

PEMBUATAN MAGNET PERMANEN BaO_{0.6}Fe₂O₃

SKRIPSI

**Sebagai Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana di
Bidang Studi Fisika FMIPA**



POFI PUTRI UTAMI

08121002064

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SRIWIJAYA

2016

LEMBAR PENGESAHAN

Pembuatan Magnet Permanen BaO₆Fe₂O₃

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

Oleh:

POFI PUTRI UTAMI

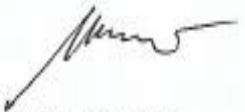
08121002064

Indralaya, Februari 2016

Pembimbing II


Drs. Ramelan, M.Si
NIP : 196604101993031003

Pembimbing I


Ir. Muljadi, M.Si
NIP: 195711161983121002

Diketahui Oleh :

Ketua Jurusan Fisika



Kepala Pusat Penelitian Fisika-LIPI



MOTTO

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmu lah engkau berharap." (QS. Al-Insyirah, 6-8)

"Harta tak lantas membuatmu masuk surga, tapi dengannya kau mampu membangun jembatannya. Ilmu tak sepenuhnya pasti membuatmu memiliki harta, tapi dengannya kau memiliki modal untuk membelinya. Berilmu lah—Maka surga lebih dekat" (Pofi, 2016)

"Tak ada akhir gemerlap dunia wi selain kematian, sebelum menemuinya—jadilah berarti" (Pofi, 2016)

Kupersembahkan karya kecil ini untuk,

- *Allah SWT; Sumber cinta pertama*
- *Rasulullah SAW; Yang kurindukan syafaatnya*
- *Ibu dan Ayah; sumber kasih sayang melimpah ruah*
- *Adik-adik; Sumber inspirasi untuk terus memberi teladan*
- *Guru, dosen, sahabat dan setiap orang yang jadi bagian dari perjalanan hidup*
- *Serta calon imam kelak yang masih Allah simpan dalam rahasia*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan hasil tugas akhir yang berjudul "**Pembuatan Magnet Permanen BaO_{0.6}Fe₂O₃**". Tak lupa salawat dikirimkan pada Baginda Nabi Muhammad SAW beserta sahabat, semoga syafaat dikaruniakan kepada kita semua. Aamiin.

Penulisan hasil tugas akhir ini bertujuan sebagai syarat untuk memenuhi salah satu syarat sarjana bidang material Jurusan Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Tugas Akhir ini difokuskan pada bidang ilmu material magnet yang penelitiannya dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika LIPI, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penulis selama pelaksanaan dan penyusunan hasil tugas akhir ini, terutama kepada: Dosen Pembimbing I, Bapak Ir. Muljadi, M. Si., Dosen Pembimbing II, Bapak Drs. Ramlan, M. Si Selain itu penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, saran dan kritik, diantaranya:

1. Kedua orang tua tercinta, Rapolis, S.E dan Fitri Yana atas doa dan dukungan yang tiada henti diberikan kepada penulis.
2. Adik-Adikku tersayang Vera Mika, Atika Dwi Putri, Muhammad Edo Raduputu Aprima yang selalu memberi sinergi positif berupa semangat untuk terus berkarya dan menyelesaikan Kerja Praktek dengan maksimal.
3. DIKTI yang telah memberikan beasiswa bidikmisi kepada penulis.
4. Bapak Drs. Muhammad Irfan, MT selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Drs. Octavianus Cakra satya, MT selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

