

**PEMBUATAN *SILICON RUBBER (SIR)* – *HYBRID BARIUM HEXAFERRITE*
($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) DAN *NEODYMIUM IRON BORON (NdFeB)* KOMPOSIT DAN
KARAKTERISASINYA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi syarat mendapat gelar sarjana dibidang
studi Fisika Fakultas MIPA



Oleh:
INES KLARASATI
08021281419045

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

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMBUATAN SILICON RUBBER (SIR) – HYBRID BARIUM
HEXAFFERITE ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) DAN NEODYMIUM IRON BORON (NdFeB)
KOMPOSIT DAN KARAKTERISASINYA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi syarat mendapat gelar sarjana dibidang
studi Fisika Fakultas MIPA



Oleh:

INES KLARASATI
08021281419045

Inderalaya, Juli 2018

Pembimbing I

Pembimbing II

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

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Adapun skripsi ini dibuat sebagai syarat untuk mendapat gelar sarjana di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Pembahasan materi pokok skripsi ini lebih ditekankan pada bidang material, khususnya magnet. “ **PEMBUATAN SILICON RUBBER (SIR) – HYBRID BARIUM HEXAFFERITE ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) DAN NEODYMIUM IRON BORON (NdFeB) KOMPOSIT DAN KARAKTERISASINYA**” penulis ambil sebagai judul sekaligus tema tugas akhir ini yang penelitiannya dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika LIPI, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan.

Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan membuat penulisan skripsi ini masih banyak kekurangannya dan jauh dari kata sempurna. Kepada Bapak Dr. Ing. Priyo Sardjono dan Bapak Drs. Ramlan S. Si, M. Si selaku pembimbing yang selalu memberikan nasehat serta masukan yang sangat membangun. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca untuk menyempurnakan skripsi ini. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak memberikan bantuan baik berupa bimbingan, dukungan, saran serta kritik, diantaranya:

1. Orang tua penulis atas kasih sayang, yang selalu memberikan semangat, dukungan, doa dan perhatian yang tidak ada habisnya.
2. Bapak Ir. Muljadi, M. Si selaku pembimbing dari PPF LIPI yang telah banyak memberikan masukan dan arahan kepada penulis selama melaksanakan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Frinsyah Virgo S. Si, M. T, ibu Dra. Yulinar Adnan, M. T dan ibu Dr. Idha Royani, S. Si, M. Si sebagai penguji yang senantiasa memberikan masukan, saran serta kritikan yang sangat membangun.
4. Teman – teman dari geng Fantastic Four (Deva Tri Oktariyana, Heni Arieanti dan Try Elza Lestari) yang selalu mendukung dan memberikan semangat serta motivasinya.

5. Teman sekos Anggit Rizka Haryadi dan teman yang selalu menyemangati Leni Ratnasari dan teman-teman lainnya yang banyak membantu dan menyemangati selama proses pengerjaan skripsi ini.
6. Teman sekos selama melakukan tugas akhir di PPF-LIPI yaitu Trimar Yensi, Haqiqi Nurohmatun, Windi Yulistia, Siti Khodijah dan yang lainnya yang menyemangati dan memberikan masukan.
7. Teman-teman Fisika angkatan 2014 seperjuangan yang bersama-sama melaksanakan tugas akhir di PPF-LIPI.
8. Dan seluruh pihak terkait yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu baik dalam penyelesaian skripsi ini maupun saat mengikuti tugas akhir dan mengharapkan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Indralaya, Juli 2018

Penulis

Ines Klarasati
08021281419045

**PEMBUATAN SILICON RUBBER (SIR) – HYBRID BARIUM
HEXAFFERITE (BaFe₁₂O₁₉) DAN NEODYMIUM IRON BORON (NdFeB)
KOMPOSIT DAN KARAKTERISASINYA**

