

**Pembuatan *Silicon Rubber – Hybrid Bonded Neodymium Iron Boron*
(NdFeB) dan *Barium Hexaferrite* (BaFe₁₂O₁₉) Komposit serta
Karakterisasinya**

SKRIPSI

Untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana dibidang
Studi Fisika Fakultas MIPA



Oleh:

BALADA SOERYA

08021381419053

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRALAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

Pembuatan *Silicon Rubber – Hybrid Bonded Neodymium Iron Boron (NdFeB)* dan *Barium Hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) Komposit serta Karakterisasinya*

SKRIPSI

Untuk memenuhi syarat mendapat gelar sarjana dibidang
studi Fisika Fakultas MIPA



Oleh:

Balada Soerya
08021381419053

Inderalaya, Juli 2018
Pembimbing II

Pembimbing I


Drs. Ramlan, M.Si
NIP: 196604101993031003


Dr. Ing. Priyo Sardjono
NIP : 19531230197903002

Diketahui oleh :

Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Sriwijaya



LEMBAR PERSEMBAHAN



MOTTO

“Suatu pekerjaan bila itu bisa dikerjakan terlebih dahulu maka kerjakanlah”

“Dan bahwa seorang manusia tidak akan memperoleh sesuatu selain apa yang telah diusahakannya sendiri”

(QS. An-Najm [53]: 39)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari satu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmu lah hendaknya kamu berharap”

(QS. Al-Insyirah [94]: 6-8)

Kupersembahkan skripsi ini untuk,

- Allah SWT; Sumber cinta pertama
- Rasulullah SAW; yang kurindukan syafaatnya
- *Kedua Orangtuaku tercinta, serta adikku tersayang*
- *Sahabat-sahabatku*
- *Almamater-Ku (Universitas Sriwijaya)*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Pembuatan Silicon Rubber (SIR) – Hybrid Neodymium Iron Boron (NdFeB) dan Barium Hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) Komposit serta Karakterisasinya**" dibidang fisika teori material. Tak lupa salawat serta salam dikirimkan pada Baginda Nabi Muhammad SAW beserta sahabat, semoga syafaat dikaruniakan kepada kita semua. Aamiin.

Penulisan skripsi ini bertujuan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains bidang studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Skripsi ini berisi penelitian yang dilakukan penulis dengan tema yang difokuskan pada bidang ilmu material, yang penelitiannya dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika LIPI, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang Selatan sejak tanggal 12 April 2018 hingga 18 Juli 2018.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak – pihak yang telah banyak membantu selama penyusunan skripsi ini terutama kepada : Dosen Pembimbing I, Bapak Drs. Ramlan, M.Si dan Dosen Pembimbing II, Bapak Dr. Ing. Priyo Sardjono. Selain itu penulis juga mengucapkan terimakasih kepada. Dosen Pembimbing Akademik Bapak Wijaya Mardiansyah, M.Si. Penulis juga mengucapkan kepada pihak – pihak yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, saran dan keritiknya diantaranya :

1. Kedua orang tua tercinta, M. Dasoni dan Rosmiati yang tak henti berdoa dan tak kenal waktu terus memberi dukungan kepada penulis.
2. Adik – Adikku tersayang Arie Hidayatullah, dan Nanda Sukma Dewi yang selalu memberi sinergi positif berupa semangat untuk berkarya dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan maksimal.
3. Bapak Drs. Ramlan, M.Si. selaku pembimbing di universitas yang selalu membuat saya semangat mengerjakan skripsi.
4. Bapak Dr. Ing. Priyo Sardjono selaku pembimbing di Pusat Penelitian Fisika (P2F), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang selalu membuat saya semangat mengerjakan skripsi.

5. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
7. Bapak Khairul Saleh, S.Si, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
8. Terimakasih kepada para tim penguji yaitu Bapak Akmal Johan, S.Si., M.Si., Bapak Dr. Fiber Monado, M.Si. dan Bapak Drs. Hadir Kaban, M.T.
9. Seluruh dosen – dosen FMIPA Fisika Universitas Sriwijaya.
10. Ibu Dr. Rike Yudianti selaku Kepala Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F) LIPI atas perizinan tempat Tugas Akhir penulis.
11. Terima kasih kepada Ines Klarasati dan Trimar Yensi yang selalu membantu dan menemani dalam membuat bahan – bahan hingga terbentuk menjadi magnet.
12. Mereka yang selalu menjadi sumber motivasi serta membantu dalam penggerjaan skripsi ini ; Meiliyana Eka Sari (Nduk), Ahmad Khusairi (Ceng).
13. Mereka yang selalu menjadi sumber inspirasi, orang tersayang di tanah rantau, Sahabat yang sudah seperti keluarga sendiri; Ade Saputra (Putra), Asriadi (Adi), Siti Khodijah (Dijut), Haqiqi Nurohmatun (kiki), Windi Yulistia (Windi), Ririn Sagita Mitra Tilova (Ririn), Beta Riana LiaSari (Bebek), Trimar Yensi (yensi), dan Ines Klarasati (Adek Ines).
14. Sahabat – sahabat terkasih yang senantiasa memberi motivasi, dan membantu penulis dalam segala hal; Ade Saputra (Putra), Meiliyana Eka Sari (Nduk), Ahmad Khusairi (Ceng), Asriadi (Adi), Siti Khodijah (Dijah), Haqiqi Nurohmatun (kiki), Trimar Yensi (Tryen), Ines Klarasati (Ines), M. Novaldan Lazuardi (Noval), Abdurrahman (Abdur), Bambang Tri Setioko (Bams), Septy Hardiansyah (Ncep), dan Windi Yulistia (Windi).
15. Seluruh rekan seperjuangan Fisika 2014 yang selalu bersama menapaki tanjakan perjuangan di bangku kuliah.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan baik saran maupun kritik yang sifatnya membangun dalam penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis

berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi adik mahasiswa yang tertarik hingga berkesempatan membaca skripsi ini. Terima kasih.

Wassalamualaikum Warohmatullahi Wabarakatuh

Indralaya, Juli 2018

Balada Soerya

NIM: 08021281419034

Pembuatan Silicon Rubber – Hybrid Bonded Neodymium Iron Boron (NdFeB) Dan Barium Hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) Komposit Serta Karakterisasinya

Balada Soerya

Jurusan Fisika Fakultas dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir

ABSTRAK

Pembuatan magnet permanen yang dibuat dari pencampuran serbuk BaFe₁₂O₁₉ dan NdFeB dengan campuran pererkat *silicon rubber* (SIR). Presentase variasi bahan serbuk magnet sebesar 95% NdFeB dan 5% BaFe serta 90% NdFeB dan 10% BaFe yang dicampur dengan presentase berat SIR dengan variasi 20%, 40%, 60% dan 80%. Karakterisasi yang dilakukan meliputi analisis sifat fisis berupa *bulk density*, analisis sifat mekanis dengan menggunakan *tensile strength*, pengukuran sifat magetik dengan menggunakan *gaussmeter*, dan analisis mikrostruktur dengan mengunakan *X – Ray Diffraction* (XRD). Penggunaan komposisi SIR juga berpengaruh terhadap sifat mekanis, sifat fisis serta sifat magnetiknya. Sampel dengan variasi 20% SIR memiliki nilai *bulk density* terbesar, yaitu 3.28 g/cm³ untuk 95%NdFeB dan 5%BaFe serta 3.24 untuk 90%NdFeB dan 10%BaFe setiap variasi serbuk yang digunakan. Sedangkan, pada variasi 80% SIR memiliki nilai *bulk density* terendah, yaitu 1.3 g/cm³ untuk variasi serbuk 95%NdFeB dan 5%BaFe serta 1.31 g/cm³ untuk variasi serbuk 90%NdFeB dan 10%BaFe. Hasil pengukuran sifat mekanis menunjukkan bahwa semakin banyak presentase SIR yang digunakan, maka sifat mekanisnya akan semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat dari nilai *ultimate tensile strength* (UTS) yang dihasilkan. Sampel dengan variasi 60% memiliki nilai UTS terbesar, yaitu 0.129 N/cm² untuk variasi serbuk 95%NdFeB dan 5%BaFe serta 0.140 N/cm² untuk variasi serbuk 90%NdFeB dan 10%BaFe. Sedangkan, pada variasi 20% SIR memiliki nilai UTS terendah, yaitu 0.098 N/cm² untuk variasi serbuk 95%NdFeB dan 5%BaFe serta 0.067 N/cm² untuk variasi serbuk 90%NdFeB dan 10%BaFe. Hasil pengukuran sifat magnetic menunjukkan bahwa semaki banyak presentase SIR yang digunakan, maka sifat magnetnya akan cenderung menurun. Sifat magnetik tertinggi dimiliki sampel bahan dengan variasi *silicon rubber* dengan konsentrasi 20%.. Hasil XRD yang diperoleh yaitu semakin lancip puncak yang ditampilkan pada grafik maka ukuran partikelnya akan semakin kecil. Dengan ukuran partikel rata – ratanya sebesar 3.539 Å untuk variasi bahan 95% NdFeB dan 5% BaFe serta 2.544 Å untuk variasi bahan 90%NdFeB dan 10%BaFe.