6. Seluruh dosen-dosen FMIPA Fisika UNSRI yang selalu memberikan wejangan positif dan masukan membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
7. Bapak Dr. Bambang Widyatmoko, M. Eng selaku Kepala Pusat Penelitian Fisika (PPF) LIPI atas perizinan tempat Tugas Akhir.
8. Bapak Dr. Toto Sudiro, M.Eng., dan Bapak Didik Aryanto, M.sc., yang selalu memberi saran terbaik kepada penulis dalam melaksanakan Tugas Akhir.
9. Asisten Laboratorium Kak Dwidi Anggi D.R yang sejak awal membantu penulis menuntaskan Tugas Akhir dan memberikan masukan-masukan baik.
10. Bapak Ibu karyawan LIPI yang sangat baik dan ramah; Bu Yanti, Pak Lukman, Pak Boy.
11. Mereka yang selalu menjadi sumber inspirasi, orang tersayang di tanah rantau, sahabat yang sudah seperti keluarga sendiri; Melisa (Ayunda) , Sri Minarsih (Bukcik), Eka Hartini (Bebeb), Tiara Niar (Cece).
12. Sahabat-sahabat terkasih yang senantiasa memberi motivasi, dan membantu penulis dalam segala hal; Adhitya Dharma (Abang), Aldi Setia Utama (Mamas), Ahmad Reza (Mas jak), Trisno Yudha Akbar (Ino), Fitri Permata Sari (Pipit), Fadhilah (Mbak Dil).
13. Seluruh rekan seperjuangan Fisika 2012 yang selalu bersama menapaki tanjakan perjuangan di bangku kuliah.
14. Armei Rapudin, mahasiswa Teknik Planologi Universitas Brawijaya, rekan satu organisasi di bawah koordinator KPK (Komisi Pemberantasan Korupsi) RI, yang senantiasa memberikan dorongan, masukan, dan ikhlas untuk direpotkan dalam banyak hal selama penyusunan tugas akhir.
15. Anak-anak jalanan asuhku, anak-anak kegiatan mendongengku, anak-anak panti sosialku, dan semua kalian yang menjadi bagian dari perjalanan di tanah rantau.
16. Rekan-rekan Angkatan Perubahan, Kosmic, *Community of Science*, Inspirasi Unsri, Inspirasi Indonesia *Chapter Palembang*, dan sebagainya.
17. Adik-adik kosan devi: Atika, Mpeb, Yulia, Anik, terimakasih selalu menghibur sepanjang penyusunan skripsi.

18. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan hasil tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan yang disebabkan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan baik saran ataupun kritik yang sifatnya membangun dalam penyempurnaan hasil tugas akhir ini.

Wassalamualaikum Warohmatullahi Wabarakatuh

Indralaya, Mei 2016

Penulis

PEMBUATAN MAGNET PERMANEN Ba.O₆Fe₂O₃

Pofi Putri Utami

08121002064

Abstrak

Telah dilakukan sintesa dan karakterisasi magnet barium heksaferit ($BaO_6Fe_2O_3$) dari bahan dasar barium karbonat ($BaCO_3$) dan hematit (Fe_2O_3) menggunakan metode metalurgi serbuk. Komposisi percampuran adalah stokimetri yaitu mole ratio $BaO : Fe_2O_3 = 1:6$. Kedua bahan baku dicampur menggunakan magnetic stirrer dan media aquades hingga homogen, kemudian dikeringkan pada suhu 100°C sampai kering. Serbuk yang dihasilkan kemudian ditambahkan 1 % berat binder celuna, kemudian di cetak dengan tekanan 2 ton/cm². Pelet yang dihasilkan selanjutnya di sintering dengan variasi suhu sintering yaitu : 1000, 1050, 1100, 1150, 1200 dan 1250 °C dan ditahan selama 1 jam untuk tiap suhu tersebut. Hasil analisa XRD dari sampel yang telah disintering dari 1000°C sampai dengan 1250°C menunjukkan pola difraksi yang mirip sama serta teridentifikasi ada dua fasa yaitu fasa $BaO_6Fe_2O_3$ sebagai fasa dominan dan fasa Fe_2O_3 sebagai fasa minor. Karakterisasi terhadap sampel yang telah disintering antara lain : uji densitas dan porositas, analisa XRD serta uji sifat magnet menggunakan Permeagraph. Hasil karakterisasi diperoleh bahwa nilai bulk densitas tertinggi dan porostas terendah dicapai pada suhu sintering 1200°C. Berdasarkan kurva histeresis bahwa sifat magnet dari sampel yang telah disintering 1200°C adalah : induksi remanensi = 2,41 kGauss, koersifitas = 3,773 kOe dan Energy produk BH_{max} = 0,93 MGOe. Sifat magnet yang paling mendekati produk komersial China adalah pada suhu 1200°C.