Oleh

Ines Klarasati

08021281419045

ABSTRAK

Pembuatan magnet permanen yang dibuat dari pencampuran serbuk BaFe₁₂O₁₉ dan NdFeB dengan campuran pererkat *silicon rubber* (SIR). Presentase variasi berat serbuk magnet sebesar 95%BaFe dan 5% NdFeB serta 90%BaFe dan 10%NdFeB yang dicampur dengan presentase berat SIR dengan variasi 40%, 60% dan 80%. Karakterisasi yang dilakukan meliputi analisis sifat fisis berupa *bulk density*, analisis sifat mekanis dengan menggunakan *tensile strength*, pengukuran sifat magnetik dengan menggunakan *vibrating sample magnetometer* (VSM), dan analisis mikrostruktur dengan menggunakan *X – Ray Diffraction* (XRD). Penggunaan komposisi SIR berpengaruh terhadap sifat mekanis, sifat fisis serta sifat magnetiknya. Sampel dengan variasi 40% SIR memiliki nilai *bulk density* terbesar, yaitu 1.928 g/cm³ untuk setiap variasi serbuk yang digunakan. Sedangkan, pada variasi 80% SIR memiliki nilai *bulk density* terendah, yaitu 1.179 g/cm³ untuk variasi serbuk 95%BaFe dan 5%NdFeB serta 1.625 g/cm³ untuk variasi serbuk 90%BaFe dan 10%NdFeB. 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 80% memiliki nilai UTS terbesar, yaitu 0.162 N/cm² untuk variasi serbuk 95%BaFe dan 5%NdFeB serta 0.169 N/cm² untuk variasi serbuk 90%BaFe dan 10%NdFeB. Sedangkan, pada variasi 40% SIR memiliki nilai UTS terendah, yaitu 0.101 N/cm² untuk variasi serbuk 95%BaFe dan 5%NdFeB serta 0.046 N/cm² untuk variasi serbuk 90%BaFe dan 10%NdFeB. Hasil pengukuran sifat magnetic menunjukkan bahwa semakin banyak presentase SIR yang digunakan, maka sifat magnetnya akan cenderung menurun. Sifat magnetik tertinggi dimiliki sampel bahan dengan variasi *silicon rubber* dengan konsentrasi 40%. Untuk variasi sampel 95%BaFe dan 5%NdFeB memiliki nilai saturasi yaitu 0.91 kG, remenansi yaitu 0.41 kG. Sedangkan untuk variasi sampel 90%BaFe dan 10%NdFeB memiliki nilai saturasi yaitu 0.83 kG, remenansi yaitu 0.41 kG. Hasil XRD yang diperoleh yaitu semakin lancip puncak yang ditampilkan pada grafik maka ukuran partikelnya akan semakin kecil. Dengan ukuran partikel rata – ratanya sebesar 10.34nm untuk variasi bahan 95%BaFe dan 5%NdFeB serta 12.62nm untuk variasi bahan 90%BaFe dan 10%NdFeB.

Kata Kunci: *Silicon rubber*, BaFe, NdFeB, elongasi, UTS

**SYNTHESIS OF SILICON RUBBER (SIR) – HYBRID BARIUM
HEXAFFERITE (BaFe₁₂O₁₉) AND NEODYMIUM IRON BORON (NdFeB)
COMPOSITE AND ITS CHARACTERIZATIONS**

By

Ines Klarasati

08021281419045

ABSTRACT

A bonded magnet permanent has been made from mixed of BaFe and NdFeB powder with of silicon rubber (SIR). The weight percentage of magnetic powder variation was 95%BaFe and 5%NdFeB and also 90%BaFe and 10%NdFeB mixed with a percentage of SIR weight with the variation of 40%, 60%, and 80%.Characterization carried out includes analysis of physical properties that is bulk density, analysis of mechanical using tensile strength, measuring properties of magnetic using vibrating sample magnetometer (VSM), and analysis microstructure using X-Ray Diffraction (XRD). The composition of SIR affects the mechanical properties, physical properties, and magnetic properties. Samples with a variation of 40% SIR have the largest bulk density value, which is 1,928 g/cm³ for each powder variation used. Whereas in the variation of 80% SIR has the lowest bulk density value, that is 1.179 g/cm³ for powder variation of 95% BaFe and 5% NdFeB, and 1.625 g/cm³ for powder variation of 90% BaFe and 10% NdFeB. The results of measurements of mechanical properties indicate that the more percentage of SIR used the mechanical properties will increase, this can be seen from the ultimate tensile strength (UTS) value. Sample with 80% variation has the biggest UTS value, that is 0.162 N/cm² for powder variation of 95% BaFe and 5% NdFeB and 0.169 N/cm² for powder variation of 90% BaFe and 10% NdFeB. Meanwhile, at 40% of variation SIR has the lowest UTS value, that is 0.101 N/cm² for powder variation of 95% BaFe and 5% NdFeB and 0.046 N/cm² for powder variation of 90% BaFe and 10% NdFeB. Magnetic properties measurements show that more of the percentage of SIR is used, then the magnetic properties will tend to decrease. The highest magnetic properties owned by samples variation of silicon rubber with a concentration of 40%. For sample variation of 95% BaFe and 5% NdFeB has a saturation value of 0.91 kG and the remanence is 0.41 kG. While for sample variation of 90% BaFe and 10% NdFeB has a saturation value of 0.83 kG and the remanence is 0.41 kG. Meanwhile, the XRD results obtained, increasingly sharp peaks shown on the chart then particle size will be smaller, with an average particle size of 10.34nm for material variation of 95% BaFe and 5% NdFeB and 12.62nm for material variation of 90% BaFe and 10% NdFeB.