Kata kunci : *Neodymium Iron Boron(NdFeB)*, *Barium Heksafertit*, *Silicone rubber(SIR)*

Making Silicon Rubber - Hybrid Bonded Neodymium Iron Boron (NdFeB) And Barium Hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) Composite And Its Characterization

Balada Soerya

Jurusan Fisika Fakultas dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir

ABSTRACT

Permanent magnet manufacture made from mixing of BaFe₁₂O₁₉ and NdFeB powder with mixed silicon rubber (SIR). The percentage of magnetic powder variation was 95% NdFeB and 5% BaFe and 90% NdFeB and 10% BaFe were mixed with percentage of SIR weight with variation of 20%, 40%, 60% and 80%. Characterization includes physical properties of bulk density, mechanical properties analysis using tensile strength, magical properties measurement using gaussmeter, and microstructure analysis using X-Ray Diffraction (XRD). The use of SIR composition also affects the mechanical properties, physical properties and magnetic properties. Samples with 20% SIR variation have the largest bulk density value, ie 3.28 g / cm³ for 95% NdFeB and 5% BaFe and 3.24 for 90% NdFeB and 10% BaFe of each powder variation used. Meanwhile, in 80% variation SIR has the lowest bulk density value, ie 1.3 g / cm³ for variation of 95% NdFeB powder and 5% BaFe and 1.31 g / cm³ for 90% NdFeB and 10% BaFe powder variation. The result of the measurement of mechanical properties shows that the more percentage of SIR is used, the mechanical properties will increase. This can be seen from the ultimate tensile strength (UTS) value. Samples with 60% variation had the largest UTS value, ie 0.129 N / cm² for 95% NdFeB powder variation and 5% BaFe and 0.140 N / cm² for 90% NdFeB and 10% BaFe powder variations. Meanwhile, at 20% variation SIR has the lowest UTS value, that is 0.098 MPa for variation of 95% NdFeB powder and 5% BaFe and 0.067 MPa for 90% NdFeB and 10% BaFe powder variation. Magnetic properties measurements show that many of the percentage of SIR are used, so the magnetic properties will tend to decrease. The highest magnetic properties of the material sample with the variation of silicon rubber with a concentration of 20% .. XRD results obtained are the more taper peaks shown on the graph then the particle size will be smaller. With an average particle size of 3.539 Å for 95% NdFeB and 5% BaFe and 2.544 Å for 90% NdFeB and 10% BaFe material variations.