Keywords: Barium Heksafir, metalurgi serbuk, sintering, kurva hysresi, hematit

MAKING OF PERMANENT MAGNETIC Ba.O₆Fe₂O₃

Pofi Putri Utami

08121002064

Abstract

Has been conducted synthesis and characterization of magnetic material is barium heksaferit ($BaO \cdot 6Fe_2O_3$) using raw materials of barium carbonate ($BaCO_3$) and Hematite (Fe_2O_3) by powder metallurgy method. The composition of the stoichiometric mixture is that the mole ratio of $BaO : Fe_2O_3 = 1 : 6$. Both raw materials are mixed with distilled water as mixing media by using a magnetic stirrer until a homogeneous, then dried at $100^\circ C$ until dry. The resulting powder is then added 1% by weight binder celuna, then formed with a pressure of $2 \text{ ton} / \text{cm}^2$. Pellets produced in the subsequent sintering with sintering temperature variations are: 1000, 1050, 1100, 1150.1200 and $1250^\circ C$ and held for 1 hour for each of the temperature. Sintered samples were characterized by using XRD and it shows the diffraction pattern which are similar and identified two phases, namely phase $BaO_6Fe_2O_3$ as dominant phase and Fe_2O_3 phase as minor phase. Characterization of the samples that have been sintering include: test density and porosity, XRD analysis and testing magnetic properties using Permeagraph. The characterization results showed that the highest value of the bulk density and lowest porosity achieved at sintering temperature $1200^\circ C$. Based on the hysteresis curve that the magnetic properties of samples were sintering $1200^\circ C$ are: induction remanence = 2.41 kGauss, koersifitas = 3.773 kOe and Energy products BH_{max} = 0.93 MGOe. Magnetic properties closest commercial product China is at a temperature $1200^\circ C$.

Keywords: Barium Heksafertit, powder metallurgy, sintering, hysteresis curve, hematit.

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv

BAB I PENDAHULUAN.....	1
-------------------------------	----------

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Tempat dan waktu Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II PROFIL LEMBAGA	5
------------------------------------	----------

2.1. Sejarah singkat	5
2.2. Visi dan Misi	5
2.3.Lokasi Pusat Penelitian Fisika-LIPI	6
2.4.Pelayanan Instansi.....	6
2.4.1 Instrumentasi dan Optik	6
2.4.2 Fisika Bahan Baru	7
2.4.3 Fisika Industri dan Lingkungan.....	8
2.5.Struktur Organisasi.....	8
2.6. Lingkup Kegiatan.....	9
2.7. Kerjasama dan pelayanan Jasa Iptek	9

BAB III TINJAUAN PUSTAKA.....	11
--------------------------------------	-----------

3.1.Magnet <i>Ferrite</i>	11
3.1.1 Komposisi dan Sifat.....	11
3.2.Barium Heksafertit	12
3.2.1 Struktur Kimia.....	13
3.2.2 Struktur Kristal Barium Heksafertit.....	13
3.2.3 Aplikasi Barium Heksafertit.....	14
3.3. <i>X Ray Diffractometer</i>	15
3.3.1 Komponen dasar XRD.....	15

3.3.2 Skema dan Prinsip Kerja Alat Difraksi Sinar-X(XRD).....	16
3.4. Definisi Komposit.....	17
3.4.1 Klasifikasi Komposit.....	17
3.4.2 Sifat maupun Karakteristik Komposit.....	18
3.4.3 Kekurangan Komposit.....	18
3.4.4 Kelebihan Komposit.....	18
3.4.5 Contoh material Komposit.....	19
3.4.6 Penyusunan Komposit.....	20

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 21

4.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
4.2. Alat dan bahan Penelitian.....	21
4.2.1 Alat Penelitian.....	21
4.2.2 Bahan Penelitian.....	22
4.3. Tahapan Penelitian.....	23
4.3.1 Proses Pencampuran Serbuk Barium Heksafert dengan arang bambu.....	23
4.3.2 Proses Pembuatan pelet carbon-ferit komposit.....	23
4.3.3 Karakterisasi.....	24
4.4 Alur Penelitian.....	24
4.4.1 Diagram Alir penelitian.....	25
4.5 Analisa PSA (<i>Particle Size Analyzer</i>).....	25
4.5.1 Karakterisasi <i>Bulk Density</i>	25
4.5.2 Analisa <i>X Ray Diffraction</i>	26

