

**PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI TERHADAP
PEMBUATAN MAGNET PERMANEN NdFeB (*NEODYMIUM
IRON BORON*) DARI LIMBAH *JET MILL BONDED* NdFeB/Nd
SERTA KARAKTERISASINYA**

SKRIPSI

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



**Oleh :
RHINDA APRILITA
08021181320001**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI TERHADAP PEMBUATAN
MAGNET PERMANEN NdFeB (NEODYMIUM IRON BORON) DARI
LIMBAH JET MILL BONDED NdFeB/Nd SERTA KARAKTERISASINYA

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dibidang
studi Fisika Fakultas MIPA*

Oleh:

RHINDA APRILITA

08021181320001

Inderalaya, September 2016

Mengetahui,

Pembimbing II

Drs. Ramlan, M.Si.
NIP: 196604101993031003

Pembimbing I

Dr. Nenen Rusnaeni Djauhari, M.T.
NIP: 195804091983032001

Disetujui,

Ketua Jurusan Fisika

FMIPA Universitas Sriwijaya

Drs. Octavianus CS, M.T.
NIP: 196510011991021001

Kepala Pusat Penelitian

Fisika-LIPI

Dr. Bambang Widiatmoko, M.Eng.
NIP: 196204301988031001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Motto

“Jika Anda jatuh ribuan kali, berdirilah jutaan kali karena Anda tidak tahu seberapa dekat anda dengan kesuksesan”

*“Cukuplah Allah sebagai Penolong Kami, dan Dia Adalah
Sebaik-baiknya Penolong” (Ali Imran :173)*

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

- *Allah SWT*
- *Ayahanda dan Ibunda tercinta*
- *Kakak dan Adik tersayang*
- *Sahabatku dan teman-temanku*
- *Para pendidikku*
- *Almamaterku*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **”PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI TERHADAP PEMBUATAN MAGNET PERMANEN NdFeB (*NEODYMIUM IRON BORON*) DARI LIMBAH *JET MILL BONDED* NdFeB/Nd SERTA KARAKTERISASINYA”**. Tak lupa shalawat serta salam dikirimkan pada Baginda Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat, semoga syafaat dikaruniakan kepada kita semua. Aamiin

Penulisan laporan tugas akhir ini bertujuan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains bidang studi Fisika di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Penelitian tugas akhir ini difokuskan pada bidang ilmu material yang penelitiannya dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika LIPI, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan.

Dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada: Dosen Pembimbing I Ibu Dr. Nenen Rusnaeni Djauhari, M.T dan Dosen Pembimbing II Bapak Drs. Ramlan, M.Si. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, kritik, serta saran, diantaranya :

1. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak M. Hatta dan Ibu Kisma yang selalu berjuang tanpa kenal lelah dan selalu memberikan semangat, motivasi, nasihat serta do’a kepada penulis.

2. Kakak dan adikku tersayang, yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi, dan do'a yang tiada henti diberikan kepada penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Drs. Octavianus Cakra Satya, M.T selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Fitri Suryani Arsyad, Ibu Dr. Erry Koriyanti, dan Bapak Drs. Hadir Kaban, M.T., selaku Dosen penguji.
6. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah banyak membekali ilmu serta selalu memberikan inspirasi dan motivasi yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
7. Bapak Ir. Bambang Widyatmoko, M.Eng selaku Kepala Pusat Penelitian Fisika (PPF) LIPI atas perizinan tempat tugas akhir penulis.
8. Bapak Prof. Perdamean Sebayang, M.Si, Bapak Ir. Muljadi, M.Si, Bapak Dr. Prijo Sardjono, M.Eng, dan Bapak Candra Kurniawan, S.Si, M.Si yang selalu memberi masukan dan mengajarkan ilmu yang serta membimbing penulis dengan baik selama tugas akhir.
9. Bapak Ibu karyawan LIPI yang sangat baik dan ramah : Ibu Yati, Pak Ahmad, dan Pak Lukman.
10. Teman-teman seperjuangan selama tugas akhir yang sangat membantu, memberi masukan, dan motivasi kepada penulis Umami Lathifah, S.Si, Fitri Arneti, Ira Kusumawati, Tri Destika Sari, Syntia Ilmiati, S.Si, dan Kak Danilman Saputra, S.Si.

