

**PENGARUH KOMPOSISI *SILICON RUBBER* (SIR) TERHADAP SIFAT
MEKANIS, STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MAGNET PADA PEMBUATAN
MAGNET KOMPOSIT *NEODYMIUM IRON BORON* (NdFeB)**

SKRIPSI

Untuk memenuhi syarat mendapat gelar sarjana dibidang
studi Fisika Fakultas MIPA



Oleh:

TRIMAR YENSI

08021181419021

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

LEMBAR PENGESAHAN

**Pengaruh Komposisi *Silicon Rubber* (SIR) Terhadap Sifat Mekanis,
Struktur mikro dan Sifat Magnet Pada Pembuatan Magnet Komposit
Neodymium Iron Boron (NdFeB)**

SKRIPSI

Untuk memenuhi syarat mendapat gelar sarjana dibidang
studi Fisika Fakultas MIPA



Oleh:

**TRIMAR YENSI
08021181419021**

**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**

**Dr. Frinsyah Virgo, S.Si, M.T
NIP : 197009011994121001**

LEMBAR PERSEMBAHAN



“Ku olah kata, kubaca makna, kuikat dalam alinea, kubingkai dalam bab sejumlah lima, jadilah mahakarya dan gelar sarjana yang kuterima, Orangtuapun bahagia”.

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari satu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”.
(QS. Al-Insyirah [94]: 6-8)

Kupersembahkan skripsi ini untuk,

- *Allah SWT*
- *Rasulullah SAW; yang kurindukan syafaatnya*
- *Umak dan Bak tercinta, serta ayukku dan adik-adikku tersayang*
- *Keluargaku (wakso, ayuk nik, kakak, dan yang lainnya).*
- *Sahabat-sahabatku*
- *Almamater-Ku (Universitas Sriwijaya)*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Komposisi *Silicon Rubber* (SIR) Terhadap Sifat Fisis, Sifat Mekanis, Struktur mikro, Dan Sifat Magnet Pada Pembuatan Magnet Komposit *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) ”** dibidang fisika teori material. Tak lupa shalawat serta salam penulis kirimkan kepada 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 di Jurusan 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 PUSPITEK, Serpong, Tangerang Selatan, sejak tanggal 12 April 2017 hingga 12 Juni 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 yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, waktu dan kesabaran dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi ini. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, saran dan kritiknya diantaranya:

1. Kedua orang tua ku tercinta, Trisno Siswanto dan Marela yang selalu berjuang tanpa kenal lelah dan selalu memberikan semangat, motivasi, nasihat, dukungan serta doa kepada penulis
2. Kakak, Adikku tersayang (Septiyani, Saldiyansyah, dan Yetri Maryeni) Dan Seluruh Keluargaku (Wakso, ayuk nik, ine dan isat) yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa yang tiada henti diberikan kepada penulis.
3. Bapak Prof. Ishaq Iskandar selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si. M.T selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

5. Bapak Khairul Saleh, S.Si, M.Si selaku Sekertaris Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Azhar Kholiq Affandi, M.S, Selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Ibu Dr. Erry Koriyanti, M.T., Ibu Jorena, M.Si. dan Dr. Fitri Suryani Arsyad, M.Si. Selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan.
8. Ibu Dr. Rike Yudianti. Eng selaku Kepala Pusat Penelitian Fisika (PPF) LIPI atas perizinan tempat Tugas Akhir penulis.
9. Bapak Ir. Muljadi, M.Sc, yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, waktu dan kesabaran dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.
10. Seluruh dosen-dosen FMIPA Fisika Universitas Sriwijaya.
11. Abangku M. Novaldan Lazuardi yang selalu sabar mendampingi serta mendengarkan keluh kesahku.
12. Sahabat–sahabat ku: Meiliyana Eka Sari S.Si, Riza Ratnasari, Triyuni, Anita, Novita Sari dan Devinta Sari.
13. Sahabat dan teman-teman seperjuangan selama Tugas Akhir yang sangat membantu, menghibur, memberikan masukan, dan memberikan motivasi kepada penulis: Siti Khodijah, Windi Yulistia, Ririn Sagita Mitra Tilova, Mbak eka aqila, Haqiqi Nurohmatun, Ines Klarasati, Beta Riana Sari, Balada Soerya, Ade Saputra.
14. Seluruh rekan seperjuangan FMIPA Fisika 2014 (BERANDAL) yang selalu bersama menapaki tanjakan perjuangan dibangku kuliah.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan baik berupa 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 Wabarokatuh.