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 27

5.1. Pengukuran <i>Bulk Density</i>	27
5.2. <i>X-Ray Diffraction</i>	28
5.3. Mikroskop Optik.....	30

BAB VI PENUTUP 31

6.1 Kesimpulan.....	31
6.2 Saran.....	31

DAFTAR PUSTAKA.....32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur organisasi P2F-LIPI	8
Gambar 2 Lingkup Kegiatan P2F-LIPI.....	9
Gambar 3 Tumupukan Magnet <i>Ferrite</i>	11
Gambar 4 Struktur Kristal BaO _{0.6} Fe ₂ O ₃	14
Gambar 5 Aplikasi Barium Heksafерit	15
Gambar 6 Skema geometri difraktometer	17
Gambar 7 Ilustrasi matriks pada komposit.....	20
Gambar 8 Skema diagram Alir	25
Gambar 9 Hasil XRD komposisi 70:30	29
Gambar 10 Mikroskop Optik arang bambu 100%	30
Gambar 11 Mikroskop optik Ferit Karbon 70:30	30

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tabel hasil <i>Bulk Density</i>	27
--	----

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Grafik *bulk density*.....28

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I. GAMBAR ALAT DAN BAHAN	34
LAMPIRAN II. DATA DAN CONTOH PERHITUNGAN DENSITAS	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Magnet permanen adalah salah satu material dengan aplikasi yang luas pada berbagai macam industri di Indonesia dan merupakan material yang sangat strategis. Efisiensi energi seperti pada sistem generator listrik, sistem penggerak listrik, motor listrik, otomatisasi industri dan lainnya sangat ditentukan oleh sifat dan kualitas material magnet tersebut. Bahkan pada aplikasi sistem otomasi elektronik, otomasi industri dan sejenisnya memerlukan sejumlah magnet yang tidak sedikit. Namun, sampai saat ini di Indonesia produk magnet khususnya magnet permanen yang ada dipasaran 100% masih berbasis impor. Sedangkan kebutuhan magnet permanen di Indonesia sangat tinggi dan menempatkan Indonesia menjadi pasar nomor 2 dunia (Sardjono, dkk, 2012). Padahal bahan baku untuk pembuatan magnet cukup berlimpah di Indonesia dalam bentuk pasir besi sebagai sumber Fe₂O₃ (Sebayang dan Muljadi, 2011).

Jika dilihat dari sifat kemagnetannya, magnet dapat dikategorikan menjadi dua bagian yaitu magnet lunak (*soft magnet*) dan magnet keras (*hard magnet*). Magnet keras adalah material magnet yang mampu mempertahankan sifat kemagnetannya secara permanen setelah dimagnetisasi. Material inilah yang sering disebut sebagai magnet permanen. Magnet lunak dapat mengalami magnetisasi dan tertarik ke magnet lain, namun sifat magnetiknya hanya akan bertahan apabila magnet berada dalam suatu medan magnetik. Magnet lunak tidak mengalami magnetisasi yang permanen (Pullar, 2012).

Adapun bahan magnet permanen yang dikenal dipasaran terdiri dari beberapa jenis. Penelitian ini akan membuat magnet permanen (*hard magnet*) berbasis oksida ferrite, yaitu *barium hexaferrite* ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) (Sebayang dan Muljadi, 2011). Magnet *barium hexaferrite* memiliki struktur kristal hexagonal dengan rumus dengan rumus umum $\text{MO}.\text{Fe}_2\text{O}_3$ dimana M adalah Barium (Ba) (Nariyoh, 2014).

Magnet permanen *barium hexaferrite* adalah jenis magnet yang paling banyak digunakan di dunia, terutama di Indonesia. Pemanfaatan bahan barium heksaferit yang meluas, didukung karena harganya yang murah, nilai koersivitas tinggi di atas 10 kA/m, magnetisasi saturasi yang tinggi, serta temperatur transisi magnet (temperatur Curie, T_c) yang tinggi sekitar 750°C . Selain itu sifat kimia yang stabil dan ketahanan korosi sangat baik (Johan, 2010).

Melihat penggunaan magnet permanen berbasis barium heksaferit sangat banyak di Indonesia, maka pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan magnet permanen berbasis barium heksaferit dengan teknik metallurgi serbuk. Selain itu juga mempersiapkan material magnet permanen dengan fasa utama $\text{BaO}.\text{6Fe}_2\text{O}_3$. Bahan baku utama yang digunakan antara lain Barium Carbonat (BaCO_3) dan Hematit (Fe_2O_3). Pada bagian proses *sintering* dilakukan variasi temperatur. Dilakukannya variasi temperatur pada proses sintering, ialah agar diketahui pengaruh temperatur terhadap sifat fisis dan sifat magnet pada pembuatan magnet permanen $\text{BaO}.\text{6Fe}_2\text{O}_3$. Sehingga diperoleh temperatur ideal dalam teknik pembuatan magnet permanen berbasis Barium heksaferit. Temperatur yang ideal ini didapat dari hasil pembentukan fasa tunggal paling sempurna diantara variasi suhu sintering tersebut.