Keywords: Neodymium Iron Boron (NdFeB), Barium Heksafertit, Silicone rubber (SIR)

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Batasan Masalah	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Pengertian Magnet	4
2.2. <i>Neodymium Iron Boron</i>	5
2.3. <i>Barium Hexaferrite</i>	6
2.4. <i>Silicone Rubber</i>	6
2.5. Karakterisasi	7
2.5.1. <i>Bulk Density</i>	7
2.5.2. <i>X - Ray Diffraction</i>	8
2.5.3. Kuat Medan Magnet	9
2.5.4. Uji Tarik.....	10
BAB III METODOLOGI PERCOBAAN.....	11
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	11
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	11
3.2.1. Alat	11
3.2.2. Bahan Penelitian	11
3.3. Variabel, Parameter dan Data	12

3.3.1. Variabel.....	12
3.3.2. Parameter	12
3.3.3. Data.....	12
3.4. Tahapan Penelitian.....	12
3.4.1. Preparasi Bahan	12
3.4.2. Proses Pencampuran dan Pencetakan Sampel Fleksibel Magnet NdFeB dan BaFe ₁₂ O ₁₉	12
3.4.3. Proses Pengeringan di Desikator (Suhu Ruang).....	13
3.5. Karakterisasi	13
3.5.1. <i>Bulk Density</i>	13
3.5.2. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	13
3.5.3. Kuat Medan Magnet	14
3.5.4. Uji Tarik.....	14
3.6. Diagram Alir	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1. <i>Bulk Density</i>	16
4.2. Kuat Medan Magnet.....	17
4.3. <i>X – Ray Diffraction</i>	19
4.4. <i>Tensile Strength</i>	23
BAB V PENUTUP.....	27
5.1. Kesimpulan	27
5.2. Saran.....	28

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Difraksi bidang atom	9
Gambar 2.2 Contoh kurva uji tarik	10
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	15
Gambar 4.1 Grafik <i>Bulk density</i> terhadap variasi <i>Silicon rubber</i>	17
Gambar 4.2 Kuat Medan Magnet.....	18
Gambar 4.4 Grafik hasil XRD	20
Gambar 4.4 Grafik <i>Ultimate tensile strength</i> terhadap variasi <i>silicone rubber</i>	26

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Sifat magnetik dari beberapa jenis magnet	1
Tabel 2.1 Sifat fisik magnet NdFeB.....	5
Tabel 4.1 Data hasil <i>bulk density</i> sampel magnet	16
Tabel 4.2 Data hasil <i>bulk density</i> sampel magnet	16
Tabel 4.3 Data hasil kuat medan magnet dari sampel magnet.....	18
Tabel 4.4 Data hasil kuat medan magnet dari sampel magnet.....	18
Tabel 4.5 Hasil perhitungan ukuran partikel untuk variasi 95%NdFeB5%BaFe20%SIR	22
Tabel 4.6 Hasil perhitungan ukuran partikel untuk variasi 90%NdFeB10%BaFe20%SIR	23
Tabel 4.7 Data Hasil elongasi sampel magnet.	24
Tabel 4.8 Data Hasil elongasi sampel magnet.	24
Tabel 4.9 Data Hasil uji tarik sampel magnet.	25
Tabel 4.10 Data Hasil elongasi sampel magnet.	25

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material magnet permanen telah lama dikembangkan, pada awalnya orang mengenal besi magnet, terus berkembang menjadi logam paduan magnet, magnet dari keramik, serta terakhir mulai dikenal magnet yang memiliki performa tinggi, yaitu material magnet berbasis logam tanah jarang. Magnet permanen berbasis logam tanah jarang RE-Fe-B (RE = Nd, Pr) dapat menghasilkan energi produk, BH_{max} yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis magnet lainnya, yaitu sekitar 200-350 kJ/m³ atau 42 MGOe. Pada Tabel 1.1 ditunjukkan sifat-sifat magnet dari beberapa jenis magnet permanen Nd₂Fe₁₄B.

Tabel 1.1 Sifat magnetik dari beberapa jenis magnet (Muljadi dan Prijo Sardjono, 2014).

Sifat Magnetik	<i>Bonded</i> Nd ₂ Fe ₁₄ B	<i>Sintered</i> Nd ₂ Fe ₁₄ B
B_r (kG)	6.9	13.1
BH_{max}	10	42
Hic (kOe)	9	14
Temperatur Curie	310	360

Sumber : (Muljadi dan Prijo Sardjono, 2014).

