

32482/11/08



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



RSF
621.34
Zul
p-1

2008

TUGAS AKHIR - RF 1483

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DALAM
PEMBUATAN MAGNET PERMANEN
DENGAN BAHAN DASAR
PASIR BESI LUMAJANG**

AKHMAD ZULKIFLY
NRP 2403 100 010

Dosen Pembimbing
Lizda Johar Mawarani, ST, MT

JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2008

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	20-2-2008
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	210437



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - RF 1483

THE EFFECTS OF COMPOSITION VARIATION IN PERMANENT MAGNET FABRICATION FROM LUMAJANG'S IRON ORE

AKHMAD ZULKIFLY
NRP 2403 100 010

Supervisor
Lizda Johar Mawarani, ST, MT

Physics Engineering Department
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2008

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DALAM
PEMBUATAN MAGNET PERMANEN
DENGAN BAHAN DASAR PASIR BESI LUMAJANG**

TUGAS AKHIR

Oleh :

AKHMAD ZULKIFLY
NRP. 2403 100 010

Surabaya, Februari 2008
Mengetahui / Menyetujui
Pembimbing



Lizda Johar Mawarani, ST, MT
NIP. 132 176 985

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS



**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DALAM
PEMBUATAN MAGNET PERMANEN
DENGAN BAHAN DASAR PASIR BESI LUMAJANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada



Bidang Studi Rekayasa Bahan
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AKHMAD ZULKIFLY

NRP. 2403 100 010

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Lizda Johar Mawarani, ST, MT  (Pembimbing)
2. Dyah Sawitri, ST, MT.  (Ketua Tim Penguji)
3. Ir. Agung Budiono, MEng (Penguji I)
4. Dr. Bambang Lelono, ST, MT (Penguji II)

**SURABAYA
Februari, 2008**

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI PADA PEMBUATAN MAGNET PERMANEN DENGAN BAHAN DASAR PASIR BESI LUMAJANG

Nama Mahasiswa : AKHMAD ZULKIFLY
NRP : 2403. 100. 010
Jurusan : TEKNIK FISIKA FTI-ITS
Dosen Pembimbing : LIZDA JOHAR MAWARANI,ST,MT.

Abstrak

Dalam Tugas Akhir ini, telah dilakukan pembuatan magnet permanen dengan bahan dasar bijih besi yang diekstraksi dari pasir besi Lumajang, sebagai bahan aditif untuk membentuk $BaFe_{12}O_{19}$ digunakan Barium Carbonate ($BaCO_3$) dengan komposisi yang divariasikan, yakni 5%, 10%, 15%, 16.67%, dan 19%. Proses pembuatan magnet dilakukan dengan teknologi bahan serbuk, ukuran serbuk yang dipakai adalah 400 mesh. Pencetakan dilakukan dengan tekanan 294 Mpa, suhu kalsinasi 1000 °C, dan suhu sintering 1100 °C, waktu penahanan 45 menit dengan pendinginan udara.

Sampel magnet diukur induksi remanennya dengan Gaussmeter sebelum dan setelah magnetisasi. Dilakukan juga pengujian densitas sampel magnet. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai induksi remanen dan densitas memiliki pola yang sama terhadap variasi komposisi, yakni meningkat hingga komposisi aditif 10%, kemudian turun dan meningkat lagi pada komposisi aditif 19%.

Hasil terbaik diperoleh dari sampel dengan komposisi aditif 10% yang memiliki induksi remanen 200 Gauss, medan koersif 60 Oersted, dan nilai densitas 3.22 gr/cm³. Hasil ini masih tergolong kecil jika dibandingkan dengan sampel acuan dari LIPI. Faktor utama penyebab hal ini adalah kemurnian bijih besi yang digunakan, karena bijih besi hasil ekstraksi hanya mengandung 51,1 % Fe_2O_3 .

Kata kunci : Bijih besi, komposisi, induksi remanen, densitas

THE EFFECTS OF COMPOSITION VARIATION IN PERMANENT MAGNET FABRICATION FROM LUMAJANG'S IRON ORE

Name : AKHMAD ZULKIFLY
NRP : 2403. 100. 010
Department : PHYSICAL ENGINEERING FTI-ITS
Supervisor : LIZDA JOHAR MAWARANI, ST,MT

Abstract

In this final project, it has been done a permanent magnet fabrication by using iron ore which has been extracted from Lumajang's iron sand as the main material. As an additive material to form $BaFe_{12}O_{19}$ is used Barium Carbonate ($BaCO_3$) with variation compositions, such as 5%, 10%, 15%, 16.67%, and 19%. The fabrication process is used powder material technology, the size of the particle which is used 400 mesh, Methods are applied, the forming process is used 294 MPa pressure, 1000 °C calcinated temperature and 1100 °C sintered temperature, holded time 45 minutes which used cooled air.

The magnet sample is measured for the remanent induction by used Gaussmeter before and after magnetize. The density test of magnet sample is done. The obtained result shows that the remanent induction score and density has the same pattern to the composition variation, increase until 10% additive composition then decreases and increase again in 19% additive composition.

The best result is obtained from the sample with 10% additive composition and has 200 Gauss remanent induction, 60 Oersted coercive force and 3.22 gr/cm^3 density score. The result is still small if compared with LIPI reference sample. The main factor which causes from the purity of the iron ore which is used, because iron ore contains only 51.1% Fe_2O_3 .

Keywords : *Iron ore, composition, remanent induction, density*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur kepada Allah SWT dan junjungan kami Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan anugerah dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian Tugas Akhir.

Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini saya telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang Tuaku H. Rudy Ali Zakaria dan Hj. Alfiah dan adikku Irma dan Jihan yang telah memberikan dukungan doa, moril, semangat dan juga materi yang tak ternilai sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Bambang Lelono, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
3. Ibu Lizda Johar Mawarani, ST, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir.
4. Bapak Ir. Agung Budiono, MEng selaku dosen wali penulis.
5. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Fisika ITS
6. Saudara seperjuangan (Taufik) atas kerjasamanya selama masa pengerjaan tugas akhir..
7. Rekan-rekan angkatan 2003 (Teguh, Wiwit, Cori, Ira, Adang, Samsul, Prayu, Ginuk, Comting)
8. Sahabatku di Gubuk.NET (Yogi, Metta, Mbah) tetaplah menjadikan motto "bila ada niat dan berusaha keras maka alam raya pasti akan membantu" selalu ada pada jiwa kita.

Surabaya, Februari 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman judul.....	i
Lembar pengesahan.....	iii
Abstrak.....	v
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TEORI PENUNJANG	
2.1 Perkembangan Magnet Permanen.....	5
2.2 Bahan Magnet.....	6
2.2.1 Jenis kemagnetan bahan.....	7
2.2.2 Ferrit.....	10
2.2.3 Domain magnet.....	10
2.2.4 Sifat magnet.....	11
2.2.5 Bijih besi	13
2.3 Teknologi Bahan Serbuk.....	14
2.3.1 Preparasi dan pembuatan serbuk.....	14
2.3.2 Proses pencampuran serbuk.....	15
2.3.3 Kalsinasi.....	15
2.3.4 Kompaksi.....	16
2.3.5 Sintering.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Bahan dan peralatan.....	20
3.2 Preparasi Bahan Baku Pasir Besi Lumajang.....	21
3.2.1 Ekstraksi.....	21
3.2.2 Penggerusan dan pengayakan.....	21
3.3 Proses Pembuatan Magnet.....	22
3.3.1 Proses pencampuran bahan.....	22
3.3.2 Kalsinasi.....	23
3.3.3 Kompaksi.....	24

3.3.4 Sintering.....	25
3.4 Karakterisasi.....	25
3.5 Pengolahan dan analisa data.....	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakterisasi Bijih Besi.....	29
4.2 Induksi Remanen.....	30
4.3 Densitas Magnet.....	35
4.4 Pengujian Histeresis Magnet.....	37
4.5 Pengaruh Variasi Komposisi pada Sifat Magnet	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
Daftar Pustaka.....	45
Lampiran A Hasil Karakterisasi Bijih Besi.....	
Lampiran B Hasil Karakterisasi <i>Permagraph</i>	
Lampiran C Perhitungan Stokiometri Pencampuran Fe_2O_3 dengan $BaCO_3$	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perkembangan magnet permanen.....	5
Gambar 2.2	Tabel periodik jenis kemagnetan bahan.....	7
Gambar 2.3	Domain magnet.....	11
Gambar 2.4	Kurva histeresis.....	11
Gambar 2.5	Tahapan proses cold compaction.....	16
Gambar 2.6	Skema proses sintering serbuk logam solid state.....	18
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	19
Gambar 3.2	Pasir besi Lumajang.....	20
Gambar 3.3	Pengayakan.....	21
Gambar 3.4	Diagram perlakuan panas pada kalsinasi.....	23
Gambar 3.5	Cetakan dengan bentuk ailinder pejal.....	24
Gambar 3.6	Alat kompaksi dan indikator penekanan	24
Gambar 3.7	Diagram perlakuan panas pada proses sintering.....	25
Gambar 3.8	Pengukuran nilai induksi dengan alat gaussmeter.....	26
Gambar 3.9	Permagraph.....	27
Gambar 4.1	Difraktorram sinar X bijih besi.....	29
Gambar 4.2	Pengaruh komposisi BaCO ₃ terhadap induksi remanen sampel sebelum dimagnetisasi.....	31
Gambar 4.3	Perbandingan nilai induksi remanen antara sebelum dan sesudah magnetisasi.....	33
Gambar 4.4	Pengaruh komposisi BaCO ₃ terhadap nilai densitas sampel.....	36
Gambar 4.5	Histeresis sampel magnet komposisi aditif 10%.....	38
Gambar 4.6	Histeresis sampel magnet komposisi aditif 0%.....	39
Gambar 4.7	Histeresis dari sampel magnet acuan LIPI.....	40
Gambar 4.8	Diagram fasa dari BaFe ₁₂ O ₁₉	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipe magnet dan perilakunya.....	9
Tabel 2.2	Tekanan kompaksi pada beberapa bahan serbuk logam.....	17
Tabel 4.1	Data induksi remanen sebelum magnetisasi.....	31
Tabel 4.2	Data induksi remanen setelah magnetisasi.....	29
Tabel 4.3	Data nilai densitas sampel.....	35

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Magnet merupakan hal yang sangat penting dalam dunia elektronik atau segala hal yang berkaitan dengan listrik. Dari motor atau turbin yang bergerak, daya yang dihasilkan akan dialirkan menuju ke transformer berfrekuensi tinggi yang akan mengubah daya tersebut menjadi energi listrik yang kemudian digunakan untuk menghidupkan segala peralatan elektronik. Demikian pentingnya dalam kehidupan sehingga magnet kadang kala dilupakan.

Salah satu bahan magnetik alam yang terdapat secara melimpah di Indonesia adalah pasir besi, di Pulau Jawa khususnya, pasir besi banyak terdapat di sepanjang utara dan selatan Pulau Jawa, tetapi sebagian besar bahan alam ini hanya ditambang dan dijual langsung ke luar negeri sebagai bahan mentah (*raw materials*) dalam bentuk bijih besi tanpa melalui proses pengolahan kemudian, tentunya cara seperti merupakan suatu kerugian besar bagi Indonesia.

Daerah pesisir selatan Jawa, khususnya kota Lumajang memiliki sumber daya alam yang berlimpah dalam bentuk pasir besi. Sektor pertambangan ini, belum digarap dan dikelola secara optimal oleh pemerintah daerah di sana

Bijih besi yang banyak terkandung dalam pasir besi sebenarnya juga dapat dimanfaatkan sebagai magnet, karena bijih besi memiliki kandungan besi yang cukup tinggi. Mineral-mineral magnetik yang mungkin terkandung dalam pasir besi seperti magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3)

Dalam penelitian tugas akhir ini, dilakukan pembuatan sampel magnet dari bijih besi dicampur dengan *Barium Carbonate* sehingga diharapkan terbentuk magnet *Barium ferrite* ($BaFe_{12}O_{19}$) Hanya saja komposisi dari pencampuran bijih besi dengan *Barium Carbonate* belum diketahui secara pasti. Oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan.

1.2 Rumusan Permasalahan

Dengan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka masalah yang akan diangkat dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

- Berapa komposisi terbaik dari pencampuran bijih besi dan BaCO_3 (*Barium Carbonate*) untuk membentuk magnet *barium ferrite*?
- Bagaimana pengaruh variasi komposisi terhadap karakteristik sampel?

1.3 Batasan Permasalahan

Berdasarkan dari permasalahan dan tujuan dalam tugas akhir ini, maka batasan- batasan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Karakteristik sampel yang dibahas adalah induksi remanen dan densitas.
- Penggilingan dilakukan secara manual.
- Ukuran serbuk yang akan digunakan adalah 400 mesh.
- Pengaruh pemberian pelumas (*lubricant*) pada dinding cetakan (*die wall*) diabaikan
- Kondisi lingkungan kerja dan peralatan selama proses pembuatan sampel dianggap tidak memberikan pengaruh, misalnya kelembaban udara pada proses pendinginan

1.4 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan diatas, penelitian dalam tugas akhir ini bertujuan untuk:

- Mengetahui komposisi terbaik antara bijih besi dan BaCO_3 .
- Mengetahui sifat magnet yaitu induksi remanen dan densitas dengan variasi komposisi.

1.5 Manfaat Penelitian

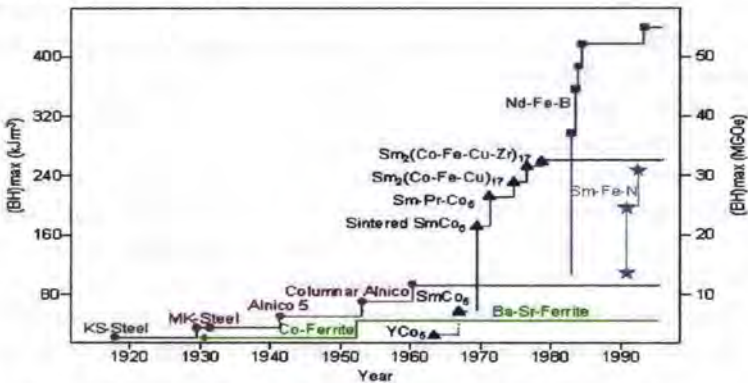
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi Jurusan Teknik Fisika, khususnya bidang minat Rekayasa Bahan sebagai acuan dalam pengembangan dan penelitian bahan magnet permanen berbahan dasar bijih besi. Juga diharapkan dengan adanya penelitian pembuatan magnet permanen ini, akan berguna sebagai referensi dan panduan bagi industri manufaktur dalam negeri yang berminat dan berinvestasi dalam pembuatan magnet permanen berbahan dasar pasir besi di Negara Indonesia ini, sebagai upaya dalam kemandirian bangsa.

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Perkembangan Magnet Permanen

Perkembangan pembuatan magnet permanen dimulai sejak abad ke-19, dan terus dikembangkan sampai sekarang, untuk meningkatkan produk energi maksimum pada magnet [Birmingham University, 2002]. Sekitar abad ke sembilan belas, magnet permanen dibuat pertama kali berupa magnet baja karbon, yaitu campuran antara besi dan karbon, tetapi jenis magnet ini mudah dimagnetisasi dan medan koersifitasnya rendah.

Sekitar dekade 1930 magnet berkembang, sejak ditemukannya magnet Alnico (aluminium, Nikel, Cobalt). Merupakan magnet permanen modern pertama yang dibuat, paduan dari ferromagnetik dan paramagnetik, yang disebut juga ferrimagnetik. Temperatur curienya tinggi, sekitar 850°C . Perkembangan selanjutnya adalah sekitar tahun 1960-an, ditandainya penemuan magnet keras, *ferroxodur* dengan senyawa $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ atau $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$.