11. Keluarga Asrama Putri H. Sam'an Blok B khususnya yang tak pernah henti memberikan semangat, dukungan, motivasi, dan hiburan kepada penulis. Mereka orang-orang tersayang di tanah rantau yang merupakan keluarga kedua : Tera Rency Novia Indah, Dira Meitri Karunia, Yuk Amira Fitri Adila, Yuk Defita Yolanda, S.Si, Eka Olsa Adriana, Lusi Riyanti, S.Pd, Marlina Ayu Lestari, Erni, dan Indri Devita Sari.
12. Mereka yang selalu menjadi sumber inspirasi, orang tersayang di tanah rantau, dan sahabat yang selalu setia menemani dan membantu penulis : Dian Marini, Tri Destika Sari, Rahma Darmawati, dan Erda Kurnia Eka Putri, S.Si.
13. Seluruh rekan seperjuangan di FMIPA FISIKA angkatan 2013 (Fisika 13rave) terimakasih atas segala kenangan dan dukungan kepada penulis selama ini.
14. Sahabat-sahabatku dari masa putih abu-abu hingga nanti yang selalu memberi dukungan dan semangat yang tiada henti kepada penulis : Penni Juliani dan Krisnawati.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan tanggapan baik saran atau pun kritik yang sifatnya membantu dan membangun dalam penyempurnaan laporan tugas akhir ini, akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Terima kasih.

Inderalaya, Juni 2017

Penulis

**PENGARUH TEKANAN KOMPAKSI TERHADAP PEMBUATAN
MAGNET PERMANEN NdFeB (*NEODYMIUM IRON BORON*) DARI
LIMBAH *JET MILL BONDED* NdFeB/Nd SERTA KARAKTERISASINYA**

**Oleh
Rhinda Aprilita
08021181320001**

ABSTRAK

Telah dilakukan pembuatan magnet permanen NdFeB dari bahan baku yaitu limbah *Jet Mill bonded* NdFeB/Nd. Preparasi bahan baku dilakukan menggunakan *High Energy Milling* (HEM) selama 30 menit kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 1 jam didalam *Under Vacuum Dryer*. Kemudian dilakukan pencampuran bahan baku dengan massa 6 gram, *hardener* 2 tetes dan cairan *epoxy resin* 4 %wt untuk kemudian dilakukan pencetakan *Cold Pressing* dengan variasi 3 ton, 4 ton, 6 ton dan 8 ton selama 2 menit dengan suhu ruangan dan kemudian di *Anealling* dengan suhu 100°C selama 1 jam. Untuk karakterisasi dilakukan dengan analisa *Bulk Density*, SEM/EDX, XRD, dan Gaussmeter. Dari keempat variasi tekanan kompaksi tersebut densitas yang paling tinggi dimiliki oleh sampel pelet dengan tekanan kompaksi 8 ton yaitu sebesar 4,833 gram/cm³. Hasil SEM/EDX didapatkan bahwa mikrostrukturnya tidak merata sehingga masih terdapat pori-pori pada permukaan sampel. Sementara untuk kandungan elemen Nd dan Fe masih mendominasi partikel dengan warna terang sedangkan pada partikel dengan warna gelap kandungan C yang lebih mendominasi. Untuk hasil XRD didapatkan bahwa fasa yang terkandung pada struktur kristalnya ada 2 yaitu Nd₂Fe₁₄B dan α -Fe. Untuk hasil pengukuran kuat medan magnet dengan menggunakan gaussmeter didapatkan kuat medan magnet paling besar terdapat pada sampel 8 ton.