Magnet permanen berjenis Re-Fe-B ini terbuat dari paduan logam tanah jarang berjenis neodium (Nd), logam besi (Fe), dan Boron (B) dengan struktur fase magnet Nd₂Fe₁₄B yang memiliki struktur kristal tetragonal. Kelebihan dari magnet permanen Nd₂Fe₁₄B ini adalah memiliki induksi magnet saturasi yang tinggi, yaitu dapat mencapai 1.6 T atau 16 kG, dengan induksi remanensi B_r tertinggi saat ini mencapai 1.3 T atau 13 kG. Paduan Nd₂Fe₁₄B ini dibuat melalui proses pencampuran secara stoikiometri antara logam neodium (Nd), besi (Fe), dan boron (B). Berbagai proses telah banyak dilaporkan oleh para peneliti di antaranya proses metalurgi serbuk, *arc melting*, *melt spinning*, dan *mechanical alloying*. Mengingat unsur-unsur logam pembentuknya memiliki karakteristik yang berbeda-beda, terkadang dalam pelaksanaannya banyak mengalami kesulitan.

Pembentukan *bonded* magnet merupakan perpaduan dari partikel-partikel magnetik Nd₂Fe₁₄B dengan partikel polimer, di mana material polimer berfungsi sebagai perekat

partikel-pertikel magnetik. Jenis polimer yang digunakan beragam macamnya, antara lain *epoxy resin*, *silicon rubber*, *polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), *high-density polyethylene* (HDPE), *Polyamide*, *nylon*, dan lain-lain.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi NdFeB dan Ba-Ferit pada proses pembuatan bonded magnet terhadap sifat fisis, mekanik, mikrostruktur dan sifat magnet pada pembuatan bonded magnet NdFeB dan Ba-Ferrite ?
2. Bagaimana pengaruh variasi *silicon rubber* terhadap sifat fisis, mekanik, mikrostruktur dan sifat magnet pada pembuatan bonded magnet NdFeB dan Ba-Ferrite ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh variasi komposisi NdFeB dan Ba-Ferit pada proses pembuatan bonded magnet terhadap sifat fisis, mekanik, mikrostruktur dan kuat magnetnya.
2. Menganalisa pengaruh variasi *silicon rubber* terhadap sifat fisis, mekanik, mikrostruktur dan sifat magnet pada pembuatan bonded magnet NdFeB dan Ba-Ferrite.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Menambah pengetahuan mengenai teknologi bonded magnet NdFeB dan Ba – Ferrite dalam rangka pengembangan teknologi pengolahan bahan magnetik khususnya di Indonesia.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Menggunakan bahan baku serbuk komersial NdFeB (tipe MQP-B), Ba – Ferrite dan *silicon rubber*.
2. Karakterisasi yang dilakukan meliputi: sifat fisis, mekanik, mikrostruktur, dan sifat magnetnya.
3. Menggunakan variasi *silicon rubber* yaitu : 20%, 40%, 60%, serta 80% berat.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada masing – masing bab adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang studi literature yang menjadi acuan untuk penelitian tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metode dan proses penelitian tugas akhir yang dilakukan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang hasil yang diperoleh pada penelitian tugas akhir beserta uraian pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afza, E., 2011. Pembuatan Magnet Permanent Ba-Hexa Ferrite ($BaO \cdot 6Fe2O3$) Dengan Metode Koopresipitasi dan Karakterisasinya. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Anton dan Anggraini, T., 2004. Karakteristik Permukaan Bahan Isolator Karet Silikon Terhadap Kemampuan Menolak Air. Jurnal ISSN. 1(4). Hal : 44 – 45.
- Asmi, M. A. M. dan D. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Bahan Magnet Barium Heksafertit ($BaCO_3$) dan Pasir Besi dari Daerah Pesisir Selatan .3(1):9–16.
- Budiman, H. 2016. Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) pada Baja ST37 dengan Alat Bantu Ukur Load Cell. *Jurnal J-Ensitec*, 3(1), 9–13.
- Burgei., W., Pechan., M. J., dan Jaeger., H., 2003. *A Simple Vibrating Sample Magnetometer For Use In A Materials Physics Course*. Journal Physics. 71(8). Hal: 826.
- Collocott, S.J., Dunlop, J.B., dan Ramsden, V.S., 2007. *Rare Earth Magnets New Magnet Materials and Applications*. Australia: CSIRO Division of Telecommunications and Industrial Physic.
- Farr, M., 2013. *A Study On The Impact of Surface and Bulk Oxidation on The Recyclability of NdFeB Magnets*. Tesis. University of Brimingham.
- Furlani, E.P., 2001. *Permanent Magnet and Electromechanical Devices*. London: Academic Press.
- Ginting, D., 2014. *Efek Penambahan Boron Terhadap Mikrostruktur, Sifat Fisis, dan Magnetik Barium Heksafertit*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Halliday dan Resnick, 2014. *Fundamentals of Physic*. Edisi 10. Hoboken: John Willey & Sons, Inc.
- Idayanti, N., dan Dedi. 2006. Karakterisasi Komposisi Kimia Magnet NdFeB dengan Energi Dispersive Spectroscopy.pdf. *Jurnal Elektronika*, 6(2), 1411–8289.
- Joni., I dan Darminto. 2014. *Penerapan Metode Sol – Gel dengan Variasi Temperatur dan Waktu Kalsinasi Pada Sintesis Barium M –Heksafertit ($BaFe_{12}O_{19}$)*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya. 10(1). Hal: 53.
- Kristiantoro, T., Sudrajat, N., dan Budiman, W., 2013. Pembuatan dan Karakterisasi Magnet Bonded NdFeB dengan Teknik Green Compact. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* 1(9), 9.
- Mardiansyah, D., 2013. Analisa Sifat Ferromagnetik Material Menggunakan Metode Monte Carlo. *Jurnal Ilmiah Edu Research*, 2(2): 68.

