

**PENGARUH WAKTU MILLING DAN KOMPOSISI BAKELIT TERHADAP  
SIFAT FISIS, SIFAT MAGNET DAN MIKROSTRUKTUR PADA  
PEMBUATAN BONDED BARIUM HEKSAFERIT( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ )**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang studi Fisika



**AYU WANDIRA**

**08021181621060**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA**

**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH WAKTU MILLING DAN KOMPOSISI BAKELIT TERHADAP  
SIFAT FISIS, SIFAT MAGNET DAN MIKROSTRUKTUR PADA  
PEMBUATAN BONDED BARIUM HEKSAFERIT ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ )**

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang studi Fisika**

**Oleh:**

**AYU WANDIRA**

**08021181621060**

**Indralaya, Januari 2020**

**Menyetujui,**

**Pembimbing II**

**Pembimbing I**



**Ir. Muljadi, M.Si.**  
**NIP. 195711161983121002**



**Dr. Ramlan, M.Si.**  
**NIP.196604101993031003**

**Mengetahui,**



## MOTTO DAN PERSEMBAHAN



### MOTTO :

*" Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri "(QS. Ar Ra'd : 11).*

*" Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya "(QS. An Najm : 39)*

### PERSEMBAHAN

Skripsi ini adalah bagian dari ibadahku kepada Allah Subhanahu Wa Taala, karena kepadaNya kami menyembah dan kepadaNya kami mohon pertolongan.

Sekaligus sebagai ungkapan terima kasihku kepada :

Bapak (Junaldi) dan ibu (Suriana) yang selalu memberikan motivasi dalam hidupku

Kakakku (Lisa Putri Ana) yang selalu memberikan inspirasi dalam hidupku

Dosen pembimbing dan dosen penguji yang selalu memberi saran dan masukan kepadaku

Dosen-dosen Fisika FMIPA UNSRI

Oze Fajri yang selalu memberi semangat kepadaku

Teman-teman Fisika FMIPA UNSRI

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunianya sehingga Tugas Akhir ini diselesaikan. Tugas Akhir ini dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika LIPI, kawasan PUSPIPTK Serpong, Tangerang Selatan. Adapun Tugas Akhir ini dibuat sebagai syarat untuk melengkapi kurikulum mata kuliah wajib Tugas Akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Pembahasan materi pokok pada saat Tugas akhir ini lebih menekankan pada bidang material. Penulis mengangkat tema “ **Pengaruh Waktu Milling dan Komposisi Bakelit Terhadap Sifat Fisis, Sifat Magnet dan Mikrostruktur Pada Pembuatan Bonded Barium Heksaferit ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ )**” sekaligus sebagai judul dalam Tugas Akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu selama penyusunan laporan kerja praktek ini terutama kepada: Dosen Pembimbing I, Bapak Dr. Ramlan, M.Si. dan Dosen Pembimbing II, Bapak Ir. Muljadi, M.Si. yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, waktu dan kesabaran dalam membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir 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, Bapak Junaldi dan Ibu Suriana yang selalu berjuang tanpa kenal lelah dan selalu memberikan semangat, motivasi, nasihat, dukungan serta doa kepada penulis.
2. Kakakku tersayang, Lisa Putri Ana yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa yang tiada henti diberikan kepada penulis.
3. Bapak dan Ibu Penguji yaitu Bapak Akmal Johan, M.Si, Ibu Dra. Jorena, M.Si dan Ibu Dr. Siti Sailah yang telah memberikan saran dan kritikan kepada penulis.
4. Bapak dan Ibu Dosen Fisika yang selama ini telah memberikan penulis banyak ilmu yang semoga dapat bermanfaat bagi orang lain.
5. Bapak Prof. Ishaq Iskandar 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. Terima kasih kepada teman-teman yang ikut membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini (Della, Devina, Mardiaty, Siti, Jumatul, Ilham, Paul dan Yahri) dan kepada orang yang selalu memberi semangat (Oze Fajri).
9. Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan yang disebabkan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan baik saran ataupun kritik yang sifatnya membangun dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dalam penulisan dan penyusunan Tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan maka dari itu besar harapannya kritik dan saran yang membangun dapat diberikan untuk hasil yang lebih baik kedepannya. Wassalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Indralaya, Januari 2020  
Penulis,

