

**ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI PEMBUATAN STRONSIUM  
HEKSAFERIT TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR KRISTAL  
DAN SIFAT MAGNET**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Sarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Dibidang Studi Fisika**



**Oleh :**

**DEVINA SETYA DEWI**

**08021381621042**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
INDRALAYA  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI PEMBUATAN STRONSIUM HEKSAFERIT TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR KRISTAL DAN SIFAT MAGNET

#### SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Sarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Dibidang Studi Fisika

Oleh

DEVINA SETYA DEWI

08021381621042

Indralaya, Januari 2020

Menyetujui,

Pembimbing II

  
Ir. Muljadi, M.Si  
NIP. 195711161983121002

Pembimbing I

  
Dr. Ramlan, M.Si.  
NIP. 196604101993031003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



## LEMBAR PERSEMPAHAN



### MOTTO

**“Apabila sholat telah dilaksanakan, maka bertebaranlah kamu di bumi; carilah karunia Allah dan ingatlah Allah banyak-banyak agar kamu beruntung”**

(Q.S Al-jumu’ah [62;10])

**“Aku lalui hari dengan mengharap ridho Allah SWT semata atas apa yang aku kerjakan. Aku tak meminta banyak-banyak hanya beri aku rasa syukur agar selalu rendah hati atas semua ketetapannya”**

(*Penulis [Devina]*)

**“Memang payah untuk mendapatkan ilmu tapi dengan sungguh-sungguh, jiwa jujur, dan rendah hati semua akan berakhir bahagia”**

(*Penulis [Devina]*)

**“Hati baik cocok untuk menerima ilmu sebagaimana tanah yang subur cocok untuk bercocok tanam” . “Ilmu itu pantangan bagi seorang pemuda tinggi hati sebagaimana air pantang mengalir ketempat yang tinggi”**

(~Dalam buku *At-Tibyân Adab Penghafal Al-Quran Imam An-Nawawi*)

Kupersembahkan skripsi ini untuk,

- ❖ Allah SWT, sumber cinta pertama
- ❖ Rasulullah SAW, yang kurindukan syafaatnya
- ❖ Kedua Orangtuaku tercinta, serta seluruh keluarga besar tersayang
- ❖ Sahabat - sahabatku
- ❖ Almamater-Ku FMIPA Fisika Universitas Sriwijaya

## KATA PENGATAR



*Assalamu'alaikum Warohmatullohi Wabarakatuh*

Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Analisis Pengaruh Komposisi Pembuatan Stronium Heksaferrit Terhadap Perubahan Struktur Kristal Dan Sifat Magnet”**. Shalawat dan salam penulis kirimkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW beserta sahabat semoga kelak di hari akhir syafaatnya tercurah kepada kita semua, Aamiin. Adapun penulisan Tugas Akhir ini bertujuan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dibidang studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Ramlan, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Ir.muljadi, M.Si selaku Dosen Pembimbing II dari Lembaga Ilmu pengetahuan Indonesia – LIPI, yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, waktu dan kesabaran dalam membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini. Selain itu Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, saran, dan kritikannya dalam penyusunan Tugas Akhir ini khususnya kepada:

1. Bapak Prof. Ishaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si. M.T selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Fitri Suryani Arsyad M.Si, Bapak Dr. Ahmad Aminudin Bama, M.Si, dan Bapak M.Yusuf Nur Khakim, Ph.D Selaku Dosen Pengujii yang telah banyak memberikan saran dan masukkan.
4. Bapak Akmal Johan, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Seluruh Dosen dan Staff Penggawai Administrasi, di program studi fisika MIPA Universitas Sriwijaya Indralaya.
6. Keluarga Besarku, Bapak, Ibu, kakak Perempuan, dan Adik ku tersayang yang selalu memberikan doa, dukungan dan motivasi.

7. Sahabat-Sahabat seperjuangan KBI Fisika Material 2016, Jumatul Rahmayani, Della Agustiana, Siti Jumiati, Ayu Wandira, Mardiati, Yahri seftiyadi, Ilham Maulana dan Paul Lawrence.
8. Teman-Teman seperjuanganku Fisika angkatan 2016 terutama Cica Monica, Dian Retno Sari, Kurnia Rahma Sari serta yang lainnya tidak bisa disebutkan satu-persatu.
9. Kakak Tingkatku Mbak Frida, Kak Inayah, Kak Balada, Kak Mei, Kak Amel, Kak Anis, Kak Ade dll serta Teman-Teman Eksfis 2016 yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.
10. Sahabat diluar kampus Candra, Fd Fam's terima kasih telah banyak menghibur dikala sepi dan bosan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata dengan rasa syukur yang sangat mendalam serta mengharap ridho Allah SWT, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Penulis dan pembaca pada umumnya.

*Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarakatuh*

Indralaya, Januari 2020  
Penulis,

Devina Setya Dewi  
NIM. 0802138162104

## ABSTRAK

Analisis campuran pembuatan sampel stronsium heksaferit dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dan sifat magnet dengan perbandingan komposisi yang peroleh dari campuran stronsium karbonat dan pasir besi murni dengan metode metarlurgi serbuk. Variasi perbandingan komposisi 1:5 mol, 1:6 mol, 1:7 mol dengan massa total 30 gram, digiling basah menggunakan *ball mill* dengan pelumas *aquadest* sebanyak 125 ml ditahan selama 6 jam. Kemudian dikeringkan menggunakan *oven* sampai benar-benar kering  $\pm$  1 jam dan di gerus hingga menjadi serbuk. Selanjutnya dibakar menggunakan tungku pembakaran dengan variasi suhu pembakaran 900 °C dan 1000 °C ditahan selama 2 jam berdasarkan analisis DTA, kemudian di gerus kembali hingga menjadi serbuk. Sampel di lakukan uji XRD untuk mengetahui struktur kristal dan VSM untuk mengetahui sifat magnet. Berdasarkan analisis struktur kristal sampel terbaik pada suhu 1000°C adalah komposisi 1 : 6 mol karena mendekati fasa tunggal stronsium heksaferit. Pada suhu 900°C sampel terbaik pada komposisi 1 : 6 mol karena memiliki nilai saturasi dan remanensi lebih tinggi di bandingkan 1 : 7 mol disebabkan fasa stronsium heksaferit lebih banyak terbentuk tetapi koersivitasnya sedikit lebih kecil karena ukuran rata-rata kristalnya lebih besar. Pada suhu 1000°C sampel terbaik pada komposisi 1 : 5 mol walaupun memiliki nilai saturasi dan remanensi lebih rendah karena memiliki komposisi magnetik yang lebih sedikit tetapi nilai koersivitas lebih tinggi karena lebih banyak terbentuk fasa stronsium heksaferit dibandingkan komposisi 1 : 7 mol yang masih banyak terbentuk fasa hematit

**Kata Kunci:** Stronium Heksafirit, Pasir Besi, Stronium Karbonat, XRD, VSM

## ABSTRACT

Analysis of the mixture of strontium hexaferrite samples was carried out to determine the crystal structure and magnetic properties by comparing the composition obtained from a mixture of strontium carbonate and pure iron sand using the metarlurgi powder method. Variations in the composition of the composition of 1: 5 mol, 1: 6 mol, 1: 7 mol with a total mass of 30 grams, milled wet using a ball mill with aquadest lubricant as much as 125 ml held for 6 hours. Then dried using the oven to dry completely  $\pm$  1 hour and crushed until it becomes powder. Furthermore, burned using a furnace with a variation of combustion temperature 900 °C and 1000 °C held for 2 hours based on DTA analysis, then crushed again until it becomes powder. The sample is XRD test to determine the crystal structure and VSM to determine the magnetic properties. Based on the analysis of the crystal structure of the best sample at a temperature of 1000 °C is the composition of 1: 6 moles because it approaches the single phase strontium hexaferrite. At 900 °C the best sample in the composition of 1: 6 mol because it has higher saturation and remanence values compared to 1: 7 mole due to the hexaferrite strontium phase is more formed but the coercivity is slightly smaller because the average crystallite size is larger. At the temperature of 1000 °C the best sample in composition 1: 5 mol although it has lower saturation and remanence values because it has less magnetic composition but the coercivity value is higher because more hexaferrite strontium phase is formed compared to 1: 7 mol composition which still has a lot of phase formed hematite

