waktu memanggil saya”*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi pada saat ini lebih berdampak pada meningkatnya penggunaan frekuensi gelombang mikro pada jangkauan 8.2 ± 12.4 GHz (X-band). Gelombang mikro adalah gelombang elektromagnetik yang berada pada jangkauan 0.3 ± 300 GHz dengan panjang gelombang antara 1 mm ± 1 m. Sejalan dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang begitu pesat diperkirakan ruang sekitar akan terpolusi oleh pembawa gelombang elektromagnetik (EM) dengan frekuensi tinggi (GHz) [1]. Salah satu masalah polusi serius yang timbul pada gelombang elektromagnetik yaitu *Electromagnetic Interference* (EMI) yang disebabkan oleh malfungsi pada peralatan elektronik [2].

Masalah *Electromagnetic Interference* (EMI) menarik perhatian karena penggunaan gelombang elektromagnetik (EM) pada aplikasi *Wireless Communication* yang cukup luas. Seperti gelombang EM pada 0.8 - 1.2 GHz yang digunakan untuk telepon seluler, 2.45 GHz untuk berbagai elektronik, 5.6 - 8.2 GHz (G-band) untuk *Synthetic Aperture Radar* (SAR), 8.2 - 12.4 GHz (X-band) dan 12.4 ± 18 GHz (Ku-band) untuk SAR atau peralatan *Electron Spin Resonance* (ESR) [3]. Akibatnya terjadi kerusakan pada listrik atau alat-alat elektronik.

Untuk mengatasi masalah *Electromagnetic Interference* (EMI) diperlukan adanya material penyerap gelombang mikro dengan kemampuan menyerap sinyal elektromagnetik yang tidak diinginkan yang memiliki penyerapan puncak yang besar, lapisan ketebalan yang rendah, dan lebar frekuensi luas bidang yang bekerja untuk meredam *Electromagnetic Interference* (EMI) [3]. Salah satu material yang mempunyai kemampuan menyerap gelombang mikro adalah besi oksida (Fe_3O_4). Material yang mengandung besi oksida (Fe_3O_4) adalah *ferrite*. Material *ferrite* umumnya memiliki nilai resistivitas yang tinggi sehingga pada pengoperasiannya di frekuensi yang relatif tinggi tidak mengalami *lost energy*. Beberapa keunggulan yang dimiliki oleh bahan magnet *ferrite* yaitu terdapat pada sifat *magnetocrystalline* anisotropi, temperatur *currie* yang relatif tinggi dan tingkat magnetik saturasi yang cukup besar [4]. Material *ferrite* seperti Barium Heksaferrit merupakan senyawa yang efisien untuk tujuan penyerapan gelombang mikro karena memiliki stabilitas dan densitas yang tinggi [5].

Barium Heksaferrit adalah salah satu senyawa magnetik yang banyak dikembangkan. Barium Heksaferrit merupakan magnet permanen yang memiliki daya guna yang baik namun harganya lebih murah bila dibandingkan dengan material magnet sejenis. Barium Heksaferrit seperti tipe M ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$), tipe W ($\text{BaMe}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{27}$), tipe X ($\text{BaMe}_2\text{Fe}_{28}\text{O}_{46}$), tipe Y ($\text{Ba}_2\text{Me}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$), tipe Z ($\text{Ba}_3\text{Me}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$), dan tipe U ($\text{Ba}_4\text{Me}_2\text{Fe}_{36}\text{O}_{60}$) dengan Me adalah logam transisi bivalen[5] memiliki nilai resistivitas yang tinggi, nilai *magnetocrystalline* anisotropi

yang tinggi, temperatur *currie* yang tinggi, tahan terhadap korosi, memiliki sifat fisis yang baik, dan mempunyai stabilitas termal [6]. Berdasarkan penelitian dari Jozef dkk (2005) [7] dan Muhammad Javed dkk (2011) [2], material Barium Heksaferrit tipe-M dan tipe-W merupakan material yang efisien dalam menyerap gelombang mikro.

Barium Heksaferrit tipe-M ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) memiliki magnetik saturasi (M_s) yang tinggi, medan koersivitas (H_c) yang besar dan anisotropi kristal yang kuat [7]. Sedangkan Barium Heksaferrit tipe-W ($\text{BaMe}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{27}$) memiliki nilai temperatur *currie* yang tinggi, nilai koersivitas yang sangat kecil (H_c), dan magnetik saturasi (M_s) yang paling tinggi dibandingkan dengan material *ferrite* lainnya yang memiliki struktur kristal yang sama [2]. Sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk aplikasi sebagai penyerap gelombang mikro yaitu senyawa Barium Heksaferrit harus memiliki nilai medan koersivitas (H_c) serendah mungkin, medan anisotropi tinggi dan nilai *Reflection Loss* yang besar sebagai sifat dari absorpsinya [8]. Diantara material *ferrite*, Barium Heksaferrit tipe-W ($\text{BaMe}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{27}$) merupakan senyawa yang paling efisien untuk tujuan penyerap gelombang mikro karena selain memiliki nilai koersivitas yang sangat kecil (H_c), juga memiliki medan anisotropi yang tinggi [2].

Penelitian Muhammad Javed dkk (2011) telah berhasil mensintesis Barium Heksaferrit tipe-W dengan mensubstitusi ion Al^{3+} dan Ce^{3+} terhadap $\text{BaCoZnFe}_{16-12y}\text{Al}_y\text{Ce}_y\text{O}_{27}$ ($y = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ dan 1.0) dengan metode *chemical co-precipitation*. Pada penelitian ini didapatkan hasil Permagraph (pemeriksaan sifat

magnet) yang menunjukkan bahwa pada kurva dengan $y = 0.2$ dan $y = 0.4$ memiliki magnetik saturasi (M_s) tinggi (67.1 emu/g dan 70.5 emu/g) dan memiliki medan koersivitas (H_c) rendah (1.17 kOe dan 1.27 kOe) [2].

Pada penelitian ini akan disintesis material Barium Heksaferrit tipe-W ($BaMe_2Fe_{16}O_{27}$) dengan mensubstitusi logam Sr. Pencampuran akan dilakukan dengan metode *mechanical alloying*. Dengan memodifikasi nilai Ba dan Sr diharapkan dapat menghasilkan nilai M_s yang besar dan nilai H_c yang kecil, sehingga dari hasil tersebut dapat mereduksi sifat anisotropik dari senyawa Barium Heksaferrit tipe-W, selain itu juga dapat menghasilkan nilai *Reflection Loss* yang besar agar bahan tersebut dapat digunakan sebagai material penyerap gelombang mikro.

Penelitian ini difokuskan pada sintesis dan karakterisasi material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dengan menggunakan metode *mechanical alloying*. Dengan memodifikasi nilai Ba dan Sr pada temperatur sintering 1100°C (pada temperatur ini senyawa dari $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ telah terbentuk) dengan memvariasikan nilai variabel $x = 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ sehingga terbentuk material Barium Heksaferrit tipe-W sebagai material magnetik. Hasil yang didapatkan dari material tersebut selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *Permagraph* untuk menganalisis sifat kemagnetan, *X-Ray Diffractometer* (XRD) untuk mengidentifikasi fasa/kristal, dan *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk menganalisis nilai *Reflection Loss* (RL).

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi logam Sr untuk nilai magnetik saturasi (M_s) dan nilai medan koersivitas (H_c) material Barium Heksaferrit tipe-W ($Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$)?
2. Bagaimana pengaruh substitusi logam Sr untuk nilai *Reflection Loss* (RL) material Barium Heksaferrit tipe-W ($Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$)?
3. Bagaimana pengaruh substitusi logam Sr untuk fasa/kristal yang terbentuk pada material Barium Heksaferrit tipe-W ($Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$)?

1.3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu dengan memodifikasi nilai Ba dan Sr pada Barium Heksaferrit tipe-W ($Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$) maka didapatkan sintesis material Barium Heksaferrit tipe-W ($Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$) yang diinginkan dengan metode *mechanical alloying*, didapatkan nilai medan koersivitas (H_c) yang rendah dan nilai magnetik saturasi (M_s) yang tinggi dengan *Permagraph* (pemeriksaan sifat magnet), dan didapatkan nilai *Reflection Loss* yang besar dengan *Vector Network Analyzer* (VNA) agar bahan tersebut dapat digunakan sebagai material penyerap gelombang mikro.

1.4. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini peneliti membatasi masalah yang akan dikaji yaitu difokuskan pada modifikasi nilai Ba dan Sr dari material Barium Heksaferrit tipe-W ($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$) dengan variable $x= 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ dengan metode *mechanical alloying*, menganalisis sifat magnet dengan menggunakan *Permagraph*, menganalisis karakteristik fasa/kristal yang terbentuk dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD), dan menganalisis nilai *Reflection Loss* (RL) dengan menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) dari material Barium W-Heksaferrit $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Memperoleh sintesis material Barium Heksaferrit tipe-W ($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$) dengan menggunakan metode *mechanical alloying*.
2. Mengetahui karakteristik fasa/kristal yang terbentuk dari material Barium Heksaferrit tipe-W ($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$) yang diukur dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD).
3. Mengetahui sifat kemagnetan dari material Barium Heksaferrit tipe-W ($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$) yang diukur dengan menggunakan *Permagraph*.

4. Mengetahui nilai *Reflection Loss* (RL) dari material Barium Heksaferrit tipe-W ($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$) yang diukur dengan menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA).

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah dengan modifikasi nilai Ba dan Sr dari material Barium Heksaferrit tipe-W ($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$) menghasilkan material yang dapat diaplikasikan sebagai material penyerap gelombang mikro.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material Penyerap Gelombang Mikro

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi berdampak pada meningkatnya penggunaan frekuensi gelombang mikro pada jangkauan 8.2 ± 12.4 GHz (X-band). Umumnya perangkat komunikasi; seperti ponsel (GSM, 3G, HSPDA), jaringan internet terbatas (WLAN, Wi-Fi), signal TV, GPS bahkan RADAR menggunakan daerah frekuensi ini [9]. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya polusi gelombang elektromagnetik yang makin meningkat setiap saat. Salah satu masalah polusi serius yang timbul pada gelombang elektromagnetik yaitu *Electromagnetic Interference* (EMI) yang disebabkan oleh malfungsi pada peralatan elektronik [2]. Untuk mengatasi masalah *Electromagnetic Interference* (EMI) diperlukan adanya material penyerap gelombang mikro dengan kemampuan menyerap sinyal elektromagnetik yang tidak diinginkan yang memiliki penyerapan puncak yang besar, lapisan ketebalan yang rendah, dan lebar frekuensi luas bidang yang bekerja untuk meredam *Electromagnetic Interference* (EMI) [3].

Gelombang mikro adalah gelombang elektromagnetik yang berada pada jangkauan $0,3 \pm 300$ GHz dengan panjang gelombang antara $1 \text{ mm} \pm 1 \text{ m}$ [10]. Gelombang mikro mematuhi hukum-hukum optik transmisi, absorpsi dan refleksi yang bergantung pada jenis material seperti pada gambar 2.1

Gambar 2.1. Jenis interaksi gelombang pada material (a) transparan, (b) konduktor dan (c) absorber [10]

Jenis ± jenis penyerap gelombang mikro dikelompokkan menjadi dua, yaitu rekayasa teknik, dan rekayasa material.

Rekayasa secara teknik lebih mengutamakan pada rekayasa geometri, dimana material dengan konduktifitas tinggi dapat digunakan untuk menghasilkan interferensi destruktif antara gelombang datang dan gelombang pantul oleh bidang-bidang bersesuaian dengan panjang gelombang yang akan diserap. Metode ini sangat efektif namun memiliki keterbatasan karena syarat geometri memerlukan dimensi tertentu.

Rekayasa material lebih fleksibel secara aplikasi karena faktor bentuk dan ketebalan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan rekayasa teknik. Parameter fisis yang digunakan adalah *Reflection Loss* dengan satuan (dB). Besar *Reflection Loss* bergantung pada parameter kekasaran, tebal lapisan, permitivitas, permeabilitas dan ukuran partikel [11].

Karakteristik suatu material absorber gelombang mikro yang baik yaitu memiliki sifat magnetik dan listrik yang baik pula. Material tersebut harus memiliki nilai impedansi tertentu, nilai *permeabilitas relative* μ_r dan *permittivitas relative* ϵ_r sehingga nilai dari *Reflection Loss* yang dihasilkan bahan cukup besar [8]. Selain permeabilitas, permitivitas, dan magnetisasi spontan, material penyerap gelombang mikro harus memiliki nilai resistivitas listrik yang tinggi atau isolator yang baik [10]. Kombinasi sifat intrinsik material antara sifat magnetik dan sifat listrik dapat menempatkan material magnet sebagai penyanggah gelombang mikro pada frekuensi tertentu [9].

Serapan gelombang mikro terjadi akibat interaksi gelombang dengan material yang menghasilkan efek *Reflection loss* energi yang umumnya didisipasikan dalam bentuk panas. Hal tersebut dapat dipahami dengan membagi komponen gelombang mikro ke dalam komponen elektrik dan magnetik. Komponen elektrik berarti kemampuan material untuk menyimpan energi, sedangkan komponen magnetik berfungsi dalam interaksi antara gelombang mikro dan material, apabila gelombang mengenai material maka partikel-partikelnya mudah berotasi dan bervibrasi sehingga penyerapannya akan lebih optimal.

2.2. Barium Heksaferrit

Barium Heksaferrit merupakan keramik oksida kompleks dan material magnet permanen yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, hal ini disebabkan bahan baku utama pembuatan barium/stronsium Heksaferrit, yaitu besi oksida (pasir besi) sangat mudah didapatkan sehingga sangat ekonomis untuk menghasilkan produk maksimal.

Barium Heksaferrit memiliki daya guna yang baik namun harganya lebih murah bila dibandingkan dengan material magnet sejenis. Barium Heksaferrit seperti tipe M ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$), tipe W ($\text{BaMe}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$), tipe X ($\text{BaMe}_2\text{Fe}_{28}\text{O}_{46}$), tipe Y ($\text{Ba}_2\text{Me}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$), tipe Z ($\text{Ba}_3\text{Me}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$), dan tipe U ($\text{Ba}_4\text{Me}_2\text{Fe}_{36}\text{O}_{60}$) dengan Me adalah logam transisi bivalen[5] memiliki nilai resistivitas yang tinggi, nilai *magnetocrystalline* anisotropi yang tinggi, temperatur *currie* yang tinggi, tahan terhadap korosi, memiliki sifat fisis yang baik, dan mempunyai stabilitas termal [6].

Salah satu tipe Barium Heksaferrit seperti Barium Heksaferrit tipe-M ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) tergolong dalam *ferrite* keras, pada *ferrite* jenis ini memiliki polarisasi magnet saturasi yang tinggi (78emu/gr), kristal anisotropi magnet yang kuat, medan koersivitas yang besar (7600 Oe), temperatur *currie* yang tinggi (450°C), kestabilan kimia yang baik, dan tahan terhadap korosi [12]. Selain itu juga memiliki struktur heksagonal yang sesuai dengan *space group* P 63/mmc. Struktur Barium Heksaferrit tipe-M ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) memanjang ke arah sumbu Z karena berisi 64 atom dengan $a=b=5,89 \text{ \AA}$ dan $c=23,2 \text{ \AA}$ [13]. *Ferrite* keras (magnet permanen) banyak digunakan

dalam komponen elektronik, diantaranya motor-motor DC kecil, pengeras suara (*loud speaker*), meteran air, KWH-meter, *telephone receiver*, *calculator*, *rice cooker*, serta *Radar Absorbing Material* (RAM).

Gambar 2.2. Struktur Kristal Barium Heksaferrit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ [14]

Barium Heksaferrit tipe-M ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) memiliki peluang sebagai material magnet untuk aplikasi absorber elektromagnetik pada frekuensi tinggi. Prinsip kerja *ferrite* sebagai material absorber adalah dapat meminimalisasi bahkan menghilangkan intensitas dan daya radiasi yang dipantulkan oleh radar.

Barium Heksaferrit tipe-W ($\text{BaMe}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$) memiliki nilai temperatur *currie* tinggi, nilai koersivitas sangat kecil (H_c), dan magnetik saturasi (M_s) paling tinggi dibandingkan dengan material *ferrite* lainnya yang struktur kristalnya sama. Diantara

material *ferrite*, Barium Heksaferrit tipe-W ($\text{BaMe}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27}$) merupakan senyawa yang paling efisien untuk tujuan penyerap gelombang mikro karena selain memiliki nilai koersivitas yang sangat kecil (H_c), juga memiliki medan anisotropi yang tinggi [2].