Gambar 2.1 Perkembangan magnet permanen [History of Magnetism, 2002]

Jenis magnet ini merupakan tergolong ferrimagnetik karena paduan antara unsur ferromagnetik dan paramagnetik. Jenis ini merupakan magnet yang sering diproduksi pada dekade terakhir ini. Memiliki struktur heksagonal dan energi koersifitas yang cukup tinggi, meskipun energi maksimum dari jenis magnet ini tergolong rendah. Perkembangan selanjutnya ditemukan Magnet Samarium Cobalt (SmCo_5) pada akhir 1960y. Magnet ini memiliki energi maksimum yang tinggi dibandingkan dengan magnet keras lainnya, tetapi memiliki kelemahan dimana biaya produksi yang tinggi.

Perkembangan magnet selanjutnya yaitu magnet Neododium Ferrit Boron (NdFeB). Diproduksi pertama kali pada tahun 1984. Memiliki energi maksimum yang paling tinggi dibandingkan jenis magnet yang lain. Kerugian dari magnet ini diantaranya adalah biaya produksi yang tinggi karena unsur Nd yang jarang ditemui, dan memiliki temperatur curie yang rendah.

2.2 Bahan Magnet

Bahan yang bersifat magnetik atau bahan magnetik telah diketahui perbedaannya sejak ribuan tahun lalu. Sifat kemagnetan atau magnetisme adalah fenomena dimana suatu bahan dapat menimbulkan suatu gaya untuk menarik bahan lain. Beberapa bahan yang diketahui memiliki sifat-sifat magnet antara lain adalah besi dan beberapa baja. Dalam realitasnya bahan menjadi terpengaruh karena adanya medan magnet.

Penelitian tentang magnet baik secara teori maupun eksperimen terus dilakukan hingga kini, yaitu mulai dari sifat-sifat magnet, hingga mempelajari mikro magnetisnya. Penelitian dititikberatkan pada pencarian bahan magnet yang mempunyai kemagnetan optimal dengan berat dan ukuran yang minimal. Magnetik adalah suatu fenomena misterius yang menarik, di mana bahan dapat ditarik atau ditolak maupun dipengaruhi tanpa bersentuhan secara langsung.

Suatu medan listrik yang diberikan pada konduktor, akan dapat menyebabkan arus mengalir pada konduktor tersebut dan

arus ini pada gilirannya akan menghasilkan medan magnet. Mekanisme dan prinsip yang mendasari baru dimengerti secara ilmiah pada abad ke-19, yaitu oleh seorang fisikawan Belanda Hans Christian Oersted (1777-1851) mengemukakan bahwa medan magnet terjadi pada sekitar aliran listrik [Warrens, 1990].

2.2.1 Jenis kemagnetan bahan

Semua bahan dapat diklasifikasikan jenis kemagnetannya menjadi lima kategori yaitu ferromagnetik, paramagnetik, diamagnetik, antiferromagnetik, dan ferrimagnetik [Barsoum, 1997]. Semuanya dibedakan dari keteraturan arah domain pada bahan magnet tersebut. Sebagian besar unsur masuk ke diamagnetik dan paramagnetik. Untuk lebih jelasnya pada gambar di bawah ini.

1 H																	2 He						
																	3 B	4 C	5 N	6 O	7 F	8 Ne	
																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr						
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe						
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn						
87 Fr	88 Ra	89 Ac																					
			58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu							

Gambar 2.2 Tabel periodik jenis kemagnetan bahan
[classification of magnet materials, 2002]

Dahulu sebagian orang yang menganggap jenis kemagnetan hanya tiga, yaitu ferromagnetik, diamagnetik, dan paramagnetik, setelah dilakukan penelitian lebih lanjut ditemukan dua jenis baru yaitu antiferromagnetik yang hanya ditemukan pada unsur *Cromium* dan ferrimagnetik meskipun hanya dapat ditemui pada


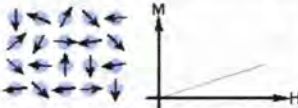
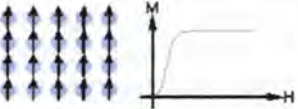
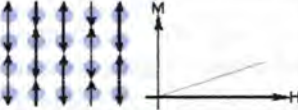
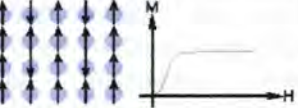
magnet dengan bahan dasar campuran antara ferromagnetik dan paramagnetik.

Jenis kemagnetan bahan dibagi menjadi 5 kelas [Shackelford, 2000], diantaranya adalah sebagai berikut :

- **Diamagnetik**
Merupakan sifat umum dari atom bahan, yang terjadi karena gerakan elektron yang mengelilingi orbitnya. Medan magnet yang dihasilkan oleh orbital dan perputaran elektron sepenuhnya ditiadakan. Jenis ini memiliki suseptibilitas bernilai negatif dan memiliki orde -0.00001 . Pada jenis magnet ini, tidak ada domain magnetik sama sekali, karena ketiadaan dari domain magnetik menyebabkan induksi terhadap material diamagnetik akan sia-sia belaka.
- **Paramagnetik**
Tipe ini mempunyai domain magnetik, artinya dapat dibuat magnet dari unsur-unsur yang masuk jenis ini, tetapi meskipun begitu karena arah dari domain yang tidak teratur (ke segala arah) menyebabkan proses magnetisasi akan sangat sulit ataupun setelah menjadi magnet, nilai induksi remanennya akan sangat kecil (magnet lunak). Memiliki suseptibilitas antara 0.00001 sampai dengan 0.0001 .
- **Ferromagnetik**
Jenis tipe ini memiliki Induksi remanen yang besar dibandingkan jenis kemagnetan bahan yang lain, karena domain magnetik yang teratur dan arah domain menuju ke satu arah, dan kecenderungan untuk berubah arah sangat sulit, dengan kata lain akan mudah dimagnetisasi dan sulit untuk menghilangkan sifat kemagnetannya. Unsur-unsur yang masuk tipe ini diantaranya Fe, Co, dan Ni.
- **Antiferromagnetik**
Jenis ini memiliki arah domain yang berlawanan arah dan sama pada kedua arah. Arah domain magnet tersebut berasal dari jenis atom sama pada suatu kristal. Contohnya MnO , MnS , dan FeS . Pada unsur dapat ditemui pada unsur *Cromium*, tipe ini memiliki arah domain yang menuju dua

arah dan saling berkebalikan. Jenis ini memiliki temperature *Curie* yang rendah sekitar 37°C untuk menjadi paramagnetik.

Tabel 2.1 Tipe magnet dan perilakunya [classification of magnet materials, 2002]

Type of magnetism	Susceptibility	Atomic magnet behaviour	Example/susceptibility
Diamagnetism	Small & negative.	Atoms have no magnetic moment 	Au -2.74×10^{-6} Cu -0.77×10^{-6}
Paramagnetism	Small & positive.	Atoms have randomly oriented magnetic moments 	β -Sn 0.19×10^{-6} Pt 21.04×10^{-6} Mn 66.10×10^{-6}
Ferromagnetism	Large & positive, function of applied field, microstructure dependent.	Atoms have parallel aligned magnetic moments 	Fe $\sim 100,000$
Antiferromagnetism	Small & positive.	Atoms have mixed parallel and anti-parallel aligned magnetic moments 	Cr 3.6×10^{-6}
Ferimagnetism	Large & positive, function of applied field, microstructure dependent	Atoms have anti-parallel aligned magnetic moments 	Ba ferrite ~ 3

- **Ferrimagnetik**

Jenis tipe ini hanya dapat ditemukan pada campuran dua unsur antara paramagnetik dan ferromagnetik seperti magnet *barium ferrite* dimana barium adalah jenis paramagnetik dan Fe adalah jenis unsur yang masuk ferromagnetik. Jenis ini memiliki induksi remanen yang cukup besar sedikit dibawah induksi remanen ferromagnetik. Bahan ini memiliki arah

domain magnetik yang berlawanan arah, namun tidak seperti material antiferromagnetik. Pada bahan ini salah satu atom lebih lemah daripada atom yang lain.

2.2.2 Ferrit

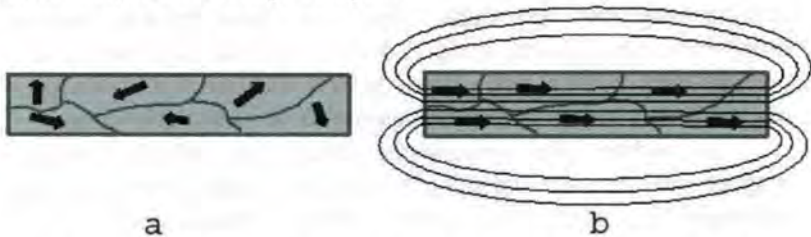
Pada umumnya ferrit dibagi menjadi tiga kelas yaitu [Barsoum, 1997]

- Ferrit keras
Memiliki rumus umum $MFe_{12}O_{19}$ dengan $M = Pb, Ba, Sr$. Karakteristik dari magnet ini memiliki gaya koersifitas yang tinggi, induksi remanen yang tinggi, struktur kristal heksagonal. Magnet ini lebih murah diproduksi dan banyak digunakan sebagai magnet permanen. Magnet keras menarik material lain yang mengalami magnetisasi menuju dirinya [VanVlack, 2001].
- Ferrit bersruktur garnet
Memiliki formula umum $3Me_2O_3 \cdot 5Fe_2O_3$ dengan $Me = ytrium$. Struktur kristal yang sangat rumit dengan bentuk kubus yang berisi 160 atom, serta memiliki magnetisasi spontan yang bergantung pada temperature secara khas.
- Ferrit lunak
Rumus umum MFe_3O_4 , dengan M logam Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Mg . mempunyai sifat permeabilitas dan hambatan jenis yang tinggi, kemudian koersifitas dan histeresis loss yang rendah, yang dapat didefinisikan ferrit lunak mudah dimagnetisasi dan sekaligus mudah kehilangan sifat kemagnetannya. Umumnya digunakan dalam aplikasi elektronik, transformator, pulser pada sepeda motor, dsb.

2.2.3 Domain magnet

Bahan magnetik mengandung domain. Domain adalah daerah di dalam kristal di mana semua sel satuan pada daerah tersebut memiliki orientasi magnetik yang sama [VanVlack, 2001]. Jika suatu kristal ditempatkan dalam suatu medan magnetik eksternal, domain yang cocok dengan polaritas tadi

akan mengorbankan domain-domain berdekatan yang orientasinya tidak menguntungkan.

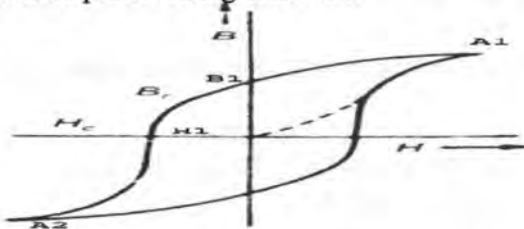


Gambar 2.3 Domain magnetik a. Sebelum adanya medan eksternal b. Setelah dilakukan magnetisasi

Penyearahan ini meningkatkan induksi magnetik di dalam bahan dan menyebabkan peningkatan besar dalam kurva histeresis. Pada bahan magnetik lunak, penyearahan domain magnetik dapat dengan mudah acak kembali, tetapi pada bahan magnetik keras, domain magnetik dapat dipertahankan setelah medan magnet eksternal diiadakan.

2.2.4 Sifat magnet

Bahan magnetik diklasifikasikan menjadi dua yaitu bahan magnetik lemah atau *soft magnetic materials* maupun bahan magnetik kuat atau *hard magnetic materials*. Bahan magnetik kuat atau *hard magnetic materials* memiliki medan koersif yang kuat. Hal ini lebih jelas digambarkan dengan kurva histeresis sebagaimana ditampilkan oleh gambar 2.4:



Gambar 2.4 Kurva Histeresis[Murthy, 2003]

Sifat magnet suatu bahan dapat ditentukan dengan kurva histerisis B-H, hubungan antara kuat medan magnet (H) dengan induksi magnetik (B) tidak linier, jika kuat medan magnet mengalami peningkatan, maka induksi magnetik juga mengalami peningkatan, namun pada suatu kondisi saturasi (A_1), induksi magnetik akan tetap, walaupun penginduksian terus dilakukan.

Kemudian jika magnetisasi dihentikan, seketika medan magnet menurun sampai nol dan terdapat induksi magnet yang tertinggal (B_1). Hal ini dinamakan induksi remanen (B_r). Induksi remanen mengindikasikan besarnya kekuatan magnet, yang artinya semakin banyak domain magnet yang dipertahankan yang tertinggal. Penurunan induksi magnetik sampai nol pada medan magnet negatif didefinisikan sebagai medan koersifitas (H_c). Sedangkan nilai H dalam arah negatif magnetisasi yang diberikan untuk mengonolkan medan B disebut gaya koersif (H_1). Bila arus listrik terus dinaikkan melampaui nilai titik tersebut, maka medan B mulai berbalik arah sehingga kurva B-H akan mengikuti kurva H_1A_2 . jika besarnya arus dikurangi maka kurva BH akan membentuk kurva baru A_2-A_1 , hingga simpul tertutup $A_1-B_1-H_1-A_2-A_1$. [Warrens, 1990]

Ketika suatu bahan dimasukkan ke dalam suatu medan magnet eksternal (magnetisasi), garis-garis gaya magnet yang berada di sekitarnya akan dihimpun ke dalam bahan tersebut, sehingga meningkatkan induksi magnetik, besarnya induksi magnetik bergantung pada medan magnet eksternal yang diberikan pada jenis bahan. Semakin besar nilai induksi magnetik, maka semakin besar pula sifat kemagnetan bahan tersebut [VanVlack, 2001].

Hubungan antara induksi magnetik dengan medan magnet adalah

$$B = \mu H \quad (2.1)$$

dengan B = Induksi magnetik, 1 Tesla = 10^4 Gauss

H = Medan magnetik

μ = Permeabilitas magnet

Permeabilitas magnet (μ) merupakan parameter bahan yang menentukan besarnya fluks magnetik. Bahan feromagnetik memiliki permeabilitas yang tinggi.

$$\mu = \mu_0 \times \mu_r \quad (2.2)$$

dengan μ_0 = Permeabilitas hampa udara
 $= 4\pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$

untuk bahan feromagnetik, permeabilitas relatif μ_r jenis bahan tersebut jauh lebih besar daripada satu bahan-bahan feromagnetik adalah:

kobalt	μ_r	sampai 70
nikel	μ_r	sampai 200
besi dan besi paduan	μ_r	sampai 100 000

2.2.5 Bijih besi

Besi adalah elemen yang sangat berlimpah di lapisan bumi(4,7% berat bumi), besi dapat mudah ditemukan dengan konsentrasi tinggi dalam bentuk bijih besi. Mineral-mineral yang terkandung dalam bijih besi diantaranya magnetit(Fe_3O_4), hematit(Fe_2O_3), dan *limonite*(FeOOH).

- Magnetit (Fe_3O_4)

Salah satu mineral yang terkandung di dalam bijih besi, mengandung 72% besi, memiliki karakteristik fisik sebagai berikut :

- Warna hitam
- Cenderung mengkilap
- Struktur oktahedral
- Kekerasan antar 5.5-6.5 Hv

- Hematit(Fe_2O_3)

Mineral yang terkandung dalam bijih besi ini mengandung 70% besi. Karakteristik dari hematit sebagai berikut:

- Warna abu-abu *metallic*
- Struktur heksagonal
- Kekerasan 5.5-6.5 Hv

2.3 Teknologi Bahan Serbuk

Teknologi bahan serbuk merupakan salah satu teknik produksi dengan menggunakan serbuk sebagai material awal sebelum proses pembentukan [Avner, 1979]. Prinsip ini adalah memadatkan serbuk menjadi bentuk yang diinginkan dan kemudian memanaskannya di bawah temperatur leleh, sehingga partikel-partikel memadu. Metode ini memberikan kontrol yang teliti terhadap komposisi dan penggunaan campuran yang tidak dapat difabrikasi dengan proses lain. Sebagai ukuran ditentukan oleh cetakan dan penyelesaian akhir (*finishing touch*).

Proses teknologi bahan serbuk memiliki banyak keuntungan antara lain :

- Efisiensi pemakaian bahan yang sangat tinggi dan hampir mencapai 100%
- Stabilitas dimensi sangat tinggi.
- Kemudahan dalam proses standarisasi
- Besar butir mudah dikendalikan
- Porositas produk mudah dikontrol .
- Cocok untuk digunakan pada material dengan kemurnian tinggi.