Ayu Wandira  
NIM.08021181621060

## ABSTRAK

Telah dilakukan pembuatan magnet permanen Barium Heksaferit dengan satu bahan polimer Bakelit. Komposisi bahan dalam pembuatan bonded Barium Heksaferit 90 gram, bakelit 1%, 3%, dan 5%. Penelitian ini dimulai dengan bahan ditimbang massa masing-masing 30 gram. Kemudian bahan Barium Heksaferit komersil di milling dengan ball milling variasi waktu 1 jam, 3 jam, 6 jam di milling dengan kondisi basah menggunakan 100 mL aquades. Cetak bahan menggunakan mesin *hydraulic press* dengan tekanan Gaya 4 ton ditahan selama 10 menit pada temperatur 120°C atau 248°F. Hasil uji densitas menunjukkan bahwa sampel waktu milling 6 jam komposisi Bakelit 3% yang paling besar yaitu 3.674 gr/cm<sup>3</sup>. Uji porositas menunjukkan sampel waktu milling 1 jam komposisi Bakelit 3% yang paling besar yaitu 33.29%. Uji Fluks Magnet menunjukkan sampel waktu milling 6 jam komposisi Bakelit 1% yaitu 316 Gauss. Uji VSM menunjukkan waktu milling 3 jam mempunyai nilai koersivitas yang besar yaitu 1223.96 Oe. Uji SEM menunjukkan waktu milling 3 jam dan 6 jam menghasilkan permukaan yang hampir sama besar dengan perbesaran 5000 kali. Kemudian uji kekerasan sampel menunjukkan waktu milling 1 jam komposisi Bakelit 5% dan 3 jam komposisi 3% mempunyai tingkat kekerasan paling tinggi yaitu 27.625 HD. Sehingga waktu milling dan komposisi Bakelit mempengaruhi setiap sifat fisis, sifat magnet dan mikrostruktur sampel.

**Kata kunci:** Barium Heksaferit, Densitas, Porositas, VSM, SEM, kekerasan sampel

## ABSTRACT

A permanent magnet for Barium Hexaferrite has been made with a Bakelit polymer material. The composition of ingredients in the manufacture of 90 grams of bonded Barium Hexaferrite, Bakelite 1%, 3%, and 5%. The research began with 30 grams of mass weighing each material. Then the commercial Barium Hexaferrite material is milled with ball milling with variations of 1 hour, 3 hours, 6 hours in milling under wet conditions using 100 mL aquades. Print the material using a hydraulic press with a 4 ton force pressure held for 10 minutes at a temperature of 120 °C or 248 °F. Density test results showed that the largest sample of 6 hours milling time of Bakelit composition was 3,674 gr / cm<sup>3</sup>. The porosity test showed that the sample time of milling was 1 hour, the highest composition of Bakelit 3% was 33.29%. The Magnetic Flux Test shows a sample of 6 hours of milling time of 1% Bakelit composition that is 316 Gauss. VSM test shows 3 hours of milling time has a large coercivity value of 1223.96 Oe. The SEM test shows a milling time of 3 hours and 6 hours resulting in a surface that is almost as large as magnification 5000 times. Then the sample hardness test showed 1 hour of milling time of Bakelit composition of 5% and 3 hours of composition of 3% had the highest level of hardness, namely 27,625 HD. So that the milling time and Bakelite composition affect every physical property, magnetic properties and microstructure of the sample