2.2.1. Penelitian Terhadap Barium-Strontium Heksaferrit

Salah satu bahan pada Barium-Strontium Heksaferrit adalah strontium. Strontium (Sr) merupakan suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Sr dan nomor atom 38. Strontium termasuk dalam logam alkali tanah dengan bentuk fisik putih keabu-abuan atau logam kekuningan yang sangat reaktif secara kimia. Logam ini akan berubah warna menjadi kuning ketika berkontak dengan udara. Unsur ini terdapat di dalam selestit dan strontianit. ^{90}Sr mempunyai lama waktu paruh sebesar 28,9 tahun.

Strontium memiliki jari-jari atom 2,15 Å dan jari-jari ionic 1,13 Å, strontium melebur pada 771°C . Permukaannya dioksidasi oleh udara pada suhu kamar dan menjadi oksidanya (SrO) dan nitridanya (Sr_3N_2) pada suhu tinggi. Kandungan strontium kerak bumi relatif tinggi, ada empat isotop strontium yaitu ^{88}Sr (82,58%) merupakan yang paling melimpah. ^{90}Sr merupakan isotop radioaktif suatu produk yang dominan dalam peledakan bom atom. Strontium di alam bersenyawa dengan sulfat dan karbonat membentuk senyawa selestit (SrSO_4) dan senyawa strontianit (SrCO_3) [15].

Strontium ditemukan sebagian besar dalam bentuk *celestite* and *strontianite*. Logam ini dapat dipersiapkan dengan cara elektrolisis klorida terfusi yang bercampur dengan kalium klorida. Atau bisa juga dengan cara mereduksi strontium oksida dengan aluminium didalam vakum pada suhu dimana strontium tersuling. Ada tiga bentuk alotropik logam ini dengan titik transisi pada 235 dan 540 °Celcius.

Gambar 2.3. Logam Strontium[15]

Strontium lebih lunak dibanding kalsium dan terdekomposisi dalam air secara cepat. Ia tidak menyerap nitrogen dibawah suhu 380°C. Elemen ini harus direndam dalam minyak tanah (*kerosene*) untuk menghindari oksidasi. Logam strontium yang baru terbelah memiliki warna keperak-perakan, tetapi dapat dengan cepat menjadi kuning jika teroksidasi. Logam ini jika terbelah secara halus dapat terbakar di udara secara spontan. Garam-garam strontium memberikan warna yang indah pada lidah api dan digunakan di pertunjukan kembang api dan produksi flares. Strontium alami merupakan campuran dari 4 isotop yang stabil.

Strontium memiliki penggunaan mirip dengan kalsium dan barium, tetapi jarang digunakan karena biaya produksi yang tinggi. Kegunaan terbesar strontium pada saat ini adalah dalam produksi gelas kaca untuk tabung TV berwarna. Strontium juga digunakan dalam memproduksi *magnet ferrite* dan dalam penyulingan seng. Strontium *titanate* merupakan bahan menarik untuk aplikasi optik karena memiliki indeks pantul yang tinggi dan dispersi optik yang lebih besar daripada berlian. Senyawa tidak ditemukan secara alami di alam dan telah digunakan sebagai batu permata, tetapi sangat lunak.

Berikut ini adalah beberapa hasil penelitian tentang Barium-Strontium Heksaferrit:

Pereira dkk (2008) telah meneliti sifat magnet dari Barium-Strontium Heksaferrit tipe-M $Ba_xSr_{1-x}Fe_{12}O_{19}$ [] ” [] ” GHQJDQ PHWRGH NHUDPL penelitian tersebut didapatkan nilai Magnetik saturasi (M_s) meningkat dari 57.82 em/g saat $x= 0.3$ menjadi 59.69 emu/g saat $x= 0.15$. Medan koersivitas (H_c) memiliki nilai 3.90 kOe saat $x=1$, ketika sampel lain memiliki nilai medan koersivitas (H_c) antara 4.11 \pm 4.50 kOe.

Gambar 2.4. Tipe magnetisasi vs. medan magnet dari $Ba_xSr_{1-x}Fe_{12}O_{19}$ [16]

Kanagesan dkk (2012) telah meneliti sifat magnet dari substitusi Ni-Co pada Barium-Strontium Heksaferrit $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Ni_xCo_xFe_{12-2x}O_{19}$ ($x = 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ mol%) dengan metode *sol-gel*. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa dengan substitusi Ni-Co menyebabkan penurunan koersivitas (H_c), sementara magnetik saturasi (M_s) tetap hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa magnetic saturasi ($52.81-59.8 \text{ Am}^2/\text{kg}$) dan koersivitas ($69.83-804.97 \text{ Oe}$) sampel Barium-Strontium Heksaferrit dapat bervariasi pada rentang yang sangat luas dengan jumlah yang tepat dari *doping* Ni-Co.

Gambar 2.5. Kurva Histeresis $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Ni}_x\text{Co}_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$ ($x = 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ mol%)[17]

Saima Farooq (2010) telah meneliti sifat listrik dan sifat magnetik dari Strontium-Barium *Hexaferrite nanomaterials* $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5-x}\text{RE}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Ni}_y\text{O}_{19}$ ($x = 0.00-0.10$; $y = 0.00-1.00$) dengan metode *chemical co-precipitation*. Diketahui bahwa pola XRD pada temperatur *annealing* 1023K dan 1223K memiliki fasa heksagonal yang diinginkan dengan *intermediate hematite* ($-\text{Fe}_2\text{O}_3$) dan *monoferrite* (MFe_2O_4) *phases*.

Gambar 2.6. Pola XRD dari sampel $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ pada temperatur annealing (a) 1323 K, (b) 1223 K and (c) 1023 K (d) pola standar $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ [18]

Substitusi La-Ni pada $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5-x}\text{RE}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Ni}_y\text{O}_{19}$ ($x = 0.00-0.10$; $y = 0.00-1.00$) untuk sifat magnet, diketahui bahwa nilai magnetik saturasi (M_s) meningkat dari 66 emu/g pada La ($x = 0.00$); Ni ($y = 0.00$) menjadi maksimum 70 emu/g pada La = 0.02; Ni = 0.20. Nilai magnetik *remanence* meningkat dari 43 emu/g hingga 45 emu/g. nilai koersifitas menurun dari 2.85 kOe untuk $x = 0.00$; $y = 0.00$ hingga 0.94 kOe untuk La = 0.10; Ni = 1.00 dengan meningkatnya kandungan ion La-Ni.

Gambar 2.7. Kurva histeresis untuk bahan Strontium-Barium Hexaferrite dengan substitusi kandungan La-10% [18]

2.3. Kurva Histeresis

Kata histeresis berarti keterlambatan. Histeresis memiliki makna suatu tendensi untuk bereaksi secara lambat terhadap suatu pengaruh luar atau bisa juga diartikan tidak kembalinya keadaan semula apabila pengaruh luar dihilangkan [4].

Pada bahan magnetik yang dikenai medan magnet luar sebesar H maka akan terjadi magnetisasi pada material sebesar M yang kurvanya digambarkan sebagai berikut:

Gambar 2.8. Kurva histerisis material ferromagnetic

dimana pola pada gambar 2.8 terjadi dikarenakan proses magnetisasi dan demagnetisasi pada material magnet, pola ini dikenal sebagai kurva histerisis. Karakterisasi kebergantungan magnetisasi (M) terhadap H . Hasil pengukurannya diperoleh informasi tentang medan saturasi, remanensi dan koersivitas yang ketiganya berkaitan dengan sifat bahan dalam aplikasi medan magnetik dan ataupun medan listrik.

Remanence atau ketertambatan (M_r) adalah sisa medan magnet M dalam proses magnetisasi pada saat medan magnet H dihilangkan, atau remanensi terjadi pada saat intensitas medan magnetik H berharga nol dan medan magnet B menunjukkan harga tertentu.

Coercivity (H_c) adalah ketahanan bahan magnetik untuk mengubah magnetisasinya, atau besarnya kuat medan magnetik yang diaplikasikan untuk

mendemagnetisasi (mengurangi magnetisasi bahan menjadi nol) bahan dari keadaan termagnetisasi saturasi. Koersivitas digunakan untuk membedakan *hard magnet* atau *soft magnet*. Semakin besar gaya koersivitasnya maka semakin keras sifat magnetnya. Bahan yang mempunyai koersivitas tinggi kemagnetannya tidak mudah hilang. Bahan seperti itu baik untuk membuat magnet permanen. Untuk menghilangkan kemagnetannya diperlukan intensitas magnet H yang besar.

Magnetization saturation (M_s) adalah keadaan suatu bahan ditempatkan dalam medan magnet (H), maka bahan tersebut mulai mengalami magnetisasi (M) yang sedemikian rupa sehingga pada suatu saat bahan akan mencapai tingkat saturasi (jenuh), yakni penambahan medan magnet tidak lagi menyebabkan perubahan magnet bahan.

Pada material Barium Heksaferrit diketahui bahwa material ini termasuk ke dalam magnet keras. Magnet keras adalah material yang dapat menyimpan kemagnetannya secara kuat setelah medan magnet luar yang dikarenakan padanya dihilangkan. Dalam hal ini, magnet tersebut memiliki M_r yang besar. Aplikasi magnet keras ini antara lain sebagai magnet permanent untuk keperluan dinamo motor dan pada data *recording* media seperti pita kaset atau *disk*.

Gambar 2.9. Kurva Histerisis material Magnet Keras (merah), dan Magnet Lunak (biru)

2.4. Mechanical Alloying

Mechanical alloying adalah teknik yang simple sangat berguna untuk mensintesis dua atau lebih material. *Mechanical alloying* merupakan sebuah metode reaksi padatan (*solid state reaction*) dari beberapa logam (*alloy*) dengan memanfaatkan proses deformasi untuk membentuk suatu paduan. Perbedaan dari *powder metallurgy* yang sama-sama menggunakan peralatan milling adalah pada proses yang terjadi pada saat milling. Pada *powder metallurgy*, bahan yang dimilling adalah satu fasa dan tujuan milling adalah memperkecil ukuran butiran sehingga lebih halus. Sedangkan pada proses *mechanical alloying*, bahan yang dimilling berjumlah dua atau lebih dan hasil yang diharapkan adalah setelah proses didapatkan bahan

yang tersubstitusi. Biasanya bahan yang dibuat dengan proses ini adalah jenis kramik [4].

Gambar 2.10. Penghalusan material dalam ball mill[4]

Dalam proses *mechanical alloying* terjadi pengurangan ukuran butir dan substitusi yang diakibatkan oleh tumbukan yang terus menerus antar bola logam di dalam alat milling.

Secara umum milling dibagi menjadi beberapa jenis yaitu *SPEX Shaker Mills*, *Attritor Mill*, *Planetary Ball Mill*, dan *High Energy Mills*.

Shaker mill seperti *SPEX Mills*, yang dapat menggiling kira-kira 10-20 gram serbuk dalam satu kali milling. Biasanya *SPEX Mills* digunakan untuk penelitian di

laboratorium dan untuk tujuan *skenering alloy*. SPEX menggerakkan serbuk dan bola-bola pada tiga gerakan yang saling tegak lurus, kira-kira pada 1200 rpm. Kapasitas wadah bisa mencapai $55 \times 10^{-6} \text{ m}^3$, persamaan pengurangan dan getaran bola-bola mill merupakan energi yang tinggi. Energi tinggi milling bisa diperoleh dengan frekuensi yang tinggi dan amplitude yang besar dari getaran [19].

Gambar 2.11. SPEX Sheker Mill[19]

Mechanical Attritor adalah salah satu *mechanical* paling awal untuk mensintesis tipe berbeda dari material dalam jumlah yang besar. Metode ini telah dikembangkan sejak 1970-an sebagai proses industri untuk membuat *alloy* yang baru. Batang utama dalam rotasi *attritor* pada kecepatan untuk saling tumbukkan dengan bola-bola dan menghasilkan energi tumbukan yang sangat tinggi antara bola-bola *steel* dan isi serbuk untuk membiarkan *mechanical alloying* terjadi. *Attritor* yang kecil telah digunakan untuk penelitian dan tujuan pengembangan. Biasanya 1 kg campuran serbuk bisa dimilling dalam *attritor*. Kapasitas maksimum *attritor* untuk *mechanical alloying* kira-kira $3.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ dengan batang utama berotasi pada kecepatan 250 rpm. Karena kecepatan batang yang tinggi, maka kapasitasnya

lumayan terbatas. Kecepatan pengancuran yang tinggi secara relatif antara batang utama dan bola-bola *steel*, dan antara wadah dan bola-bola *steel* dengan mudah menyebabkan kontaminasi pada serbuk. Kenaikan temperatur selama proses *alloying* sederhana dan diperkirakan kurang lebih 100 sampai 200 °C. Selama milling wadah stasioner, wadah dengan mudah didinginkan dengan air. Untuk mengurangi kontaminasi, peralatan milling yang digunakan bisa dilapisi dengan material yang sama seperti material yang dimilling. *Attritor Mill* memiliki bentuk vial yang sederhana dengan alat pemutar juga sederhana, hanya terdiri dari sebuah alat pemutar oleh dinamo. Kecepatan *Attritor Mill* juga sesuai dengan frekuensi arus PLN (50Hz). Cara menggunakan *Attritor Mill* lebih sederhana dibandingkan alat mill yang lain. Kapasitas *Attritor Mill* antara 10-20 gram [19].

Gambar 2.12. Attritor Mill[19]

Planetary Ball Mill (PBM) adalah alat yang sering digunakan untuk *mechanical alloying*. Khususnya di Eropa, karena *Planetary Ball Mill* bisa menggiling 100 gram dalam satu kali milling. Nama *Planetary Ball Mill* diambil dari seperti pergerakan planet, dimana prinsip kerja *Planetary Ball Mill* didasarkan pada rotasi relatif pergerakan antara jar grindra dan putaran *disk*. *Planetary Ball Mill* terdiri dari tiga *vial* untuk satu kali milling. Kecepatan milling dapat dikontrol dan diatur. *Planetary Ball Mill* ini biasanya tidak bisa beroperasi secara terus menerus. Harus diberhentikan beberapa saat untuk waktu tertentu. *Ball Mill* terdiri dari satu putaran *disk* (kadang disebut putaran meja) dan dua atau empat mangkok (*vial*). Putaran *disk* dalam satu arah sementara itu mangkok (*vial*) berotasi pada arah yang berlawanan. Gaya sentrifugal dibuat dari *vial* yang mengelilingi sumbunya bersama-sama dengan rotasi arah yang dipakai oleh serbuk dan bola-bola mill didalam mangkok. Campuran serbuk mengalami penghancuran dan pengelasan dingin dibawah impek energi tinggi.

Gambar 2.13. Pergerakan bola dan serbuk dalam *vial*[19]

Gambar 2.13 memperlihatkan gerakan bola-bola dan serbuk selama arah rotasi mangkok (*vial*) dan putaran *disk* berlawanan, gaya sentrifugal bertukaran secara sinkron. Hasil gesekan dari bola-bola milling dan campuran serbuk digiling bergantian berputar terhadap dinding mangkok, dan hasil impek ketika bola-bola dan serbuk terangkat dan terlempar menyilang wadah yang menumbuk secara berlawanan. Impek menguat ketika bola-bola saling betumbukan antar bola-bola yang lainnya. Energi impek bola-bola milling pada arah normal mencapai 40 kali lebih dari percepatan gravitasi. Oleh karena itu *Planetary Ball Mill* bisa digunakan untuk milling berkecepatan tinggi [19].

Gambar 2.14. Planetary Ball Mill[19]

High Energy Ball Mill (HEBM) merupakan teknik dengan menggunakan energi tumbukan antara bola-bola penghancur dan dinding *chamber* yang diputar dan digerakkan dengan cara tertentu. Keunggulan HEBM adalah dapat membuat nano

partikel dalam waktu yang relatif singkat (memerlukan beberapa jam, tergantung tipe alat), dapat membuat nano partikel dalam kondisi atau suasana yang diinginkan saat proses milling, dan juga dapat menghasilkan nano partikel dalam jumlah yang relatif banyak. Pertama-tama serbuk homogen dimasukkan kedalam sebuah *chamber* logam dengan beberapa bola baja didalamnya yang bergerak berputar terus-menerus. Bola-bola akan saling bertumbukan didalam *chamber* logam tersebut. Tumbukan bola ini berakibat serbuk homogen yang dimasukkan akan tertumbuk diantara bola-bola tersebut. Hal ini mengakibatkan partikel akan pecah dan terus menerus hingga mencapai ukuran yang diinginkan. Metode ini dapat dilakukan pada suhu rendah, waktu yang relatif cepat, serta dengan peralatan yang sederhana.