Selain itu, karena produk magnet permanen di Indonesia 100% impor dari China dan Jepang, maka hasil penelitian ini akan dibandingkan dengan magnet permanen berbasis Barium heksaferit produk komersial China. Terutama di sifat magnet kedua sampel uji. Adapun magnet permanen bahan komersial China yang dimaksud telah dilakukan peneliti sebelumnya dan telah didapatkan hasilnya, sehingga penulis tidak lagi membuat sampel uji dari bahan komersial China. Hal ini dilakukan dengan harapan dapat mengetahui kekurangan magnet permanen komersial dan non komersial.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah sebelumnya, maka penulis merumuskan beberapa hal yang menjadi masalah dalam penelitian ini. Diantaranya:

1. Bagaimana pembuatan magnet $\text{BaO}_0.6\text{Fe}_2\text{O}_3$ nonkomersial?
2. Bagaimana efek variasi suhu sintering pelet magnet permanen $\text{BaO}_0.6\text{Fe}_2\text{O}_3$ terhadap sifat fisis dan sifat magnetnya?
3. Bagaimana perbandingan $\text{BaO}_0.6\text{Fe}_2\text{O}_3$ dengan bahan komersial China?

1.2.Batasan Masalah

Untuk mendapatkan suatu hasil penelitian dari permasalahan yang ditentukan, maka perlu ada batasan masalah penelitian. Adapun yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini, yakni:

1. Bahan baku serbuk $\text{BaO}_0.6\text{Fe}_2\text{O}_3$ adalah BaCO_3 dan Fe_2O_3 dengan perbandingan stokimetri 1:6.

2. Variable yang divariasikan adalah temperatur sintering yaitu 1000°C, 1050°C, 1100°C, 1150°C, 1200°C, 1250°C.
3. Uji karakteristik yang dianalisa antara lain analisa ukuran partikel serbuk magnet BaO_{0.6}Fe₂O₃ menggunakan PSA, analisa *bulk density* magnet BaO_{0.6}Fe₂O₃ menggunakan metode Archimedes, analisa porositas, analisa susut bakar menggunakan jangka sorong, analisa struktur serbuk BaO_{0.6}Fe₂O₃ yang dilakukan dengan XRD dan analisa sifat magnet pelet magnet BaO_{0.6}Fe₂O₃ yang dilakukan dengan Gaussmeter, serta analisa permagaph.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Membuat magnet permanen berbasis Barium heksaferit (BaO_{0.6}Fe₂O₃) dari campuran BaCO₃ dan Fe₂O₃ dengan perbandingan stoikiometri 1:6.
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu sintering pada sifat fisis berupa ukuran butir partikel, densitas, porositas, dan susut bakar. Serta kuat medan magnet (*flux density*) Barium heksaferit.
3. Membandingkan magnet permanen berbasis Barium heksaferit (BaO_{0.6}Fe₂O₃) dengan magnet permanen bahan komersial dari China.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Dapat membuat dan menganalisa karakterisasi magnet permanen berbasis Barium heksaferit $\text{BaO}_0.6\text{Fe}_2\text{O}_3$.
2. Dapat mengetahui variasi suhu pada pembuatan magnet permanen $\text{BaO}_0.6\text{Fe}_2\text{O}_3$.
3. Dapat mengetahui perbandingan antara magnet permanen $\text{BaO}_0.6\text{Fe}_2\text{O}_3$ dengan magnet permanen bahan komersial China.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada masing-masing bab adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang penelitian, batasan masalah yang akan diteliti, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tempat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang landasan teori yang menjadi acuan untuk proses pengambilan data, analisa data, serta pembahasan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang peralatan dan bahan penelitian, diagam alir penelitian, prosedur penelitian, pengujian sampel.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang data hasil penelitian dan analisa data yang diperoleh dari penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afza, E., 2011, *Pembuatan Magnet Permanent Ba-Hexa Ferrite ($Ba_0.6Fe_2O_3$) Dengan Metode Koopresipitasi Dan Karakterisasinya*, FMIPA Universitas Sumatra Utara : Sumatra Utara
- Bekir, Kavruk., 1986, *Literaturstudie ueber die Harferrite und Sintering, Kornwachstrun in dotierten strontiumferriten*: Diplomarbeit SS.
- Chisholm, Hugh, ed, 1911, *witherite (Encyclopedia Britannica)*, 28 (11 ed), Cambrige: Cambrige University Press.
- Carter, Barry, Norton, 2007, *Bahan Keramik: Sains dan Teknik*, Springer: ISBN 0-387-46270-8.
- Dermayu , S.,S. 2012 , *Pengaruh Komposisi CuO Terhadap Penyerap Gelombang Mikro Pada Pembuatan Magnet Barium Heksafertit ($Bafe_{12-x} Cu_x O_{19}$)* , Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Ghababazade, R., Mirhabibi, A., Pourasad, J., Brown, A., Brydson, A., Amiri, M.J. 2007. *Study of Phase Composition and Stability of Explosive Synthesis Nanosized Al₂O₃*. Journal Surface Science. Vol. 601, pp. 2864.
- Ginting, D., 2014, *Efek Penambahan Boron Terhadap Mikrostruktur, Sifat Fisis, Dan Magnetik Barium Heksafertit*, Universitas Sumatera Utara: Medan
- Halliday & Resnick. 1989. *Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Hia, T.H, 2015, *Sintesis dan karakterisasi magnet berbasis barium heksafertit – alumina*. Tesis, Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Hilda, Ayu , Marlina, 2013 , *Pembuatan Magnet Bonded Permanen Prfeb Dengan Binder Polyester Dan Silicone Rubber*, Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Hudson et.al, 2002, Buehler Dialog : Alumina, Method Number 10.12., Buehler Ltd., USA.
- Jazirehpour, M., M. H. Shams, and O. Khani, “*Modified sol – gel synthesis of nanosized magnesium titanium substituted barium hexaferrite and investigation of the*