**Keywords:** Barium Hexaferrite, Density, Porosity, VSM, SEM, sample hardness

## DAFTAR ISI

|                                                         |             |
|---------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>                          | <b>ii</b>   |
| <b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>                       | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                              | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                    | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                   | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                  | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                               | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                                | <b>xi</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                          | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang .....                               | 1           |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                              | 2           |
| 1.3. Tujuan .....                                       | 2           |
| 1.4. Batasan Masalah .....                              | 2           |
| 1.5. Manfaat Penelitian .....                           | 2           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                     | <b>3</b>    |
| 2.1. Material Barium HeksaFerit .....                   | 3           |
| 2.2. Struktur dan Fasa Kristal Barium Heksaferit.....   | 3           |
| 2.3. Sifat-sifat Barium Heksaferit.....                 | 4           |
| 2.4. Aplikasi Barium Heksaferit.....                    | 5           |
| 2.5. Bakelit.....                                       | 5           |
| 2.6. Struktur Bakelit .....                             | 5           |
| 2.7. Sifat-sifat Bakelit .....                          | 6           |
| 2.8. Ball Milling .....                                 | 6           |
| 2.9. Karakterisasi .....                                | 6           |
| 2.9.1. Densitas .....                                   | 6           |
| 2.9.2. Porositas .....                                  | 7           |
| 2.9.3. Fluks Magnet .....                               | 7           |
| 2.9.4. <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> ..... | 8           |
| 2.9.5. <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....  | 9           |



|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.9.6. Uji Kekerasan .....                                        | 9         |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                        | <b>11</b> |
| 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....                            | 11        |
| 3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....                              | 11        |
| 3.2.1. Alat Penelitian.....                                       | 11        |
| 3.2.2. Bahan Penelitian .....                                     | 11        |
| 3.3. Tahapan Penelitian .....                                     | 11        |
| 3.3.1. Preparasi Sampel.....                                      | 12        |
| 3.3.2. Proses Pencampuran .....                                   | 12        |
| 3.3.3. Proses Pencetakan Sampel .....                             | 13        |
| 3.3.4. Proses pemanasan .....                                     | 13        |
| 3.4. Variabel, Parameter, dan Data.....                           | 13        |
| 3.4.1. Variabel.....                                              | 13        |
| 3.4.2. Parameter .....                                            | 13        |
| 3.4.3. Data .....                                                 | 13        |
| 3.5. Karakterisasi Sampel .....                                   | 14        |
| 3.6. Diagram Alir Penelitian .....                                | 15        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                           | <b>16</b> |
| 4.1. Pengukuran Densitas Sampel .....                             | 16        |
| 4.2. Pengukuran Porositas Sampel .....                            | 18        |
| 4.3. Pengukuran Fluks Magnet.....                                 | 20        |
| 4.4. Hasil Uji VSM ( <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> ) ..... | 21        |
| 4.5. SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ).....             | 23        |
| 4.6. Uji Kekerasan Sampel.....                                    | 24        |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>                                         | <b>27</b> |
| 5.2. Kesimpulan .....                                             | 27        |
| 5.2. Saran .....                                                  | 27        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                       | <b>28</b> |
| <b>LAMPIRAN 1 ALAT DAN BAHAN.....</b>                             | <b>30</b> |
| <b>LAMPIRAN II PERHITUNGAN.....</b>                               | <b>34</b> |
| <b>LAMPIRAN III VSM .....</b>                                     | <b>56</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1. Arah domain-domain dalam bahan ferromagnetic.....                                                                                | 3  |
| Gambar 2.2. Struktur Kristal.....                                                                                                            | 4  |
| Gambar 2.3. Kurva histerisis dari bahan ferromagnetik . ....                                                                                 | 9  |
| Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....                                                                                                    | 15 |
| Gambar 4.1. Kurva hubungan Densitas terhadap variasi waktu milling pada sampel dengan komposisi Bakelit 1%, 3% dan 5% .....                  | 17 |
| Gambar 4.2. Kurva hubungan Porositas terhadap variasi waktu milling pada sampel dengan komposisi Bakelit 1%, 3%, dan 5% .....                | 19 |
| Gambar 4.3. Kurva hubungan Fluks Magnet terhadap variasi waktu milling pada sampel dengan komposisi Bakelit 1%, 3%, dan 5% .....             | 20 |
| Gambar 4.4. Kurva Histerisis waktu milling 1 jam .....                                                                                       | 22 |
| Gambar 4.5. Kurva histerisis waktu milling 3 jam .....                                                                                       | 22 |
| Gambar 4.6. Foto SEM morfologi struktur mikro magnet Barium Heksaferit dengan komposisi Bakelit 1% setelah milling (a) 3 jam, (b) 6 jam..... | 24 |
| Gambar 4.7. Kurva hubungan kekerasan terhadap variasi waktu milling pada sampel dengan komposisi Bakelit 1%, 3%, dan 5% .....                | 25 |