Gambar 2.15.High Energy Ball Mill

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta. Penelitian ini dilaksanakan mulai pada Bulan April 2015 sampai dengan Bulan Juni 2015. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen.

3.1. Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1. Bahan Utama

Bahan ±bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. BaCO_3
- b. SrCO_3
- c. Fe_2O_3
- d. TiO_2
- e. Co_3O_4

Massa material yang akan dibuat pada penelitian ini sebesar ± 4 gram dan memiliki komposisi massa penyusunnya sebagai berikut:

Tabel 3.1. Komposisi material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$

Nilai X	Material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$	BaCO ₃ (gram)	SrCO ₃ (gram)	Co ₃ O ₄ (gram)	TiO ₂ (gram)	Fe ₂ O ₃ (gram)	Total Massa (gram)
0	BaCoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.5028	0	0.2046	0.2036	3.2558	4.1668
0.1	Ba _{0.9} Sr _{0.1} CoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.4539	0.0377	0.2051	0.2042	3.2661	4.1670
0.2	Ba _{0.8} Sr _{0.2} CoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.4048	0.0756	0.2047	0.2047	3.2765	4.1674
0.3	Ba _{0.7} Sr _{0.3} CoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.3554	0.1139	0.2065	0.2054	3.2869	4.1681
0.4	Ba _{0.6} Sr _{0.4} CoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.3055	0.1523	0.2072	0.2061	3.2975	4.1686
0.5	Ba _{0.5} Sr _{0.5} CoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.2555	0.1911	0.2078	0.2067	3.3081	4.1701

3.1.2. Alat Penelitian

a. Timbangan Digital

Alat ini digunakan untuk mengukur BaCO₃, Fe₂O₃, SrCO₃, Co₃O₄ dan TiO₂ yang akan digunakan untuk pembuatan material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$. Massa maksimum yang dapat terukur dari timbangan ini adalah 150 gram dengan nst 0.001 gram.

b. High Energy Ball Mill (HEBM)

High Energy Ball Mill (HEBM) merupakan teknik dengan menggunakan energi tumbukan antara bola-bola penghancur dan dinding *chamber* yang diputar dan digerakkan dengan cara tertentu. Alat ini digunakan sebagai metode dalam sintesis $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$, agar material tersebut menjadi nano partikel dalam kondisi atau suasana yang diinginkan saat proses milling, dan dalam jumlah yang relatif banyak. Penggunaan teknik ini dalam penelitian dilakukan selama 1 jam.

c. Hotplate

Alat ini digunakan sebagai pengering sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ setelah proses milling agar kandungan etanol dan air hilang dari sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$.

d. Die (Cetakan)

Alat ini digunakan untuk mencetak sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ yang telah melewati tahap kalsinasi. *Die* berbentuk silinder dengan diameter 20 mm yang terbuat dari *tainlees steel*.

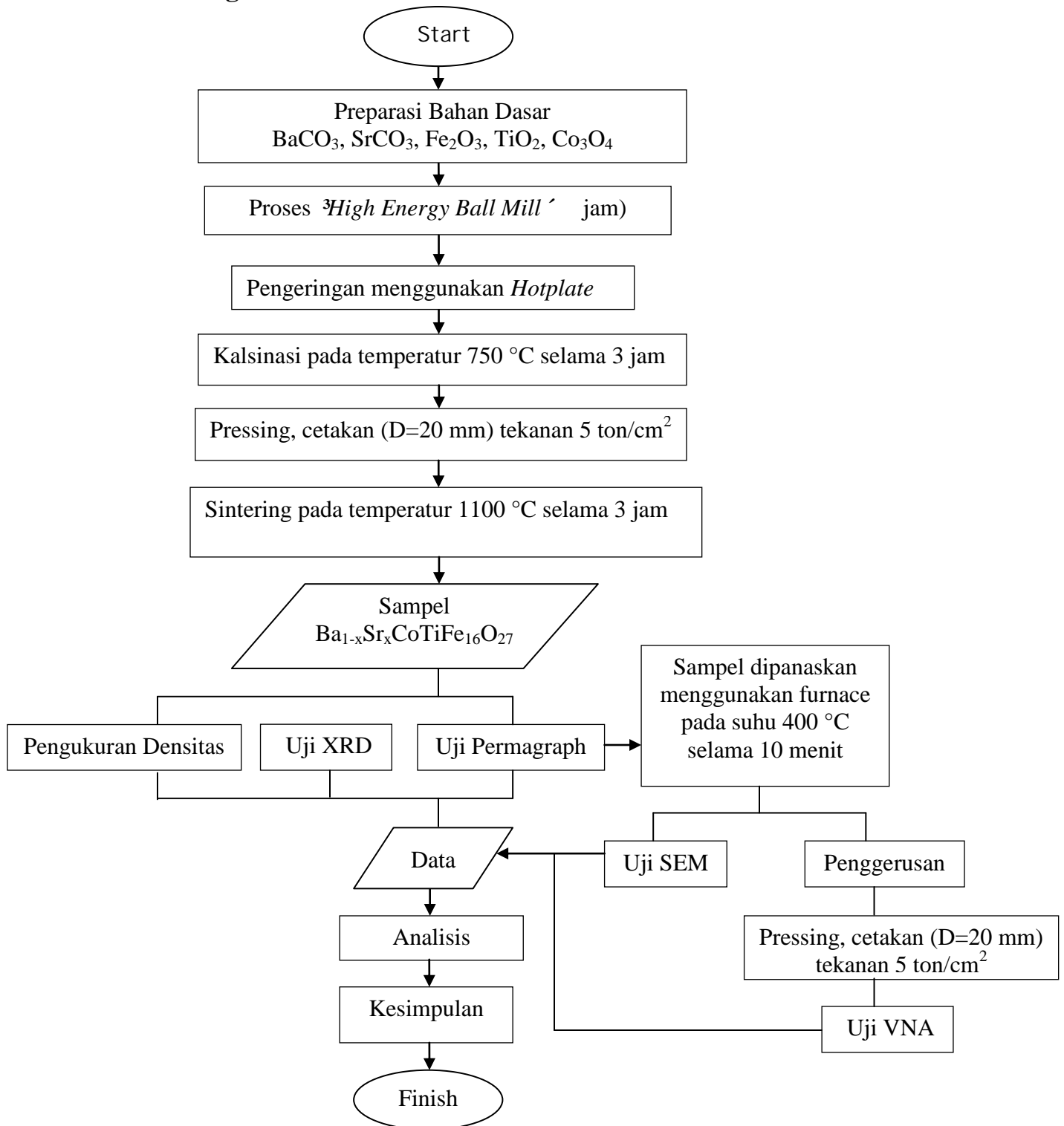
e. Kompaktor hidrolik

Alat ini digunakan sebagai penekan dalam proses pencetakan sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dengan tekanan maksimum 18 ton/cm². Pada penelitian ini menggunakan tekanan 5 ton/cm²

f. Furnace

Alat ini digunakan untuk memberikan perlakuan panas pada sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ berupa proses kalsinasi pada suhu 750 °C selama 3 jam dan sintering pada penahanan suhu 1100 °C selama 3 jam.

3.2. Diagram Alir



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.3. Prosedur Penelitian

1. Preparasi Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah BaCO_3 , SrCO_3 , Fe_2O_3 , Co_3O_4 dan TiO_2 . Pada kelima bahan tersebut masih berbentuk serbuk, kemudian ditimbang massa bahan tersebut.

2. Milling

Proses milling ini dilakukan dengan mencampurkan bahan-bahan utama (BaCO_3 , SrCO_3 , Fe_2O_3 , Co_3O_4 dan TiO_2) kedalam alat *High Energy Ball Mill*. Proses milling dilakukan selama 1 jam.

3. Pengeringan

Proses pengeringan dilakukan menggunakan dengan *Hotplate*. Proses ini dilakukan untuk mengurangi kandungan etanol yang terlarut dalam bahan saat proses pencampuran. Sehingga didapatkan jumlah massa bahan yang hampir sesuai dengan hasil penimbangan diawal.

4. Kalsinasi

Proses kalsinasi dilakukan menggunakan *furnace* dengan temperatur $750\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan karbon yang masih terkandung dalam material. Melepaskan gas-gas dalam bentuk karbonat atau hidroksida sehingga menghasilkan serbuk dalam bentuk oksida.

5. Pencetakan

Proses pencetakan dilakukan menggunakan *die* (cetakan) yang memiliki ukuran diameter 20 mm. Teknik yang digunakan dalam proses pencetakan yaitu *dry pressing*. Untuk mendapatkan hasil sampel yang padat dengan menggunakan alat kompaktor hidrolis dengan tekanan 5 ton/cm².

6. Sintering

Proses sintering dilakukan menggunakan *furnace* dengan temperatur 1100°C selama 3 jam. Proses ini dilakukan untuk meningkatkan butir-butir serta menurunkan porositas sehingga dihasilkan sampel berbentuk pelet yang keras dan tidak rapuh karena terbentuk ikatan yang kuat antara partikel serta untuk pengaktifan sampel. Sampel berbentuk pelet yang keras tersebut menjadi syarat dalam beberapa karakterisasi. Seperti pengukuran sifat kemagnetan dan penyerap gelombang.

3.4. Peralatan Pengukuran

Peralatan uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu XRD, *Permagraph*, VNA, dan SEM

1. X-Ray Diffractometer (XRD)

Penggunaan XRD sebagai alat pengujian pada penelitian ini yaitu untuk melihat fasa kristalin dari sampel Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe₁₆O₂₇. Pengujian XRD ini tidak akan merusak struktur dari material yang akan diuji. Alat difraksi sinar-x yang digunakan

menggunakan sumber radiasi berupa $CuK\alpha$ yang memiliki panjang gelombang sebesar 1.54060 \AA . Alat ini beroperasi pada tegangan 40 kV, memiliki arus generator sebesar 30 mA dan deteksi sudut dimulai dari 20° sampai 100° .

Saat material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dikenai sinar-x, maka intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar-x yang dihamburkan akan ada yang saling menghilangkan karena adanya perbedaan fasa satu sama lainnya (interferensi destruktif) serta ada yang saling menguatkan karena adanya persamaan fasa (interferensi konstruktif). Pantulan sinar-x yang saling menguatkan inilah yang akan ditangkap oleh detektor sebagai puncak difraksi. Semakin banyak atom bahan yang memiliki fasa yang sama, maka intensitas puncak difraksi yang ditangkap oleh detektor akan semakin besar.

2. *Permagraph*

Penggunaan *permagraph* sebagai alat pengujian pada penelitian ini yaitu untuk melihat sifat magnetik dari sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$. Hasil pengeluaran berupa kurva histerisis untuk mengetahui nilai dari magnetisasi remanen (M_r), Magnetisasi saturasi (M_s) dan koersivitas (H_c).

3. *Vector Network Analyzer (VNA)*

Penggunaan *Vector Network Analyzer* sebagai alat pengujian pada penelitian ini untuk mengukur nilai serapan (*Reflection Loss*) dan transmisi sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$. Prinsip kerjanya yaitu dengan melihat nilai koefisien refleksi (S11) dan koefisien transmisi (S21) yang diterima oleh material melalui probe adapter, kemudian data diolah sehingga mendapatkan hubungan kurva RL (*Reflection Loss*) sebagai fungsi frekuensi. Dan kita dapat mengetahui pada frekuensi berapakah material dapat menyerap gelombang yang dipancarkan oleh alat VNA.

4. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Penggunaan SEM sebagai alat pengujian pada penelitian ini yaitu untuk melihat struktur mikro dari sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ dengan perbesaran hingga 15000x (tergantung pada kondisi spesimen dan SEM saat itu).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Preparasi Sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ menggunakan *High Energy Ball Mill*. Berikut ini adalah massa yang dibutuhkan dari masing-masing sampel:

Tabel 4.1. Komposisi material dasar $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ (x= 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5)

Nilai X	Material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$	BaCO ₃ (gram)	SrCO ₃ (gram)	Co ₃ O ₄ (gram)	TiO ₂ (gram)	Fe ₂ O ₃ (gram)	Total Massa (gram)
0	BaCoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.5028	0	0.2046	0.2036	3.2558	4.1668
0.1	Ba _{0.9} Sr _{0.1} CoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.4539	0.0377	0.2051	0.2042	3.2661	4.1670
0.2	Ba _{0.8} Sr _{0.2} CoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.4048	0.0756	0.2047	0.2047	3.2765	4.1674
0.3	Ba _{0.7} Sr _{0.3} CoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.3554	0.1139	0.2065	0.2054	3.2869	4.1681
0.4	Ba _{0.6} Sr _{0.4} CoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.3055	0.1523	0.2072	0.2061	3.2975	4.1686
0.5	Ba _{0.5} Sr _{0.5} CoTiFe ₁₆ O ₂₇	0.2555	0.1911	0.2078	0.2067	3.3081	4.1701

Dalam metode *High Energy Ball Mill*, pelarut yang digunakan adalah toluena 80%. Penelitian ini diawali dari proses preparasi serbuk Barium Karbonat (BaCO₃), Besi Oksida (Fe₂O₃), Strontium Karbonat (SrCO₃), Titanium Dioksida (TiO₂) dan Cobalt Oksida (Co₃O₄). Kemudian dilakukan pencampuran dengan metode *High*

Energy Ball Mill. Untuk menghilangkan kadar *ethanol* pada sampel, semua sampel yang telah dilakukan *milling*, dikeringkan dengan *hotplat* hingga sampel menjadi kering. Proses ini mengakibatkan terjadinya pengurangan massa pada masing ± masing sampel.

Selanjutnya, dilakukan proses kalsinasi dengan suhu $1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ & 2 jam . Proses ini dilakukan untuk menghilangkan karbon yang masih terkandung dalam material. Melepaskan gas-gas dalam bentuk karbonat atau hidroksida sehingga menghasilkan serbuk dalam bentuk oksida. Pada proses kalsinasi terjadi pengurangan massa yang cukup banyak. Hal ini membuktikan bahwa, proses kalsinasi menghilangkan karbon yang masih terkandung dalam material.

Tabel 4.2. Pengaruh preparasi material magnet komposisi $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x= 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)

Komposisi	Massa awal (gram)	Massa setelah pengeringan (gram)	Massa setelah kalsinasi (gram)	Massa setelah sintering (gram)
$\text{BaCoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$	4.166	4.166	4.067	3.92
$\text{Ba}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$	4.167	4.151	4.069	3.90
$\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$	4.167	4.164	4.069	3.93
$\text{Ba}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$	4.168	4.157	4.072	3.92
$\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$	4.168	4.153	4.073	3.94
$\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$	4.170	4.161	4.071	3.92

Sampel yang telah dikalsinasi kemudian dicetak dengan diberikan penekanan 5 ton/cm^2 dan diameter cetak 20 mm. Proses ini menghasilkan sampel yang berbentuk pelet. Untuk memperkuat ikatan pada sampel, sampel ± sampel tersebut diberikan perlakuan panas atau sintering dengan temperatur $1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ & 2 jam .

selama 3 jam. Proses ini dilakukan untuk mengaktifasi sampel, menurunkan nilai porositas dan menambahkan nilai densitas, serta memperkuat ikatan antar serbuk.

Gambar 4.1. Sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x= 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) setelah sintering $1100\text{ }^{\circ}C$ selama 3 jam

Gambar 4.1 merupakan hasil sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ setelah proses sintering. Dari proses sintering ini sampel berubah warna dari warna merah menjadi warna hitam. Perubahan warna ini terjadi akibat suhu tinggi yang diberikan pada sampel. Sampel inilah yang kemudian dipakai sebagai pengujian XRD dan SEM untuk karakterisasi struktur material dan *Permagraph* untuk melihat sifat kemagnetan.

