

**KARAKTERISASI SIFAT FISIK DAN MAGNETIK PADA PEMBUATAN
MAGNET PERMANEN *BARIUM HEXAFERRITE* DENGAN VARIASI
HOLDING TIME PADA SUHU *SINTERING***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Oleh:

MAKARIOS HANU ARDITYO

I14142019

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2017**



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TRANSFER TEKNIK MESIN

Jl Ir Sutami No. 36A Ketingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS
Program Studi : **S1 Transfer Teknik Mesin**
Nomor : **0800/TA/S1/03/2017**

Nama : **MAKARIOS HANU ARDITYO**
NIM : **14142019**
Bidang : **Ilmu Bahan**
Pembimbing 1 : **WIBOWO, ST,MT/196904251998021001**
Pembimbing 2 : **DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT/197003231998021001**

Penguji : **1. TEGUH TRIYONO, ST MEng/ 197104301998021001**
2. PURWADI JOKO WIDODO, ST, M. KOM/
197301261997021001

Mata Kuliah Pendukung

1. **TEKNOLOGI PENGELASAN(MS05053-15)**
2. **TEKNOLOGI PENGECORAN(MS04013-15)**
3. **TEKNOLOGI SERBUK(MS04023-15)**

Judul Tugas Akhir

"Karakterisasi Sifat Magnet dan Fisis pada Pembuatan Magnet Permanen Barrium Hexaferrite dengan Variasi Holding time pada Suhu Sintering"



Tembusan :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi dari seluruh intelektual skripsi saya yang berjudul “Karakterisasi Sifat Fisik dan Magnetik pada Pembuatan Magnet Permanen *Barium Hexaferrite* dengan Variasi *Holding Time* pada Suhu Sintering” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini. Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka. Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih. Isi dalam skripsi ini boleh dirujuk atau difotokopi secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.

Surakarta, 2 Desember 2017

Makarios Hanu A

Karakterisasi Sifat Magnet dan Fisis pada Pembuatan Magnet Permanen Barrium Hexaferrite dengan Variasi Holding time pada Suhu Sintering

Disusun Oleh

MAKARIOS HANU ARDITYO
NIM : 114142019

Dosen Pembimbing 1



WIBOWO, ST, MT
NIP. 196904251998021001

Dosen Pembimbing 2



DR. NURUL MUHAYAT, ST, MT
NIP. 197003231998021001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **27-12-2017**, pukul **13:00:00**, bertempat di **M.101, Gd.1 FT-UNS**.

1. **TEGUH TRIYONO, ST Meng**
197104301998021001
2. **PURWADI JOKO WIDODO, ST, M, KOM**
197301261997021001
- 3.



Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta



DR. ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. 197106151998021002

Koordinator Tugas Akhir



DR. NURUL MUHAYAT, ST, MT
NIP. 197003231998021001

**KARAKTERISASI SIFAT FISIK DAN MAGNETIK PADA PEMBUATAN
MAGNET PERMANEN *BARIUM HEXAFERRITE* DENGAN VARIASI
HOLDING TIME PADA SUHU *SINTERING***

Makarios Hanu Ardityo

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelah Maret
Surakarta

E-mail : makarioz_hanu@yahoo.com

Abstrak

Dalam penelitian ini dibahas tentang pengaruh waktu penahanan selama proses sintering terhadap sifat fisik yaitu struktur mikro dan sifat magnetik. Pembuatan magnet permanen dilakukan dengan menggunakan teknik metalurgi serbuk berbahan Fe_2O_3 yang dicampur dengan BaCo_3 sesuai perbandingan *stoikiometri*.

Serbuk besi dan barium karbonat dicampur dengan *ball mill* selama 6 jam dengan kecepatan 900 rpm. Serbuk selanjutnya dikalsinasi pada temperatur 1100 °C, kemudian di ayak dengan ukuran 200 *mesh*. Setelah itu dikompaksi dengan tekanan sebesar 5 ton dan disintering pada temperatur 1100 °C dengan waktu penahanan 10, 20, dan 30 menit. Selanjutnya dilakukan pengujian struktur mikro dan pengujian sifat magnetik.

Dari hasil foto *SEM* terlihat perubahan ukuran kristal dan persebaran kristal yang saling berikatan karena adanya lamanya holding time yang diberikan. Kurva histeresis dari ketiga sampel memiliki nilai H_C , M_S dan M_R yang tidak jauh berbeda karena adanya perbedaan struktur kristal yang tidak terlalu signifikan.

Kata Kunci : Barium Hexaferrite, Holding Time, Hard Magnetic

**CHARACTERIZATION OF PHYSICAL AND MAGNETIC PROPERTIES
BARIUM HEXAFERRITE PERMANENT MAGNET WITH HOLDING
TIME VARIATION IN SINTERING TEMPERATURE**

Makarios Hanu Ardityo

Mechanical Engineering Study Program, Engineering Faculty, Sebelah Maret

University Surakarta

E-mail : makarioz_hanu@yahoo.com

Abstract

In this study discussed about the effect of holding time during the sintering process on the physical properties of microstructure and magnetic properties. Manufacture of permanent magnets made using powder metallurgy techniques based Fe_2O_3 mixed with BaCO_3 appropriate stoichiometric ratio.