Keywords Key: Silicon rubber, BaFe, NdFeB, elongasi, UTS

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I_PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II_TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sejarah dan pengertian Magnet.....	4
2.2 Sifat – Sifat Magnet.....	4
2.3 Bahan – Bahan Magnet	7
2.4 NdFeB (Neodymium Iron Boron).....	10
2.5 Barium heksaferit	11
2.6 <i>Silicone Rubber</i> (SIR)	11
2.7 <i>X – Ray Diffraction</i> (XRD).....	12
2.8 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	14
2.9 <i>Tensile Strength</i> (Uji Tarik).....	14
2.10 <i>Bulk Density</i> (Densitas Bahan)	15
BAB III_METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan penelitian.....	17
3.2.1 Alat Penelitian	17

3.2.2 Bahan Penelitian.....	17
3.3 Variabel, Parameter dan Data	18
3.3.1 Variabel.....	18
3.3.2 Parameter	18
3.3.3 Data.....	18
3.4 Tahapan Penelitian	18
3.4.1 Preparasi Bahan	18
3.4.2 Proses Pencampuran Dan Pencetakan Sampel Magnet	19
3.5 Karakterisasi	19
3.5.1 <i>Bulk Density</i>	19
3.5.2 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	20
3.5.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	20
3.5.4 <i>Tensile Strength</i>	20
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 <i>Bulk Density</i>	22
4.2 <i>Tensile Strength</i>	23
4.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	26
4.4 <i>X – Ray Diffraction (XRD)</i>	30
BAB V PENUTUP	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat fisik magnet NdFeB	10
Tabel 4.1 Data hasil <i>bulk density</i> sampel magnet.....	22
Tabel 4.2 Data hasil <i>bulk density</i> sampel magnet.....	22
Tabel 4.3 Data hasil elongasi sampel magnet	24
Tabel 4.4 Data hasil elongasi sampel magnet	25
Tabel 4.5 Data hasil uji tarik maksimum sampel magnet	25
Tabel 4.6 Data hasil uji tarik maksimum sampel magnet	26
Tabel 4.7 Sifat Magnet sampel <i>bulk</i> NdFeB untuk variasi <i>silicon rubber</i>	29
Tabel 4.9 Hasil perhitungan ukuran partikel untuk variasi 95%BaFe 5%NdFeB 40% SIR.....	33
Tabel 4.9 Hasil perhitungan ukuran partikel untuk variasi 90%BaFe 10%NdFeB 40% SIR.....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arah domain diamagnetik	8
Gambar 2.2 Arah domain paramagnetik	8
Gambar 2.3 Arah domain farramagnetik	9
Gambar 2.4 Arah domain antiferromagnetik	9
Gambar 2.5 Arah domain ferrimagnetik	9
Gambar 2.6 Difraksi bidang atom	13
Gambar 2.7 Contoh kurva uji tarik	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	21
Gambar 4.1 Grafik <i>Bulk density</i> terhadap variasi <i>Silicon rubber</i>	23
Gambar 4.2 Grafik <i>ultimate tensile strength</i> terhadap variasi <i>Silicon rubber</i>	26
Gambar 4.3 kurva Histerisis Sampel Untuk Variasi <i>Silicon Rubber</i>	29
Gambar 4.4 Grafik hasil XRD.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Gambar