Proses teknologi bahan serbuk meliputi [Mouson, 1990]:

- Preparasi serbuk
- Pencampuran serbuk
- Kalsinasi
- Kompaksi atau penekanan
- Sintering

2.3.1 Preparasi dan pembuatan serbuk

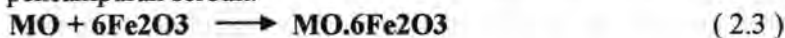
Proses pembuatan serbuk bisa di kategorikan melalui tiga macam cara yaitu secara fisik, secara kimiawi, dan secara mekanik. Pembuatan serbuk secara fisik dapat diibaratkan sebagai proses atomisasi yaitu proses perusakan arus fasa cair yang disemprot dengan bahan pendingin yang dalam hal ini dapat berupa cairan atau gas sehingga fasa cair bahan berubah menjadi tetesan padat yang berbentuk butiran. Sedangkan pembuatan

serbuk dengan cara kimia melibatkan banyak reaksi dekomposisi kimia terhadap senyawa bahan ini juga termasuk reaksi reduksi didalamnya.

Pembuatan serbuk secara mekanik secara umum dapat dilakukan pada bahan-bahan yang bersifat getas sehingga mudah dihancurkan dengan diberikan gaya tekan dan dijadikan serbuk, setelah menjadi serbuk, agar ukuran serbuk menjadi homogen atau sama diperlukan adanya penentuan ukuran serbuk. Metoda untuk menentukan ukuran serbuk antara lain dengan pengayakan atau pengukuran mikroskopik. Kehalusan berkaitan erat dengan ukuran butir, faktor ini berhubungan dengan luas kontak antar permukaan. Butir kecil mempunyai porositas yang kecil dan luas kotak antar permukaan besar sehingga difusi antar permukaan juga semakin besar dan kompatibilitas juga tinggi.

2.3.2 Proses pencampuran serbuk

Kualitas produk sangat dipengaruhi kehomogenan komponen penyusun bahan melalui proses pencampuran Maksud dari pencampuran serbuk ini untuk memulai proses pembentukan ferit. Berikut merupakan perhitungan kimia dalam proses pencampuran serbuk.



dengan M = Ba atau Sr

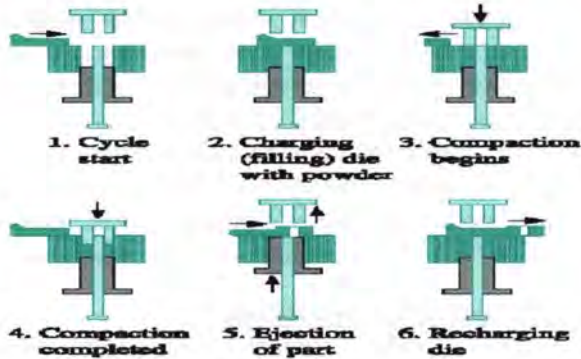
Pencampuran dapat dilakukan dengan proses kering (*dry mixing*) dan proses basah (*wet mixing*). Cara pencampuran basah (*wet mixing*) adalah cara yang lebih banyak dipakai yaitu dengan menggunakan pelarut organik untuk mengurangi pengaruh atmosfer yang menyebabkan peristiwa oksidasi [Mouson, 1990].

2.3.3 Kalsinasi

Kalsinasi atau pra-sinetring bertujuan untuk menghilangkan impuritas yang ada pada serbuk. Diharapkan impuritas akan leleh dan tidak mengganggu terbentuknya campuran yang diharapkan dan akan mengurangi penyusutan bahan/hasil cetak pada proses akhir sehingga lebih memudahkan kontrol dimensi akhir.

2.3.4 Kompaksi

Penekanan adalah salah satu cara untuk memadatkan serbuk menjadi bentuk yang diinginkan. Terdapat beberapa metode penekanan, diantaranya penekanan dingin (*cold compaction*) dan penekanan panas (*hot compaction*) [Avner, 1979].



Gambar 2.5 Tahapan Proses *Cold Compaction*

Penekanan terhadap serbuk dilakukan agar serbuk dapat menempel satu dengan lainnya sebelum ditingkatkan ikatannya dengan proses sintering. Dalam proses pembuatan suatu paduan dengan metode teknologi bahan serbuk, terikatnya serbuk sebagai akibat adanya interlocking antar permukaan, interaksi adhesi-kohesi, dan difusi antar permukaan. Untuk yang terakhir ini (difusi) dapat terjadi pada saat dilakukan proses sintering.

Tabel 2.2 Tekanan kompaksi pada beberapa bahan serbuk logam

Metal	Pressure (MPa)
Aluminum	70–275
Brass	400–700
Bronze	200–275
Iron	350–800
Tantalum	70–140
Tungsten	70–140
Other materials	
Aluminum oxide	110–140
Carbon	140–165
Cemented carbides	140–400
Ferrites	110–165

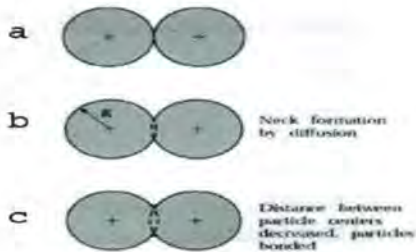
2.3.5 Sintering

Sintering adalah salah satu tahapan metodologi yang sangat penting dalam ilmu bahan, terutama untuk bahan keramik. Selama sintering terjadi fenomena shrinkage atau penyusutan (proses eliminasi porositas) dan pertumbuhan butir [Barsoum, 1997]. Fenomena penyusutan dominan selama pemadatan belum mencapai kejenuhan, sedangkan pertumbuhan butir dominan setelah pemadatan mencapai kejenuhan. Parameter sintering diantaranya adalah: temperatur, waktu penahanan, kecepatan pendinginan, kecepatan pemanasan dan atmosfer.

Sintering biasanya digunakan pada temperatur tinggi. Dalam terminologi teknik, istilah sintering digunakan untuk menyatakan fenomena yang terjadi pada produk bahan padat dengan dibuat dari serbuk, baik logam maupun non logam. Sebuah kumpulan partikel dengan ukuran yang tepat (biasanya diameter beberapa mikro atau lebih kecil) dipanaskan sampai suhu antara $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ titik leleh dalam orde menit. Selama perlakuan ini partikel-partikel bergabung bersama-sama.

Proses penghilangan porositas dilakukan melalui difusi. Jika dua partikel digabung dan dipanaskan pada suhu tertentu, dua

partikel ini akan berikatan bersama-sama dan akan membentuk neck.



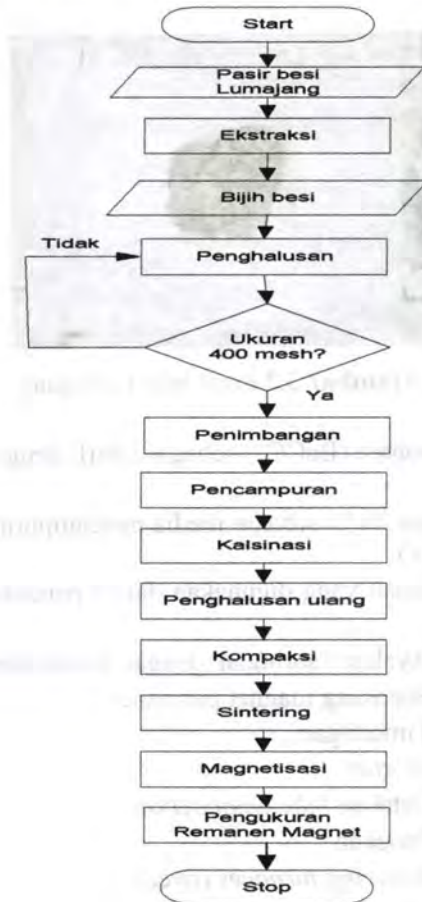
Gambar 2.6 Skema proses sintering serbuk logam padat [Barsoum,1997]

Setelah dilakukan proses sintering terhadap sampel yang sebelumnya telah dilakukan proses kompaksi maka ikatan antar serbuk akan semakin kuat. Meningkatnya ikatan setelah proses sintering ini disebabkan timbulnya *liquid bridge (necking)* sehingga porositas berkurang dan bahan menjadi lebih kompak. Dalam hal ini ukuran serbuk juga berpengaruh terhadap kompaktibilitas bahan, semakin kecil ukuran serbuk maka porositas kecil dan luas kontak permukaan antar butir semakin luas.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Teknologi proses yang digunakan dalam pembuatan magnet permanen ini adalah dengan menggunakan teknologi keramik, dengan tahapan proses sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.1 Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan magnet permanen dalam tugas akhir ini adalah :

- Pasir besi dari Kota Lumajang, dan diekstraksi sehingga didapatkan bijih besinya



Gambar 3.2 Pasir besi Lumajang

- Barium Carbonate (BaCO_3) sebagai aditif, dengan kemurnian 99,03 %
- Alkohol teknis 96 % sebagai media pencampuran antara bijih besi dan BaCO_3

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Ayakan / saringan dengan satuan mesh
- Sepasang magnet permanen
- Timbangan
- *Mortar*
- Cetakan / *die compaction*
- Penekan
- *Sintering furnaces* (oven)
- *Magnetizer*
- Mesin Permagrap

3.2 Preparasi Bahan Baku Pasir Besi Lumajang

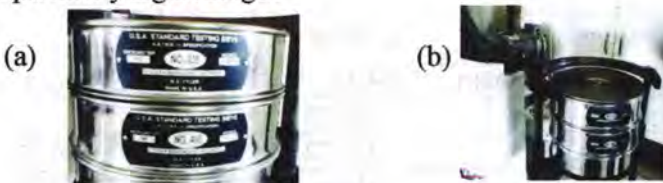
Pasir besi yang diambil dari pesisir pantai di Lumajang, masih mengandung impuritas-impuritas yang harus dihindari. Untuk itu perlu dilakukan proses pemurnian dengan tujuan mengambil bijih besi yang terdapat pada pasir besi, langkah-langkah proses berikut.

3.2.1 Ekstraksi

Pasir besi yang tersedia diekstraksi dengan menggunakan magnet permanen, dengan cara magnet permanen yang telah disiapkan, diberi plastik, kemudian dengan didekatkan ke pasir besi pada jarak tertentu, otomatis bijih besi yang terdapat pada pasir besi Lumajang akan tertarik, proses ini dilakukan sebanyak lima kali. Hasil ekstraksi ini, kemudian dibakar (roasting) pada tungku pada suhu 800 °C selama tiga jam, dimaksudkan agar impuritas-impuritas yang ada akan leleh, dengan cara ini ada sekitar 20% bijih besi yang tertarik, dari 1 kg pasir besi didapatkan sekitar +/- 200 gr bijih besi.

3.2.2 Penggerusan dan pengayakan

Mineral bijih besi ini ditumbuk dan digerus hingga menjadi serbuk, kemudian dihaluskan dengan *mortar*, diharapkan dengan penggerusan ini, diameter partikel dapat berkurang. Sampel yang dihaluskan, kemudian diayak (disaring) agar mendapat ukuran partikel yang homogen



Gambar. 3.3 Pengayakan (a) Ayakan ukuran 325 dan 400 mesh, (b) Proses pengayakan

Mineral bijih besi yang telah dihaluskan itu, kemudian ditempatkan ke dalam wadah yang agak lebar. Serbuk kemudian disaring dengan menggunakan ayakan dengan ukuran 400 mesh yang dilakukan di Laboratorium Mekanika dan Fluida Jurusan Teknik Kimia ITS, Surabaya.

3.3 Proses Pembuatan Magnet

Proses pembuatan magnet dalam penelitian Tugas Akhir ini dilakukan dengan menggunakan teknologi bahan serbuk untuk bahan keramik. Semua kegiatan dalam proses pembuatan ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Bahan, Teknik Fisika.

3.3.1 Proses pencampuran bahan

Bahan-bahan berupa serbuk (Fe_2O_3 dan BaCO_3) dicampur dengan perbandingan komposisi tertentu, perbandingan komposisi ini, akan dibandingkan dengan sampel kontrol yaitu magnet yang bahan dasar berupa bijih besi tanpa campuran, dengan perbandingan menunjukkan yang lebih sedikit adalah BaCO_3 dan yang lebih banyak adalah Fe_2O_3 dengan pertimbangan bahwa BaCO_3 adalah zat aditif pada pembuatan magnet permanen $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. Proses campuran dilakukan dalam kondisi 40% padatan dan 60% alkohol dan digerus kembali selama 1 jam. Kemudian hasil campuran yang berupa *slurry* (lumpur) dikeringkan dalam oven pada temperatur 100 °C, dengan tujuan untuk menghilangkan alkohol. Untuk rincian penghitungan komposisi sebagai berikut:

Komposisi awal 10 %	2 : 20 gr			
Perhitungan stokiometri	$\text{BaCO}_3 + 6\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} + \text{CO}_2$			
Mula-mula	0.0172	0.2		
reaksi	0.0172	0.1024	0.0172	0.0172
Sisa	Habis	0.0966	0.0172	0.0172

massa Fe_2O_3 yang tak bereaksi sebesar $0.096 \text{ mol} * 100 = 9.66 \text{ gr}$
 massa Fe_2O_3 yang harus dicampur agar tak bersisa: $20 \text{ gr} - 9.66 \text{ gr} = 10.34 \text{ gr}$
 dengan kemurnian 60%, penambahan Fe_2O_3 menjadi : $40\% \times 20$

gr = 8 gr, sehingga massa $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 10.34 \text{ gr} + 8 \text{ gr}$ menjadi 18.34 gr

Komposisi akhir menjadi 2 gr BaCO_3 dibanding 18.34 gr Fe_2O_3

Perhitungan mol $\text{BaCO}_3 = \text{gr}/\text{mr } \text{BaCO}_3$

$$2/116=0.0172 \text{ mol}$$

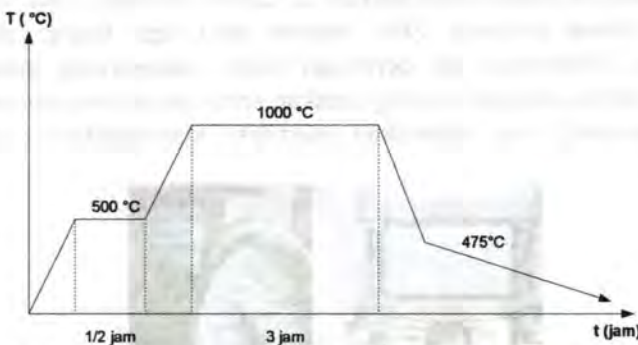
Perhitungan mol $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{gr}/\text{mr } \text{Fe}_2\text{O}_3$

$$20/100=0.2 \text{ mol}$$

dengan cara yang sama, dilakukan untuk perhitungan stokiometri komposisi penambahan BaCO_3 lainnya yaitu 5%, 15%, 16.67%, dan 19%.

3.3.2 Kalsinasi

Setelah bijih besi dan BaCO_3 dicampur, kemudian kalsinasi dilakukan, campuran tersebut dikalsinasi dengan *furnace* dengan laju pemanasan $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{menit}$ sampai temperatur $500 \text{ }^\circ\text{C}$ ditahan selama 30 menit. Pemanasan dilakukan pada temperatur $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan laju pemanasan $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{menit}$ dan ditahan selama 3 jam, kemudian pemanasan turun sampai $475 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan laju $40 \text{ }^\circ\text{C}/\text{menit}$.



Gambar 3.4 Diagram perlakuan panas pada kalsinasi

Hasil kalsinasi berupa gumpalan padat, sehingga perlu dihaluskan kembali dengan *mortar* agar menjadi serbuk kembali. Kemudian disaring kembali hingga lolos 400 mesh.

3.3.3 Kompaksi

Serbuk campuran yang telah dikalsinasi, dan dihaluskan kembali, dimasukkan ke dalam cetakan. Cetakan dapat menekan dua arah, cetakan berdiameter dalam 1.5 cm dan diameter luar 2,5 cm. Serbuk kalsin akan diperlukan sebanyak 4.5 gram pada setiap sampel, diharapkan sampel akan mempunyai tinggi 5 mm. Tekanan kompaksi yang digunakan 294 MPa dan ditahan sekitar 5 menit.