Indralaya, Juli 2018

Trimar Yensi
08021181419021

Pengaruh Komposisi *Silicon Rubber* (SIR) Terhadap Sifat Mekanis, Struktur mikro dan Sifat Magnet Pada Pembuatan Magnet Komposit *Neodymium Iron Boron* (NdFeB)

Oleh

**Trimar Yensi
08021181419021**

ABSTRAK

Pembuatan magnet permanen yang telah dilakukan dengan mencampurkan serbuk magnet NdFeB dengan campuran perekat *silicon rubber* (SIR) yang bersifat non-magnet. Persentase bahan NdFeB yang dicampur dengan persentase *silicon rubber* dengan variasi 20% dan 40%. Sampel yang sudah dicetak dilakukan karakterisasi yang meliputi pengukuran sifat mekanis, mikro struktur dan sifat magnetik. Karakterisasi sifat mekanik berupa *tensile test*, analisis struktur mikro menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan karakterisasi sifat magnetik dengan menggunakan *Vibrating sample magnetometer* (VSM). Hasil penelitian sifat mekanik menunjukkan bahwa nilai *ultimate tensile strength* (UTS) tertinggi dimiliki pada sampel variasi 40% yaitu 0,788 MPa dan untuk nilai terendah UTS dimiliki pada sampel 20% yaitu 0,602 MPa. Jadi dari hasil UTS dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *silicon rubber* yang digunakan maka sifat mekanisnya akan semakin meningkat dan juga sebaliknya. Untuk hasil pengukuran sifat magnetik menunjukkan bahwa nilai tertinggi dimiliki pada sampel variasi 20% SIR, nilai saturasi yaitu 88.49 emu/gram, remanensi yaitu 62.40 emu/gram, koersifitas yaitu 5.879 kOe sedangkan untuk nilai terendah terdapat pada sampel variasi 40% yaitu, nilai saturasi yaitu 69.87 emu/gram, remanensi yaitu 48.95 emu/gram, koersifitas yaitu 2.239 kOe. Dari Hasil XRD menunjukkan adanya fasa tunggal NdFeB pada sampel, dimana puncak tertinggi dengan nilai 2θ sebesar 44.02 (deg), nilai FWHM sebesar 0.017095556 (rad), ukuran kristal 9.927799148 nm dan simpangan 7.578279648 nm.

Kata Kunci: *Neodymium Iron Boron* (NdFeB), *Silicon Rubber* (SIR), *X-ray Diffraction* (XRD), *Vibrating Sampel magnetometer* (VSM).

Effect of Silicon Rubber Composition (SIR) on Mechanical Properties, Micro Structures and Magnet Properties on Neodymium Iron Boron Composite (NdFeB)

By

Trimar Yensi

08021181419021

ABSTRACT

Permanent magnetization is made by mixing NdFeB magnetic powder with a non-magnetic silicon rubber (SIR) adhesive mixture. Percentage of NdFeB material mixed with silicon rubber percentage with variation of 20% and 40%. The printed sample is characterized which includes the measurement of mechanical properties, magnetic properties and microstructure. Characterization of mechanical properties such as tensile test, microstructure analysis using X-Ray Diffraction (XRD) characterization of magnetic properties by using Vibrating sample magnetometer (VSM). The result of magnetic properties showed that the highest value of ultimate tensile strength (UTS) was 40% sample of 0.788 MPa and for the lowest value of UTS was obtained on 20% sample that is 0,602 MPa. So from the results of UTS can be concluded that the more silicon rubber is used then the mechanical properties will increase and also vice versa. Untuk magnetic measurement results show that the highest value is owned on the sample variation 20% SIR, saturation value is 88.49 emu/gram, remanensi ie 62.40 emu/gram, coercivity is 5,879 kOe while for the lowest value is in sample of 40% variation that is, saturation value is 69.87 emu/gram, remanensi is 48.95 emu/gram, coercivity is 2,239 kOe. The XRD results show the presence of a single phase NdFeB in the sample, where the highest peak with a value of 2θ of 44.02 (deg), FWHM value of 0.017095556 (rad) and crystal size 9.927799148 nm and 7.578279648 nm deviation.