effect of high substitution levels on the magnetic properties,” J. Alloys Compd., 2012, vol. 545, pp. 32–40.

Johan, A., 2010, *Analisis Bahan Magnet Nanokristalin Barium Heksafерit (Ba_{0.6}Fe₂O₃) dengan Menggunakan High-Energy Milling*. Jurnal Penelitian Sains. Volume 14 Nomor 1(B): 14105.

Kharismayanti, 2013 , *Pembuatan Dan Karakterisasi Magnet Permanen Barium Heksafерit Untuk Aplikasi Sensor Meteran Air*, Universitas Sumatera Utara : Medan.

Liu, Y., M. G. B. Drew, and Y. Liu, “Journal of Magnetism and Magnetic Materials Preparation and magnetic properties of barium ferrites substituted with manganese , cobalt , and tin,” *J. Magn. Magn. Mater* , 2011, vol. 323, no. 7, pp. 945–953.

Oktavia, S., L. 2014 ,*Efek Variasi Waktu Rotary Ball Mill Pada Serbuk Ndfeb Terhadap Mikrostruktur, Densitas, Dan Sifat Magnetnya*,Universitas Sumatera Utara :Medan.

Ozguri, U., Yahya, A., and Hadis, M.,2009, *Microwave Ferrites, Part 1 : Fundamental Properties* ,Department of Electrical and Computer Engineering Virginia Commonwealth University.

Maulana, S. S . A, 2014 ,*Pembuatan Magnet Permanen Barium Heksafерit Dengan Subsitusi Ion Mn Dan Ti Pada Ion Fe Sebagai Material Penyerap Gelombang Mikro*,Universitas Sumatera Utara :Medan.

Meng, Y. Y., M. H. He, Q. Zeng, D. L. Jiao, S. Shukla, R. V. Ramanujan, and Z. W. Liu, “Synthesis of barium ferrite ultrafine powders by a sol-gel combustion method using glycine gels,” *J. Alloys Compd.* , 2014, vol. 583, pp. 220–225.

Mentari .H . R.,2014, *Efek Holding Time Heat Treatment Terhadap Sifat Fisis Mikrostruktur, Dan Sifat Magnet Pada Pembuatan Bonded Magnet Pr-Fe-B*,Universitas Sumatera Utara: Medan.