## **DAFTAR TABEL**

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.1. Pengukuran Densitas pada masing-masing variasi waktu milling.....   | 16 |
| Tabel 4.2. Pengukuran porositas pada masing-masing variasi waktu milling ..... | 18 |
| Tabel 4.3. Pengukuran Fluks Magnet .....                                       | 20 |
| Tabel 4.4. Hubungan remanensi, saturasi, koersivitas dan BHmax .....           | 21 |
| Table 4.5. Pengukuran kekerasan sampel pada variasi waktu milling.....         | 25 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Magnet permanen merupakan suatu material yang strategis untuk dikembangkan di masa depan. Dalam dunia industri, magnet permanen merupakan salah satu komponen utama yang diaplikasikan pada peralatan elektronik, otomotif, energi dan lain-lain (Wibowo, 2016). Salah satu bahan yang termasuk dalam jenis magnet permanen yaitu bahan magnet Barium Heksaferit.

Pemanfaatan bahan Barium Heksaferit ini sangat luas, didukung oleh harganya yang murah, nilai koersivitas dan magnetisasi saturasi yang tinggi, serta mempunyai temperatur transisi magnet (temperatur Curie,  $T_c$ ) yang tinggi sekitar **750°C** juga sifat kimia yang stabil dan ketahanan terhadap korosi yang sangat baik. Perkembangan teknologi terakhir memungkinkan untuk diperoleh bahan Barium Heksaferit dengan ukuran kristalit yang sangat halus dapat diperoleh di antaranya melalui proses Ball Milling (Johan, 2010).

Metode yang digunakan dalam pembuatan magnet Barium Heksaferit bersifat metalurgi serbuk karena merupakan salah satu teknik produksi dengan menggunakan serbuk bahan magnet Barium Heksaferit sebagai bahan awalnya sebelum dilakukannya proses pembentukan atau pencetakan sampel. Teknik metalurgi serbuk sangat mudah digunakan dalam pembuatan sampel karena prinsip kerjanya bersifat ingin memadatkan bahan serbuk membentuk sampel berupa pellet. Sangat tepat digunakan pada bahan dengan material kemurnian yang tinggi seperti bahan magnet Barium Heksaferit (Pangestuti, 2017).

Pada pembuatan bonded Barium Heksaferit menggunakan proses pencetakan perekat Bakelit pada suhu 120°C karena memiliki sifat termoset yang tahan terhadap panas, mudah dibentuk pada saat panas dan merupakan suhu titik lunaknya perekat Bakelit. Dengan melunaknya Bakelit maka perekat tersebut mengalir mengikat butiran magnet Barium Heksaferit (Mardiyati, 2018). Sehingga tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi perekat Bakelit yang digunakan pada Barium Heksaferit, pengaruh variasi waktu *milling* terhadap densitas, porositas, fluks magnet, VSM, SEM serta uji kekerasan pada sampel.

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pembuatan Bonded menggunakan  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dengan perekat Bakelit ?
2. Bagaimana hubungan Densitas, Porositas dan fluks Magnet terhadap variasi waktu Ball Milling ?
3. Bagaimana hubungan antara sifat magnetik terhadap variasi waktu Ball Milling ?

### **1.3. Tujuan**

1. Menganalisis pengaruh variasi waktu milling terhadap densitas, porositas, fluks magnet dan uji kekerasan
2. Menganalisis sifat magnetik melalui uji VSM dan struktur morfologi sampel melalui uji SEM

### **1.4. Batasan Masalah**

1. Bahan baku yang digunakan adalah  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dan Bakelit. Sampel terbagi menjadi 18 bagian, enam sampel dengan waktu milling sama tetapi variasi komposisi bakelit berbeda. Waktu milling terdiri dari tiga variasi yaitu 1 jam, 3 jam, dan 6 jam.
2. Pengujian densitas sampel menggunakan metode dimensi. Pengujian porositas sampel menggunakan metode Hukum Archimedes. Pengujian fluks magnet dengan menggunakan Gauss Meter.
3. Pengujian sifat-sifat magnetik sampel menggunakan VSM. Pengujian struktur morfologi menggunakan SEM. Pengujian kekerasan pada sampel menggunakan Shore D Durometer