Keywords: Neodymium Iron Boron (NdFeB), Silicon Rubber (SIR), X-ray Diffraction (XRD), Vibrating Sample magnetometer (VSM)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Batasan Masalah.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Sejarah dan Pengertian Magnet	4
2.2. Bahan Magnetik	5
2.3. Sifat-sifat Magnet.....	8
2.4. Jenis Magnet	8
2.4.1. Magnet Tetap.....	9
2.4.2. Magnet Tidak Tetap	10
2.5. Magnet Komposit	10
2.6. Perkembangan Magnet Permanen.....	10
2.7. Magnet Permanen NdFeB (<i>Neodymium Iron Boron</i>).....	12
2.8. Unsur pepadu pada magnet NdFeB.....	12
2.9. Sifat Fisik NdFeB (<i>Neodymium Iron Boron</i>)	16
2.10. Kurva Histerisis	16
2.11. Klasifikasi Magnetik Material.....	17
2.12. <i>Silicon Rubber</i> (SIR)	18
2.13. Karakterisasi.....	19
2.13.1 Uji Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	19
2.13.2 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	20

2.13.3 X-Ray Diffraction (XRD)	21
BAB III METODOLOGI	23
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	23
3.2.1. Alat Penelitian	23
3.2.2. Bahan Penelitian.....	24
3.3. Variabel, Parameter dan Data	24
3.3.1. Variabel	24
3.3.2. Parameter	24
3.3.3. Data	24
3.4. Tahapan Penelitian	24
3.4.1. Preparasi Bahan.....	24
3.4.2. Proses Pencampuran dan Pencetakan Bahan	25
3.4.3. Karakterisasi.....	25
3.5. Diagram alir	27
BAB IV PEMBAHASAN	28
4.1. <i>Tensile Strength</i> (Uji Tarik).....	28
4.2. Pengujian sifat magnet (Kurva Histerisis	30
4.3. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	33
BAB V PENUTUP	39
5.1. Kesimpulan.....	39
5.2. Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arah domain-domain dalam bahan paramagnetik	6
Gambar 2. 2 Arah domain-domain dalam bahan paramagnetik	6
Gambar 2. 3 Arah domain dalam bahan ferromagnetik	7
Gambar 2. 4 Arah domain dalam bahan anti ferromagnetik	7
Gambar 2. 5 Arah domain dalam bahan ferrimagnetik	7
Gambar 2. 6 Struktur Atom Unsur Neodymium	13
Gambar 2. 7 Struktur Atom Unsur Besi	14
Gambar 2. 8 Struktur Atom Unsur Boron	15
Gambar 2. 9 Kurva Histerisis	17
Gambar 2. 10 Kurva Histerisis Material Magnet (a) Material Magnet Lunak	18
Gambar 2. 11 Difraksi bidang atom (Afza, 2011)	22
Gambar 3. 1 Diagram Alir Peneltian	27
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Tarik Ultimate Tensile strength terhadap variasi <i>silicon rubber</i> 29	
Gambar 4. 2 Kurva Histerisi Sampel Untuk Variasi <i>Silicon rubber</i> 20% dan 40% SIR.....	31
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Xrd NdFeB+20% SIR	34
Gambar 4. 4 NdFeB dengan Penambahan <i>Silicon rubber</i> 20%	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan karakteristik magnet permanen.....	11
Tabel 2. 2 Informasi dasar unsur <i>neodymium</i>	13
Tabel 2. 3 Informasi dasar unsur besi.....	14
Tabel 2. 4 Informasi dasar unsur boron.....	15
Tabel 2. 5 Sifat Fisis Magnet NdFeB	16
Tabel 4. 1 Data Hasil Elonggasi Sampel Magnet	28
Tabel 4. 2 Data hasil uji tarik maksimum sampel magnet.....	29
Tabel 4. 3 Sifat Magnet sampel NdFeB untuk variasi <i>silicon rubber</i> 20 dan 40%	30
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan ukuran partikel untuk variasi NdFeB 20% SIR	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Didalam kehidupan sehari-hari kata “Magnet” sudah tidak asing lagi didengar. Magnet memiliki jenis yang berbeda-beda, salah satu jenisnya yaitu magnet permanen. Perkembangan magnet permanen pada saat ini sangat difokuskan untuk magnet permanen energi tinggi dimana pada beberapa tahun terakhir ini, penelitian di bidang material magnetik khususnya magnet permanen NdFeB (*Neodymium Iron Boron*) sangat intensif dilakukan.