**Keywords:** Strontium Hexaferrite, Iron Sand, Strontium Carbonate, XRD, VSM

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	ii
<b>LEMBAR PERSEMPAHAN .....</b>	iii
<b>KATA PENGATAR .....</b>	iv
<b>ABSTRAK .....</b>	vi
<b>ABSTRACT .....</b>	vii
<b>DAFTAR ISI .....</b>	viii
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	x
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	5
2.1 Pasir Besi .....	5
2.1.1 Pemanfaatan Pasir Besi .....	5
2.2 Stronium HeksaFerit ( $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) .....	6
2.2.1 Struktur Kristal Stronium HeksaFerit .....	6
2.2.2 Pemanfaatan stronium Heksafert.....	7
2.3 Metalurgi Serbuk.....	8
2.4 <i>Ball Mill</i> .....	8
2.5 Aplikasi DTA/TGA .....	9
2.6 Karakterisasi Struktur Kristal Material Dan Sifat Magnet.....	11
2.6.1 XRD ( <i>X-ray Diffraction</i> ) .....	11
2.6.2 VSM ( <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> ).....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	16
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	16
3.2.1 Alat Penelitian.....	16
3.2.2 Bahan Penelitian .....	16
3.3 Variabel, Parameter, dan Data.....	17
3.3.1. Variabel .....	17
3.3.2. Parameter .....	17

3.3.3. Data .....	17
3.4 Tahapan Penelitian .....	17
3.4.1 Proses Preparasi Sampel.....	17
3.4.2 Proses Penimbangan dan Pencampuran .....	18
3.4.3 proses pengeringan sampel .....	18
3.4.4 proses pembakaran .....	18
3.4.5 proses penghalusan sampel.....	18
3.4.6 Karakterisasi .....	18
3.5 Diagram Alir Penelitian .....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
4.1 Identifikasi DTA dan TGA .....	20
4.2 Analisis Struktur Kristal .....	21
4.3 Analisis Sifat Magnet .....	29
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN I ALAT DAN BAHAN .....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN II VSM(<i>Vibrating Sample Magnetometer</i>).....</b>	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN III XRD(<i>X-Ray Diffraction</i>).....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN IV PERHITUNGAN.....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur skematis dari $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ .....	7
Gambar 2.2 Tampilan penampang skematis dari proses ball mill. ....	9
Gambar 2.3 Kurva TG / DTA Untuk Heksafert Tipe-M $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ .....	10
Gambar 2.4 Difraksi sinar-X .....	12
Gambar 2.5 Contoh hasil <i>X-Ray Diffraction</i> .....	13
Gambar 2.6 Kurva Histerisis. ....	14
Gambar 2.7 Contoh Kurva Histerisis $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ . ....	15
Gambar 3.1 diagram alir penelitian.....	19
Gambar 4.1. grafik hasil DTA dan TGA .....	20
Gambar 4.2 Hasil XRD Komposisi 1 : 6 mol.....	22
Gambar 4.3 Hasil XRD komposisi 1 : 7 mol.....	22
Gambar 4.4 perbandingan hasil XRD komposisi 1:6 mol dan 1:7 mol .....	23
Gambar 4.5 Hasil XRD komposisi 1 : 5 mol.....	25
Gambar 4.6 Hasil XRD komposisi 1 : 6 mol.....	25
Gambar 4.7 Hasil XRD komposisi 1 : 7 mol.....	26
Gambar 4.8 perbandingan hasil XRD komposisi 1:5, 1:6, dan 1:7 mol .....	26
Gambar 4.9 Kurva histerisis serbuk stronium heksafert Suhu 900°C 1 : 6 mol .....	30
Gambar 4.10 Kurva histerisis serbuk stronium heksafert Suhu 900°C 1 : 7 mol .....	30
Gambar 4.11 Kurva histerisis serbuk stronium heksafert Suhu 1000°C 1:5 mol. ....	32
Gambar 4.12 Kurva histerisis serbuk stronium heksafert Suhu 1000 °C 1:7 mol. ....	33

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Tabel Preparasi Bahan .....	18
Tabel 4.1 Nilai XRD pada intensitas tertinggi suhu 900°C.....	24
Tabel 4.2 Nilai XRD rata-rata ukuran kristal suhu 900°C .....	24
Tabel 4.3 Nilai XRD pada intensitas tertinggi suhu 1000°C.....	27
Tabel 4.4 Nilai XRD rata-rata ukuran kristal suhu 900°C .....	28
Tabel 4.5. Nilai magnetik serbuk stronsium heksaferit suhu 900 °C.....	31
Tabel 4.6. Nilai magnetik serbuk stronsium heksaferit suhu 1000 °C.....	33

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pasir besi yang terdapat di alam jumlahnya melimpah dan tersebar luas diberbagai wilayah Indonesia (Widianto dkk., 2018). Pasir besi tersebut mengandung beberapa mineral-mineral magnetik seperti magnetit ( $Fe_3O_4$ ), hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ), dan maghemit ( $\gamma-Fe_2O_3$ ) yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan dasar industri (Saputra dkk., 2016). Mineral hematit biasanya digunakan sebagai bahan dasar proses pembuatan serbuk magnet yakni magnet permanen, dimana magnet permanen berbahan dasar hematit memiliki sifat kemagnetan bahan yang baik dan yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari (Muhamajir dan Asmi, 2015).