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Dilakukan penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari, seperti dalam bidang otomotif, industri dan lain-lain. Salah satu manfaat dalam bidang otomotif yaitu, aplikasi *magnet motor DC*, *stepping motor rotor*. Manfaat dalam kehidupan sehari-hari seperti pada *loud speaker*, *microwave* dan lain-lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atmono, T. M., Prasetyowati, R., dan Kartika, A.M.R., 2015. *Pembuatan Prototipe Vibrating Sample Magnetometer untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis*. Jurnal Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah, 58-59.
- Febrianto, F., 2005. *Komposit Kayu Plastik : Komposit Hijau untuk Bahan Bangunan Masa Depan: Tinjauan Teknis Bahan Baku, Proses, Sifat-sifat, Penggunaan dan Pemasaran*. Jurnal Teknologi Hasil Hutan, 2(18):102.
- Hadi, S., 2016. *Teknologi Bahan*. Yogyakarta : ANDI.
- Handani, S., Mairoza, S., dan Muljadi, 2011. *Pembuatan dan Karakterisasi Magnet Permanen  $\text{BaO} \cdot (6-x)\text{Fe}_2\text{O}_3$  dari Bahan Baku Limbah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$* . Jurnal Ilmu Fisika, 1(3) : 2.
- Idayanti, 2006. *Karakterisasi Komposisi Kimia NdFeB dengan Energi Dispersive Spectroscopy(eds)*. Jurnal Elektronika, 6(2) : 3.
- Johan, A., 2010. *Analisis Bahan Magnet Nanokristalin Barium Heksaferit ( $\text{BaO}_6\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dengan Menggunakan High-Energy Milling*. Jurnal Penelitian Sains, 1(14) : 19-20.
- Mardiansyah, D., 2013. *Analisa Sifat Ferromagnetik Material Menggunakan Metode Monte Carlo*. Jurnal Integrasi, 2(2):65 dan 68.
- Mardiyati, 2018. *Komposit Polimer Sebagai Material Tahan Balistik*. Jurnal Inovasi Pertahanan dan Keamanan, 1(1):20-22.
- Nugroho, W. B., Kusuma, I. R., dan Sarwitto, S., 2014. *Kajian Teknis Gejala Magnetisasi pada Linear Generator untuk Alternatif Pembangkit Listrik*. Jurnal Teknik Pomits, 1(3) : 97 dan 98.
- Pangestuti, S., 2017. *Pengaruh Aditif Ferro Boron (FeB) Terhadap Karakteristik Serbuk Hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )*. Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- Perdana, D. G. E., Suarsana, K., dan Cok, I. P. K. K., 2018. *Pengaruh Variasi Komposisi Matrik Aluminium Berpenguat  $\text{SiCw}/\text{Al}_2\text{O}_3$  Dengan Wetting Agent Terhadap Densitas, Porositas, dan Kekerasan*. Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika, 1(7) : 8.
- Purnama, S., Purwanto, P., dan Ari, W. A., 2015. *Pembuatan Bahan Magnetik Barium Heksaferit ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ )*. Jurnal Kimia Kemasan, 2(37) : 95-96 .

- Putri, Y. I. R., Firdausy, M. D., dan Woroprobosari, N. R., 2018. *Tingkat Kekerasan Permukaan Resin Komposit Akibat Masa Kedaluwarsa Material*. Jurnal Dental Odonto, 1(5) : 46.
- Savitri, M. I., Suhaldi, dan Aji, M. P., 2014. *Porositas dan Permeabilitas Kkomposit Berpori dengan Bahan Dasar Limbah Kaca*. Jurnal MIPA, 37(1):42.
- Sujatno, A dkk., 2015. *Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi paduan Zirkonium*. Jurnal Forum Nuklir(JFN), 2(9) : 45.
- Togar, S dkk., 2012. *Pengembangan Bahan Magnetik Barium Heksaferit dari Mineral Yarosit Alam dan Karakterisasinya*. Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik,2(14):157.
- Wibowo, A., 2016. *Analisis Sifat Mekanis Komposit Barium Hexaferrit Dengan Penguat Silika*. Jurnal Integrasi, 1(8):29-30.