Gambar 3.5 Cetakan dengan bentuk silinder pejal

Serbuk kalsin dimasukkan ke dalam cetakan yang sudah diberi bahan pelumas *Zinc stearat* pada tepi bagian dalam cetakan. Pelumasan ini bertujuan untuk mengurangi gesekan antara serbuk dengan dinding cetakan serta untuk mengupayakan agar sampel yang dihasilkan memiliki kompaktibilitas yang merata.



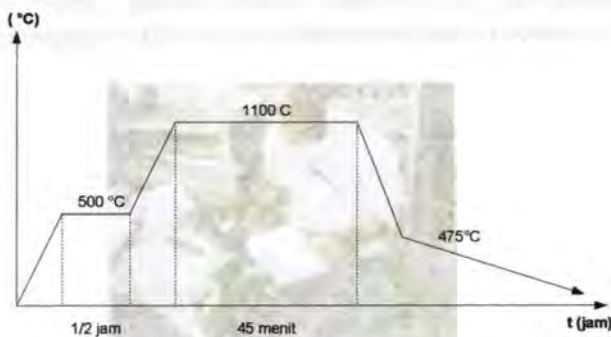
Gambar 3.6 Alat kompaksi dan indikator penekanan

Sebelum serbuk mengalami penekanan dalam cetakan terlebih dahulu ditata supaya mempermudah proses penekanan.

Penekanan dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan.

3.3.4 Sintering

Hasil cetakan kemudian dimasukkan ke dalam tungku *Furnace* pada temperatur 1100 °C dengan *holding time* 45 menit. Dengan laju pemanasan dan pendinginan sekitar 10 °C/menit. Sebelum mencapai suhu yang diinginkan, pada saat suhu sampai temperatur 500 °C ditahan selama 30 menit dengan laju pemanasan 10 °C/menit ketika suhu mencapai 1100 °C kemudian ditahan selama 45 menit, kemudian pemanasan turun sampai 475 °C dengan laju 40 °C/menit.



Gambar 3.7 Diagram perlakuan panas pada proses sintering

Sampel yang telah melalui proses sintering ini, selanjutnya akan dilakukan pengujian-pengujian untuk mengetahui karakterisasinya, karakterisasi yang dilakukan diantaranya adalah karakterisasi bijih besi, karakterisasi induksi remanen sebelum dan sesudah magnetisasi, kemudian karakterisasi densitas, serta karakterisasi dengan mesin permagrap.

3.4 Karakterisasi

Karakterisasi yang dilakukan dalam tugas akhir ini antara lain difraksi sinar X, pengukuran induksi remanen dengan

gaussmeter sebelum dan setelah magnetisasi kemudian karakterisasi densitas serta pengujian dengan mesin permagrap. Difraksi sinar X, dibutuhkan untuk mengetahui komposisi dari pasir besi Lumajang sendiri dan nilai kuantitasnya, untuk karakterisasi ini dilakukan di Researach Centre ITS.

Karakterisasi kedua, dengan cara pengukuran induksi remanen. Pengukuran ini dilakukan pada Laboratorium rangkaian listrik, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Sebelum proses magnetisasi, pertama kali dilakukan pengukuran induksi remanen sebelum magnetisasi.. Magnetisasi dengan menggunakan alat solenoida yang dialiri listrik dengan kuat arus listrik, $I = 3$ Ampere dan tegangan, $V = 14$ volt selama 90 menit. Setelah proses magnetisasi ini, kemudian masing-masing sampel diukur dengan Gaussmeter untuk mengetahui nilai induksi remanennya.



Gambar 3.8 Pengukuran nilai induksi dengan alat gaussmeter

Karakterisasi terakhir, sampel yang telah diukur dengan gaussmeter, diujikan kembali dengan menggunakan mesin permagrap. Diharapkan nantinya akan didapatkan data induksi remanen dan data medan koersifitasnya dari pengamatan kurva histeresis yang didapatkan.



Gambar 3.9 *Permagraph*

Pengujian ini akan diadakan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi unit pelayanan dan pengujian bidang uji bahan magnet Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia terletak di jalan Cisit, Bandung, Jawa Barat

3.5 Pengolahan dan analisa data

Data hasil pengujian karakteristik sifat magnet nantinya akan dibuat dalam bentuk tabel. Data dari tabel ini berisi nilai induksi remanen magnet sebelum dan sesudah proses magnetisasi dengan variabel utama sampel komposisi dan data dari tabel dari nilai densitas magnet. Kemudian, dibuat *plotting* grafik berdasarkan nilai yang ada dalam tabel untuk mengetahui variabel utama yang mempengaruhi sifat magnetnya.



Gambar 3.9. (Caption text, which is illegible due to blurriness)

(halaman ini sengaja dikosongkan)

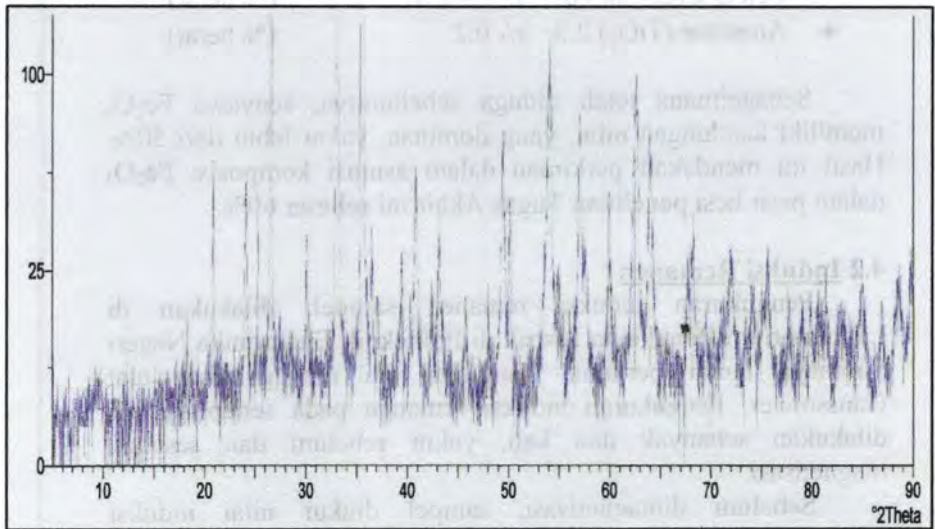
3.2.1. Kesimpulan dan saran

(The following text is extremely faint and illegible, appearing to be a conclusion or summary section.)

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Bijih Besi

Bijih besi terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk mengetahui dan mengidentifikasi sampel bijih besi dengan melihat komposisi dari bijih besi tersebut. Untuk mengetahui dan mengidentifikasi sampel uji, dilakukan pengujian difraksi sinar-X (XRD) yang dilaksanakan di *Research Centre ITS*. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan hasil berupa grafik (difraktogram) sebagai berikut sehingga diketahui unsur penyusun dan komposisi dari bijih besi.



Gambar 4.1 Difraktogram sinar-x bijih besi

Setelah dilakukan difraksi sinar-X, didapatkan senyawa-senyawa yang teridentifikasi antara lain:

- Hematite (Fe_2O_3) sesuai dengan pdf no. 33-0664
- Kuarsa SiO_2 sesuai dengan pdf no. 33-1161
- Fe_3O_4 sesuai dengan pdf no. 11-0614

- Anastase (TiO_2) sesuai dengan pdf no. 21-1272

Selanjutnya dilakukan uji lanjut untuk mengetahui nilai persen kadar berat dari sampel bijih besi (pengujian kuantitas dari sampel bijih besi). Pengujian ini juga dilakukan di *Research Centre* Institut Teknologi Sepuluh Nopember. metode analisis Search match dengan perangkat X'Pert Graphics & Identity serta analisa kuantitatif dengan metode Rietveld.

Hasil dari pengujian analisis kuantitatif ini didapatkan nilai komposisi sebagai berikut:

- Hematite (Fe_2O_3) sebanyak 51,1 % +/- 1.2 (% berat)
- Kuarsa (SiO_2) sebanyak 27.9 +/- 1.6 (% berat)
- Fe_3O_4 sebanyak 18.7 % +/- 0.6 (% berat)
- Anastase (TiO_2) 2.3 +/- 0.2 (% berat)

Sebagaimana telah diduga sebelumnya, senyawa Fe_2O_3 memiliki kandungan nilai yang dominan, yakni lebih dari 50%. Hasil ini mendekati perkiraan dalam asumsi komposisi Fe_2O_3 dalam pasir besi penelitian Tugas Akhir ini sebesar 60%.

4.2 Induksi Remanen

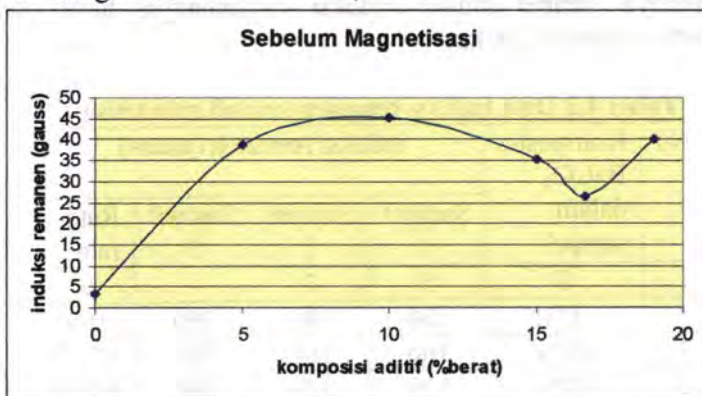
Pengukuran induksi remanen sampel, dilakukan di Laboratorium Rangkaian Listrik di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya lantai pertama. Pengujian ini menggunakan alat Gaussmeter. Pengukuran induksi remanen pada setiap sampel dilakukan sebanyak dua kali, yakni sebelum dan sesudah magnetisasi.

Sebelum dimagnetisasi, sampel diukur nilai induksi remanennya untuk mengetahui keadaan remanen magnet sebelum dilakukan magnetisasi. Hasil yang diperoleh terekam dalam tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data induksi remanen sebelum magnetisasi

No	Komposisi BaCO ₃ dalam sampel	induksi remanen (gauss)			
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	rata-rata
1	0	3	4	-	3.5
2	5%	40	36	40	38.67
3	10%	40	44	52	45.33
4	15%	30	40	36	35.33
5	16.67%	28	28	24	26.67
6	19%	40	36	44	40

Setelah data sebelum magnetisasi ini yang ada pada tabel diatas, kemudian dari tiga sampel untuk satu variasi komposisi ini dirata-rata. Hasil yang didapat kemudian di plot dalam bentuk grafik sebagai berikut.

**Gambar 4.2** Pengaruh komposisi BaCO₃ terhadap induksi remanen sampel sebelum dimagnetisasi

Dari hasil uji sampel sebelum dimagnetisasi ini, didapatkan nilai induksi remanen yang cukup tinggi, daripada nilai induksi remanen pada penelitian sebelumnya, yang tercatat

hanya mendapatkan nilai 30 Gauss (setelah magnetisasi). Hal ini dikarenakan pengaruh kemurnian pada bahan dasar Fe_2O_3 . Diharapkan nilai induksi remanen ini akan meningkat setelah dimagnetisasi, sehingga diharapkan terjadinya penyearahan arah domain pada sampel yang akan berdampak pada peningkatan nilai induksi remanen magnet. Tampak pada gambar diatas, selisih antara nilai setiap komposisi hanya kecil, komposisi 10% memiliki nilai paling tinggi yaitu 45.33 Gauss lebih tinggi daripada sampel kontrol bijih besi tanpa campuran yang hanya 3.5 Gauss. Ini sesuai dengan Shackelford (2000) bahwa magnet keras memiliki nilai induksi remanen yang lebih tinggi daripada magnet lunak yang dalam hal ini adalah magnet *barium ferrite* nilainya lebih tinggi daripada magnet bijih besi (Fe_2O_3).

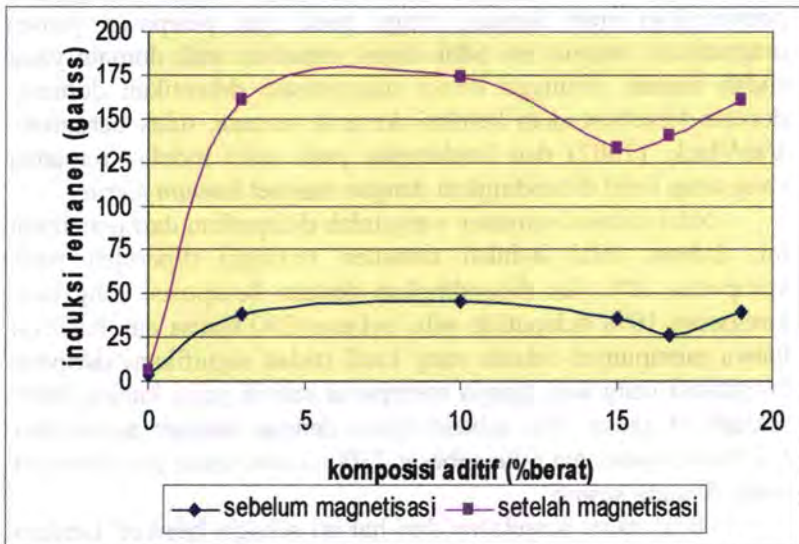
Setelah pengukuran nilai induksi sebelum magnetisasi selesai, maka sampel dimagnetisasi. Magnetisasi dilakukan dengan solenoida yang dialiri listrik sehingga bisa menghasilkan medan magnet yang diharapkan dapat menginduksi sampel. Selanjutnya sampel diukur induksi remanennya, hasil yang didapatkan sebagai berikut

Tabel 4.2 Data Induksi remanen setelah magnetisasi

No	Komposisi BaCO_3 dalam sampel	induksi remanen (gauss)			
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
1	0	5	7	-	6
2	5%	180	140	160	160
3	10%	160	160	200	173.3
4	15%	120	120	160	133.3
5	16.67%	160	140	120	140
6	19%	170	160	180	160

Dari tabel hasil setelah magnetisasi ini, nilai induksi remanen yang diharapkan meningkat seiring dengan penyearahan arah domain ternyata memang meningkat beberapa kali. Nilai

induksi remanen tertinggi didapatkan pada komposisi aditif 10% dengan nilai tertinggi sebesar 200 Gauss. Hasil ini kemudian diplot dalam grafik, setelah didapatkan nilai rata-rata dari 3 sampel untuk satu variasi komposisi.



Gambar 4.3 Perbandingan nilai induksi remanen antara sebelum dan sesudah magnetisasi

Dari tabel dan gambar di atas tampak bahwa nilai induksi remanen meningkat jika dibandingkan nilai induksi remanen sebelum dimagnetisasi. Peningkatan ini disebabkan terjadinya penyearahan domain pada sampel, sehingga nilai induksi remanen akan meningkat. Dari keseluruhan sampel magnet *barium ferrite* yang diukur, terjadi peningkatan nilai yang cukup signifikan, tetapi pada sampel magnet bijih besi tanpa campuran, tidak terjadi peningkatan yang drastis. Hal ini bisa dijelaskan sebagai berikut pada proses magnetisasi, magnet keras yang dalam hal ini magnet *barium ferrite* memiliki desain domain yang dapat menahan dan mengunci pergerakan dari arah domain,

sehingga arah domain yang sudah searah tersebut dapat ditahan kemudian ketika magnetisasi dilepas, sampel akan tetap mempertahankan arah domain tersebut, sehingga nilai induksi remanen akan meningkat. Berbeda dengan magnet lunak, pada saat magnetisasi, sampel tersebut juga akan mengalami penyearahan arah domain, tetapi pada saat pelepasan proses magnetisasi, magnet ini tidak dapat menahan arah domain yang sudah searah, sehingga ketika magnetisasi dihentikan domain-domain tersebut akan kembali ke arah semula, tidak beraturan, VanVlack, (2002) dan berdampak pada nilai induksi remanen yang tetap kecil dibandingkan dengan magnet *barium ferrite*.