Iron powder and barium carbonate are mixed with ball mill for 6 hours at 900 rpm. The powder is subsequently calcined at a temperature of 1100°C , then sieved to 200 mesh size. After that it was compressed with of 5 tons pressure and sintered at temperature 1100°C with holding time 10, 20, and 30 minutes. After that, microstructure and magnetic properties test. Further test about microstructure and magnetic properties.

From the SEM images shown about the size and distribution of crystal because of holding time is given. The hysteresis curves of the sample has significantly value of HC, MS and MR due to the significant differences in crystal structure.

Keywords : Barium Hexaferrite, Holding Time, Hard Magnetic

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul “Karakterisasi Sifat Fisik dan Magnetik pada Pembuatan Magnet Permanen *Barium Hexaferrite* dengan Variasi *Holding Time* pada Suhu Sintering“. Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Wibowo, S.T., M.T. selaku pembimbing I yang senantiasa membimbing, memotivasi, serta memberikan saran dan koreksi dalam penelitian hingga penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Dr. Nurul Muhyat, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang senantiasa membimbing dan memberikan semangat belajar, motivasi, bimbingan, saran dalam penyusunan skripsi ini.
3. Segenap dosen dan staf Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak membantu dan memberikan bimbingan selama perkuliahan.
4. Ayah, Ibu, adik dan keluarga besar, atas doa dan segala bantuannya sejak penulis menjadi mahasiswa hingga akhirnya bisa menyelesaikan skripsi ini.
5. Linda Sari K tercinta atas doa dan yang selalu memotivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman anak transfer angkatan 2014 yang selalu memberikan semangat. Terima kasih untuk motivasi dan inspirasinya.
7. Kakak-kakak dan adik-adik anak teknik mesin universitas sebelas maret surakarta yang selalu memotivasi untuk menyelesaikan skripsi ini dan memberikan referensi referensi.
8. Teman-teman hangout anak GBIS Mutihan yang sudah memberikan saran dan ide-idenya.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Semoga Tuhan membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat.

Surakarta, 2 Desember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Surat Penugasan	ii
Halaman Integritas Penulis	iii
Halaman Pengesahan	iv
Halaman Abstrak	v
Halaman Abstract	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Rumus	xv
Daftar Notasi	xvi
Daftar Lampiran	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II. DASAR TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Pengertian Magnet	9
2.2.2 Medan Magnet.....	10
2.2.3 Momen Magnetik	10
2.2.4 Domain Magnetik.....	11
2.2.5 Bahan Magnetik	11
a. Diamagnetik	11
b. Paramagnetik	12
c. Ferromagnetik	13

2.2.6	Material Magnetik	13
2.2.7	Magnet Keramik.....	14
2.2.8	Koersivitas.....	15
2.2.9	Induksi Remanen.....	15
2.2.10	Permeabilitas	15
2.2.11	Teknik Metalurgi Serbuk.....	15
	a. Pencampuran Bahan baku.....	16
	b. Proses pembentukan	16
	c. Proses <i>Sintering</i>	17
2.2.12	<i> Holding Time</i>	19
2.3	Pengujian Spesimen	19
2.3.1	Pengujian <i>SEM (Scanning Electron Microscopy)</i>	19
2.3.2	Pengujian <i>VSM (Vibrating Sample Magnetometer)</i>	20
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1	Tempat Penelitian	22
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1	Bahan Penelitian	22
	a. Serbuk <i>Iron oxide</i>	22
	b. Serbuk <i>Barium Carbonat</i>	22
3.2.2	Alat Penelitian	23
	a. Oven	23
	b. Ayakan.....	23
	c. Mesin Kompaksi	23
	d. Mesin Ball Mill	24
	e. Timbangan Digital.....	24
	f. Cetakan Spesimen	25
3.3	Diagram Alir	26
3.4	Proses Pembuatan Spesimen	27
3.4.1	Pencampuran Bahan Baku	27
3.4.2	Proses Kalsinasi	28
3.4.3	Proses Pengayakan	28
3.4.4	Proses Kompaksi	29