Lampiran Perhitungan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Magnet merupakan salah satu material yang berperan cukup banyak dalam kehidupan manusia. Hampir semua alat elektronik yang ada disekitar kita yang biasa kita gunakan untuk membantu kegiatan sehari – hari merupakan aplikasi dari magnet. Beberapa aplikasi dari magnet tersebut diantaranya adalah digunakan pada generator listrik, motor listrik radio, televisi, komputer, dan komponen pengeras suara. Selain diaplikasikan pada alat – alat elektronik, magnet juga sekarang sudah diaplikasikan diberbagai bidang lainnya seperti pada kereta *maglev* yang ada di Jepang sebagai alat transportasi, dan MRI yang digunakan dalam dunia medis untuk mendeteksi kanker. Banyaknya kegunaan dan aplikasinya dalam kehidupan sehari – hari membuat penelitian tentang sintesis dan karakterisasi material magnetik menjadi fokus dari ilmuwan selama lebih dari seabad (Virdhian dkk, 2016).

Salah satu bahan magnet permanen sintesis yang sering digunakan diantaranya yaitu barium heksaferit. Bahan magnet permanen barium heksaferit ($BaO_6Fe_2O_3$) telah sangat dikenal dan banyak digunakan di industri maupun pada peralatan rumah tangga. Pemanfaatan bahan barium heksaferit ini secara luas, didukung oleh harganya yang murah, nilai koersivitas dan magnetisasi saturasi yang tinggi, serta temperatur transisi magnet (temperatur *Curie*, T_c) yang tinggi sekitar $750\text{ }^\circ\text{C}$ demikian juga sifat kimia yang stabil dan ketahanan terhadap korosi sangat baik (Johan, 2010).

Bahan magnet permanen sintesis lainnya yang sering digunakan yaitu *neodymium iron boron*. Magnet NdFeB adalah material magnet permanen generasi ketiga yang terbuat dari tanah jarang serta memiliki energi produk yang besar. Magnet NdFeB ini banyak diaplikasikan pada berbagai peralatan seperti motor listrik, speaker, *CD player*, *oven microwave*. Aplikasi lain dari komponen magnet NdFeB juga banyak dijumpai pada peralatan instrumentasi, peralatan produksi dan pada laboratorium penelitian. Akan tetapi kontribusi magnet sering diabaikan karena komponen ini sudah tertanam di dalam suatu perangkat dan tidak terlihat. Pada kenyataannya kebutuhan akan komponen ini menjadi sangat beragam tergantung kepada kegunaan dan fungsi suatu

perangkat. Secara umum, kebutuhan akan komponen magnet dibedakan berdasarkan bentuk, dimensi dan kuat medannya. NdFeB dikenal sebagai magnet tanah jarang karena komposisi materialnya tersusun dari unsur-unsur tanah jarang. NdFeB memiliki sifat korosif (Kristiantoro dkk, 2013).

Bahan barium heksaferit dan NdFeB paling banyak digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan magnet permanen. Hal ini dikarenakan oleh harganya yang relatif lebih murah serta bahannya yang mudah diperoleh dipasaran. Karena bahan barium heksaferit sangat sering digunakan sehingga pengaplikasiannya banyak digunakan secara luas, salah satunya pada alat elektronik berupa *microwave*. Magnet *bonded* merupakan magnet komposit yang dibuat dari serbuk magnet dan dicampur dengan bahan perekat (binder) yang bersifat *non* – magnet. Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan *Silicon Rubber (SIR) – Hybrid bonded Barium Hexaferite (BaFe₁₂O₁₉)* dan *Neodymium Iron Boron (NdFeB)* komposit dengan variasi bahan dari BaFe₁₂O₁₉ dan NdFeB serta variasi dari *silicon rubber* terhadap sifat fisis, mekanis, mikrostruktur dan kuat magnetnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi Barium heksaferit dan NdFeB pada proses pembuatan *bonded* magnet terhadap sifat fisis, mekanis, mikrostruktur dan sifat magnet didalam pembuatan *bonded* magnet Barium heksaferit dan NdFeB?
2. Bagaimana pengaruh variasi *silicon rubber* terhadap sifat fisis, mekanis, mikrostruktur dan sifat magnet pada pembuatan *bonded* magnet Barium heksaferit dan NdFeB?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Bahan baku yang digunakan adalah serbuk komersial barium heksaferit, NdFeB dan *silicon rubber*.
2. Proses karakterisasi yang dilakukan meliputi: sifat fisis, mekanis, mikrostruktur dan sifat magnetnya.