Mirjalili, F., Hasmaliza, M., Luqman, C. 2011. *Preparation of Nano Scale α- Al₂O₃ Powder by The Sol Gel Method*. Ceramic Silikaty. Vol. 55, No. 4, pp. 378-383.

Nayiroh, Nurun, 2014, *Metalurgi Serbuk*, Paper Material Teknik dan Sains Material, Bandung: LIPI.

Nowosielski, R. Babilas, J. Wrona, F. Materials, and S. Pro-ecological, “Microstructure and magnetic properties of commercial barium ferrite powders,” *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.*, 2007, vol. 20, no. 1–2, pp. 307–310.

Priyono, Yuli.A, Happy.T, Ainihi. K.R.S, 2004, *Efek Aditif Al₂O₃ Terhadap Struktur dan Sifat Fisis Magnet Permanen BaO.6(Fe₂O₃)*, Universitas Diponegoro : Semarang.

Pullar, R.C., 2012, *Hexagonal Ferrites: a Review of the Synthesis, Properties and Applications of Hexaferrite Ceramics*. Progress In Material Science. Portugal: CIECO.

Ristic, M. M., 1977, *Sintering New Developments*, Material Science Monographs, vol 4, Proceeding of 4th International Round Table Conference on Sintering, Dubrovnik, Yugoslavia, September 5 – 10, 1979, Elsevier Scientif Publishing Company, Amsterdam-Oxford, New York.

Sardjono, P., Agus S., Perdamean, S., Masbah R.T.S, Nanang, S., Azwar, M., Ridzwan, Syamsudin, E., 2012, *inovasi teknologi pembuatan magnet permanen untuk membangun industri magnet nasional*. Prosiding InSINas. P2F LIPI : Serpong

Sebayang dan Muljadi, 2011, *Kajian Struktur Mikro terhadap Sifat Magnetik pada Magnet Permanen Ba0.6Fe2O3*. Tangerang: LIPI.

Shepherd, P., K. K. Mallick, and R. J. Green, “Magnetic and structural properties of M-type barium hexaferrite prepared by co-precipitation,” *J. Magn. Magn. Mater.*, 2007, vol. 311, no. 2, pp. 683–692.

Sianipar, T.M, 2015, *Pengaruh temperatur sintering terhadap sifat fisis, magnet dan mikrostruktur dari BaFe₁₂O₁₉ dengan aditif Al₂O₃*, Skripsi, FMIPA Universitas Sumatra Utara : Sumatra Utara

Simbolon, S., A. P. Tetuko, P. Sebayang, K. Sebayang, and H. Ginting, “Sintesis dan karakterisasi barium m-heksaferit dengan doping ion mn dan temperatur sintering,” *Semin. dan Focus Grup Discuss. Mater. Maju Magn. dan Apl.*, , 2013, pp. 1–6.

Siregar, S.D., 2012, *Pengaruh Komposisi CuO Terhadap Penyerapan Gelombang Mikro Pada Pembuatan Magnet Barium Heksaferrit (BaFe_{12-x}Cu_xO₁₉)*, Sumatra Utara : FMIPA Universitas Sumatra Utara.

Surya, L.H., 2008, *Proses Pengolahan Magnesium Dengan Cara Elektrolisis Bahan Hidromagnesit Dan Magnesium Oksida*, Depok : FMIPA Universitas Indonesia

Soman, V.V., V.M. Nanoti, dan D.K. Kulkarni., 2013, *Dielectric and Magnetic Properties of Mg-Ti Substituted Barium Hexaferrite*, India : Department of Physic P.I.G college of Engineering.

Tudorache,F., P. D. Popa, F. Brinza, and S. Tascu, “Structural Investigations and Magnetic Properties of BaFe₁₂O₁₉ Crystals,” *Proc. Int. Congr. Adv. Appl. Phys. Mater. Sci.*, 2012, vol. 121, no. 1, pp. 95–97.

Xu, Z., Xiao, F.S., Purnell, S.K., Alexeev, O., Kawi, S., Deutsch, S.E., and Gates, B.C. 1994. *Sol-gel Synthesis of Transparent Alumina Gel and Pure Gamma Alumina by Urea Hydrolysis of Alumina Nitrate*. Journal Matterial Science. Vol. 10, pp. 485-490.