Nilai induksi remanen yang telah didapatkan dari penelitian ini, didapat nilai induksi remanen tertinggi diperoleh pada komposisi 10% jika dibandingkan dengan komposisi yang lain, komposisi 10% didapatkan nilai sebesar 200 Gauss dan hasil ini hanya mempunyai selisih yang kecil (tidak signifikan) daripada komposisi yang lain, hanya mempunyai selisih yang kurang lebih sekitar 50 gauss. Jika dibandingkan dengan magnet acuan dari LIPI yang mencapai nilai sebesar 2300 Gauss, tentu penelitian ini masih kurang sesuai.

Didapatkan penjelasan dari hal ini sebagai berikut. Dengan mengacu pada penelitian Dedi (2003) yang mendapatkan hasil terbaik pada sampel dengan suhu kalsinasi sebesar 1100 °C, dan suhu sintering 1250 °C. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Tugas Akhir yang menggunakan suhu kalsinasi sebesar 1000 °C dan suhu sintering 1100 °C. Dilihat dari pengertian sintering adalah pengikatan partikel yang berdekatan sehingga terjadi *neck*, dan untuk dapat dilakukan proses tersebut suhu sinter biasanya mencapai 2/3 titik leleh atau lebih. Dari suhu titik leleh dari besi sebesar 1539 °C, dari Metal Handbook volume 18 chapter iron, suhu sintering penelitian ini masih belum mencukupi untuk mencapai hasil maksimal.

Dilihat dari penelitian Grace A. (2000) tentang Pengaruh kemurnian Bahan Baku (Fe_2O_3 dan $BaCO_3$) dalam Pembuatan Magnet Permanen Barium Ferit, bahwa untuk mencapai hasil

yang terbaik dibutuhkan kemurnian Fe_2O_3 hingga mencapai 98%. Hal ini untuk menghindari impuritas-impuritas yang tidak diharapkan serta menghindari pengikatan atom Fe dengan atom yang lainnya yang sifatnya merugikan seperti atom Si yang pada tabel kemagnetan bahan atom Si mempunyai sifat diamagnetik yakni jenis diamagnetik tidak memiliki domain magnetik di dalamnya. Hal ini cukup beralasan karena pada karakterisasi bijih besi, masih terdapat bahan SiO_2 sebesar 27,9% dan kemurnian bahan dasar Fe_2O_3 hanya 51,1 %, jika dibandingkan dengan penelitian Grace (2000). Dalam Tugas Akhir ini, hal tersebut sudah diantisipasi dengan melakukan proses preparasi bahan dasar untuk penghilangan impuritas, yakni dengan cara penarikan secara manual bijih besi yang terdapat pada pasir besi Lumajang menggunakan magnet permanen, dengan preparasi ini, terjadi peningkatan hasil dibandingkan dengan penelitian kami sebelumnya.

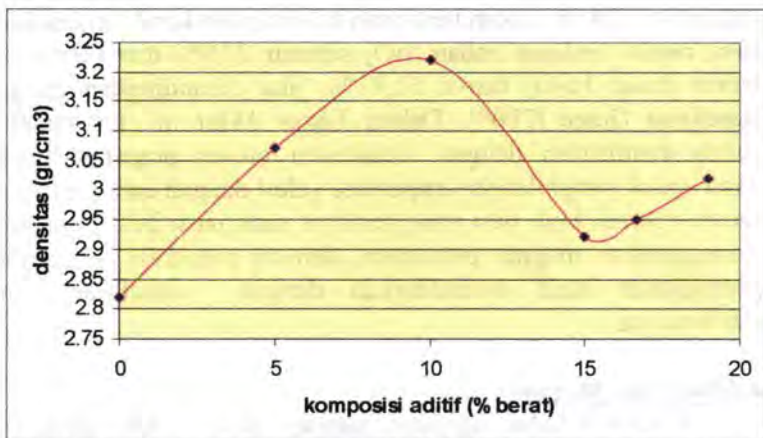
4.3 Densitas Magnet

Besarnya nilai densitas sampel diukur dan dilakukan dengan menimbang massa sampel terlebih dahulu dan mengukur penambahan volume yang terjadi ketika sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur. Pengujian densitas ini dilakukan di Laboratorium bahan Jurusan Teknik Fisika ITS

Tabel 4.3 Data nilai densitas sampel

No	Komposisi BaCO_3 dalam sampel	Densitas magnet (gr/cm^3)			
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	rata-rata
1	0	2.84	2.8	-	2.82
2	5%	3.05	3.1	3.08	3.07
3	10%	3.15	3.29	-	3.22
4	15%	2.9	2.94	2.92	2.92
5	16.67%	2.98	2.96	2.92	2.95
6	19%	3.02	3	3.05	3.02

Nilai densitas didapatkan untuk masing-masing sampel, di mana dalam satu variasi komposisi mempunyai tiga sampel, kemudian hasil dalam satu variasi komposisi didapatkan nilai rata-ratanya, langkah selanjutnya data nilai rata-rata di plot dalam bentuk grafik, untuk mengetahui polanya.



Gambar 4.4 Pengaruh komposisi BaCO₃ terhadap nilai densitas sampel

Hasil lain yang mempengaruhi densitas ini adalah suhu sintering. Sampel dari LIPI diproses dengan suhu sintering 1250 °C sedang pada Tugas Akhir ini suhu sintering hanya mencapai 1100 °C. Tampak pada grafik di atas, nilai densitas tertinggi dimiliki pada komposisi 10% dengan nilai 3.22 gr/cm³. Jika dibandingkan dengan magnet acuan dari LIPI yang memiliki nilai densitas sebesar 4.7 gr/cm³. Hal ini berkaitan dengan kemurnian bahan dasar yaitu bijih besi karena densitas dari Fe lebih tinggi daripada densitas atom Si atau atom Ti, pada penelitian Novrita untuk magnet barium ferrite rata-rata memiliki densitas sekitar 4.4-4.7 gr/cm³ dengan kemurnian bahan dasar 95-98%. Gambar di atas jika dibandingkan dengan gambar 4.3 terlihat memiliki

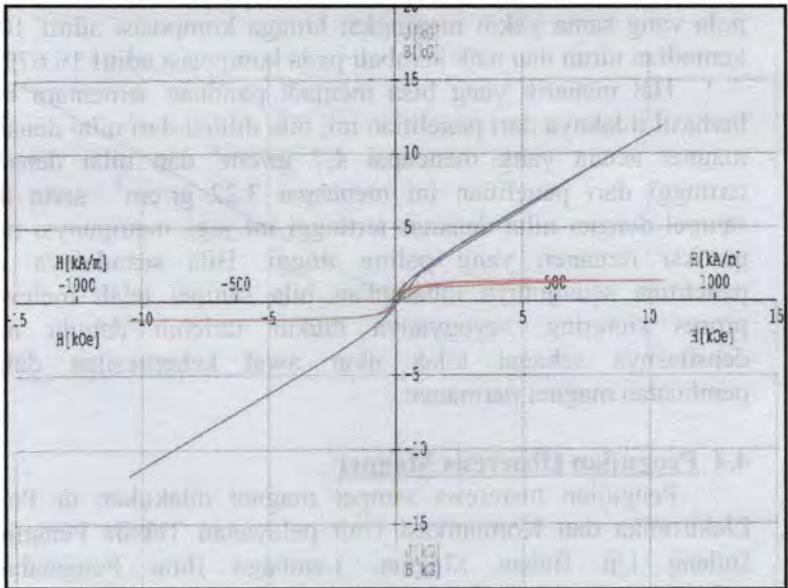
pola yang sama yakni meningkat hingga komposisi aditif 10%, kemudian turun dan naik kembali pada komposisi aditif 16.67%.

Hal menarik yang bisa menjadi panduan sementara bagi berhasil tidaknya dari penelitian ini, bila dilihat dari nilai densitas magnet acuan yang mencapai 4.7 gr/cm^3 dan nilai densitas tertinggi dari penelitian ini mencapai 3.22 gr/cm^3 serta dari sampel dengan nilai densitas tertinggi ini juga mempunyai nilai induksi remanen yang paling tinggi. Bila seandainya ada penelitian selanjutnya diharapkan bila sampel telah melewati proses sintering, seyogyanya diukur terlebih dahulu nilai densitasnya sebagai tolak ukur awal keberhasilan dalam pembuatan magnet permanen.

4.4 Pengujian Histeresis Magnet

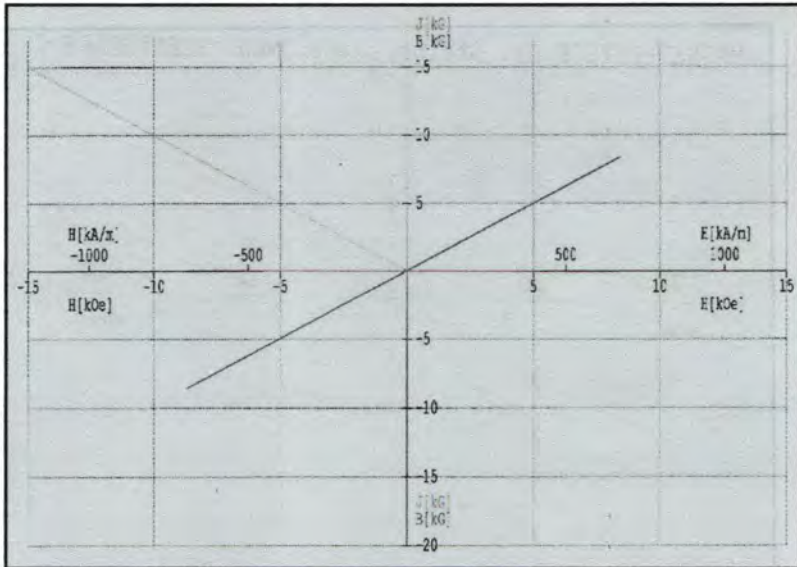
Pengujian histeresis sampel magnet dilakukan di Puslit Elektronika dan Komunikasi Unit pelayanan Teknis Pengujian Bidang Uji Bahan Magnet, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung. Pengujian histeresis ini diperlukan untuk mengetahui nilai medan koersif yang ada pada sampel dengan menggunakan alat permagrap, serta nilai induksi remanen sebagai validasi pengukuran induksi remanen dengan menggunakan Gaussmeter. Pengujian ini hanya dilakukan pada sampel yang mempunyai nilai induksi tertinggi, yaitu sampel dengan komposisi aditif 10%. Hal ini dilakukan karena pertimbangan biaya. Berikut adalah kurva histeresis dari sampel dengan komposisi aditif 10%.





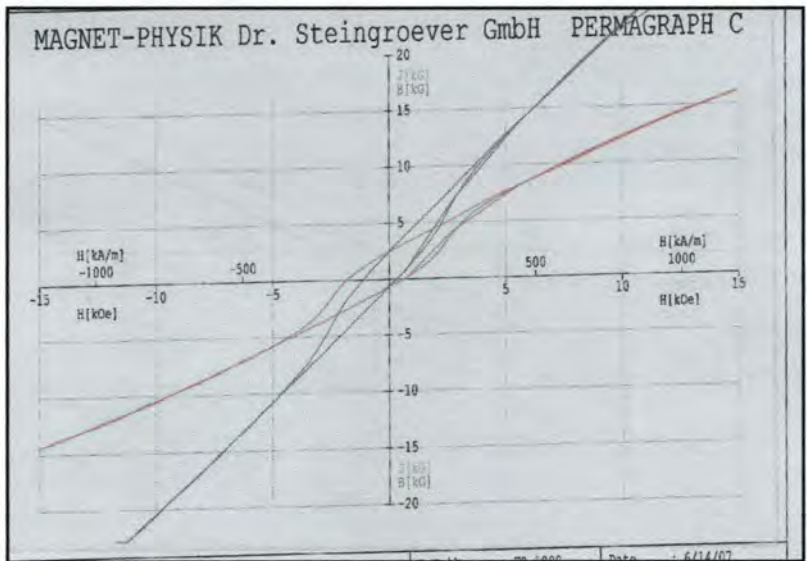
Gambar 4.5 Histeresis sampel magnet komposisi aditif 10%

Dari kurva histeresis di atas diketahui nilai induksi remanen untuk komposisi aditif 10% sebesar 200 Gauss, dan medan koersif sebesar 60 Oersted. Dari hasil ini terbukti pengukuran induksi remanen dengan menggunakan Gaussmeter adalah valid, karena hasil yang diperoleh sama, yakni 200 Gauss untuk sampel dengan komposisi aditif 10%. Selain sampel dengan komposisi aditif 10%, sampel lain yang diuji dengan mesin permagrap ini adalah sampel dengan komposisi aditif 0%, yakni yang terbuat dari bijih besi saja. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat magnet, dan juga untuk membandingkan sifat magnet dari sampel Fe_2O_3 yang merupakan magnet lunak dan sampel *barium ferrite* yang merupakan magnet keras. Berikut merupakan gambar kurva histeresis dari sampel magnet bijih besi.



Gambar 4.6 Histeresis dari sampel magnet komposisi aditif 0%

Tampak dalam gambar 4.6 bahwa kurva histeresis yang didapatkan dari sampel magnet bijih besi atau komposisi aditif 0% menunjukkan nilai induksi remanen yang sangat kecil, sehingga alat permagrap tidak mendeteksi nilai induksi yang tertinggal di dalam sampel. Medan magnet sebesar nol (tidak terdeteksi). Hasil ini memperkuat referensi dari buku VanVlack, (2002) bahwa magnet keras mempunyai nilai medan koersif yang lebih tinggi daripada magnet lunak. Dari referensi buku, perbedaan dari magnet lunak dan magnet keras, bila dilihat dari kurva histeresis adalah gemuk tidaknya kurva histeresis tersebut



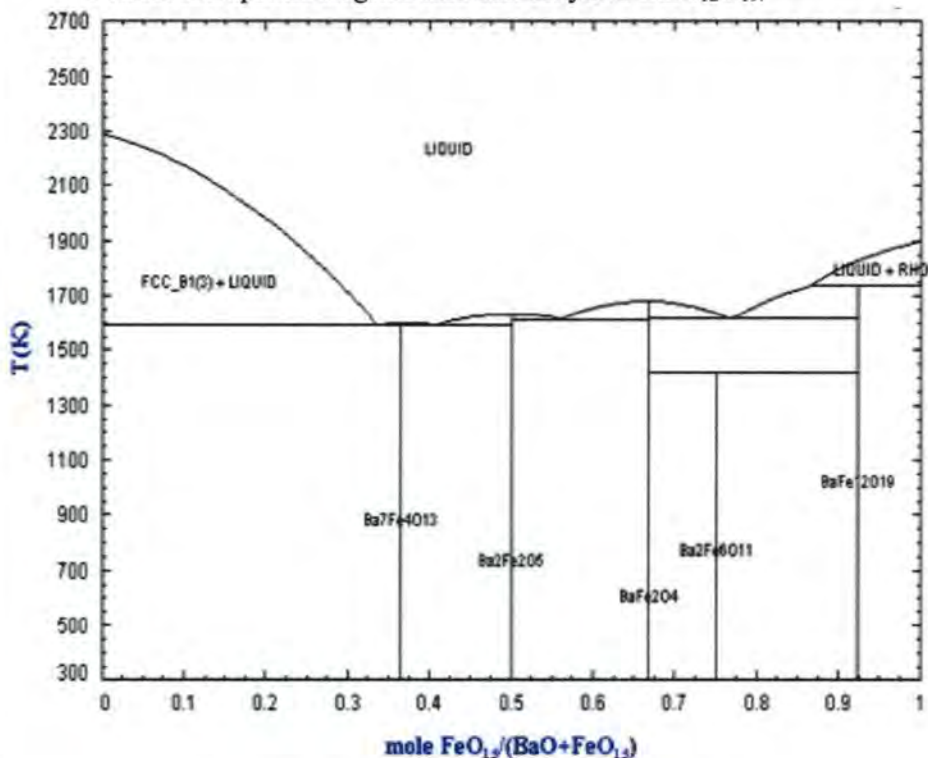
Gambar 4.7 Histeresis dari magnet acuan (LIPI)

Sampel magnet buatan LIPI yang menjadi acuan dalam tugas akhir ini, adalah sebuah magnet keras Barium Ferrit telah mencapai nilai induksi remanen sebesar 2249 gauss dan medan koersif tercatat sebesar 1860 oersted. Gambar 4.7 di atas merupakan kurva histeresis magnet tersebut. Terlihat dari gambar tersebut, kurva histeresis yang gemuk yang menandakan ciri-ciri magnet permanen yang keras.