Magnet permanen berbasis Nd₂Fe₁₄B pertama kali ditemukan pada tahun 1980, oleh dua grup penelitian di sumitomo Metals dan General Lab, dengan kekuatan yang tinggi dan di komersilkan pada tahun 1984 (Idayanti dan Dedi, 2006). NdFeB adalah material magnet jenis permanen logam tanah jarang (*rare earth*) yang memiliki energi produk yang maksimum. Magnet permanen NdFeB ini dipergunakan secara luas untuk berbagai aplikasi energi dan peralatan seperti mesin cuci, speaker, CD player, *oven microwave* yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi dan konservasi energi (Kristiantoro dkk, 2013).

Pada penelitian ini digunakan bahan baku berupa serbuk magnet logam tanah jarang NdFeB. Penelitian kali ini membahas pembuatan dan karakterisasi magnet permanen logam tanah jarang NdFeB yang dipadu dengan pengikat *silicon rubber*. Sehingga hasil dari penelitian berupa magnet lembaran. Diharapkan setelah melakukan penelitian ini didapatkan informasi lebih mengenai magnet logam tanah jarang NdFeB untuk pengembangan dalam bidang magnet.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis merumuskan beberapa permasalahan, diantaranya:

1. Bagaimana cara pembuatan magnet komposit NdFeB dengan penambahan komposisi *silicon rubber*?
2. Bagaimana pengaruh *silicon rubber* terhadap sifat Mekanik, Struktur mikro dan ifat magnet pada pembuatan magnet komposit NdFeB?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini meliputi:

1. Dapat membuat magnet komposit NdFeB dengan Penambahan komposisi *silicon rubber*.
2. Menganalisa pengaruh *silicon rubber* terhadap sifat mekanik, struktur mikro dan sifat magnet pada pembuatan magnet komposit NdFeB.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menambah pengetahuan mengenai pembuatan magnet komposit NdFeB dengan menggunakan *silicon rubber*.
2. Menambah pengetahuan mengenai pengaruh komposisi *silicon rubber* terhadap sifat mekanis, struktur mikro dan sifat magnet pada pembuatan magnet komposit NdFeB.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini meliputi:

1. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk magnet NdFeB dan *silicon rubber* sebagai pengikatnya.
2. Menggunakan variasi komposisi *Silicon Rubber* 20% dan 40%.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada masing-masing bab adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB III METODE 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 berisikan tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dan memberikan saran untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afza, E., 2011. *Pembuatan Magnet Permanent Ba-Hexa Ferrite ($BaO.6Fe_2O_3$) Dengan Metode Koopresipitasi dan Karakterisasinya*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Anwar, N., 2011. *Pembuatan Magnet Permanen $Nd_2Fe_{14}B$ Melalui Metode Mechanical Alloying*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia.
- Daniswari, C.A., Tyastuti, J., dan Syakur, A., 2011. *Analisis Pengaruh Komposisi Silicone Rubber Dan Pasir Silika Pada Spesimen Berbahan Resin Epoksi Terhadap Sudut Kontak, Tegangan Flashover, Dan Kekuatan Mekanik*. Universitas Diponegoro.
- Dark, M. dan Dorbzański, L.A., 2007. Hard Magnetic Materials Nd-Fe-B/Fe with Epoxy Resin Matrix. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2(24), 63.
- Ginting, D., 2014, *Efek Penambahan Boron Terhadap Mikrostruktur, Sifat Fisis, Dan Magnetik Barium Heksaferrit*, Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Habibi, T., 2017. *Pembuatan Magnet Komposit Berbasis Karet Alam Dan Serbuk Magnet Barium Ferrite*. Universitas Negeri Semarang : Semarang.
- Halliday & Resnick, 1989, *Fisika*, Jakarta : Erlangga.
- Idayanti, N., Dedi, 2006. *Karakterisasi Komposisi Kimia Magnet NdFeB dengan Energi Dispersive Spectroscopy (EDS)*. Jurnal Elektronika 2(6):46-47.
- Irasari, P., dan Idayanti N., 2009. *Aplikasi Magnet Permanen $BaFe_{12}O_{19}$ dan NdFeB Pada Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Skala Kecil*. Jurnal Sains Materi Indonesia, 11(1), 39.
- 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.
- Kurniawan, C., Sari, A.Y., dan Muljadi, 2013. *Pembuatan Rigid Bonded Magnet Berbasis Pr-Fe-B untuk Komponen Generator Listrik Mini*. Jurnal Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia 1(6):80

- Lathifah, U., 2017. *Sintesis dan Karakterisasi Magnet Pemanen Bonded Magnet NdFeB dengan Aditif Ferro Manganese (FeMn)*. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Manaf, A., 2000. *Magnet Permanen Berbasis NdFeB*. Jurnal ISSN. 2(4): 6.
- Marlina, H.A., 2013. *Pembuatan Magnet Bonded Permanen PrFeB Dengan Binder Polyester dan Silicon Rubber*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Muhammad, dan Putra, R., 2017. *Uji Mekanik Komposit Berpenguat Serat Pandan Duri dan Resin Polyester Dengan Variasi Komposisi Metoda Fraksi Berat*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. 6(2):68.
- Muklisin, I., 2013. *Pembuatan dan Karakterisasi Magnet Komposit Ferit dengan Bahan Pengikat Resin*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Muljadi, 2016. *Pengaruh Model Speciment Uji Tarik Pada Pengelasan Besi Fc-30 Di Lihat Dari Kekuatan Tarik Pengelasan*. Rekayasa Jurnal Manufaktur. 1(2):2-3.
- Niazi, A., Poddar, P., dan Rastagi, A. K., 2000. *Aprecision, Low-Cost Vibrating Sample Magnetometer*. *Current Science*, 79(1), 99-100.
- Nuraini, S., 2014. *Pembuatan Bonded Anisotopi Magnet Ndfeb dan Karakterisasinya*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Rahmat, 2017. *Pembuatan Dan Karakterisasi Magnetik Elastomer MnFe₂O₄ Berbasis Pasir Besi Alam Dengan Matriks Silicone Rubber*. Skripsi. UIN Alauddin Makasar.
- Ritawanti, A., dkk, 2016. *Pengaruh ukuran butir (grain size) pada pembuatan Bonded Magnet NdFeB*. Jurnal Ikatan Alumni Fisika. 2(1): 1.
- Sawitri, D., Astari, R., R., 2011. *Pengaruh Variasi Komposisi Dan Proses Pendinginan Terhadap Karakteristik Magnet Barrium Ferrite*. Teknik Fisika.
- Shah, S.A.H., 2013. *Vibrating Sample Magnetometry: Analysis and Construction*. Pakistan: Departement of Fisika, Syed Babar Ali School of Science and Engineering.
- Simanjuntak, L.O., 2014. *Efek Variasi Waktu Rotarry Ball Mill Serbuk NdFeB Terhadap Mikrostruktur, Densitas, dan Sifat Magnetnya*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.

Tipler, P. A., 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta : Erlangga.