4.1.2 Analisis Densitas Sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$

Setelah material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ diberi perlakuan panas dengan menggunakan *furnace* pada suhu $1100\text{ }^{\circ}C$ selama 3 jam, selanjutnya dilakukan pengukuran densitas terhadap material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$. Pengukuran pada material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dilakukan untuk mengetahui nilai kerapatan sampel

yang telah dibuat. Untuk menghitung nilai densitas suatu material digunakan metode Archimedes menurut Wahana Cahya[20] persamaannya sebagai berikut:

$$(4.1)$$

Keterangan: A = Massa sampel kering

B = Massa sampel basah

Dari persamaan diatas, maka didapatkan densitas $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ yang tercantum dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil pengukuran densitas melalui metode Archimedes dan perhitungan magnet $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)

Komposisi	Massa sampel kering (gram)	Massa sampel basah (gram)	Tebal (mm)	Diameter (cm)	Densitas Archimedes (gram/cm ³)	Densitas perhitungan (gram/cm ³)
$BaCoTiFe_{16}O_{27}$	3.92	3.11	4.1	1.62	4.84	4.64
$Ba_{0.9}Sr_{0.1}CoTiFe_{16}O_{27}$	3.90	3.09	4.0	1.62	4.81	4.73
$Ba_{0.8}Sr_{0.2}CoTiFe_{16}O_{27}$	3.93	3.13	4.1	1.60	4.91	4.77
$Ba_{0.7}Sr_{0.3}CoTiFe_{16}O_{27}$	3.92	3.10	4.2	1.62	4.78	4.53
$Ba_{0.6}Sr_{0.4}CoTiFe_{16}O_{27}$	3.94	3.13	4.0	1.62	4.86	4.78
$Ba_{0.5}Sr_{0.5}CoTiFe_{16}O_{27}$	3.92	3.10	4.1	1.64	4.78	4.53

Dari pengukuran densitas yang telah dilakukan, dapat dianalisis bahwa substitusi logam Sr pada $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ untuk keenam sampel memiliki nilai densitas yang berbeda-beda.

Gambar 4.2. Grafik perbandingan densitas magnet melalui metode Archimedes dan perhitungan.

Pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa pengukuran densitas dengan metode Archimedes memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan dengan metode perhitungan. Semakin besar densitas suatu material maka porositasnya akan semakin kecil. Semakin rapat material maka pori-pori yang berada pada material akan semakin kecil. Pada sampel $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ memiliki densitas yang cukup besar. Dapat disimpulkan bahwa sampel $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ memiliki porositas dan pori-pori yang kecil.

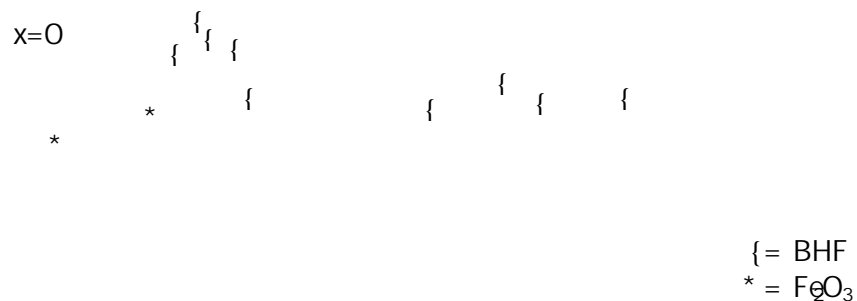
4.1.3 Karakterisasi Fasa-Fasa yang Terbentuk pada $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$

Setelah sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ melalui proses pemanasan, dilakukan karakterisasi sampel dengan menggunakan peralatan X-ray Diffractrometer untuk

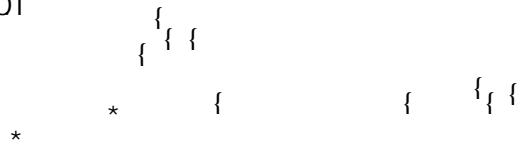
mengetahui fasa-fasa yang terbentuk pada sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$, kemudian dianalisis secara kualitatif. Proses analisa tersebut dilakukan dengan cara mencocokkan data hasil pengukuran difraksi yang didapat dari sampel dengan data hasil difraksi sinar-x yang terdapat pada database ICDD (International Center for Diffraction Data).

Untuk membuat grafik, digunakan program *bella* untuk mendapatkan data keluaran berupa excel, kemudian grafik diplot dalam program excel. Analisis secara kualitatif ini bertujuan untuk mengetahui fasa apa saja yang terbentuk, sehingga kita bisa mengetahui apakah proses substitusi Sr pada $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ optimal atau tidak.

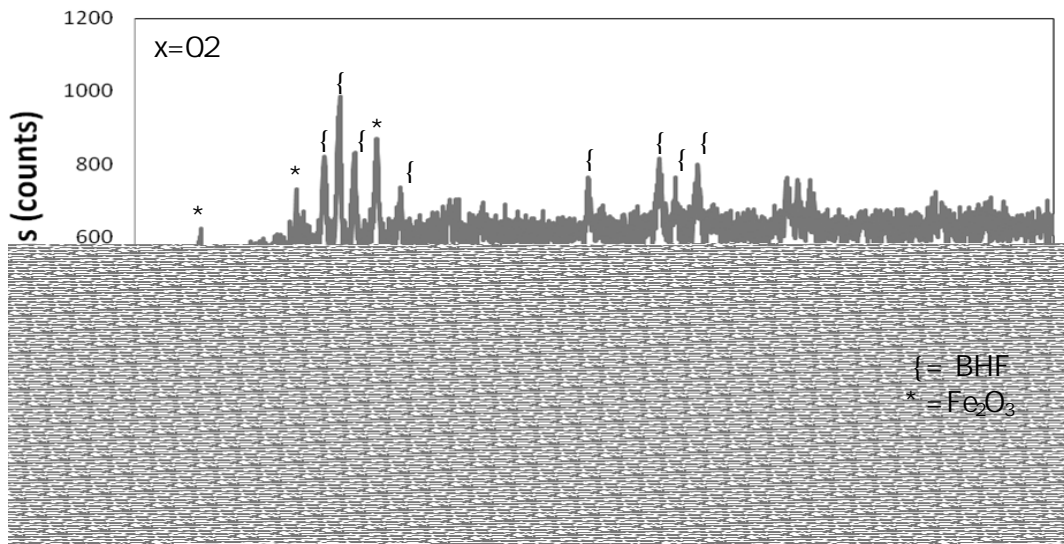
Berikut ini merupakan grafik difraksi sinar-x dari hasil pengukuran X-ray Diffractrometer pada material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$).



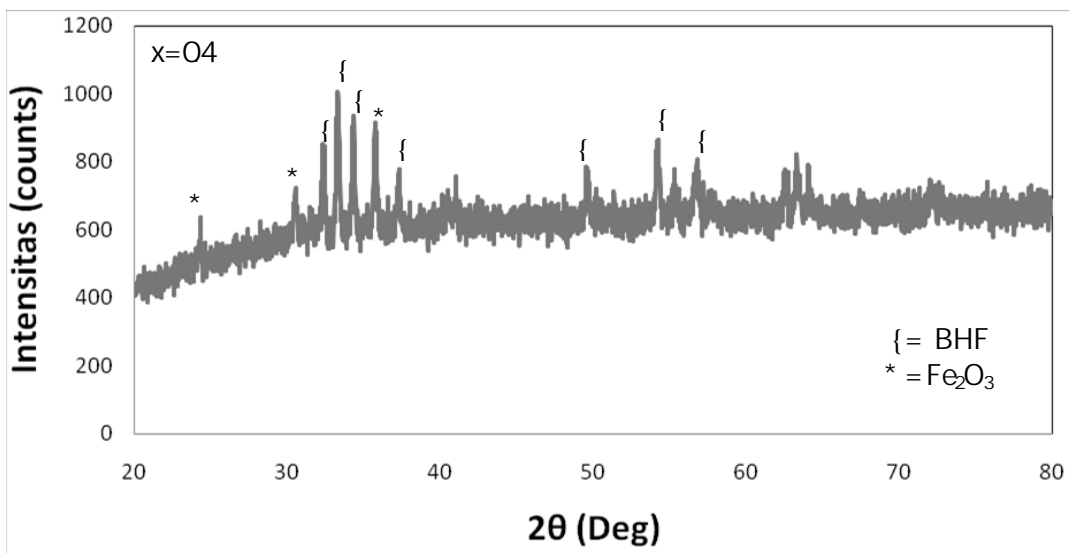
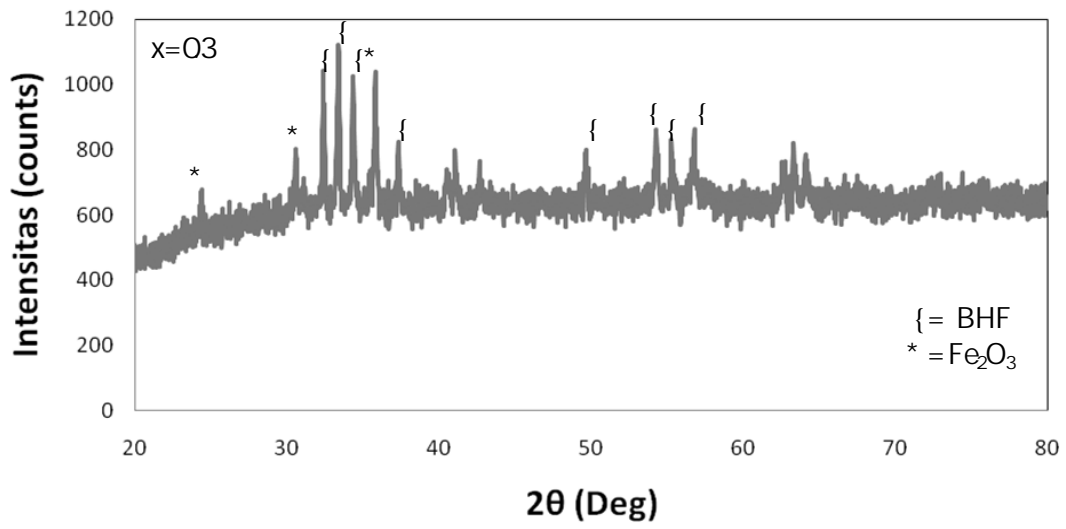
x=01

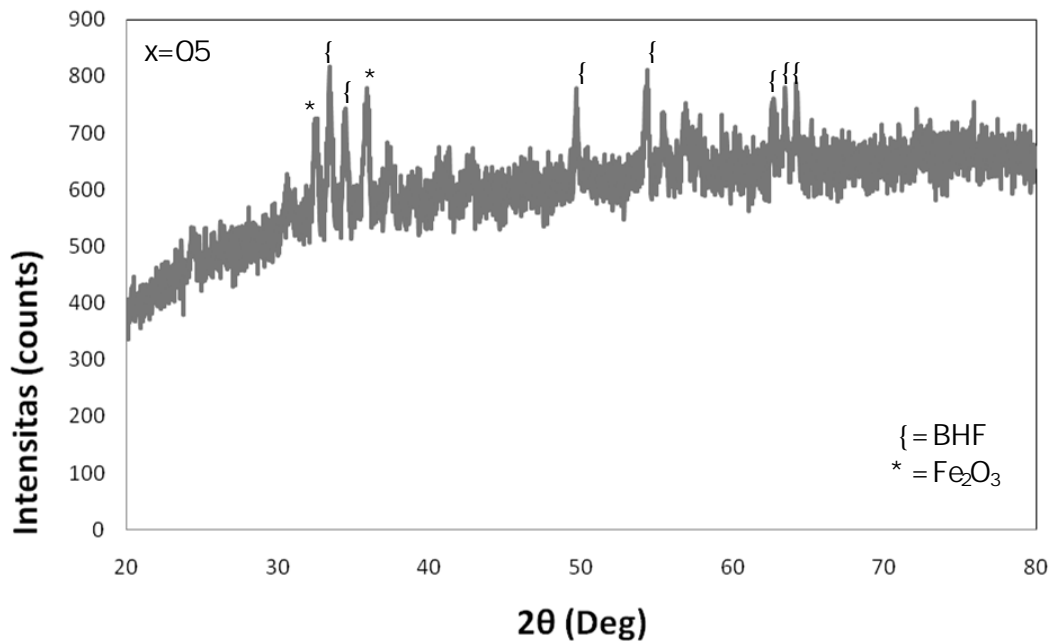


{ = BHF
* = Fe₂O₃



{ = BHF
* = Fe₂O₃





Gambar 4.3. Pola difraksi sinar-x untuk setiap sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)

Pada gambar 4.3 memperlihatkan hasil analisis kualitatif dan identifikasi fasa-fasa pada sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$). Pola difraksi dari sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) memperlihatkan bahwa telah terbentuk dua fasa yaitu $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dan Fe_2O_3 berdasarkan pencocokan ICDD. Masih adanya fasa Fe_2O_3 ini menunjukkan bahwa proses pembentukan Barium heksaferrit ini kurang optimal.

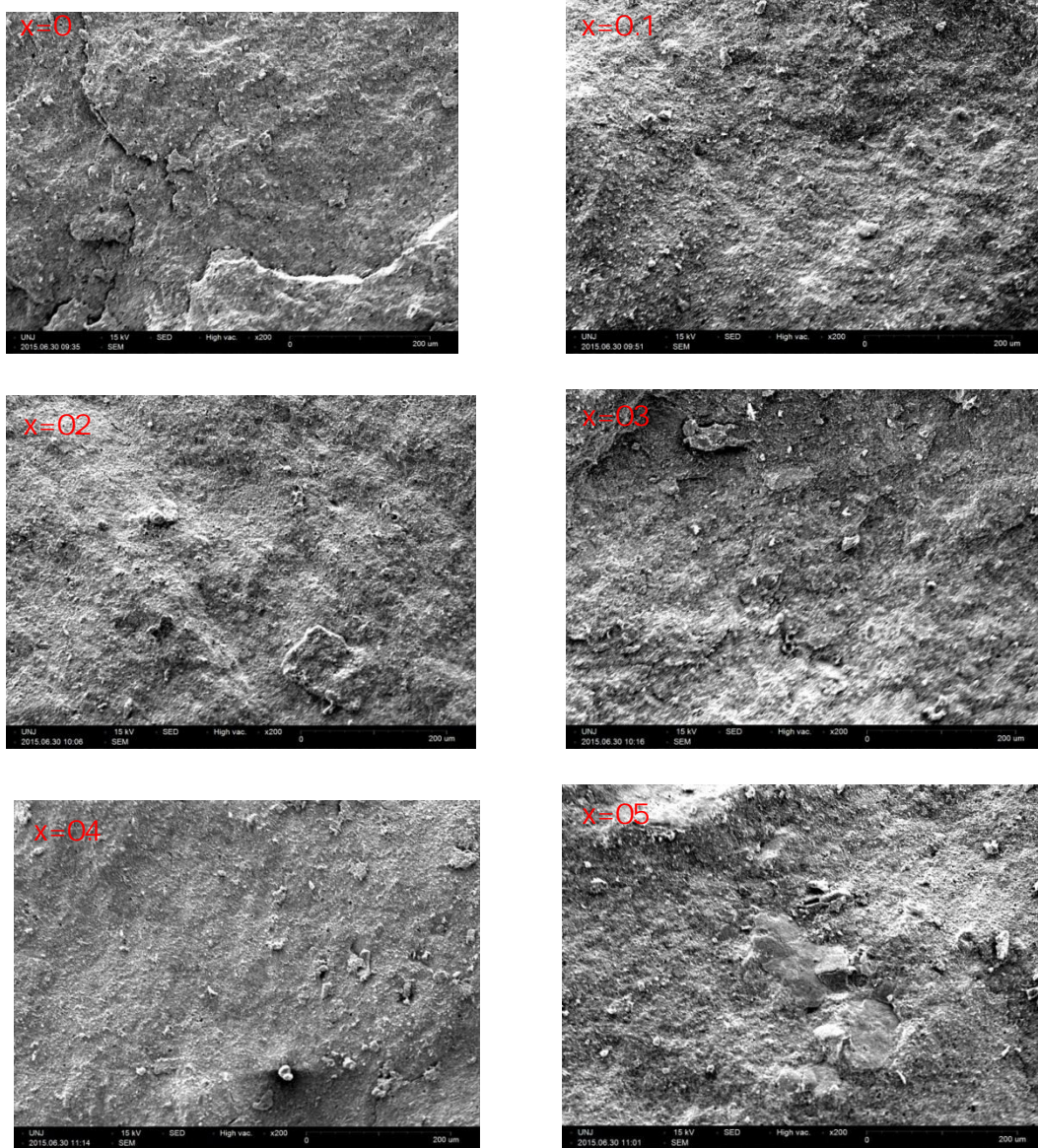
4.1.4. Analisis SEM pada Material $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$

Pada penelitian ini dilakukan pengujian SEM. Sebelumnya sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ dipanaskan terlebih dahulu dengan *furnace* pada suhu $400\text{ }^\circ\text{C}$ selama

10 menit untuk mengilangkan kemagnetan pada sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$.