4.5 Pengaruh Variasi Komposisi pada Sifat Magnet

Telah dilakukan pengujian-pengujian untuk mengetahui sifat-sifat magnet, didapatkan hasil dari nilai induksi remanen yang masih kurang sesuai dengan magnet acuan dari LIPI, dilihat dari kemurnian bahan dasar yang dipakai, untuk penelitian ini masih kurang sesuai bila dibandingkan kemurnian yang dipakai pada saat pembuatan magnet acuan. Selain itu perlu juga dievaluasi pengaruh dari berhasil tidaknya pembentukan senyawa

$BaFe_{12}O_{19}$. Untuk mengetahui hal ini diagram fasa dari $BaFe_{12}O_{19}$. Berikut merupakan diagram fasa dari senyawa $BaFe_{12}O_{19}$.



Gambar 4.8 Diagram fasa dari $BaFe_{12}O_{19}$

Dilihat dari gambar di atas, untuk membentuk senyawa yang diinginkan dapat dihitung dari perbandingan mol antara bahan dasar dan mol hasil yang terbentuk. Dari diagram fasa tersebut Dapat dilihat untuk membentuk senyawa $BaFe_{12}O_{19}$, perbandingan mol harus mencapai 0.92 sampai 1. jika ditinjau ulang perhitungan sampel penelitian tugas akhir ini, maka didapatkan nilai perbandingan hanya mencapai 0.58. Dengan

demikian wajar jika sampel yang telah dibuat belum menunjukkan hasil yang memuaskan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian Tugas Akhir ini telah dilakukan pembuatan magnet permanen dengan bahan dasar bijih besi yang diambil dari pasir besi dari daerah Lumajang, dengan memvariasikan komposisi pencampuran bahan dasar bijih besi dan bahan aditif *Barium Carbonate* pada proses pembuatannya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Komposisi terbaik dari pencampuran bijih besi dan *Barium Carbonate* untuk mendapat sifat magnet terbaik adalah komposisi BaCO_3 10 % dengan komposisi Fe_2O_3 90%.
- Sampel dengan komposisi BaCO_3 10 % memiliki induksi remanen = 200 Gauss, medan koersif= 60 Oersted, dan densitas = 3.22 gr/cm^3
- Variasi komposisi tidak menunjukkan pola tertentu dari induksi remanen sampel
- Nilai induksi remanen sebanding dengan nilai densitasnya
- Hasil yang didapatkan masih kurang sesuai bila dibandingkan dengan magnet acuan buatan dari LIPI.
- Kemurnian bahan baku sangat penting untuk meningkatkan nilai induksi remanen

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan pemurnian terlebih dahulu dengan cara sintesa serbuk bijih besi untuk mendapatkan kemurnian bijih besi yang lebih tinggi serta untuk proses sintering, diharapkan dapat mencapai suhu $1300 \text{ }^\circ\text{C}$. Sebagai standard awal keberhasilan dalam pembuatan magnet permanen setelah proses sintering, dengan menghitung densitasnya, apakah telah mencapai nilai densitas dari magnet

Barium Ferrite sebesar 4.7 gr/cm^3 (berdasarkan hasil yang telah dibuat di LIPI).

DAFTAR PUSTAKA

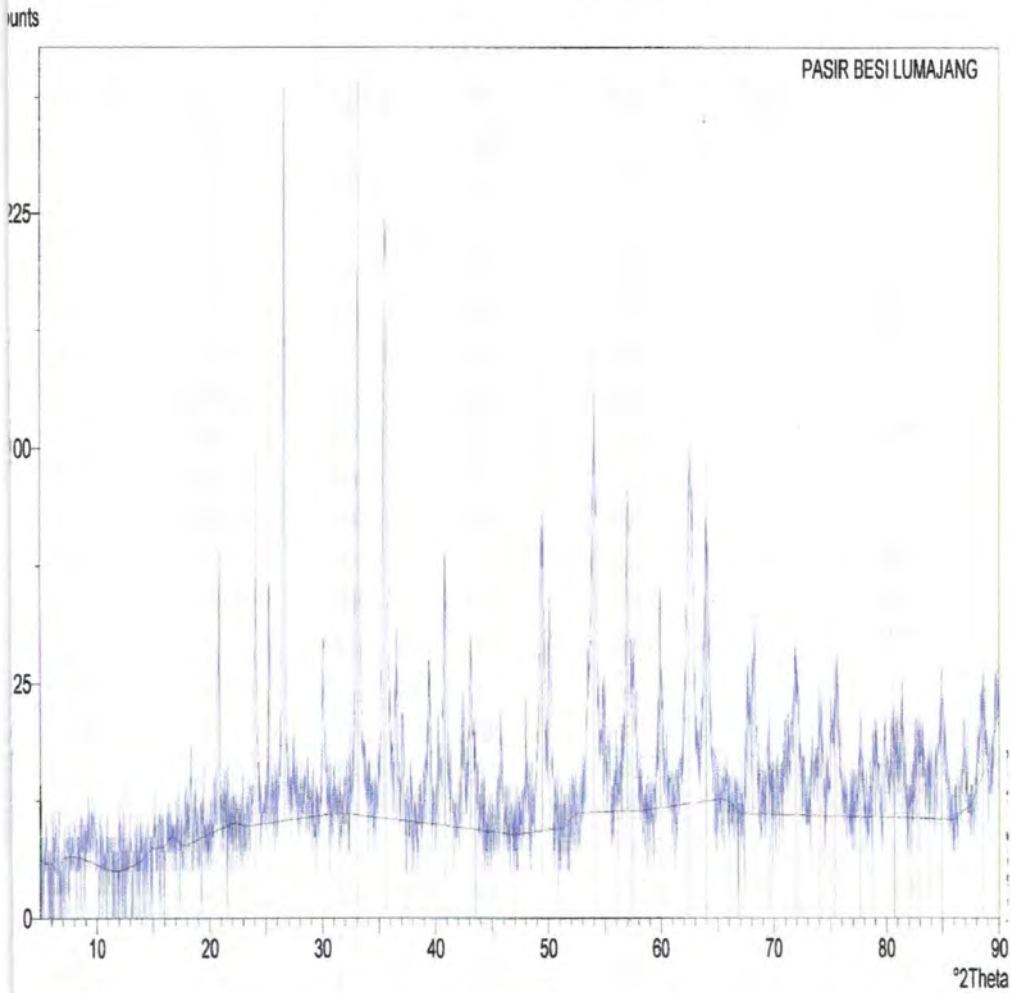
- Barsoum, M.W. 1997. **Fundamental of Ceramics**, McGraw-Hill. Birmingham, University, 2002. **Classification of Magnetic Materials**, URL:<http://www.University of Birmingham.com/Classification of Magnetic Materials.html>.
- Birmingham, University, 2002. **History of Magnetism**, URL:<http://www.University of Birmingham.com/history of magnetism.html>.
- Callister, Jr. 1985. **Materials Science And Engineering An Introduction**. John Willey & Sons, Inc
- Dedi, Idayanti, Novrita, Sukarna Djaja, Agustus 2002” Pembuatan Magnet Barium Stronsium Ferit untuk Motor DC Mini” **Proceeding Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia**.
- Doansi Tarihoran, Azwar Manaf, 2002.” Perhitungan Produksi Energi Maksimum Magnet Permanen sebagai Fungsi Ukuran Butir Dengan Model Analitik” **Proceeding Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia**.
- Grace A. Mambu, Endang, S.B, Dedi, M. Arifin Hidayat. 2000 “ Pengaruh kemurnian Bahan Baku (Fe_2O_3 dan $BaCO_3$) dalam Pembuatan Magnet Permanen Barium Ferit, **Seminar Nasional Bahan Magnet 1, Serpong, Tangerang**
- Idayanti, N., Dedi., Agustus 2002. “Pembuatan Magnet Permanen Ferit untuk Flow Meter” **Proceeding Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia**.
- Metal Handbook **Properties and selection of metal**, chapter magnetik, electrical and other special purpose materials
- Metal Handbook **Properties of metal** volume 18 chapter iron
- Mouson, A.J, Herbert, J.M. 1990. “ **Electronic Ceramics; Materials Properties Applications**” Chapman & Hall Publishing, London, Britain
- Murthy. Usr, Jena. Ak, Gupta. Kp, Murly. Gs, 2003. “ **Structure and properties of engineering material**”. McGraw & Hill, Publishing, London, Britain



- Schaller, George E.1992” Ferrite Processing & Effects on Material Performance” **Journal ceramic Magnetics,Inc.16 Law Drive, Fairfield, NJ**
- Shackelford, James F, 2000. “**Material Science for Engineers,fifth edition**”. Prentice Hall, Publishing,London,Britain
- Van Vlack, Lawrence.1990.”**element of Material Science and Engineering,6-th ED**”,Addison Wesley Publishing Company,USA
- Warrents, L.A.A. 1990. ”**Electronic Materials**”London Publishing,Britain
- Yulianto. A, S. Bijaksana, W. Loeksmanto,2002.” Karakterisasi Magnetik dari pasir besi Cilacap” **Proceeding Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia.**
- Waloejo,Satria,Danial,Agus,2000 “ Oksidasi Magnetik dari Pasir Besi Pantai Bayuran maenjadi Hematiti dan dan maghemit (Bahan Dasar Pembuatan Magnet Permanen). **Seminar Nasional Bahan Magnet 1,Serpong,Tangerang.**



LAMPIRAN A
Hasil Karakterisasi Bijih Besi



61 Quartz, syn	SiO ₂
64 Hematite, syn	Fe ₂ O ₃
14 Magnetite	Fe ₃ O ₄
72 Anatase, syn	TiO ₂

d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle (°2Theta)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width (°2Theta)	Significance
1.48306	28.37	62.58207	87.78	6.01	0.36000	5.35
1.45460	20.41	63.94992	63.16	6.24	0.16000	0.67
1.45094	16.94	64.13048	52.42	6.27	0.12000	0.75
1.38269	6.27	67.70920	19.40	4.95	0.16000	0.69
1.37576	6.73	68.09680	20.82	4.94	0.10000	0.78
1.37175	8.86	68.32350	27.41	4.94	0.10000	0.79
1.35021	1.96	69.56866	6.06	4.90	0.32000	0.89
1.30988	6.83	72.03818	21.14	4.84	0.48000	2.96
1.28806	2.61	73.45567	8.07	4.80	0.20000	0.88
1.27712	4.03	74.18976	12.48	4.78	0.32000	1.35
1.26501	3.85	75.02177	11.90	4.76	0.10000	0.61
1.25685	6.73	75.59394	20.81	4.74	0.24000	0.60
1.22763	2.97	77.72481	9.19	4.68	0.32000	1.25
1.21062	2.49	79.02843	7.70	4.65	0.48000	1.09
1.20026	3.21	79.84639	9.92	4.62	0.20000	1.17
1.18914	3.19	80.74627	9.88	4.60	0.40000	0.77
1.18099	5.35	81.42017	16.56	4.58	0.12000	0.84
1.16526	3.11	82.75803	9.61	4.54	0.48000	0.91
1.14008	5.89	85.00769	18.24	4.48	0.12000	0.70
1.11982	2.58	86.92238	7.98	5.31	0.32000	1.01
1.10307	4.01	88.58219	12.41	9.54	0.56000	2.52

d-spacing (Å)	Relative Intensity (%)	Angle ($^{\circ}2\theta$)	Peak Height (counts)	Background (counts)	Tip Width ($^{\circ}2\theta$)	Significance
9.45223	0.72	9.34865	2.23	1.45	0.96000	0.68
7.87610	0.45	11.22496	1.38	1.04	0.48000	0.76
7.12543	0.37	12.41194	1.13	1.07	0.66000	0.91
6.80161	0.15	13.00535	0.46	1.19	0.20000	0.74
4.82611	2.86	18.36816	8.85	2.57	0.08000	0.62
4.25247	18.33	20.87199	56.71	3.61	0.08000	1.52
3.68460	12.82	24.13385	39.67	3.97	0.10000	1.15
3.51790	13.22	25.29594	40.91	4.14	0.12000	2.96
3.34467	100.00	26.62957	309.47	4.33	0.12000	6.54
3.24272	1.84	27.48295	5.70	4.46	0.32000	0.66
2.96517	9.68	30.11358	29.95	4.84	0.10000	0.61
2.69803	57.22	33.17718	177.08	4.84	0.16000	4.13
2.53127	51.92	35.43287	160.67	4.56	0.10000	1.44
2.45574	8.06	36.56057	24.95	4.42	0.16000	1.32
2.42022	4.12	37.11645	12.76	4.35	0.20000	1.38
2.28099	7.23	39.47298	22.36	4.07	0.16000	1.11
2.23801	3.04	40.26362	9.41	3.97	0.16000	0.64
2.20835	16.04	40.82837	49.63	3.90	0.24000	2.78
2.13101	3.97	42.38015	12.30	3.71	0.24000	1.95
2.09467	9.54	43.15181	29.53	3.62	0.20000	1.36
1.98167	4.63	45.74753	14.32	3.30	0.16000	1.08
1.89217	4.19	48.04398	12.97	3.29	0.12000	0.89
1.84009	19.88	49.49366	61.53	3.48	0.36000	7.82
1.81907	12.55	50.10487	38.83	3.56	0.24000	3.69
1.69601	28.45	54.02336	88.05	5.11	0.28000	3.32
1.67241	7.02	54.84925	21.73	5.14	0.06000	0.75
1.61447	22.75	56.99363	70.41	5.24	0.32000	6.76
1.54223	13.64	59.92855	42.22	5.55	0.08000	0.93

X'Pert Graphics & Identify
edited peak list: PASIR BESI

Description:

Taufik Hidayat (T.Fisika ITS)

Original scan: PASIR BESI

Date: 10/4/07 10:14

Description of scan:

Taufik Hidayat (T.Fisika ITS)

Used wavelength:

K-Alpha1

K-Alpha1 wavelength (Å):

1.54056

K-Alpha2 wavelength (Å):

1.54439

K-Alpha2/K-Alpha1 intensity ratio :

0.50000

K-Alpha wavelength (Å):

1.54056

K-Beta wavelength (Å):

1.39222

Peak search parameter set:

As Measured Intensities

Set created:

9/6/05 10:18

Peak positions defined by:

Minimum of 2nd derivative

Minimum peak tip width ($^{\circ}2\theta$):

0.00

Minimum peak tip width ($^{\circ}2\theta$):

1.00

Peak base width ($^{\circ}2\theta$):

2.00

Minimum significance:

0.60

21-1272

Wavelength= 1.5406

TiO ₂				2 θ	Int	h	k	l	2 θ	Int	h	k	l
Titanium Oxide				25.281	100	1	0	1	120.099	2	2	2	8
				36.946	10	1	0	3	121.720	<2	4	1	3
				37.80	20	0	0	4	122.331	2	4	0	4
Anatase, syn				38.575	10	1	1	2	131.029	2	4	2	0
Rad.:	i:	Filter:	d-sp:	48.049	35	2	0	0	135.991	<2	3	2	7
				53.890	20	1	0	5	137.384	4	4	1	5
Cut off:	Int.:		l/lcor.: 3.3	55.060	20	2	1	1	143.879	2	3	0	9
Ref: Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, 7, 82 (1969)				62.119	4	2	1	3	150.028	4	4	2	4
				62.688	14	2	0	4	152.622	2	0	0	12
				68.760	6	1	1	6					
				70.309	6	2	2	0					
Sys.: Tetragonal		S.G.: I4 ₁ /amd (141)		74.029	<2	1	0	7					
a: 3.7852	b:	c: 9.5139	A: C: 2.5134	75.029	10	2	1	5					
α :	β :	γ :	Z: 4 mp:	76.017	4	3	0	1					
				80.725	<2	0	0	8					
Ref: Ibid.				82.136	2	3	0	3					
				82.659	6	2	2	4					
				83.147	4	3	1	2					
				93.217	2	2	1	7					
Dx: 3.893	Dm:	SS/FOM: F ₃₀ = 74/(.0116, 35)		94.178	4	3	0	5					
				95.139	4	3	2	1					
Color: Colorless				98.315	2	1	0	9					
Pattern taken at 25 C. Sample obtained from National Lead Co., South Amboy, NJ, USA. Anatase and another polymorph, brookite (orthorhombic), are converted to rutile (tetragonal) by heating above 700 C. Pattern reviewed by Holzer, J., McCarthy, G., North Dakota State Univ, Fargo, ND, USA, ICDD Grant-in-Aid (1990). Agrees well with experimental and calculated patterns. O2 Ti type. PSC: t12. Validated by calculated pattern. Mwt: 79.90. Volume[CD]: 136.31.				99.801	2	2	0	8					
				101.218	2	3	2	3					
				107.444	4	3	1	6					
				108.959	4	4	0	0					
				112.836	<2	3	0	7					
				113.857	2	3	2	5					
				114.904	2	4	1	1					
				118.434	4	2	1	9					