Kata kunci : *Jet Mill bonded* NdFeB, Magnet Permanen, *Cold Pressing*,

THE EFFECT OF PRESSURE COMPACTION TO MAKING MAGNET PERMANENT NdFeB (NEODYMIUM IRON BORON) FROM WASTE JET MILL BONDED NdFeB/Nd AS WELL AS CHARACTERIZATION

By
Rhinda Aprilita
08021181320001

ABSTRACT

Research on the manufacturing of permanent magnet NdFeB from based materials waste Jet Mill bonded NdFeB/Nd. Prepared based materials is done by using High Energy Milling (HEM) for 30 minutes then curing at a temperature 60 °C for 1 hours in the Under Vacuum Dryer. Then mixing based materials with a mass 6 grams, 2 drops hardener and 4 %wt epoxy resin for later formed Cold Pressing was varied at 3 ton, 4 ton, 6 ton and 8 ton for 2 minutes with room temperature and then Annealing with temperature 100 °C for 1 hours. For characterized is done analysis Bulk Density , SEM/EDX, XRD, and Gaussmeter. Of the four variations of compaction pressure, the highest density is owned by pellet samples with 8 ton compaction pressures of 4,833 gr/cm³. The result of SEM/EDX is found that the microstructure is uneven, so there are still pores on the sample surface. As for the element content of Nd and Fe still dominate the particles with bright colors while on the particles with darker color content of C is more dominate. For XRD results it is found that the phase contained in the crystal structure there are 2 ie Nd₂Fe₁₄B and α -Fe. For the result of measurement of magnetic field strength by using gauss meter, the strongest magnetic field strength is found in 8 ton samples.

Keywords: Jet Mill bonded NdFeB, Permanent Magnet, Cold Pressing.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Tempat Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1 Sejarah dan Pengertian Magnet	6
2.2 Sifat Kemagnetan Bahan.....	7
2.2.1 Bahan Diamagnetik.....	7
2.2.2 Bahan Paramagnetik.....	7
2.2.3 Bahan Ferromagnetik.....	8
2.2.4 Bahan Anti Ferromagnetik.....	8
2.2.5 Bahan Ferrimagnetik.....	8
2.3 Magnet Permanen	9
2.4 Perkembangan Magnet Permanen	10

2.5 Magnet <i>Neodymium Iron Boron</i> (NdFeB)	12
2.5.1 Unsur Padu pada Magnet NdFeB	12
2.5.2 Struktur Kristal Magnet NdFeB	15
2.5.3 Sifat Fisis Magnet NdFeB	16
2.5.4 Karakteristik Magnet NdFeB Terhadap Temperatur	16
2.5.5 Ketahanan Magnet NdFeB Terhadap Korosi	16
2.5.6 Fabrikasi Magnet NdFeB	16
2.6 <i>Epoxy Resin</i>	17
2.7 Karakterisasi	18
2.7.1 Densitas	18
2.7.2 <i>Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM/EDX)	19
2.7.3 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	23
2.7.4 Kuat Medan Magnet (Gaussmeter)	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian	26
3.2.1 Peralatan Penelitian	26
3.2.2 Bahan Penelitian	27
3.3 Diagram Alir Penelitian	27
3.4 Variabel, Parameter, dan Data Penelitian	29
3.4.1 Variabel Penelitian	29
3.4.2 Parameter Penelitian	29
3.4.3 Data Penelitian	29
3.5 Prosedur Penelitian	29
3.5.1 Preparasi Bahan	29
3.5.2 Proses <i>Mixing</i> dan Pencetakan	30
3.5.3 Proses <i>Curing</i>	30
3.5.4 Proses Pengeringan	30
3.5.5 Karakterisasi	31
3.5.6 Magnetisasi	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil dan Pembahasan.....	34
4.2 Hasil Analisa Pengukuran <i>Bulk Density</i>	34
4.3 Hasil Pengujian SEM/EDX.....	35
4.4 Hasil Pengujian XRD.....	38
4.5 Hasil Pengujian Gaussmeter	39
 BAB V PENUTUP	 41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
 DAFTAR PUSTAKA	 43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur atom unsur neodymium.....	13
Gambar 2.2 Struktur atom unsur besi	14
Gambar 2.3 Struktur atom unsur boron.....	14
Gambar 2.4 Struktur kristal magnet NdFeB	15
Gambar 2.5 Skema prinsip dasar SEM	22
Gambar 2.6 Skema cara kerja XRD.....	23
Gambar 2.7 Ilustrasi persebaran Sinar-X pada kristal kubik	24
Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan magnet permanen NdFeB	28
Gambar 4.1 Grafik hasil perhitungan <i>bulk density</i> magnet permanen NdFeB terhadap variasi tekanan kompaksi	35
Gambar 4.2 Hasil pengamatan mikrostruktur magnet permanen NdFeB pada sampel dengan tekanan kompaksi 8 ton dengan perbesaran; (a) 500 kali, (b) 1.000 kali, (c) 5.000 kali, dan (d) 10.000 kali	35
Gambar 4.3 Hasil pengamatan SEM/EDX pada; (a) spectrum 1 dan (b) spectrum 5.....	37
Gambar 4.4 Grafik fasa yang didapatkan pada karakterisasi XRD	38
Gambar 4.5 Grafik hasil pengukuran kuat medan magnet terhadap tekanan kompaksi.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan karakteristik magnet permanen	10
Tabel 2.2 Sifat emagnetan intrinsik fasa magnetik dari magnet	11
Tabel 2.3 Informasi dasar unsur boron	13
Tabel 2.4 Informasi dasar unsur besi	14
Tabel 2.5 Informasi dasar unsur boron	15
Tabel 2.6 Sifat fisis magnet NdFeB	16
Tabel 3.1 Komposisi perbandingan massa bahan baku	30
Tabel 4.1 Hasil pengujian sifat <i>bulk density</i> magnet permanen NdFeB	34
Tabel 4.2 Hasil % kandungan elemen atau unsur pada; (a) spectrum 1 dan (b) spectrum 5	37
Tabel 4.3 Hasil pengukuran pelet menggunakan gaussmeter setelah pelet dimagnetisasi	39