Selanjutnya sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ diuji SEM dengan perbesaran 200x.

Berikut ini merupakan gambar permukaan sampel dari hasil pengukuran SEM pada material $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)



Gambar 4.4. Hasil foto SEM material magnet $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)

Pada gambar 4.4 memperlihatkan permukaan dari sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) pada pembesaran 200x. Karena keterbatasan skala pembesaran pada SEM ini, maka hasil foto SEM pada sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) hanya dapat ditanggapi pada pembesaran 200x.

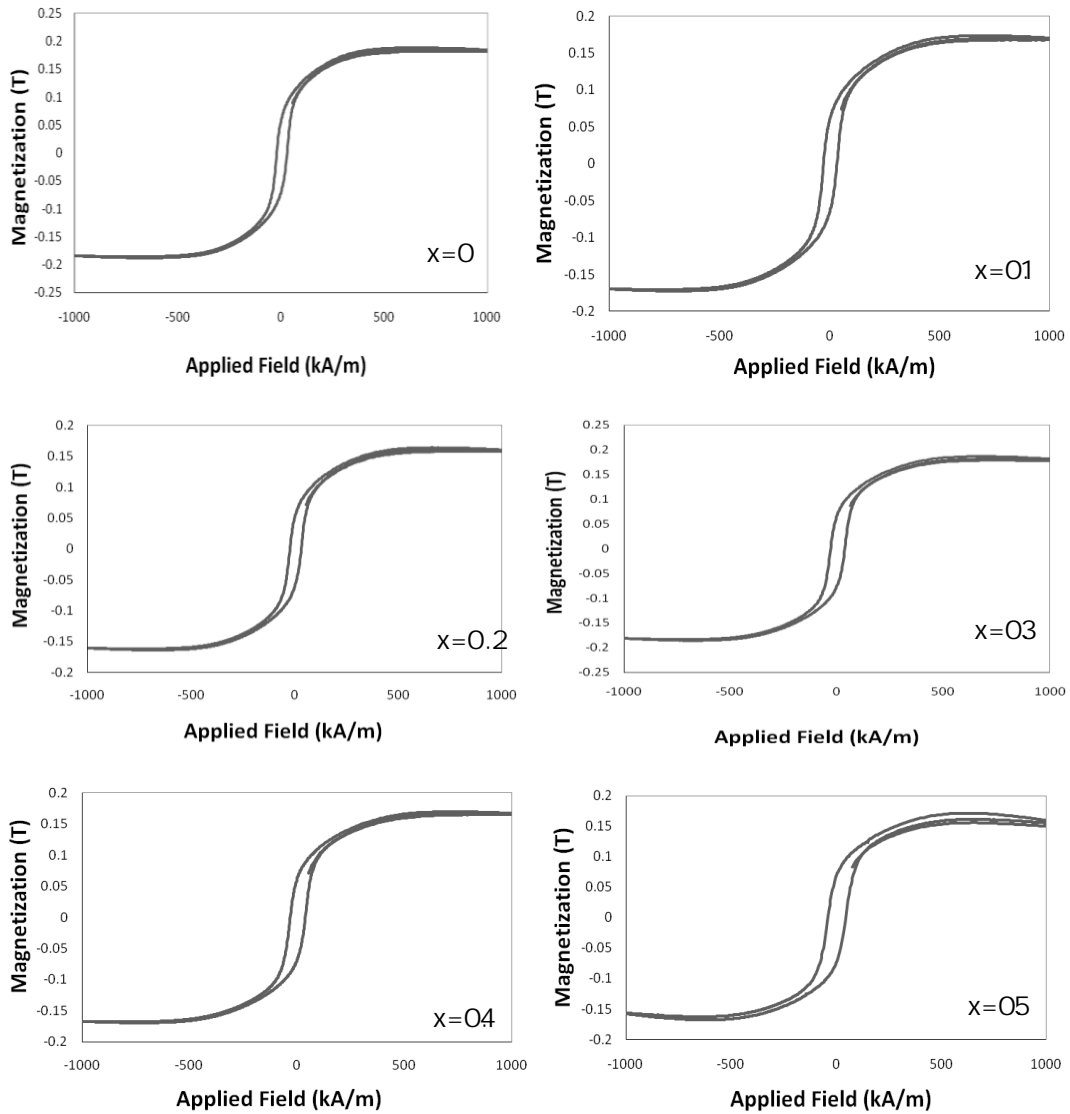
4.1.5 Analisis Sifat Kemagnetan Material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$

Pada penelitian sintesis $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) telah dilakukan pengukuran sifat kemagnetan dengan menggunakan *Permagraph*. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui sifat magnet yang terbentuk dari material yang telah dibuat. Sifat kemagnetan yang diperoleh merupakan hasil pengukuran dari kurva histerisis berupa Magnetisasi Saturasi (Ms), Magnetisasi Sisa (Mr), dan koersivitas intrinsik (Hc). Nilai besaran magnetik untuk semua sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) tercantum pada tabel berikut:

Tabel 4.4. Nilai besaran magnetik sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)

Komposisi	Remanen, Mr (T)	Koersivitas instrinsik, Hc (kA/m)	Magnetisasi Saturasi, Ms (T)
$BaCoTiFe_{16}O_{27}$	0.058	21.11	0.18
$Ba_{0.9}Sr_{0.1}CoTiFe_{16}O_{27}$	0.057	26.26	0.17
$Ba_{0.8}Sr_{0.2}CoTiFe_{16}O_{27}$	0.051	23.45	0.16
$Ba_{0.7}Sr_{0.3}CoTiFe_{16}O_{27}$	0.066	29.60	0.18
$Ba_{0.6}Sr_{0.4}CoTiFe_{16}O_{27}$	0.060	30.95	0.16
$Ba_{0.5}Sr_{0.5}CoTiFe_{16}O_{27}$	0.066	37.80	0.17

Berikut ini merupakan kurva histerisis dari hasil pengukuran *Permagraph* pada material $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$).



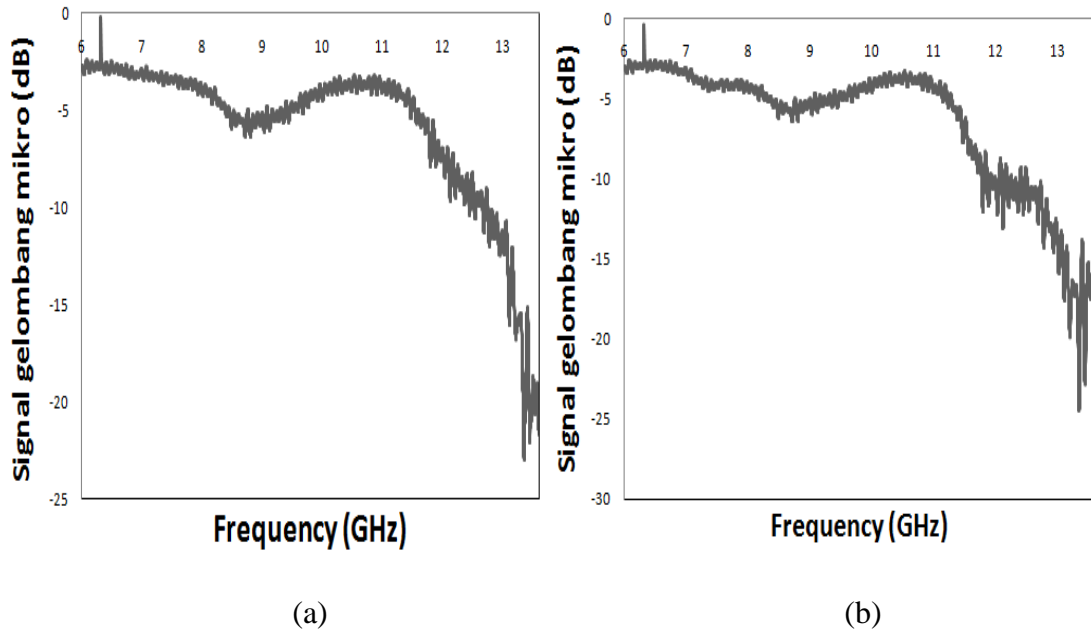
Gambar 4.5. Kurva histerisis material magnet $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)

Pada gambar 4.5 terlihat bahwa kurva histerisis sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ dengan $x=0$ memiliki nilai koersivitas (H_c) 21.11 kA/m . Nilai koersivitas (H_c)

sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x=0$) cukup rendah bila dibandingkan dengan sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x=0.1-0.5$) yang memiliki nilai koersivitas antara 23.45-37.80 kA/m. Penurunan nilai koersivitas (H_c) dikarenakan kemungkinan terjadi pertumbuhan ukuran kristal setelah sintering pada temperatur 1100 °C. Berdasarkan kurva histerisis, sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) memiliki sifat bahan magnet ferromagnetik.

4.1.6 Analisis Signal Gelombang Mikro Material $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$

Pada penelitian ini dilakukan pengujian VNA. Sebelumnya sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ dipanaskan terlebih dahulu dengan *furnace* pada suhu 400 °C selama 10 menit untuk mengilangkan kemagnetan pada sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$, kemudian sampel dihancurkan hingga menjadi serbuk kembali. Selanjutnya sampel dicetak, untuk perekatnya menggunakan larutan polimer PVAC. Pengujian VNA ini dilakukan untuk mengetahui signal gelombang mikro yang dihasilkan dari sampel $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$.



Gambar 4.6. Grafik hubungan frekuensi dan signal gelombang mikro (a) sebelum doping Sr, (b) setelah doping Sr pada material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$.

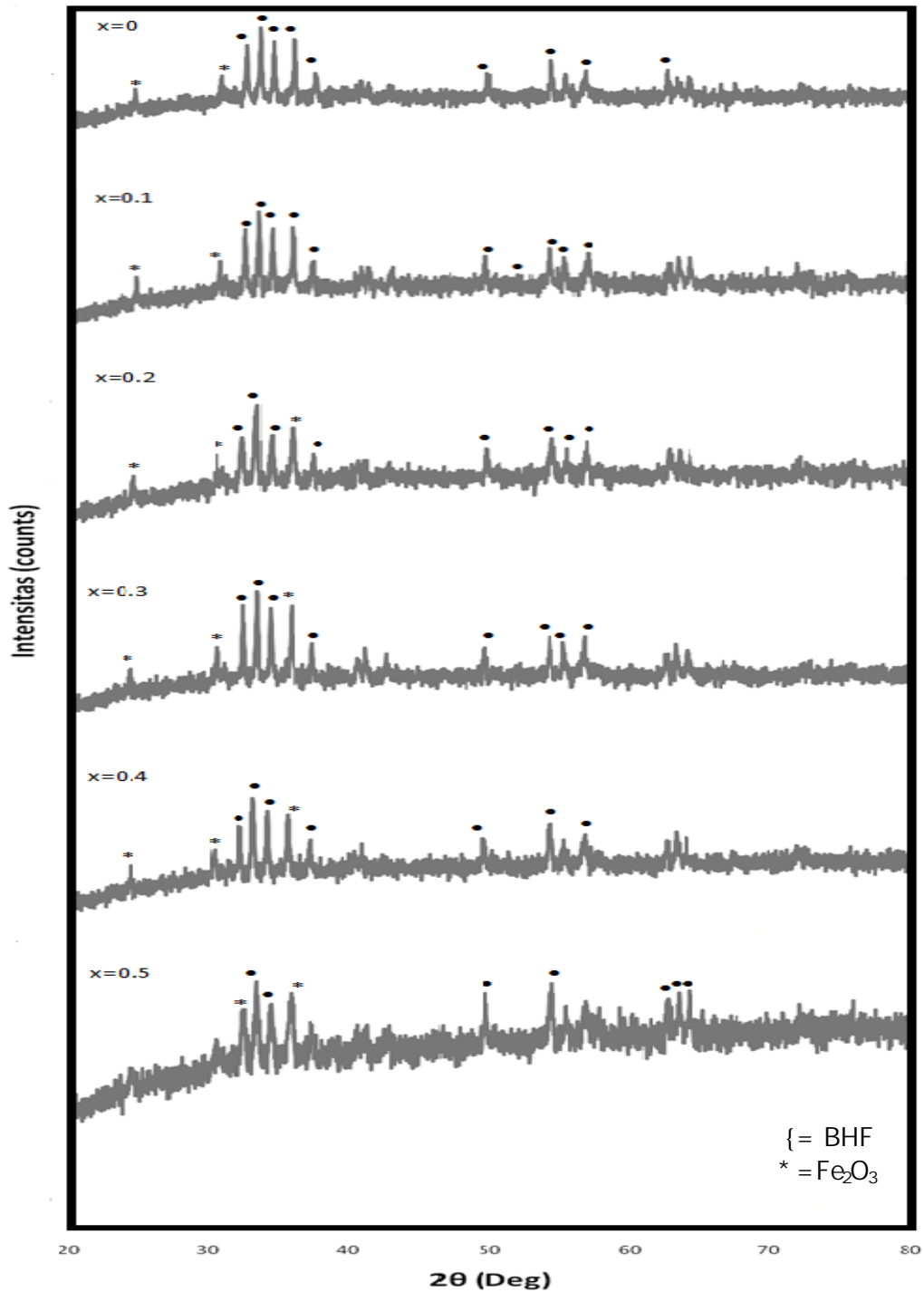
Pada gambar 4.6 memperlihatkan grafik signal gelombang mikro. Terlihat bahwa sebelum doping Sr material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ memiliki frekuensi 11.02 GHz, setelah doping Sr material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ memiliki frekuensi 10.79 GHz. Dari data tersebut terjadi perubahan frekuensi sebesar 0.23 GHz efek substitusi Sr.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Substitusi Sr pada Pembentukan Fasa $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$

Telah dilakukan pengujian XRD untuk mengetahui fasa-fasa yang terbentuk pada sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$), selanjutnya dianalisis kualitatif dengan cara mencocokkan data hasil pengukuran difraksi yang didapat dari

sampel dengan data hasil difraksi sinar-x yang terdapat pada database ICDD (International Center for Diffraction Data. Pada pengukuran XRD ini terlihat puncak-puncak yang semakin runcing. Hal ini menunjukkan bahwa sampel telah menjadi kristal. Substitusi logam strontium (Sr) pada material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) menyebabkan terjadinya pergeseran kisi dan jumlah komposisi fasa. Substitusi Sr tidak merubah stuktur kristal yang sudah ada, namun menyebabkan perubahan parameter kisi.