Jenis magnet permanen yang banyak diproduksi dan dikembangkan adalah magnet heksaferit tipe-M. Golongan dari magnet permanen heksagonal ferit tipe-M adalah Barium heksaferit ( $BaFe_{12}O_{19}$ ), Stronsium heksaferit ( $SrFe_{12}O_{19}$ ) dan timbal heksaferit ( $PbFe_{12}O_{19}$ ) (Evans dkk., 1987). Dimana magnet heksaferit tipe-M ini memiliki daya tahan termal yang baik, ketahanan terhadap korosi, sifat listrik yang baik, stabilitas kimia yang sempurna, koersivitas yang tinggi dan magnetisasi saturasi tinggi (Samikanu dkk., 2011). Oleh karena itu banyak digunakan pada komponen penyusun elektronik seperti perangkat perekam, pengeras suara, dibidang telekomunikasi, magneto optik, *microwave* dan lain-lain. Bahan yang digunakan untuk mensintesis magnet heksaferit tipe-M adalah hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) yang terkandung dalam pasir besi sebagai bahan baku dicampurkan dengan zat aditif yaitu barium karbonat ( $BaCO_3$ ), stronium karbonat ( $SrCO_3$ ) atau timbal karbonat ( $PbCO_3$ ) (Rizki dkk., 2018), dengan menggunakan beberapa metode seperti *solid state reaction*, *sol-gel*, kopresipitas atau metalurgi serbuk (Anjum dkk., 2017).

Pada penelitian ini jenis heksagonal ferit yang dianalisis adalah Stronsium heksaferit ( $SrFe_{12}O_{19}$ ) dengan pertimbangan karakteristik fisis dari atom stronium seperti yang dituliskan oleh Muljadi dkk., (2013) yaitu memiliki jari-jari atomik, kovalen, dan kerapatan atomiknya jauh lebih kecil dibandingkan senyawa struktur Heksferit tipe-M lainnya, sehingga struktur kristalnya menarik untuk dipahami. Pada penelitian ini sintesis stronium heksaferit dilakukan dengan mencampurkan stronium karbonat ( $SrCO_3$ ) dan pasir besi yang mengandung hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) menggunakan metode metalurgi serbuk seperti yang dilakukan oleh Handani, (2011); Muhamajir

dan Asmi, (2015); Rizki et dkk., (2018); Syukriani dkk., (2017). Metode metalurgi serbuk merupakan salah satu proses manufaktur dari bahan logam dengan pencampuran bahan baku dasar dalam bentuk serbuk, campuran yang dipengaruhi oleh persentase bahan, temperature pembakaran yakni kalsinasi dan sintering sehingga akan mempengaruhi sifat magnetik sampel yang sintetis. Kelebihan dari metode ini yaitu peneliti dapat melakukan kontrol kualitas dan kuantitas material dan metode ini juga sangat ekonomis karena sampel material tidak banyak terbuang selama proses berlangsung (Syukriani dkk., 2017).

Stronsium heksaferit ( $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) pada penelitian ini yang dianalisis adalah variasi komposisi, sebagai pembeda dari penelitian sebelumnya yakni variasi suhu pembakaran seperti yang di lakukan Syukriani dkk.,(2017) dengan suhu pembakaran sebesar 800°C, 900°C, dan 1000°C dimana hasilnya menunjukan semakin lama waktu pembakaran ukuran kristal semakin kecil yakni 26.31 nm tetapi nilai suseptibilitas magnetiknya semakin rendah yakni  $209,0273 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{kg}$ . Penelitian stronium heksaferit juga dilakukan oleh Muljadi dkk., (2013) dimana Muljadi dkk., (2013) menganalisis struktur kristal dan sifat magnet pada suhu pembakaran 1200°C, didapatkan hasil *single phase*  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$  berstruktur kristal heksagonal, dengan nilai magnetik dari medan koersivitas, saturasi, dan remanensi berturut-turut adalah 1650 Oe, 63.21 emu/g, dan 48.01 emu/g.