A-6

11-0614

Fe ₃ O ₄	2θ	Int	h	k	l
Iron Oxide	18.277	40	1	1	1
	30.105	70	2	2	0
	35.451	100	3	1	1
Magnetite	37.136	10	2	2	2
	43.123	70	4	0	0
Rad.: CoKa λ: 1.7902 Filter: Fe Beta d-sp: 114.6	53.478	60	4	2	2
Cut off: Int.: Estimation I/lor.:	57.012	85	5	1	1
	62.585	85	4	4	0
Ref: Basta, Mineral. Mag., 31, 431 (1957)	70.967	20	6	2	0
	74.063	30	5	3	3
	75.092	10	6	2	2
Sys.: Cubic S.G.: Fd3m (227)	78.983	20	4	4	4
a: 8.3963 b: c: A: C:	86.769	30	6	4	2
α: β: γ: Z: 8 mp:	89.700	60	7	3	1
	94.508	40	8	0	0
Ref: Ibid.	102.310	10	6	6	0
	105.265	40	7	5	1
	110.304	30	8	4	0
	122.307	40	9	3	1
Dx: 5.196 Dm: SS/FOM: F ₂₁ = 11(0.071, 27)	128.142	50	8	4	4
	143.405	40	9	5	1
εα: ηβ: 2.42 εγ: Sign: 2V:					
Ref: Ibid.					

Color: Black

Pattern taken at 18 C. Specimen from Bisperg, Sater,
Sweden. PSC: cF56. Deleted by 19-629. Mwt: 231.54.
Volume[CD]: 591.92.

33-0664

Wavelength= 1.540598

Fe ₂ O ₃				2 θ				Int				h k l																																																																																																																																																																																											
Iron Oxide				24.138	30	0	1	2	133.241	3	3	3	0	33.153	100	1	0	4	144.456	4	3	2	10	35.612	70	1	1	0	147.971	4	2	4	4																																																																																																																																																																						
Hematite, syn				39.277	3	0	0	6	40.855	20	1	1	3	43.519	3	2	0	2	49.480	40	0	2	4	54.091	45	1	1	6	56.152	1	2	1	1	57.429	5	1	2	2	57.590	10	0	1	8	62.451	30	2	1	4	63.991	30	3	0	0	66.028	<1	[1	2	5]	69.601	3	2	0	8	71.937	10	1	0	10	72.262	6	1	1	9	75.430	8	2	2	0	77.729	4	3	0	6	78.760	2	2	2	3	80.711	5	1	2	8	82.939	5	0	2	10	84.916	7	1	3	4	88.542	7	2	2	6	91.345	2	0	4	2	93.715	7	2	1	10	95.239	<1	1	1	12	95.663	3	4	0	4	102.285	4	3	1	8	104.914	<1	2	2	9	106.623	5	3	2	4	107.025	4	0	1	14	108.090	5	4	1	0	111.518	2	4	1	3	113.594	2	0	4	8	116.044	5	1	3	10	117.758	1	3	0	12	118.697	3	2	0	14	122.431	6	4	1	6	125.929	1	2	3	8	128.758	3	4	0	10	131.877	5	1	2	14
Rad.: CuK α 1: 1.540598 Filter: Mono d-sp: Diff				Cut off:				Int.: Diffract.				I/cor.: 2.4																																																																																																																																																																																											
Ref: Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, 18, 37 (1981)				Sys.: Rhombohedral				S.G.: R3c (167)				a: 5.0356(1) b: c: 13.7489(7) A: C: 2.7303																																																																																																																																																																																											
Ref: Ibid.				Z: 6				mp: 1350-1360				Dx: 5.270 Dm: 5.260 SS/FOM: F ₃₀ = 69/(.0111, .39)																																																																																																																																																																																											
Ref: Dana's System of Mineralogy, 7th Ed., I, 529 (1944)				Color: Dark reddish brown				Pattern taken at 25 C. Sample from Pfizer, Inc., NY, USA, heated at 800 C for 3 days. CAS #: 1309-37-1. Opaque mineral optical data on specimen from Elba, R1R0=30.2, RR2Re=26.1, Disp.=16, VHN=1038 (mean at 100, 200, 300), Color values=1 .299, 309, 29.8, 2 .299, .309, 25.7, Ref.: IMA Commission on Ore Microscopy QDF. Pattern reviewed by Syvinski, W., McCarthy, G., North Dakota State Univ., Fargo, ND, USA, ICDD Grant-in-Aid (1990). Agress well with experimental and calculated patterns. Additional weak reflection [indicated by brackets] was observed. Also called: crocus mantis. Also called: venetian red. Also called: ferrite. Also called: indian red. Also called: crocus. Al ₂ O ₃ type. Corundum group, corundum subgroup. Also called: burnt ochre. Also called: rouge. Silver used as an internal stand. PSC: hR10. To replace 13-534 and validated by calculated pattern 24-72. Mwt: 159.69. Volume[CD]: 301.93.																																																																																																																																																																																															

33-1161

Wavelength= 1.5405

SI02	2 θ	Int	h	k	l	2 θ	Int	h	k	l
Silicon Oxide	20.850	22	1	0	0	103.884	<1	3	0	4
	26.652	100	1	0	1	104.199	1	3	2	0
	36.542	8	1	1	0	106.145	<1	2	0	5
Quartz, syn	39.456	8	1	0	2					
Rad.: CuK α 1: 1.540598 Filter: Mono d-sp: Diff.	40.284	4	1	1	1					
Cut off: Int.: Diffract. l/cor.: 3.6	42.465	6	2	0	0					
Ref: Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, 18, 61 (1981)	45.809	4	2	0	1					
	50.141	14	1	1	2					
	50.611	<1	0	0	3					
	54.869	4	2	0	2					
	55.328	2	1	0	3					
Sys.: Hexagonal S.G.: P3 ₂ 21 (154)	57.238	<1	2	1	0					
a: 4.9133(2) b: c: 5.4053(4) A: C: 1.1001	59.948	9	2	1	1					
α : β : γ : Z: 3 mp:	64.001	1	1	1	3					
Ref: Ibid.	65.760	<1	3	0	0					
	67.750	6	2	1	2					
	68.130	7	2	0	3					
	68.323	8	3	0	1					
	73.462	2	1	0	4					
Dx: 2.649 Dm: 2.656 SS/FOM: F ₃₀ = 77.4(.0126, 31)	75.671	2	3	0	2					
ϵ : η : β : 1.544 ϵ : 1.553 Sign: +2V:	77.662	1	2	2	0					
Ref: Swanson, Fuyat, Natl. Bur. Stand. (U.S.), Circ. 539, 3, 24 (1954)	79.878	2	2	1	3					
	80.046	1	2	2	1					
	81.147	3	1	1	4					
	81.472	3	3	1	0					
Color: Colorless	83.821	1	3	1	1					
Pattern taken at 25 C. Sample from the Glass Section at NBS, Gaithersburg, MD, USA, ground single-crystals of optical quality. Pattern reviewed by Holzer, J., McCarthy, G., North Dakota State Univ., Fargo, ND, USA, ICDD Grant-in-Aid (1990). Agrees well with experimental and calculated patterns. O2 Si type. Quartz group. Also called: silica. Silicon used as an internal stand. PSC: hP9. To replace 5-490 and validated by calculated pattern. Deleted by 46-1045, higher FN, more complete, LRB 1/95. Plus 6 additional reflections to 0.9089. Mwt: 60.08. Volume[CD]: 113.00.	84.971	<1	2	0	4					
	87.464	<1	3	0	3					
	90.858	2	3	1	2					
	92.822	<1	4	0	0					
	94.665	1	1	0	5					
	95.119	<1	4	0	1					
	96.227	<1	2	1	4					
	96.737	1	2	2	3					
	102.199	1	4	0	2					
	102.559	1	3	1	3					



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Laboratorium Difraksi Sinar-X
Jurusan Fisika FMIPA
Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya
Telpon/fax: 031-5943351

Nomor : 443 /Identifikasi/XRD-ITS/11/2007
Lampiran : 1 (satu) berkas

Hasil Uji Analisis Fasa dengan Difraktometer Sinar-x

Material

Wujud	Serbuk Pasir Besi
Jumlah sampel	1 (buah)
Nama pembawa bahan	Sdr. Taufiq
Asal/instansi	Mahasiswa S1 T. Fisika FTI ITS
Tanggal diterima	Nopember 2007
Tanggal diuji	Nopember 2007
Tanggal dianalisis	Nopember 2007
Pelaksana Pengujian	M. Aqidah, S.T.
Analisis Kualitatif dan Kuantitatif	Drs. Suminar Pratapa, M.Sc., Ph.D.

Metode Pengukuran dan analisis

Nama alat	Difraktometer sinar-x
Pengukuran	$2\theta = 5 - 100^\circ$, langkah = 0.02° , waktu = 1 detik per langkah
Settings	Tegangan dan arus: 40 kV & 30 mA <i>Automatic divergence slit</i> (8.0 mm); Sampel tidak diputar
Metode analisis	<i>Search-match</i> dengan perangkat <i>X'Pert Graphics & Identify</i> .
Analisis lanjut	Analisis Kuantitatif dengan Metode Rietveld

Hasil Analisis

1	Sampel pasir	Hematite (Fe_2O_3) sebanyak 51.1 ± 1.2 (% berat) Kuarsa (SiO_2) sebanyak 27.9 ± 1.6 (% berat) Fe_3O_4 sebanyak 18.7 ± 0.6 (% berat) Anatase (TiO_2) 2.3 ± 0.2 (% berat) Ada puncak yang belum teridentifikasi
---	--------------	---

Surabaya, 11 Desember 2007

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Difraksi Sinar-x ITS,



Drs. Suminar Pratapa, M.Sc., Ph.D.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN B

Hasil uji *permagraph*

Hasil sampel magnet **Barium Ferrite**



LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
PUSLIT ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI
UNIT PELAYANAN TEKNIS PENGUJIAN
BIDANG UJI BAHAN MAGNET
Jl. Cisaritu 21 / 154 D, Bandung - 40135
Tlp. (022) 2504660, 2504661 Fax. (022) 2504659



SERTIFIKAT PENGUJIAN

NOMOR : 111/SPK-DIV.UW/BUBM/XII/2007
Tanggal : 17-12-2007
Jumlah Halaman : 2 (dua)

NO. ORDER : 19/FP-DIV.UW/BUBM/XII/2007
KODE CONTOH : B2/12/07
TANGGAL ORDER MASUK : 17-12-2007
PEMILIK : AKHMAD ZULKIFLY
INSTANSI : ITS
TANGGAL PENGUJIAN : 17-12-2007

HASIL PENGUJIAN:

Ketelitian Pengukuran 10^{-3}

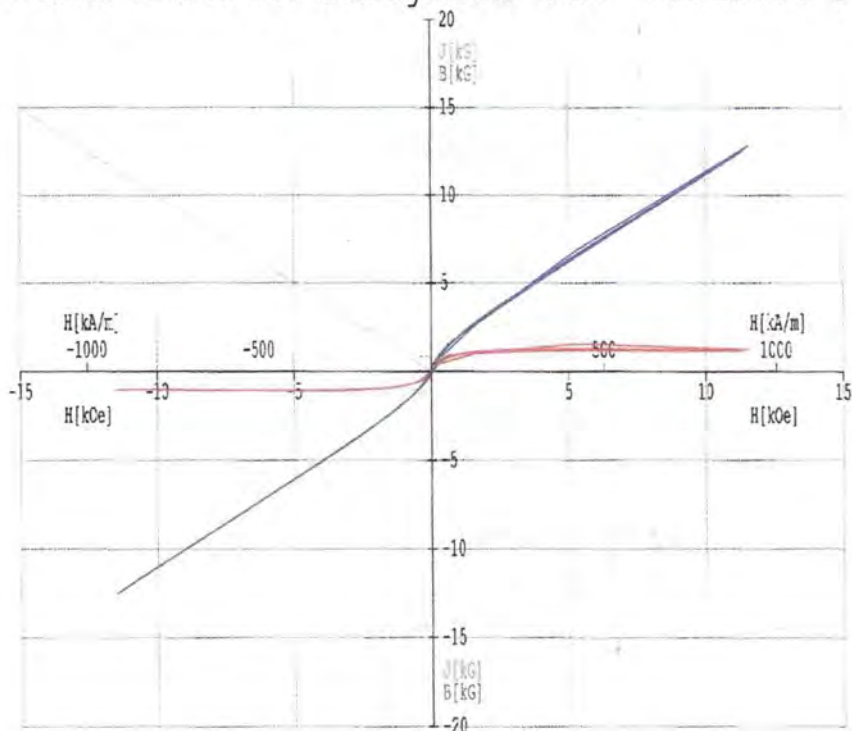
SIFAT MAGNET		
Br	0.20	(kG)
HcB	0.189	(kOe)
HcJ	0.060	(kOe)
Hknee	0.182	(kOe)
(BH)max	0.00	(MGOe)
Ba	0.12	(kG)
Ha	0.060	(kOe)
Hmax	10.220	(kOe)

MANAJER TEKNIK,

UPTA
BIDANG UJI BAHAN
PPET - UPTA
Dr. Hiskia
NIP: 320006321

- ♦ Pengujian dilakukan sesuai dengan prosedur Magnet Physik, MPS - Germany.
- ♦ Data Hasil Pengujian ini hanya berlaku untuk Bahan Magnet dengan Kode Contoh diatas.
- ♦ Laporan ini tidak dapat digandakan, kecuali dengan ijin tertulis dan cap legalisasi dari Manajer Teknik.