3.4.5	<i>Sintering</i>	29
3.4.6	Spesimen	30
3.5	Karakterisasi <i>Hard Magnetic</i>	30
3.5.1	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	30
3.5.2	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	31
BAB IV. HASIL DAN ANALISA		32
4.1	Analisa Morfologi	32
4.2	Analisa Sifat Magnetik	34
BAB V. PENUTUP		39
5.1	Kesimpulan	39
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		41
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data H_C , M_S , M_R , dan α dari cuplikan hasil <i>holding time</i>	34
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Momen magnetik benda magnetik	10
Gambar 2.2	Momen magnetik benda non magnetik	11
Gambar 2.3	Momen magnet	11
Gambar 2.4	Konfigurasi dipole atom untuk bahan diamagnetik	12
Gambar 2.5	Konfigurasi dipole atom untuk bahan paramagnetik	12
Gambar 2.6	Konfigurasi dipole atom untuk bahan ferromagnetik	13
Gambar 2.7	Material magnet	14
Gambar 2.8	Proses kompaksi dengan penekanan satu arah	16
Gambar 2.9	Tahapan proses <i>sintering</i>	18
Gambar 2.10	Grafik hubungan temperatur dengan lama waktu <i>sintering</i>	19
Gambar 2.11	Hasil <i>SEM</i> Barium Hexaferrite	20
Gambar 2.12	Kurva magnetisasi atau <i>hysteresis loop</i>	21
Gambar 3.1	Serbuk <i>Iron Oxide</i>	20
Gambar 3.2	Serbuk <i>Barium Carbonat</i>	20
Gambar 3.3	<i>Furnace tipe XD-1700M</i>	21
Gambar 3.4	<i>Mesh</i>	21
Gambar 3.5	Mesin Kompaksi	22
Gambar 3.6	Mesin <i>Ball Mill</i>	22
Gambar 3.7	Timbangan digital	23
Gambar 3.8	Cetakan Spesimen	23
Gambar 3.9	Diagram alir	24
Gambar 3.10	Serbuk Fe_2O_3 dan $BaCO_3$	25
Gambar 3.11	Bola baja pada <i>ball mill</i> dan <i>Ball Mill</i>	26
Gambar 3.12	Serbuk sebelum dan sesudah <i>kalsinasi</i>	26
Gambar 3.13	<i>Mortar</i> dan <i>Mesh</i>	27
Gambar 3.14	<i>Hydraulic Press</i> dan Cetakan.....	27
Gambar 3.15	<i>Furnace</i>	28
Gambar 3.16	Penimbangan spesimen jadi	28
Gambar 3.17	Mesin <i>VSM type VSM-250</i>	29
Gambar 3.18	Mesin <i>SEM type Vega 3 Testcan</i> dan Spesimen yang diuji	29
Gambar 4.1	Sampel <i>Barium heksaferite</i>	30

Gambar 4.2	Struktur Mikro Pembesaran 5000 kali pada <i>holding time</i> 10 menit dengan suhu 1100°C.....	31
Gambar 4.3	Struktur Mikro Pembesaran 5000 kali pada <i>holding time</i> 20 menit dengan suhu 1100°C.....	31
Gambar 4.4	Struktur Mikro Pembesaran 5000 kali pada <i>holding time</i> 30 menit dengan suhu 1100°C.....	32
Gambar 4.5	Kurva histerisis pada variasi <i>holding time</i>	33
Gambar 4.6	Grafik hubungan nilai <i>magnetisasi saturasi</i> dan <i>magnetisasi remanen</i> dengan lamanya <i>holding time</i>	35
Gambar 4.7	Grafik hubungan <i>medan coercive intrinsik</i> (H_C) dengan lamanya <i>holding time</i>	35

DAFTAR RUMUS

Persamaan 2.1 Persamaan Momen Magnetik	10
Persamaan 2.2 Penguraian BaCO_3 dengan pembentukan <i>monoferrite</i>	15
Persamaan 2.3 Difusi Ba^{+2} ke dalam oksida besi	15

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Nilai / Satuan
H	Medan magnet luar	A/m, Oersted
B	Induksi medan magnet	Tesla, Wb/m ²
M_S	Magnetisasi saturasi	Am ² /kg, emu/gr
M_R	Magnetisasi remanen	Am ² /kg, emu/gr
H_C	Medan koersif	A/m, Oersted
α	parameter kontribusi fasa ferromagnetik	M _R /M _S
m	Momen magnetik	emu
X_m	Suseptibilitas dari bahan Magnetisasi	Am ² /kg, emu/gr
μ	<i>Permeabilitas</i>	4π×10 ⁷ Wb/Am

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Uji Sifat Fisik Menggunakan *SEM* dengan *holding time* 10 menit
- Lampiran 2. Hasil Uji Sifat Fisik Menggunakan *SEM* dengan *holding time* 20 menit
- Lampiran 3. Hasil Uji Sifat Fisik Menggunakan *SEM* dengan *holding time* 30 menit
- Lampiran 4. Mesin *Scanning Electron Microscope (SEM) type Vega 3 Tescan*
- Lampiran 5. Hasil Uji Sifat Magnetik Menggunakan *VSM* dengan *holding time* 10 menit
- Lampiran 6. Hasil Uji Sifat Magnetik Menggunakan *VSM* dengan *holding time* 20 menit
- Lampiran 7. Hasil Uji Sifat Magnetik Menggunakan *VSM* dengan *holding time* 30 menit
- Lampiran 8. Mesin *Vibrating Sample Magnetometer (VSM) type VSM – 250*
- Lampiran 9. Serbuk *Iron Oxide (Fe₂O₃) merk SAP*
- Lampiran 10. Serbuk *Barium Carbonat (BaCO₃) merk MERCK CAT*
- Lampiran 11. *Furnace type XD-1700M*
- Lampiran 12. Mesin Kompaksi dengan Kapasitas 10 ton
- Lampiran 13. *Magnetic Properties*