Gambar 4.7. Pola difraksi sinar-x material magnet $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoTiFe}_{16}\text{O}_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)

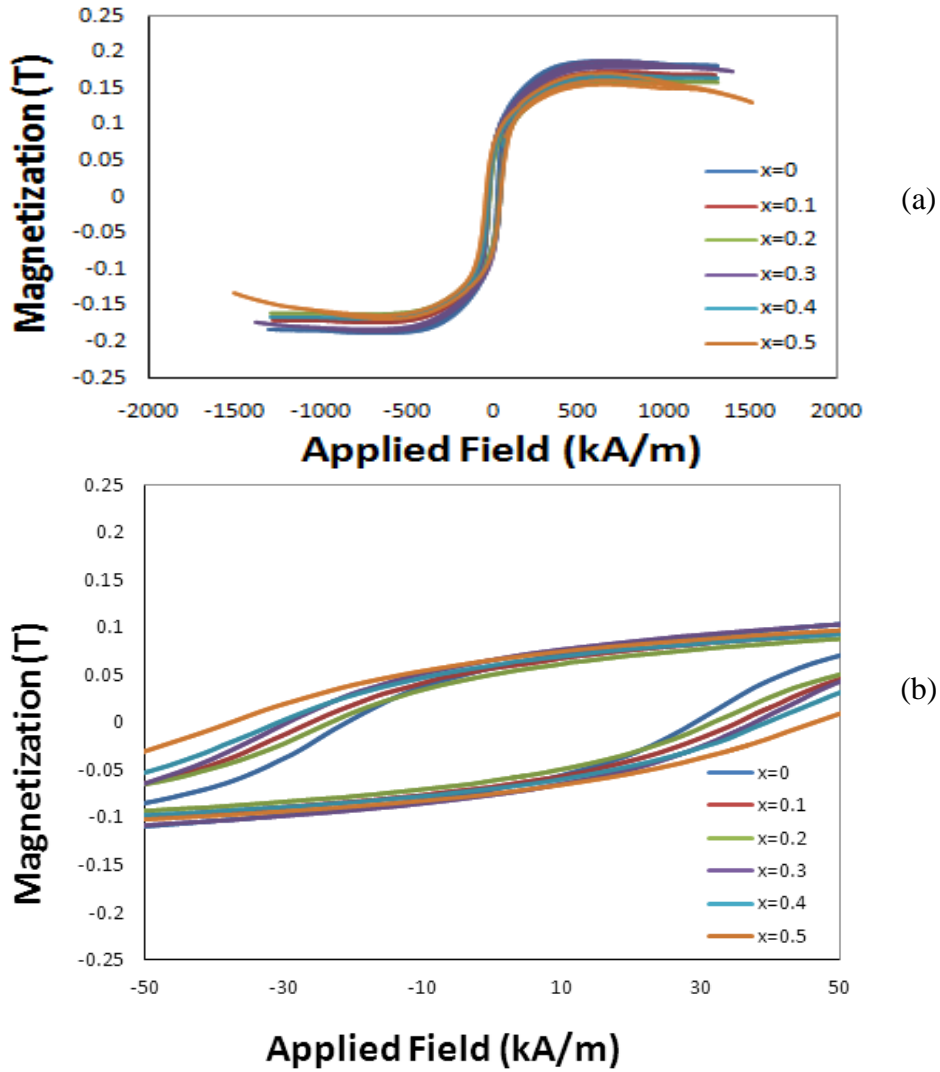
Tabel 4.5. Parameter kisi material magnet $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)

Komposisi	Parameter kisi (Å)			Volume Unit Sel (Å)
	a	b	c	
$BaCoTiFe_{16}O_{27}$	5.887	5.887	23.24	697.69
$Ba_{0.9}Sr_{0.1}CoTiFe_{16}O_{27}$	5.885	5.885	23.22	696.76
$Ba_{0.8}Sr_{0.2}CoTiFe_{16}O_{27}$	5.884	5.884	23.21	696
$Ba_{0.7}Sr_{0.3}CoTiFe_{16}O_{27}$	5.887	5.887	23.22	696.99
$Ba_{0.6}Sr_{0.4}CoTiFe_{16}O_{27}$	5.882	5.882	23.18	696.48
$Ba_{0.5}Sr_{0.5}CoTiFe_{16}O_{27}$	5.886	5.886	23.17	695.32

Dari tabel 4.5 diketahui dari keenam sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) memiliki nilai parameter kisi yang berbeda-beda. Pada referensi di database ICDD parameter kisi untuk $BaFe_{12}O_{19}$ adalah $a=b= 5.892 \text{ \AA}$ dan $c= 23.18 \text{ \AA}$. Nilai parameter kisi untuk setiap sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) tidak jauh berbeda dengan nilai parameter kisi referensi yang ada di ICDD.

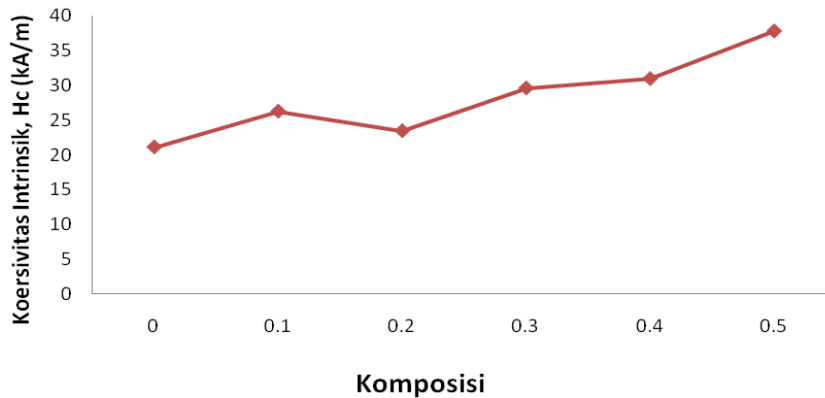
4.2.2 Pengaruh Substitusi Sr pada Sifat Magnetik $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$

Sifat magnet bahan Barum Heksaferrit tipe-W dengan substitusi Sr dapat diketahui melalui kurva histerisis pada gambar 4.7. Dari kurva tersebut dapat diketahui besarnya magnetisasi remanen (M_r), Magnetisasi Saturasi (M_s) dan koersivitas (H_c).



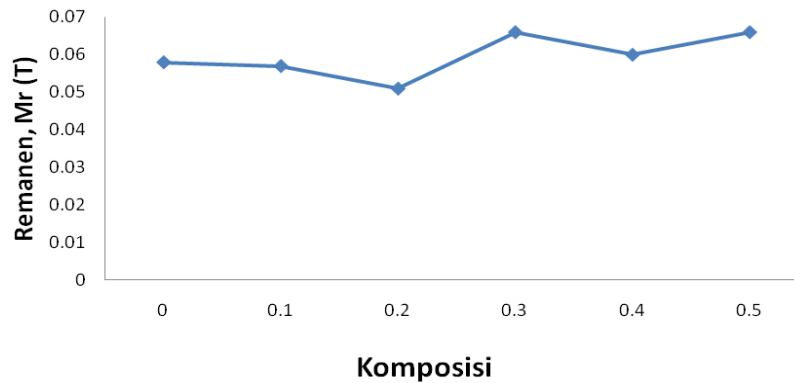
Gambar 4.8. Grafik Permagraph $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x= 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) (a) interval sumbu x -1500 sampai 1500, (b) interval sumbu x -50 sampai 50.

Berdasarkan kurva histerisis pada gambar 4.8 dapat dianalisis bahwa substitusi logam Sr pada $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ untuk keenam sampel yang telah diuji memiliki nilai koersivitas yang berbeda-beda.



Gambar 4.9. Grafik koersivitas Intrinsik (H_c) material magnetik $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)

Pada gambar 4.9 sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dengan $x=0$ memiliki nilai koersivitas lebih kecil sedangkan sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ dengan $x=0.5$ memiliki nilai koersivitas lebih besar dari sampel yang lain. Peningkatan nilai koersivitas terjadi seiring dengan meningkatnya substitusi logam Sr pada $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$, sifat ini mirip dengan yang ditemukan pada penelitian Pereira dkk (2008) [16]. Nilai koersivitas tinggi maka bahan tersebut dapat mempertahankan momen magnetik untuk waktu yang lama. Semakin besar gaya koersivitas, maka semakin keras sifat magnetnya. Apabila bahan tersebut memiliki nilai koersivitas yang tinggi, berarti kemagnetan bahan tersebut tidak mudah hilang.

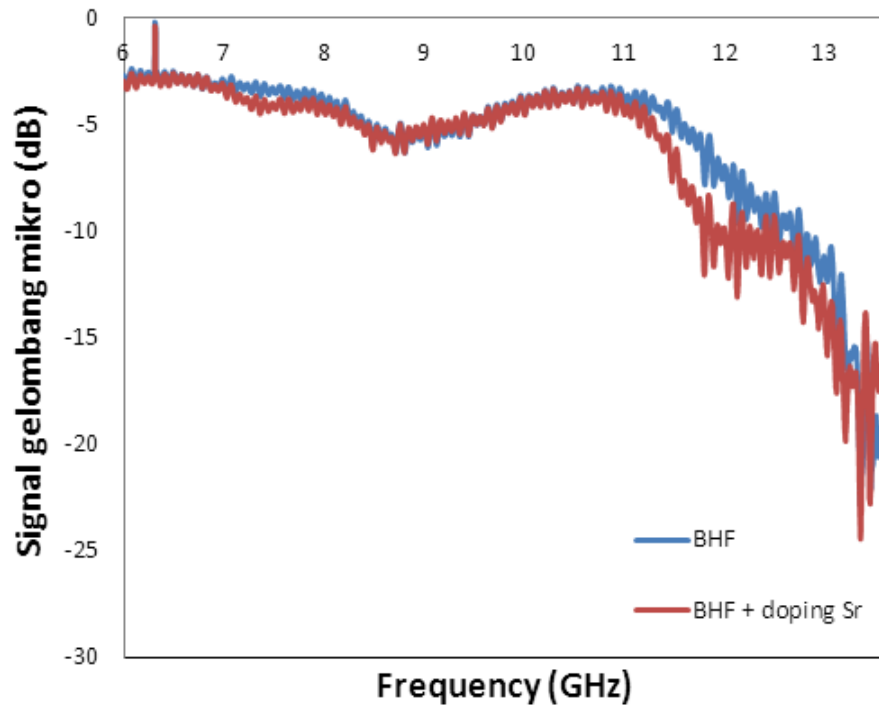


Gambar 4.10. Grafik Remanen (M_r) material magnetik $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x= 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)

Pada gambar 4.10, $x=0.3$ dan $x=0.5$ memiliki nilai remanen yang tinggi. Hal ini berarti bahwa sampel $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x=0.3$ dan 0.5) memiliki sifat magnet yang kuat.

4.2.3 Pengaruh Substitusi Sr pada Signal Gelombang Mikro $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian VNA (*Vector Network Analyzer*) untuk mengetahui nilai dari signal gelombang mikro pada material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x= 0$ dan 0.4). Pengujian ini menggunakan rentang frekuensi antara 6 GHz hingga 14 GHz. Dari pengujian ini didapat nilai dari signal gelombang mikro yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.11. Grafik hubungan frekuensi dan signal gelombang mikro pada material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x=0$ dan 0.4).

Pada Gambar 4.11 dapat dilihat hasil dari pengujian VNA pada sampel material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x=0$ dan 0.4). Dari data yang didapat, nilai dari efek terhadap signal gelombang mikro ditunjukkan pada frekuensi 10.79 GHz. Sehingga material dapat menyerap gelombang mikro diatas 10 GHz.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data penelitian yang telah dianalisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah berhasil dilakukan proses sintesis material komposisi $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$).
2. Hasil analisis data difraksi sinar-x menunjukkan telah terbentuk dua fasa yaitu $BaFe_{12}O_{19}$ (fasa magnetik) dan Fe_2O_3 (fasa non magnetik) untuk semua komposisi $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$).
3. Pengukuran sifat magnetik menunjukkan telah terjadi peningkatan nilai koersivitas (H_c) dari 21.11 kA/m menjadi 37.803 kA/m dengan penambahan substitusi logam Sr pada $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$.
4. Hasil pengukuran dengan VNA menunjukkan material $Ba_{1-x}Sr_xCoTiFe_{16}O_{27}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) memberikan efek terhadap signal gelombang mikro pada frekuensi diatas 10 GHz.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya meminimalisasi penggunaan bahan strontium (Sr) pada substitusi material Barium Heksaferrit tipe-W agar memiliki nilai

koersivitas (H_c) yang lebih kecil. Karena peningkatan nilai koersivitas (H_c) terjadi seiring dengan penambahan substitusi logam Sr.

Daftar Pustaka

- [1] Khasanah, Qadri Fitrothul. 2012, *Efek Substitusi Parsial Ion La Pada Material Sistem $La_xSr_{1-x}O_6(Fe_{1.5}Mn_{0.25}Ti_{0.25}O_3)$ Terhadap Sifat Absorpsi Gelombang Mikro* 7 H V-2, FMIPA. Depok: Universitas Indonesia.
- [2] Iqbal, Muhammad Javed, dkk. 2011, *W-type hexaferrite nanoparticles: A consideration for microwave attenuation at wide frequency band of 0.5-10GHz* Journal of Alloys and Compounds 509 (2011) 7618-7624.
- [3] Tyagi Sachin, B, dkk. 2011, *Synthesis and Characterization of Microwave Absorbing $SrFe_{12}O_{19}/ZnFe_2O_4$ Nanocomposite* . D Q S X U , Q G L D 7 U D Q V , Q G L D Met.
- [4] Timbul P W, Petrus. 2008, *Karakterisasi dan analisa sifat magnetic dari efek substitusi unsur strontium pada material magnetic barium hexaferrite yang tersubstitusi titanium dan mangan* 7 H V L 2 V FMIPA. Depok: Universitas Indonesia.
- [5] Iqbal, M.A, dkk. 2012, *An investigation of the titanium effect on the structural and magnetic properties of BaNi₂ based W-type hexaferrites* & H U D P L F V International 38 (2012) 3757-3762.
- [6] Ahmed, M.A, dkk. 2010, *Dramatic effect of rare earth ion on the electrical and magnetic properties of W-type barium hexaferrites* 3 K \ V L F D % ± 3233.
- [7] Sl'ama, Jozef, dkk. 2005, *PROPERTIES OF M-TYPE BARIUM FERRITE* ' 2 3 (' % < 6 (/ (& 7 (' , 2 Journal of ELECTRICAL ENGINEERING, VOL. 56, NO. 1-2, 2005, 21-25.
- [8] Hojamberdiev, M, dkk. 2009, *La-Modification of Multiferroic BiFeO₃ by Hydrothermal Methode at Low Temperature* , Q R U J D Q I L F 2 0 0 9 D W I 45, 1183-1187.
- [9] Zvezdin, A.K, dkk. 2007, *Multiferroics: Promising Materials For Microelectronics Spintronics, and Sensor Tecnique* % X O O H W L Q R I W K H 5 X Academy of Science: Physics, 2007 vol 71, No 11.

- [10] Linda, S. 2011, *Pengaruh Ion Doping Co/Zn Terhadap Sifat Kemagnetan Barium M-Heksaferrit BaFe_{12-2XcoXZnXO}19* ' 7 X J D V \$ N K L U - X U X V D Q) L Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [11] Pereira, F.M.M, dkk. 2008, *Structural and Dielectric Spectroscopy Studies of the M-Type Barium Hexaferrite Alloy (Ba_xSr_{1-x}Fe₁₂O₁₉)* ' - 0 D W H 6 F L 0 D W H U Electron, 2008, 19:627-638.
- [12] Saidah, Inayati Nur. 2012, *Pengaruh Variasi pH Pelarut HCl Pada Sintesis Barium M-Heksaferrit Dengan Doping Zn (BaFe_{11,4}Zn_{0,6}O₁₉) Menggunakan Metode Kompresipitasi* ' - X U Q D O 6 D L Q V , 7 6 9 R O-928X I R , 6 6 1
- [13] Vlack, Lawrence Van. 2004, *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material* ' Jakarta: Erlangga.
- [14] Yusada, Hideyuki, dkk. 2003, *Formation of Crystallographically Aligned Grains during Coarsening in a Magnetic Field* ' Y R O - D S D Q
- [15] Mohsin, Yulianto. (2006), *Strontium*. [online], Tersedia: http://www.chem-is-try.org/tabel_periodik/stronsium/. (Diakses pada tanggal 29 Januari 2015).
- [16] Pereira, F.M.M. 2008, *0 D J Q H W L F D Q G G L H O H F M Type Far Side R S H U W L H strontium hexaferrite (Ba_xSr_{1-x}Fe₁₂O₁₉) in the RF and microwave (MW) I U H T X H Q F. J Mater Sci Mater Electron.*
- [17] Kanegesan, S, dkk. 2012, *0 D J Q H W L F S U R S H U W L H Variasi 1 L V W U R Q W L X P K Mater Sci Mater Electron (2012) 23:1575 ±579.*
- [18] Farooq, Saima. 2010, *Study of electrical and magnetic properties of strontium-barium hexaferrite nanomaterials for potential technological applications* ' \$ dissertation, Department of Chemistry. Islamabad, Pakistan: Quaid-i-Azam University.
- [19] Septian, Irfan. 2010, *3 H Q J D U X K 0 L O O L Q J 7 H U K D G D S 3 H Q L Q J N D V % H V L 6 H E D J D L % D K D Q % D S K X p s i , Q G K a k u w a s S a i n s R i a n D P ' Teknologi. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.*