MAGNET-PHYSIK Dr. Steingroever GmbH PERMAGRAPH C



Br	=	0.15 kG	H [kOe]	J [kG]
HcB	=	0.001 kOe	-20.0	0.00
HcJ	=	0.001 kOe	-40.0	0.00
Hknee	=	0.123 kOe	-60.0	0.00
(BH)max	=	0.00 MGce	-80.0	0.00
Ha	=	0.400 kOe	-100.0	0.00
Be	=	0.84 kG	-120.0	0.00
Hmax	=	11.360 kOe	-140.0	0.00
			-160.0	0.00
			-180.0	0.00
			-200.0	0.00

H Coil	:	JH 40x1
J Coil	:	JH 40x1
H1	:	3
H2	:	3
d3/dt	:	4
H Range	:	1e-5 Vs
J Range	:	1e-5 Vs
Real Temp.	:	22.0 °C

Height	:	7.32 mm
Diameter	:	14.66 mm
Area	:	1.6879 cm ²

Date	:	12/17/07
Tested by	:	Karang
Customer	:	Zulkifly/ITS
Shape	:	Cylinder
Material	:	Ferrite
Info 1	:	Pasir Besi
Info 2	:	sinter 1100
Info 3	:	H1 45 menit

Test No.	:	3
Mat. No.	:	B3
Art. No.	:	3

Hasil sampel magnet bijih besi



LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
 PUSLIT ELEKTRONIKA DAN TELEKOMUNIKASI
 UNIT PELAYANAN TEKNIS PENGUJIAN
 BIDANG UJI BAHAN MAGNET
 Jl. Cisaritu 21 / 154 D, Bandung - 40135
 Tlp. (022) 2504660, 2504661 Fax. (022) 2504859



SERTIFIKAT PENGUJIAN

NOMOR : 110/SPK-DIV.UM/BUBM/XIV/2007
 Tanggal : 17-12-2007
 Jumlah Halaman : 2 (dua)

NO. ORDER : 19/FP-DIV.UM/BUBM/XIV/2007
 KODE CONTOH : B1/12/07
 TANGGAL ORDER MASUK : 17-12-2007
 PEMILIK : AKHMAD ZULKIFLY
 INSTANSI : ITS
 TANGGAL PENGUJIAN : 17-12-2007

HASIL PENGUJIAN:

Ketelitian Pengukuran 10^{-3}

SIFAT MAGNET		
Br	0.00	(kG)
HcB	0.000	(kOe)
HcJ	> 8.675	(kOe)
Hknee	0.020	(kOe)
(BH)max	0.00	(MGOe)
Ba	0.10	(kG)
Ha	0.105	(kOe)
Hmax	8.420	(kOe)

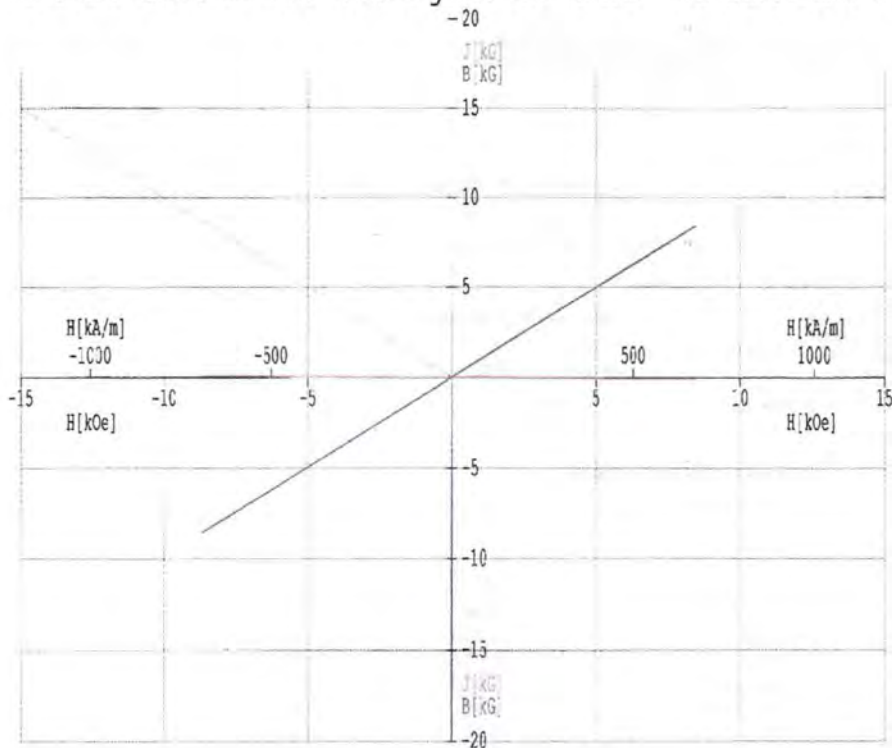
MANAJER TEKNIK,

UPTA
 BIDANG UJI BAHAN MAGNET
 PPET - LIPI
 Dr. Hiskia
 NIP: 320006321



- ✦ Pengujian dilakukan sesuai dengan prosedur Magnet Physik, MPS – Germany.
- ✦ Data Hasil Pengujian ini hanya berlaku untuk Bahan Magnet dengan Kode Contoh diatas.
- ✦ Laporan ini tidak dapat digandakan, kecuali dengan ijin tertulis dan cap legalisasi dari Manajer Teknik.

MAGNET-PHYSIK Dr. Steingroever GmbH PERMAGRAPH C



Br	=	0.00 kG	F[kOe]	J[kG]
Hc3	=	0.000 kOe	-20.0	0.00
Hc2	= >	8.675 kOe	-40.0	0.00
Hknee	=	0.020 kOe	-60.0	0.00
(BH)max	=	0.00 kGOe	-80.0	0.00
Ha	=	0.105 kOe	-100.0	0.00
Ba	=	0.10 kG	-120.0	0.00
Hmax	=	8.420 kOe	-140.0	0.00
			-160.0	0.00
			-180.0	0.00
			-200.0	0.00

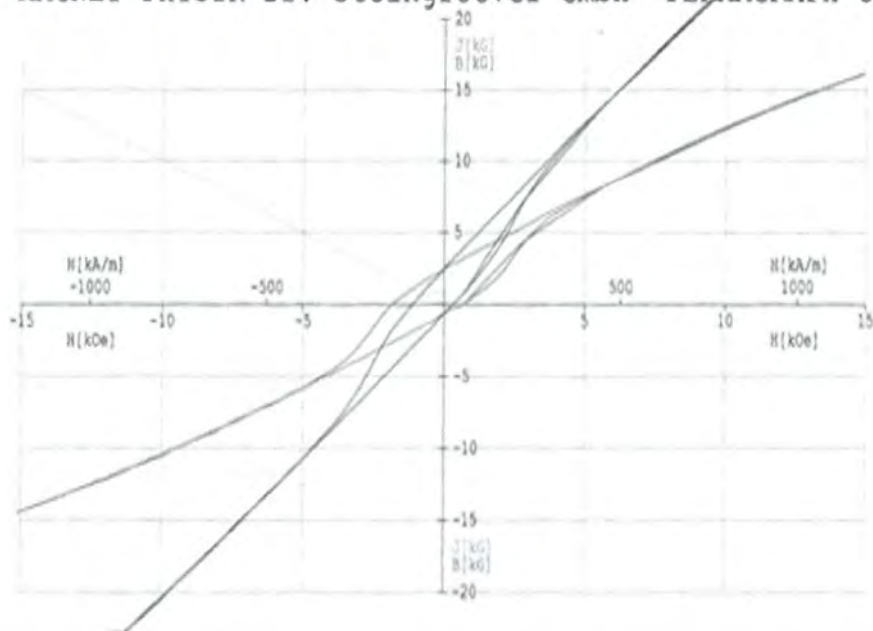
H Coil : JH 40x1
 J Coil : JH 40x1
 H1 : 3
 H2 : 3
 dH/dt : 4
 I Range : 1e-5 Vs
 J Range : 1e-5 Vs
 Real Temp. : 22.0 °C

Height : 11.3 mm
 Diameter : 15.1 mm
 Area : 1.7903 cm²

Date : 12/17/07
 Tested by: Nanang
 Customer : Zulkifly/ITS
 Shape : Silinder
 Material : Ferrite
 Info 1 : Pasir Besi
 Info 2 :
 Info 3 :

Test No. : 1
 Mat. No. : 31
 Art. No. : 1

MAGNET-PHYSIK Dr. Steingroever GmbH PERMAGRAPH C



Br	=	2.42 kG	H[kOe]	J[kG]
HcB	=	1.097 kOe	-20.0	0.00
HcJ	=	1.855 kOe	-40.0	0.00
Hknee	=	0.490 kOe	-60.0	0.00
(BH)max	=	0.64 MGDe	-80.0	0.00
Ha	=	0.730 kOe	-100.0	0.00
Ba	=	0.87 kG	-120.0	0.00
Hmax	=	14.935 kOe	-140.0	0.00
			-160.0	0.00
			-180.0	0.00
			-200.0	0.00

H Coil	:	FS 1000
J Coil	:	P 6/6
N1	:	3
N2	:	3
dH/dt	:	4
H Range	:	1e-4 Vs
J Range	:	1e-4 Vs
Real Temp.	:	22.0 °C
Weight	:	9.25 mm
Length	:	70.06 mm
Width	:	8.47 mm
Area	:	100.0 cm ²

Date	:	6/14/07
Tested by:	:	Nanang
Customer:	:	LIPI
Shape	:	Cylinder
Material:	:	Ferrite
Info 1	:	
Info 2	:	
Info 3	:	
Test No.	:	?
Mat. No.	:	B7
Art. No.	:	7

LAMPIRAN C

Perhitungan Stokiometri Pencampuran Fe_2O_3 dengan BaCO_3

Komposisi awal 5 % 1.5 gr: 30 gr

Perhitungan stokiometri $\text{BaCO}_3 + 6\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} + \text{CO}_2$

Mula-mula	0.0086	0.3		
reaksi	0.0086	0.0516	0.086	0.086
Sisa	Habis	0.2484	0.086	0.086

massa Fe_2O_3 yang tak bereaksi sebesar $0.2484 \text{ mol} * 100 = 24.84 \text{ gr}$

massa Fe_2O_3 yang harus dicampur agar tak bersisa : $30 \text{ gr} - 24.84 \text{ gr} = 5.2 \text{ gr}$

Dengan kemurnian 60%, penambahan Fe_2O_3 menjadi :

$40\% \times 30 \text{ gr} = 12 \text{ gr}$, sehingga massa $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5.2 \text{ gr} + 12 \text{ gr}$ menjadi

17.2 gr

Komposisi akhir menjadi 1.5 gr BaCO_3 dibanding 17.2 gr Fe_2O_3

Perhitungan mol $\text{BaCO}_3 = \text{gr}/\text{mr } \text{BaCO}_3$

$$1.5/116 = 0.0086 \text{ mol}$$

Perhitungan mol $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{gr}/\text{mr } \text{Fe}_2\text{O}_3$

$$30/100 = 0.3 \text{ mol}$$

Komposisi awal 10 % 2 : 20 gr

Perhitungan stokiometri $\text{BaCO}_3 + 6\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} + \text{CO}_2$

Mula-mula	0.0172	0.2		
reaksi	0.0172	0.1024	0.0172	0.0172
Sisa	Habis	0.0966	0.0172	0.0172

massa Fe_2O_3 yang tak bereaksi sebesar $0.096 \text{ mol} * 100 = 9.66 \text{ gr}$

massa Fe_2O_3 yang harus dicampur agar tak bersisa : $20 \text{ gr} - 9.66 \text{ gr} = 10.34 \text{ gr}$

Dengan kemurnian 60%, penambahan Fe_2O_3 menjadi : $40\% \times 20 \text{ gr}$

$= 8 \text{ gr}$, sehingga massa $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 10.34 \text{ gr} + 8 \text{ gr}$ menjadi 18.34 gr

Komposisi akhir menjadi 2 gr BaCO_3 dibanding 18.34 gr Fe_2O_3

Perhitungan mol $\text{BaCO}_3 = \text{gr}/\text{mr } \text{BaCO}_3$

$$2/116=0.0172 \text{ mol}$$

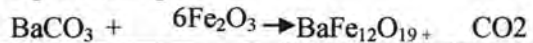
Perhitungan mol $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{gr/mr } \text{Fe}_2\text{O}_3$

$$20/100= 0.2 \text{ mol}$$

Komposisi awal 15 %

2 gr : 13.334 gr

Perhitungan stokiometri



Mula-mula	0.0172	0.13334		
reaksi	0.0172	0.103	0.0172	0.0172
Sisa	Habis	0.03034	0.0172	0.0172

massa Fe_2O_3 yang tak bereaksi sebesar $0.03034 \text{ mol} * 100 = 3.03 \text{ gr}$

massa Fe_2O_3 yang harus dicampur agar tak bersisa : $13.334 \text{ gr} - 3.03 \text{ gr} = 10.304 \text{ gr}$

Dengan kemurnian 60%, penambahan Fe_2O_3 menjadi : $40\% \times 13.334$

$\text{gr} = 5.336 \text{ gr}$, sehingga massa $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 10.304 \text{ gr} + 5.336 \text{ gr}$ menjadi

15.667 gr

Komposisi akhir menjadi 2 gr BaCO_3 dibanding 15.667 gr Fe_2O_3

Perhitungan mol $\text{BaCO}_3 = \text{gr/mr } \text{BaCO}_3$

$$2/116=0.0172 \text{ mol}$$

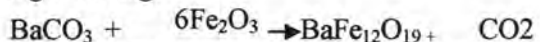
Perhitungan mol $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{gr/mr } \text{Fe}_2\text{O}_3$

$$13.334/100= 0.13334 \text{ mol}$$

Komposisi awal 19 %

2 gr : 10.52 gr

Perhitungan stokiometri



Mula-mula	0.0172	0.1052		
reaksi	0.0172	0.1032	0.0172	0.0172
Sisa	Habis	0.002	0.0172	0.0172

massa Fe_2O_3 yang tak bereaksi sebesar $0.002 \text{ mol} * 100 = 0.2 \text{ gr}$

massa Fe_2O_3 yang harus dicampur agar tak bersisa $10.52 \text{ gr} - 0.2 \text{ gr} = 10.5 \text{ gr}$

Dengan kemurnian 60%, penambahan Fe_2O_3 menjadi : $40\% \times 10.52 \text{ gr}$

=4.208 gr, sehingga massa $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 10.5 \text{ gr} + 4.208 \text{ gr}$ menjadi 14.708 gr

Komposisi akhir menjadi 2 gr BaCO_3 dibanding 14.708 gr Fe_2O_3

Perhitungan mol $\text{BaCO}_3 = \frac{\text{gr}/\text{mr}}{\text{BaCO}_3}$
 $\frac{2}{116} = 0.0172 \text{ mol}$

Perhitungan mol $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{\text{gr}/\text{mr}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$
 $\frac{10.52}{100} = 0.1052 \text{ mol}$

Komposisi awal 16.67 % 2 gr : 12 gr

Perhitungan stokiometri $\text{BaCO}_3 + 6\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} + \text{CO}_2$

Mula-mula	0.0172	0.12		
reaksi	0.0172	0.102	0.072	0.072
Sisa	Habis	0.018	0.072	0.072

massa Fe_2O_3 yang tak bereaksi sebesar $0.018 \text{ mol} * 100 = 1.8 \text{ gr}$

massa Fe_2O_3 yang harus dicampur agar tak bersisa $12 \text{ gr} - 1.8 \text{ gr} = 10.2 \text{ gr}$

Dengan kemurnian 60%, penambahan Fe_2O_3 menjadi: $40\% \times 10.2 \text{ gr}$

=4.8 gr, sehingga massa $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 10.2 \text{ gr} + 4.8 \text{ gr}$ menjadi 15 gr

Komposisi akhir menjadi 2 gr BaCO_3 dibanding 15 gr Fe_2O_3

Perhitungan mol $\text{BaCO}_3 = \frac{\text{gr}/\text{mr}}{\text{BaCO}_3}$
 $\frac{2}{116} = 0.0172 \text{ mol}$

Perhitungan mol $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{\text{gr}/\text{mr}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$
 $\frac{12}{100} = 0.12 \text{ mol}$

Komposisi awal 15.15 % 15 gr : 99 gr

Perhitungan stokiometri $\text{BaCO}_3 + 6\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} + \text{CO}_2$

Mula-mula	0.129	0.99		
reaksi	0.129	0.77	0.129	0.129
Sisa	Habis	0.22	0.129	0.129

massa Fe_2O_3 yang tak bereaksi sebesar $0.22 \text{ mol} * 100 = 22 \text{ gr}$

massa Fe_2O_3 yang harus dicampur agar tak bersisa $99 \text{ gr} - 22 \text{ gr} = 77 \text{ gr}$

C-4

Dengan kemurnian 60%, penambahan Fe_2O_3 menjadi: $40\% \times 99 \text{ gr}$
 $= 39.6 \text{ gr}$, sehingga massa $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 77 \text{ gr} + 39.6 \text{ gr}$ menjadi 116.6 gr

Komposisi akhir menjadi 15 gr BaCO_3 dibanding $116.6 \text{ gr Fe}_2\text{O}_3$

Perhitungan mol $\text{BaCO}_3 = \frac{\text{gr}}{\text{mr}} \text{ BaCO}_3$

$$15/116 = 0.129 \text{ mol}$$

Perhitungan mol $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{\text{gr}}{\text{mr}} \text{ Fe}_2\text{O}_3$

$$99/100 = 0.99 \text{ mol}$$