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I. GAMBAR ALAT DAN BAHAN	45
LAMPIRAN II. DATA DAN HASIL PERHITUNGAN UJI <i>BULK DENSITY</i> DAN UJI GAUSSMETER	50
LAMPIRAN III. HASIL KARAKTERISASI SEM/EDX	54
LAMPIRAN IV. LAMPIRAN DATA XRD	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan bahan magnet meningkat dengan pesat dalam beberapa dekade belakangan ini. Dalam perkembangannya, dibutuhkan material magnetik dengan kekuatan kemagnetan yang lebih dibandingkan sebelumnya. Pada tahun 1980 ditemukan magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) dengan kekuatan yang tinggi, dan mulai dikomersilkan sejak Nopember 1984 (Idayanti dan Dedi, 2006).

Magnet NdFeB memiliki karakteristik magnet permanen yang paling tinggi yang memiliki nilai produk energi maksimum sampai dengan 450 kJ/m^3 . Namun selain memiliki sifat magnet yang tinggi, magnet NdFeB ini memiliki temperatur currie (T_c) yang rendah, sehingga sulit untuk diaplikasikan pada suhu tinggi. Bahan ini juga memiliki ketahanan korosi yang relatif rendah sehingga dalam aplikasinya diperlukan *surface treatment* melalui coating atau pelapisan (Oktavia, 2014).

Magnet NdFeB merupakan salah satu magnet permanen berbasis logam tanah jarang (*rare earth*) yang paling banyak digunakan di industri. Magnet permanen merupakan material magnet dengan aplikasi luas yang banyak digunakan pada industri-industri di Indonesia baik dalam skala industri besar maupun rumah tangga seperti pada *wind power*, *hardware komputer*, HDD, CD, DVD dan lain-lain. Sehingga memerlukan sejumlah magnet yang tidak sedikit dan spesifikasi sifat magnet yang berbeda untuk setiap komponennya. Namun pemenuhan komponen magnet khususnya magnet permanen yang ada dipasaran Indonesia 100% masih berbasis impor (Sardjono dkk, 2012). Maka disini perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut dari magnet NdFeB

yang berbasis tanah jarang dengan mendaur ulang (*recycle*) magnet permanen dari limbah *jet mill bonded* NdFeB. Agar Indonesia dapat mengurangi kebutuhan pemenuhan komponen magnet permanen secara impor. Karena mengingat bahan baku seperti besi (Fe) dan limbah *jet mill bonded* NdFeB banyak sekali dijumpai di Indonesia, maka perlu dimanfaatkan secara optimal.