[20] Cahya wibawa, Wahana. 2013, '*LAPORAN PRAKTIKUM BIOFISIKA PENGUKURAN MASSA JENIS BENDA PADATDENGAN PRINSIP ARCHIMEDES*' Program studi pendidikan IPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta

LAMPIRAN I

A. Alat-alat yang digunakan



Timbangan Digital



High Energy Ball Mill



Vial dan Bola Baja



Furnace



Kompaktor Hidrolik



Hotplate



Permagraph



VNA

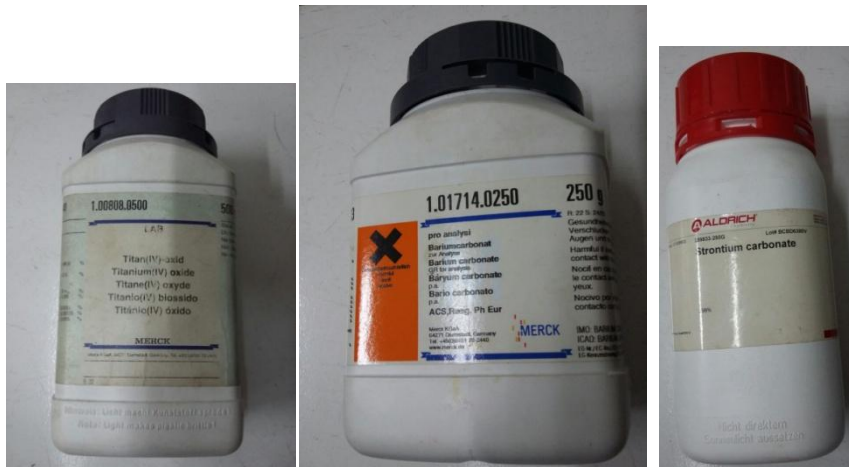


X-Ray Diffractometer (XRD)



Scanning Electron Microscopy (SEM)

B. Bahan-bahan yang digunakan



TiO_2

BaCO_3

SrCO_3



Co_3O_4

Fe_2O_3

C. Proses Pembuatan Sampel



Proses milling



Proses pengeringan sampel



Sampel setelah milling



Proses kalsinasi



Sampel setelah kalsinasi



Sampel setelah dicetak



Proses sintering



Sampel untuk pengujian



Pengukuran Densitas

LAMPIRAN II

A. Output Data XRD

```
Sample identification:
  Data measured at: 0-jan-2044 **:04:00

Diffractometer type:
  Tube anode:
  Generator tension [kV]: 35
  Generator current [mA]: 30
  Wavelength Alpha1 [Å]: 1.54056
  Wavelength Alpha2 [Å]: 1.54439
Intensity ratio (alpha2/alpha1): 0.500
  Thin film collimator: YES
  Scatter slit (0.1 mm): NO
  Monochromator used:

  Start angle [2θ]: 10.020
  End angle [2θ]: 80.000
  Step size [2θ]: 0.020
  Maximum intensity: 462.2500
  Time per step [s]: 411.200
  Type of scan:
  Scan mode:
  Fixed angle: 0.000
  Smooth factor:
  Weights and Levers:
Intensities converted to: FIXED

  Minimum peak tip width: 0.00
  Maximum peak tip width: 1.00
  Peak base width: 2.00
  Minimum significance: 0.75
  Number of peaks: 20

  Angle d-value d-value Peak width Peak int Back. int Rel.
int Signif.
  [2θ] à1 [Å] à2 [Å] [2θ] [counts] [counts] [%]
```

19.190	4.6212	4.6327	0.400	45	449
9.7	0.79				
24.305	3.6590	3.6681	0.080	193	543
41.8	0.87				
27.485	3.2425	3.2505	0.240	20	576
4.4	0.82				
30.510	2.9275	2.9348	0.100	177	595
38.3	1.31				
32.360	2.7643	2.7711	0.060	380	600
82.3	1.42				
33.325	2.6864	2.6931	0.080	462	605
100.0	1.37				
34.305	2.6119	2.6184	0.120	365	605
78.9	2.25				
35.775	2.5078	2.5141	0.080	346	610
74.8	1.21				
37.285	2.4097	2.4157	0.200	139	615
30.1	1.93				
40.495	2.2258	2.2313	0.160	92	625
19.9	1.02				
42.580	2.1215	2.1267	0.120	69	625
14.9	0.88				
49.610	1.8360	1.8406	0.120	94	625
20.4	1.24				
54.210	1.6906	1.6948	0.080	125	630
27.1	0.95				
55.210	1.6623	1.6665	0.160	58	635
12.5	1.30				
56.690	1.6224	1.6264	0.120	88	635
19.1	0.87				
62.550	1.4837	1.4874	0.080	106	620
23.0	1.14				
63.280	1.4684	1.4720	0.120	69	620
14.9	1.07				
64.090	1.4518	1.4554	0.120	56	620
12.2	1.21				
72.135	1.3084	1.3116	0.960	16	625
3.5	1.74				
75.640	1.2562	1.2593	0.320	24	625
5.2	0.82				

Sample identification:

Data measured at: 0-jan-2044 **:04:00

Diffraction type:

Tube anode:

Generator tension [kV]: 35

Generator current [mA]: 30

Wavelength Alpha1 [°]: 1.54056

Wavelength Alpha2 [°]: 1.54439

Intensity ratio (alpha2/alpha1): 0.500

Thin film collimator: YES

Scatter slit (0.1 mm): NO

Monochromator used:

Start angle [2θ]: 10.020

End angle [2θ]: 79.980

Step size [2θ]: 0.020

Maximum intensity: 453.6900

Time per step [s]: 411.200

Type of scan:

Scan mode:

Fixed angle: 0.000

Smooth factor:

Weights and Levers:

Intensities converted to: FIXED

Minimum peak tip width: 0.00

Maximum peak tip width: 1.00

Peak base width: 2.00

Minimum significance: 0.75

Number of peaks: 21

Angle int [2θ]	d-value Signif. à1 [°]	d-value à2 [°]	Peak width [2θ]	Peak int [counts]	Back. int [counts]	Rel. [%]
24.350	3.6524	3.6615	0.120	146	520	
32.3	1.53					
30.570	2.9219	2.9292	0.060	199	571	
43.8	1.46					
30.990	2.8833	2.8904	0.160	79	576	
17.5	1.00					
32.350	2.7651	2.7720	0.100	342	581	
75.4	1.84					
33.355	2.6840	2.6907	0.120	454	586	
100.0	3.27					

34.335	2.6096	2.6161	0.120	339	586
74.6	2.26				
35.785	2.5072	2.5134	0.100	335	595
73.8	1.40				
37.325	2.4072	2.4132	0.160	123	600
27.2	1.09				
40.560	2.2223	2.2279	0.240	67	605
14.8	1.93				
41.025	2.1982	2.2037	0.160	94	605
20.7	0.97				
42.695	2.1160	2.1213	0.200	52	605
11.4	0.85				
44.850	2.0192	2.0242	0.240	15	605
3.4	0.79				
49.620	1.8357	1.8403	0.160	98	610
21.6	1.26				
54.280	1.6886	1.6928	0.080	128	620
28.1	0.89				
55.250	1.6612	1.6654	0.240	53	620
11.7	1.77				
56.770	1.6203	1.6243	0.120	77	625
17.1	1.00				
62.650	1.4816	1.4853	0.240	46	620
10.2	2.59				
63.325	1.4674	1.4711	0.160	76	620
16.7	1.16				
64.120	1.4511	1.4548	0.100	67	625
14.8	0.90				
72.545	1.3020	1.3052	0.960	18	620
3.9	0.98				
75.580	1.2570	1.2602	0.960	14	620
3.2	1.07				

Sample identification: TM Bsr-0,2
 Data measured at: 0--2028 0:00:00

Diffractionmeter type:
 Tube anode: Cu
 Generator tension [kV]: 40
 Generator current [mA]: 30
 Wavelength Alpha1 [°]: 1.54060
 Wavelength Alpha2 [°]: 1.54443
 Intensity ratio (alpha2/alpha1): 0.500
 Receiving slit: 0.05
 Monochromator used: YES

Start angle [2θ]: 10.000
 End angle [2θ]: 80.020
 Step size [2θ]: 0.020
 Maximum intensity: 412.0900
 Time per step [s]: 0.400
 Type of scan: STEP
 Smooth factor: 1
 Intensities converted to: FIXED

Minimum peak tip width: 0.00
 Maximum peak tip width: 1.00
 Peak base width: 2.00
 Minimum significance: 0.75
 Number of peaks: 18

Angle int [2θ]	d-value Signif. à1 [°]	d-value à2 [°]	Peak width [2θ]	Peak int [counts]	Back. int [counts]	Rel. [%]
24.250	3.6673	3.6764	0.200	90	497	
21.9	1.06					
30.490	2.9295	2.9368	0.160	119	557	
28.8	1.01					
32.365	2.7639	2.7708	0.240	219	571	
53.2	3.00					
33.360	2.6837	2.6904	0.080	412	576	
100.0	1.49					
34.355	2.6082	2.6147	0.080	234	581	
56.8	0.78					
35.820	2.5049	2.5111	0.080	276	590	
66.9	1.45					
37.330	2.4069	2.4129	0.160	125	595	
30.4	1.24					

40.450	2.2282	2.2337	0.240	62	600
15.1	1.65				
40.990	2.2001	2.2055	0.240	81	600
19.7	0.78				
49.600	1.8364	1.8410	0.140	142	615
34.4	1.89				
54.195	1.6911	1.6953	0.200	182	615
44.2	1.71				
55.245	1.6614	1.6655	0.200	72	620
17.5	0.89				
56.720	1.6216	1.6257	0.320	117	625
28.3	1.77				
62.515	1.4845	1.4882	0.160	117	615
28.3	0.98				
63.285	1.4683	1.4720	0.120	114	615
27.8	1.97				
64.065	1.4523	1.4559	0.120	108	615
26.2	0.96				
67.455	1.3873	1.3908	0.320	35	620
8.4	0.93				
72.520	1.3024	1.3056	0.960	26	620
6.3	1.27				

Sample identification: TM Bsr-0,3
 Data measured at: 0--2028 0:00:00

Diffractionmeter type:
 Tube anode: Cu
 Generator tension [kV]: 40
 Generator current [mA]: 30
 Wavelength Alpha1 [°]: 1.54060
 Wavelength Alpha2 [°]: 1.54443
 Intensity ratio (alpha2/alpha1): 0.500
 Receiving slit: 0.05
 Monochromator used: YES

Start angle [2θ]: 10.000
 End angle [2θ]: 80.000
 Step size [2θ]: 0.020
 Maximum intensity: 492.8400
 Time per step [s]: 0.400
 Type of scan: STEP
 Smooth factor: 1
 Intensities converted to: FIXED

Minimum peak tip width: 0.00
 Maximum peak tip width: 1.00
 Peak base width: 2.00
 Minimum significance: 0.75
 Number of peaks: 19

Angle int [2θ]	d-value Signif. à1 [°]	d-value à2 [°]	Peak width [2θ]	Peak int [counts]	Back. int [counts]	Rel. [%]
24.330	3.6554	3.6645	0.120	121	543	
24.6	0.87					
30.550	2.9239	2.9311	0.160	180	600	
36.4	1.48					
32.350	2.7652	2.7720	0.100	420	605	
85.3	1.68					
33.355	2.6841	2.6908	0.120	493	610	
100.0	3.56					
34.300	2.6123	2.6188	0.080	412	610	
83.6	1.33					
35.780	2.5076	2.5138	0.080	420	615	
85.3	0.78					
37.290	2.4094	2.4154	0.120	166	620	
33.8	0.97					

40.515	2.2248	2.2303	0.240	102	625
20.7	1.83				
40.990	2.2001	2.2055	0.120	110	625
22.4	1.12				
42.635	2.1189	2.1242	0.320	79	630
16.1	1.37				
49.605	1.8363	1.8408	0.200	144	635
29.2	1.68				
54.230	1.6901	1.6943	0.240	207	635
42.1	2.96				
55.245	1.6614	1.6655	0.060	188	640
38.1	0.98				
56.750	1.6209	1.6249	0.060	193	645
39.2	1.01				
62.715	1.4803	1.4840	0.240	110	630
22.4	1.53				
63.260	1.4688	1.4725	0.080	159	630
32.2	0.99				
64.090	1.4518	1.4554	0.120	154	630
31.2	1.87				
67.705	1.3828	1.3862	0.960	23	635
4.7	0.86				
72.480	1.3030	1.3062	0.640	29	635
5.9	1.30				

Sample identification: TM Bsr-0,4
 Data measured at: 0--2028 0:00:00

Diffractionmeter type:
 Tube anode: Cu
 Generator tension [kV]: 40
 Generator current [mA]: 30
 Wavelength Alpha1 [°]: 1.54060
 Wavelength Alpha2 [°]: 1.54443
 Intensity ratio (alpha2/alpha1): 0.500
 Receiving slit: 0.05
 Monochromator used: YES

Start angle [2θ]: 10.000
 End angle [2θ]: 80.000
 Step size [2θ]: 0.020
 Maximum intensity: 424.3600
 Time per step [s]: 0.400
 Type of scan: STEP
 Smooth factor: 1
 Intensities converted to: FIXED

Minimum peak tip width: 0.00
 Maximum peak tip width: 1.00
 Peak base width: 2.00
 Minimum significance: 0.75
 Number of peaks: 18

Angle int [2θ]	d-value Signif. à1 [°]	d-value à2 [°]	Peak width [2θ]	Peak int [counts]	Back. int [counts]	Rel. [%]
24.260	3.6658	3.6749	0.160	67	497	
15.8	0.90					
30.475	2.9309	2.9382	0.200	128	571	
30.1	1.67					
32.345	2.7656	2.7725	0.160	253	576	
59.6	2.03					
33.285	2.6896	2.6963	0.100	424	581	
100.0	1.47					
34.335	2.6097	2.6162	0.140	279	586	
65.7	2.92					
35.685	2.5140	2.5203	0.100	289	590	
68.1	1.02					
37.255	2.4116	2.4176	0.160	144	600	
33.9	1.20					

40.975	2.2008	2.2063	0.240	69	615
16.2	0.89				
49.560	1.8378	1.8424	0.200	132	625
31.2	1.78				
54.155	1.6922	1.6964	0.200	193	630
45.5	2.12				
55.270	1.6607	1.6648	0.160	117	630
27.5	0.99				
56.765	1.6205	1.6245	0.120	172	635
40.4	1.44				
62.475	1.4854	1.4891	0.120	108	635
25.5	0.87				
63.270	1.4686	1.4723	0.120	159	635
37.4	1.61				
64.055	1.4525	1.4561	0.120	142	635
33.4	2.15				
66.350	1.4077	1.4112	0.800	23	635
5.4	0.84				
67.570	1.3852	1.3887	0.400	32	640
7.7	1.11				
72.110	1.3088	1.3120	0.480	52	655
12.2	0.96				

Sample identification: TM Bsr-0,5
 Data measured at: 0--2028 0:00:00

Diffractionmeter type:
 Tube anode: Cu
 Generator tension [kV]: 40
 Generator current [mA]: 30
 Wavelength Alpha1 [°]: 1.54060
 Wavelength Alpha2 [°]: 1.54443
 Intensity ratio (alpha2/alpha1): 0.500
 Receiving slit: 0.05
 Monochromator used: YES

Start angle [2θ]: 10.000
 End angle [2θ]: 80.000
 Step size [2θ]: 0.020
 Maximum intensity: 225.0000
 Time per step [s]: 0.400
 Type of scan: STEP
 Smooth factor: 1
 Intensities converted to: FIXED

Minimum peak tip width: 0.00
 Maximum peak tip width: 1.00
 Peak base width: 2.00
 Minimum significance: 0.75
 Number of peaks: 19