- Mendrofa, M., 2016. *Pengaruh Komposisi Polyvinyl Butiral (PVB) Pada Pembuatan Bonded Magnet NdFeB Terhadap Mikrostruktur, Sifat Fisis dan Magnet*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Muljadi, dan Prijo Sardjono. 2014. Pembuatan Magnet Permanen Bonded Nd₂Fe₁₄b Dengan Perekat Silicon Rubber Dan Karakterisasinya, 1(32), 29–33.
- Nicola, A.S., 2010. *Magnetic Material Fundamental and Device Applications*. Cambridge: Cambride University.
- Rahardjo,. D. T,. 2011. *Refinement Struktur Kristal Superkonduktor BSCCO – 2212 Dengan Substitusi Pb*. Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika. 1(1). Hal : 64.
- Ridha,. S., dan Darminto,. 2016. *Analisis Densitas, Porositas, dan Struktur Mikro BAtu Apung Lombok Dengan Variasi Lokal Menggunakan Metode Archimedes dan Software Image – J. jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 3(12). Hal: 125.
- Sari, A. Y., Sebayang, P., dan Muljadi. 2012. Pembuatan Dan Karakterisasi Magnet Bonded, 13(3), 168–172.
- Sokolowski, P.K., 2007. *Processing and Protection of Rare Earth Permanent Magnet Particulate for Bonded Magnet Application*. Tesis. Iowa State University.
- Sulistyo, Indras,. M, dan Priyo,. S. 2012. *Sintesis dan Karakterisasi Material Magnetik Barium Hexaferrite Tersubstitusi Menggunakan Teori Sol – Gel Untuk Aplikasi Serapa Gelombang Mikro Pada Frekuensi X – Band*. Jurnal ISSN. 2(15). Hal:64.
- Virdhian dkk, S. 2016. Pengaruh Temperatur Dan Waktu Aging Pada Sintesis Magnet Nano Barium Heksaferrit (BaFe₁₂O₁₉) Terhadap Struktur Kristal, Morfologi Dan Sifat Magnet. *Jurnal Metal Indonesia*, 38(1), 1–7.