Seperti halnya pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dr. Allan Walton dari University of Birmingham yang memanfaatkan limbah dari pengaplikasian magnet NdFeB untuk dijadikan magnet-magnet permanen yang baru. Pada penelitiannya aplikasi magnet NdFeB yang digunakan adalah HDD yang sudah rusak atau tidak layak lagi digunakan kemudian dimanfaatkan untuk dijadikan magnet yang baru dengan cara mendaur ulang (*recycle*) limbah serbuk NdFeB sebagai bahan bakunya

Untuk penelitian yang dilakukan kali ini tidak jauh berbeda dari penelitian Dr. Allan Walton. Pada penelitian ini memanfaatkan limbah hasil *jet mill bonded* NdFeB. Dimana serbuk *bonded* NdFeB hasil *jet mill* kemudian dicampur dengan serbuk Nd dan polimer resin epoksi untuk dijadikan magnet permanen jenis NdFeB yang memiliki keunggulan cocok untuk aplikasi yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Langkah awal yang harus dilakukan untuk mengetahui bahwa jenis magnet NdFeB itu bagus adalah mengetahui sifat fisis dengan uji bulk densitas, XRD (*X-Ray Diffraction*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Sedangkan untuk mengetahui sifat magnet dilakukan pengukuran kuat medan magnet melalui uji gauss meter.

1.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh tekanan kompaksi terhadap densitas berdasarkan perhitungan *Bulk Density*?
2. Bagaimana karakteristik morfologi, kandungan unsur, dan struktur kristal dari magnet permanen NdFeB berdasarkan karakterisasi SEM/EDX dan XRD?
3. Bagaimana kuat medan magnet pada pelet magnet permanen NdFeB berdasarkan karakterisasi Gaussmeter?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Pembuatan magnet permanen NdFeB.
2. Bahan baku serbuk yang digunakan adalah serbuk *waste jet mill bonded* NdFeB dan serbuk Nd serta *epoxy resin* sebagai *bindernya*.
3. Variasi tekanan kompaksi yang digunakan adalah 3 ton, 4 ton, 6 ton, dan 8 ton.
4. Parameter-parameter yang dianalisa antara lain analisa *bulk density* pelet magnet permanen NdFeB, pengamatan karakteristik morfologi dan kandungan unsur pelet magnet permanen NdFeB yang dilakukan dengan alat SEM/EDX, pengamatan struktur kristal atau fasa kristal pelet magnet permanen NdFeB dengan alat XRD dan analisa kuat medan magnet pelet magnet permanen NdFeB yang dilakukan dengan alat Gaussmeter.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat magnet permanen NdFeB dari limbah *jet mill bonded* NdFeB/Nd agar Indonesia dapat mengurangi kebutuhan komponen magnet permanen secara impor.
2. Mengetahui pengaruh tekanan kompaksi terhadap densitas pelet magnet permanen NdFeB berdasarkan perhitungan *Bulk Density*.
3. Mengetahui karakteristik morfologi, kandungan unsur, dan struktur kristal atau fasa kristal pada pelet magnet permanen NdFeB berdasarkan uji SEM/EDX dan XRD.
4. Mengetahui kuat medan magnet pelet magnet permanen NdFeB dengan menggunakan uji Gaussmeter.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari tujuan yang telah disebutkan diatas, maka diharapkan penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan mengenai teknologi magnet permanen NdFeB dalam rangka penguasaan teknologi pengolahan bahan magnetik di Indonesia.
2. Dapat membuat magnet dan menganalisa karakterisasi magnet permanen berbasis *Neodymium Iron Boron* (NdFeB).
3. Dapat mengetahui pengaruh tekanan kompaksi magnet permanen NdFeB terhadap densitas berdasarkan perhitungan *bulk density*.
4. Dapat mengetahui karakteristik morfologi, kandungan unsur, struktur kristal dan kuat medan magnet dari magnet permanen NdFeB.

1.6 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Pusat Penelitian Fisika (P2F) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) – Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang Selatan.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab 1 : Pendahuluan

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

Bab 2 : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas tentang landasan teori yang menjadi acuan untuk proses pengambilan data, analisis data, serta pembahasan dari penelitian yang dilakukan.

Bab 3 : Metodologi Penelitian

Bab ini membahas tentang peralatan dan bahan penelitian, diagram penelitian (prosedur penelitian), dan karakterisasi cuplikan yang dilakukan.