1.4 Tujuan Penelitian

- 1 Mengetahui pengaruh variasi komposisi *silicon rubber* terhadap sifat fisis, mekanis, mikrostruktur dan sifat magnet pada pembuatan *bonded* magnet Barium heksaferit dan NdFeB.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini meliputi:

1. Menambah pengetahuan mengenai teknologi *bonded* magnet Barium heksaferit dan NdFeB dalam rangka pengembangan teknologi pengolahan bahan magnet khususnya di Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada masing-masing bab adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, 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 Permanen Ba-Hexa Ferrite ($BaO.6Fe_2O_3$) Dengan Metode Koopresipitasi Dan Karakterisasinya*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Altamira, H., dan Purnomowati, E. B. *Bahan Magnet*. Jurnal Teknik Elektro. 1(1) hal:1.
- Anton dan Anggraini, T., 2004. *Karakteristik Permukaan Bahan Isolator Karet Silikon Terhadap Kemampuan Menolak Air*. Jurnal ISSN. 1(4). Hal : 44 – 45.
- Budiman, H., 2016. *Analisis Pengaruh Tarik (Tensile Test) Pada Baja ST37 Dengan Alat Bantu Ukuran Load Cell*. Jurnal J-Ensitac. 1(3). Hal:10.
- 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.
- Haliday., D dan Robert., R. 1984. *Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hoon., S. R., 1983. *An Inexpensive, Sensitive Vibrating Sample Magnetometer*. Journal Physics. 4(1983). Hal: 61.
- Hughes, S. 2006. *Measuring Liquid Density Using Archimedes Principle*. Journal Physics Education, 41(5). Hal: 1.
- Idayanti, N dan Dedi., 2006. *Karakterisasi Komposisi Kimia Magnet NdFeB Dengan Energi Dispersive Spectroscopy (EDS)*. Jurnal Elektronika. 2(6). Hal : 46 – 48.
- Johan., A. 2010. *Analisis Bahan Magnet Nanokristalin Barium Heksaferit ($BaO_6Fe_2O_3$) Dengan Menggunakan High – energy Milling*. Jurnal Penelitian Sains. 1(14). Hal: 19.
- Joni., I dan Darminto. 2014. *Penerapan Metode Sol – Gel dengan Variasi Temperatur dan Waktu Kalsinasi Pada Sintesis Barium M –Heksaferit ($BaFe_{12}O_{19}$)*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya. 10(1). Hal: 53.
- Kristiantoro, T., sudrajat, N., dan Budiawan, W., 2013. *Pembuatan dan Karakterisasi Magnet Bonded NdFeB dengan Teknik Green Compact*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya. 1(9). Hal : 9.
- 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 BA_u Apung Lombok Dengan Variasi Lokal Menggunakan Metode Archimedes dan Software Image – J. jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 3(12). Hal: 125.
- Sawitri, D dan Ratih,. R. A. 2011. *Pengaruh VARIasi Komposisi Dan Proses Pendinginan Terhadap Karakteristik Magnet Barium Ferrite*. Surabaya: Institut Sepuluh November.
- Sudrajat, N. dan Kristiantoro, T. 2013. *Fabrikasi Magnet Permanen Bonded NdFeB untuk Prototipe Generator*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 9(1) hal: 12-13.
- 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, S, Wulandari, W. A., Mu'arif, A. F., Setiawan, A., dan Sunendar, B. 2016. *Pengaruh Temperatur dan Waktu Aging dan Sintesis Magnet Nano Barium Heksaferit (BaFe₁₂O₁₉) Terhadap Struktur Kristal, Morfologi dan Sifat Magnetik*. Jurnal ISSN. 1(38). Hal : 2.