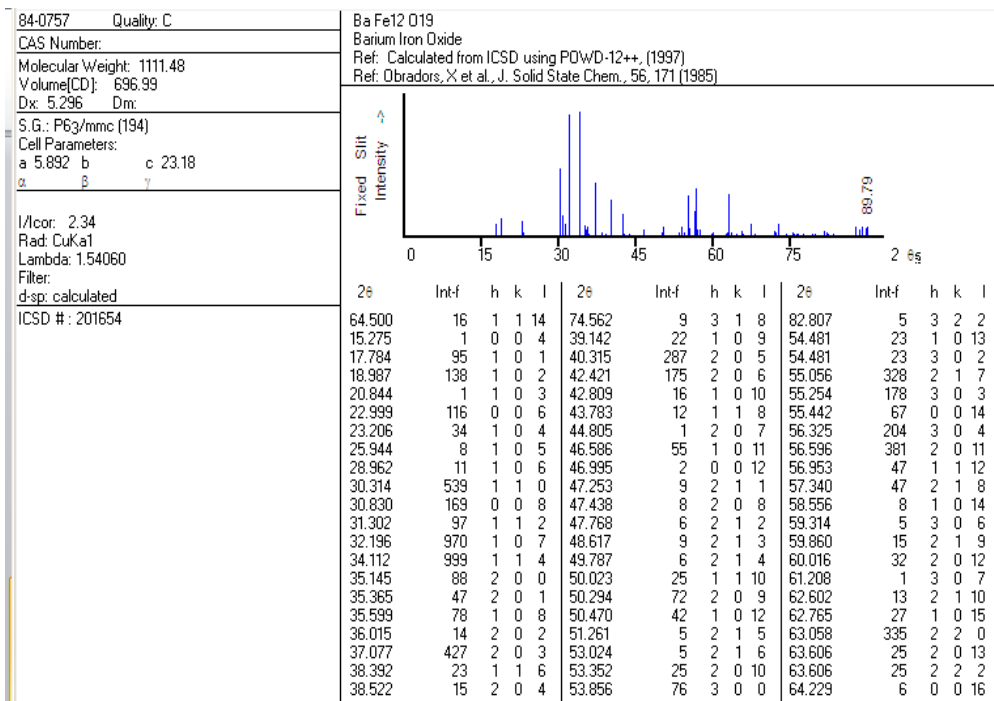
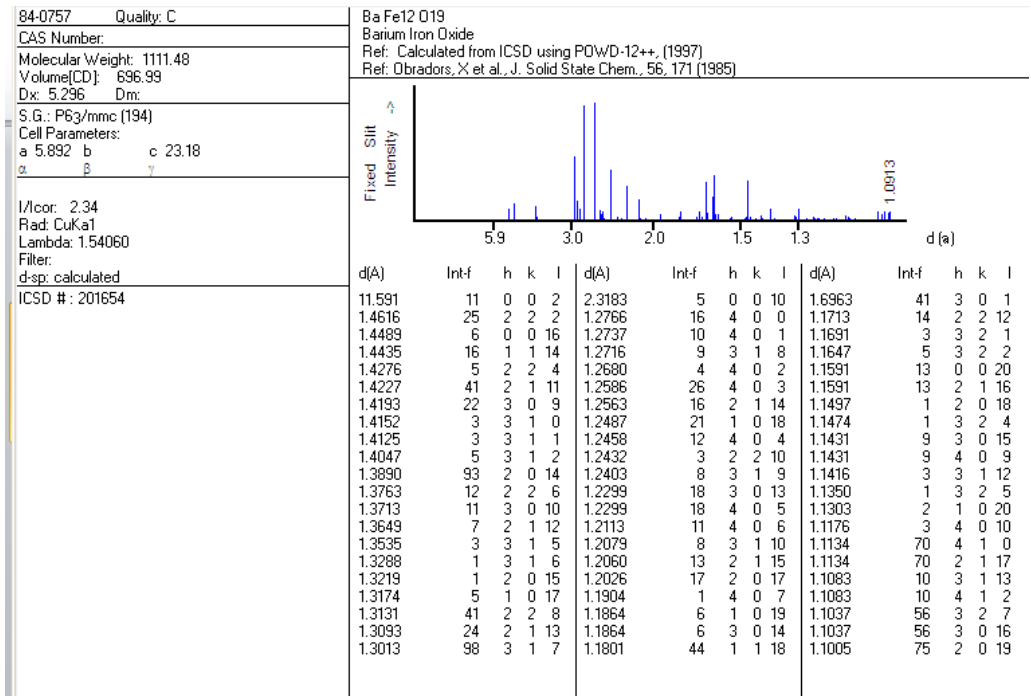
Angle int [2θ]	d-value Signif. à1 [°]	d-value à2 [°]	Peak width [2θ]	Peak int [counts]	Back. int [counts]	Rel. [%]
10.730	8.2385	8.2590	0.080	36	166	
16.0	0.84					
24.390	3.6466	3.6556	0.320	45	458	
20.0	0.91					
30.655	2.9141	2.9213	0.480	62	524	
27.7	2.62					
32.540	2.7495	2.7563	0.160	161	538	
71.7	0.89					
33.430	2.6783	2.6849	0.240	225	543	
100.0	3.26					
34.425	2.6031	2.6096	0.240	185	548	
82.2	2.50					
35.915	2.4984	2.5047	0.280	166	557	
74.0	2.62					

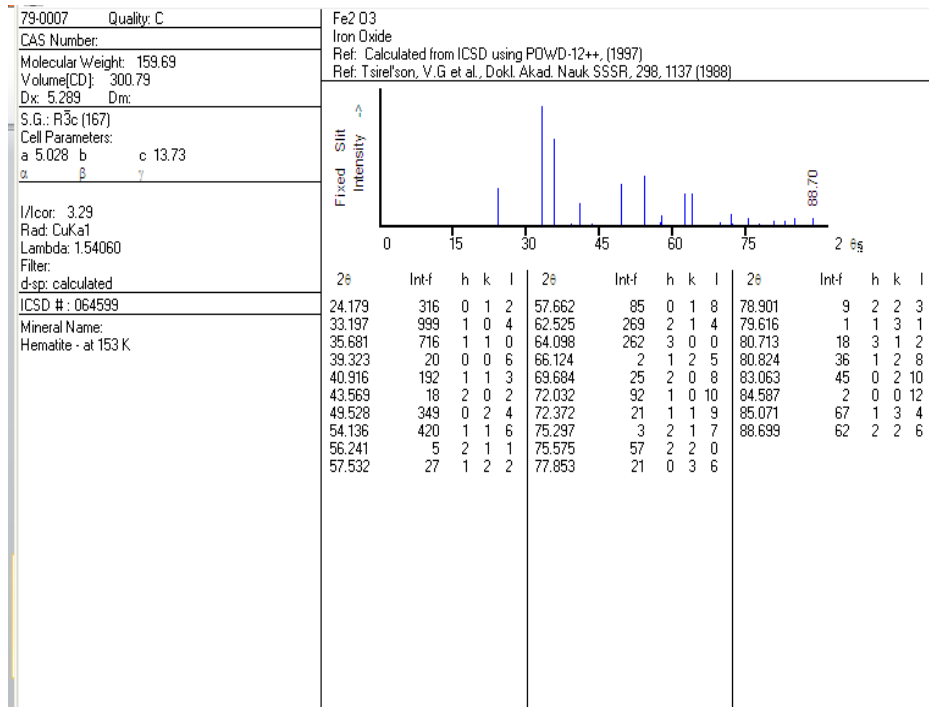
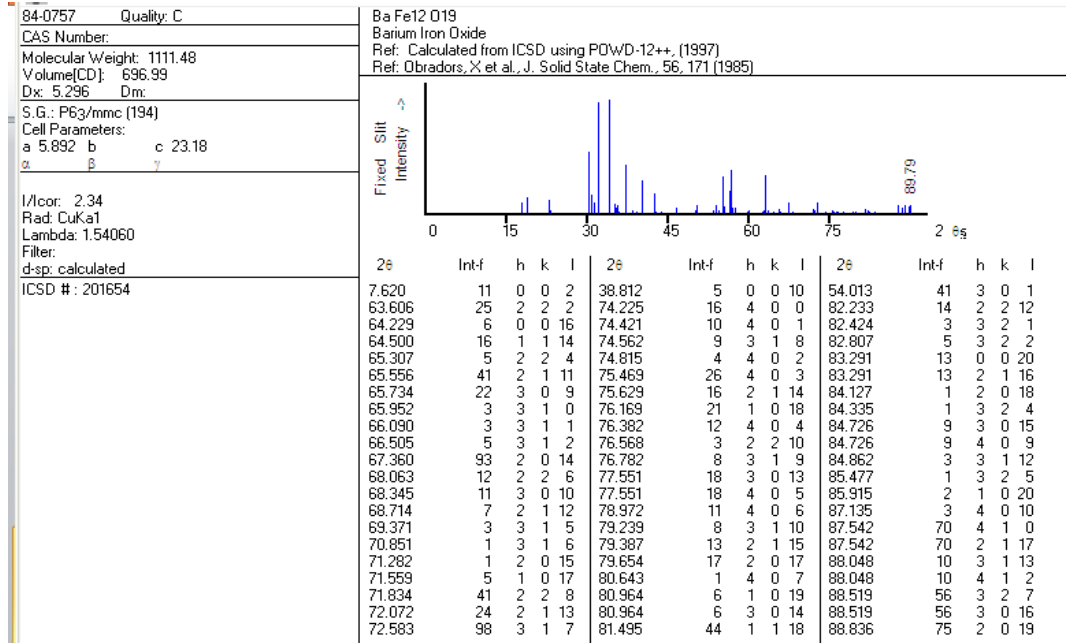
37.345	2.4060	2.4120	0.320	72	566
32.1	1.27				
41.035	2.1978	2.2032	0.800	53	581
23.7	1.42				
42.835	2.1095	2.1147	0.480	45	581
20.0	1.11				
49.705	1.8328	1.8374	0.160	114	610
50.9	0.87				
54.290	1.6883	1.6925	0.240	154	620
68.3	2.59				
55.415	1.6567	1.6608	0.200	83	620
36.8	0.90				
56.835	1.6186	1.6227	0.320	77	625
34.4	0.94				
62.520	1.4844	1.4881	0.200	86	630
38.4	1.07				
63.400	1.4659	1.4696	0.240	71	635
31.4	1.20				
64.185	1.4499	1.4535	0.280	88	635
39.3	2.24				
65.990	1.4145	1.4180	0.400	17	635
7.5	0.99				
72.570	1.3016	1.3048	0.960	25	645
11.1	0.75				

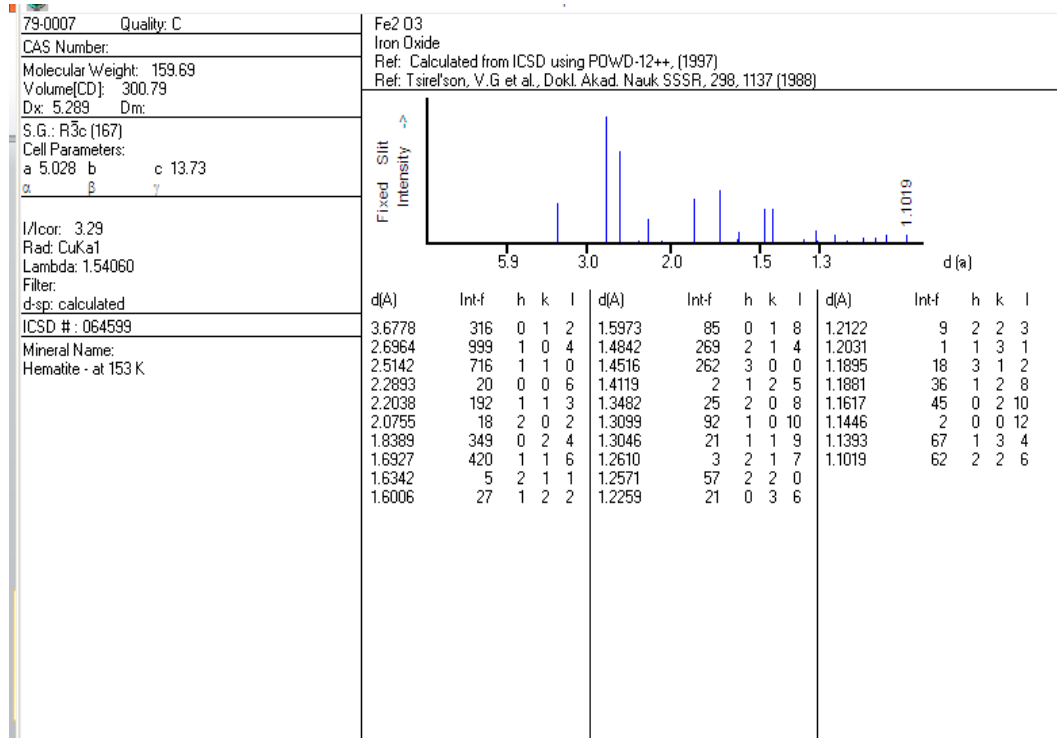
B. Tampilan Data ICDD

84-0757	Quality: C	Ba Fe12 O19
CAS Number:		Barium Iron Oxide
Molecular Weight: 1111.48		Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)
Volume(CD): 696.99		Ref: Obradors, X et al., J. Solid State Chem., 56, 171 (1985)
Dx: 5.296 Dm:		
S.G.: P63/mmc (194)		
Cell Parameters:		
a 5.892 b c 23.18		
α β γ		
I/lor: 2.34		
Rad: CuKα1		
Lambda: 1.54060		
Filter:		
d-sp: calculated		
ICSD #: 201654		

d(Å)	Int-f	h	k	l	d(Å)	Int-f	h	k	l	d(Å)	Int-f	h	k	l
11.591	11	0	0	2	2.3183	5	0	0	10	1.6963	41	3	0	1
5.7957	1	0	0	4	2.2995	22	1	0	9	1.6828	23	1	0	13
4.9833	95	1	0	1	2.2352	287	2	0	5	1.6828	23	3	0	2
4.6701	138	1	0	2	2.1290	175	2	0	6	1.6666	328	2	1	7
4.2581	1	1	0	3	2.1106	16	1	0	10	1.6611	178	3	0	3
3.8638	116	0	0	6	2.0659	12	1	1	8	1.6559	67	0	0	14
3.8298	34	1	0	4	2.0211	1	2	0	7	1.6320	204	3	0	4
3.4315	8	1	0	5	1.9479	55	1	0	11	1.6248	381	2	0	11
3.0803	11	1	0	6	1.9319	2	0	0	12	1.6155	47	1	1	12
2.9460	539	1	1	0	1.9219	9	2	1	1	1.6055	47	2	1	8
2.8978	169	0	0	8	1.9149	8	2	0	8	1.5750	8	1	0	14
2.8552	97	1	1	2	1.9024	6	2	1	2	1.5567	5	3	0	6
2.7780	970	1	0	7	1.8712	9	2	1	3	1.5438	15	2	1	9
2.6262	999	1	1	4	1.8299	6	2	1	4	1.5401	32	2	0	12
2.5513	88	2	0	0	1.8218	25	1	1	10	1.5130	1	3	0	7
2.5360	47	2	0	1	1.8126	72	2	0	9	1.4826	13	2	1	10
2.5198	78	1	0	8	1.8067	42	1	0	12	1.4791	27	1	0	15
2.4916	14	2	0	2	1.7807	5	2	1	5	1.4730	335	2	2	0
2.4226	427	2	0	3	1.7255	5	2	1	6	1.4616	25	2	0	13
2.3427	23	1	1	6	1.7157	25	2	0	10	1.4616	25	2	2	2
2.3350	15	2	0	4	1.7008	76	3	0	0	1.4489	6	0	0	16







DAFTAR RIWAYAT HIDUP



TSANIYA MUKARROMAH. Lahir di Madiun, 19 April 1993 dari pasangan Bapak Kayadi dan Ibu Umi Rohmatin sebagai anak kedua dari dua bersaudara. Bertempat tinggal di Jalan Narogong Cantik IX Blok F 75 No. 19 RT 002/023 Kel. Pengasinan Kec. Rawalumbu, Bekasi Timur, Jawa Barat 17115.

Pendidikan formal dimulai dari TK Pertiwi (1997 – 1999), SDN Pengasinan 02 (1999 – 2005), SMP Bani Saleh 2 (2005 – 2008), SMA Bani Saleh (2008 – 2011), dan kemudian Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta (September 2011 – September 2015) melalui Jalur SNMPTN Undangan (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama kuliah pernah menjadi asisten laboratorium Fisika Dasar, peserta olimpiade OSN–Pertamina, dan menjadi pemakalah pada acara Seminar Nasional Fisika 2015 (SNF) di UNJ. Tahun 2014 bergabung dengan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dalam menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan.

Di bidang non–akademik, penulis juga aktif diberbagai kegiatan organisasi kemahasiswaan. Pengalaman organisasi yang pernah diikuti adalah staf BLMJ Fisika – Komisi II (2013).