Bab 4 : Hasil dan Pembahasan

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

Bab 5 : Kesimpulan

Bab ini berisikan tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan saran untuk penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Afza, E., 2011, *Pembuatan Magnet Permanen Ba-Hexa Ferrite ($\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) Dengan Metode Koorsipitasi Dan Karakterisasinya*, FMIPA Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Beiser, A., 2003. *Concept of Modern Physics 6th*. USA : Von Hoffmann Press Inc.
- Ginting, D., 2014, *Efek Penambahan Boron Terhadap Mikrostruktur, Sifat Fisis, dan Magnetik Barium Heksaferit*, Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Halliday & Resnick, 1989, *Fisika*, Jakarta : Erlangga.
- Idayanti, N., dan Dedi, 2006, *Karakterisasi Komposisi Kimia Magnet NdFeB dengan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)*, Jurnal Elektronika No. 2 Vol. 6, PPET-LIPI : Bandung.
- Jamauddin, K., 2010. *X-RD (X-Ray Diffraction)*. Makalah Fisika Material, Kendari : Universitas Haluoleo.
- Manaf, A., 2000, *Magnet Permanen Berbasis Nd-Fe-B*, Prosiding Seminar Nasional Bahan Magnet I. Universitas Indonesia : Depok.
- Manaf, A., 2013, *Magnet Permanen*, Laporan InSINas – *Intensive on Magnetism and Magnetic Materials*, Universitas Indonesia : Depok.
- Oktavia, S., Lya, 2014, *Efek Variasi Waktu Rotary Ball Mill Pada Serbuk NdFeB Terhadap Mikrostruktur, Densitas, dan Sifat Magnetnya*, Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Purbo, C. A., Rachman, F., Teguh, K. B., Sukma, R. N., Fadhillah, U. R., Kurniawati, Y., 2009. *X-RAY Diffractometer*. Tugas Kimia Fisika, Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Ritawanti, A., Muljadi, Febrianto, E.Y., Setiadi, E.A., 2016, *Pengaruh Ukuran Butir (grain size) pada Pembuatan Bonded Magnet NdFeB*. Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan No. 1 Vol. 2, P2F-LIPI : Serpong.
- Sardjono, P., Agus, S., Perdamean, S., Masbah, R.T.S., Nanang, S., Azwar, M., Ridzwan, Syamsudin, E., 2012, *Inovasi Teknologi Pembuatan Magnet Permanen Untuk Membangun Industri Magnet Nasional*. Prosiding InSINas. P2F LIPI : Serpong.
- Sardjono, P., Kurniawan, C., Sebayang, P., dan Muljadi, 2012, *Aplikasi Magnet Permanen di Indonesia (Data Pasar dan Pengembangan Materil Magnet)*, Seminar Nasional Ilmu Pengetahuan Teknik, 1 – 5.

- Sari, P.F., 2016, *Sintesis dan Karakterisasi $BaFe_{12-2x}Mg_xAl_xO_{19}$ ($x = 0,3;0,9;1,5\%$ mol)*, FMIPA Universitas Sriwijaya: Inderalaya.
- Sipahutar, W.S, Maghfirah, A., Sardjono, P., 2015. *Efek Waktu Wet Milling dan Suhu Annealing Terhadap Sifat Fisis, Mikrostruktur dan Magnet dari Flakes NdFeB*. Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Andalas (SNFUA) P2F LIPI : Serpong.
- Siregar. S.D., 2012. *Pengaruh Komposisi CuO Terhadap Penyerap Gelombang Mikro Pada Pembuatan Magnet Barium Heksaferit ($BaFe_{12-x}Cu_xO_{19}$)*. FMIPA Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Syukri, 1999, *Kimia Dasar Jilid 2*, Bandung: UI Press.
- Utama, P.P., 2016, *Pembuatan Magnet Permanen $BaO.6Fe_2O_3$* , FMIPA Universitas Sriwijaya : Inderalaya.
- Windartun, 2008, *Kemagnetan*, Universitas pendidikan Indonesia : Bandung.
- <http://faizalnizbah.blogspot.co.id/2013/06/sejarah-dan-sifat-sifat-magnet.html>
- <http://www.g-excess.com/pengertian-magnet-dan-sifat-sifat-magnet.html>