Stronium heksaferit ( $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) memiliki perbandingan mol 1 : 6 antara stronium karbonat ( $\text{SrCO}_3$ ) dan hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) (Muljadi dkk., 2013). maka dari itu pada penelitian ini dibuat variasi komposisi yakni 1:5 mol, 1:6 mol, 1:7 mol, dengan tujuan untuk melihat pengaruh komposisi yang akan di analisis terhadap parameter-parameter struktur kristal bahan dan sifat magnetiknya dengan suhu pembakaran yang dianalisis menggunakan DTA (*differential thermal analysis*). Diharapkan hasil penelitian yang didapat akan menghasilkan nilai magnetik dan sktruktur kristal lebih baik dari penelitian sebelumnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh perbandingan komposisi mol terhadap sifat magnet dan struktur kristal ?.
2. Bagaimana pengaruh suhu pembakaran terhadap sifat magnet dan struktur kristal?.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah

1. Varisi perbandingan komposisi 1:7 mol, 1:6 mol, dan 1:5 mol dengan massa total 30 gram.
2. Variasi suhu pembakaran yang di analisis melalui DTA (*Differential sample analysis*).
3. Pasir besi yang digunakan yakni pasir murni dan stronsium karbonat yang dijual di pasaran.
4. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan *ball mill*.
5. Analisis penelitian yang meliputi :
  - a. Pengujian karakteristik sifat magnet menggunakan VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*).
  - b. Identifikasi fasa kristalin dan ukuran kristalin dalam material dengan menggunakan XRD (*X-ray diffraction*)

## **1.4 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah di atas dapat ditentukan tujuan dari penelitian ini, yaitu

1. Menganalisis pengaruh perbandingan komposisi mol terhadap sifat magnet dan struktur kristal.
2. Menganalisis pengaruh suhu pembakaran terhadap sifat magnet dan struktur kristal.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini meliputi :

1. Menambah pengetahuan mengenai struktur kristal dan sifat magnet stronsium heksaferit berbahan dasar stronium karbonat dan pasir besi.
2. Dapat mengetahui pengaruh perbandingan mol komposisi terhadap struktur kristal dan sifat magnet stronsium heksaferit berbahan dasar stronium karbonat dan pasir besi.
3. Sebagai referensi lebih lanjut untuk penelitian mengenai stronsium heksaferit berbahan dasar Stronium karbonat dan pasir besi, sehingga dapat dimanfaatkan secara maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., dan Khairurrijal, K. (2009). Review: Karakterisasi Nanomaterial. *J. Nano Saintek*, 2(1), 1–9.
- Alfarisa, S., Rifai, D. A., dan Toruan, P. L. (2018a). *Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO) X-ray Diffraction Study on ZnO Nanostructures*. 2(2), 53–57.
- Alfarisa, S., Rifai, D. A., dan Toruan, P. L. (2018b). Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO). *Risalah Fisika*, 2(2), 53–57. <https://doi.org/10.35895/rf.v2i2.114>
- Anjum, S., Hameed, S., Awan, M. S., Amed, E., dan Sattar, A. (2017). Effect of strontium doped M-Type barium hexa-ferrites on structural, magnetic and optical properties. *Optik*, 131, 977–985. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.11.205>
- Buzinaro, M. A. P., Ferreira, N. S., Cunha, F., dan MacÊdo, M. A. (2016). Hopkinson effect, structural and magnetic properties of M-type Sm<sup>3+</sup>-doped SrFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> nanoparticles produced by a proteic sol-gel process. *Ceramics International*, 42(5), 5865–5872. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.12.130>
- Evans, B. J., Grandjean, F., Lilot, A. P., Vogel, R. H., dan Gérard, A. (1987). Fe hyperfine interaction parameters and selected magnetic properties of high purity MFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> (M=Sr, Ba). *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 67(1), 123–129. [https://doi.org/10.1016/0304-8853\(87\)90728-1](https://doi.org/10.1016/0304-8853(87)90728-1)
- Fang, C. M., Kools, F., Metselaar, R., De With, G., dan De Groot, R. A. (2003). Magnetic and electronic properties of strontium hexaferrite SrFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> from first-principles calculations. *Journal of Physics Condensed Matter*, 15(36), 6229–6237. <https://doi.org/10.1088/0953-8984/15/36/311>
- Ghandoor, H. EL, Zidan, H. M., Khalil, M. M. H., dan Ismail, M. I. M. (2012). Synthesis and some physical properties of magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) nanoparticles. *International Journal of Electrochemical Science*, 7(6), 5734–5745.
- Handani, S. (2011). Pembuatan Dan Karakterisasi Magnet Permanen Bao.(6-X)Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dari Bahan Baku Limbah Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Jurnal Ilmu Fisika / Universitas Andalas*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.25077/jif.3.1.1-9.2011>
- Hilman, P. M., Suprapto, Sabtanto J., Sunuhadi, dwi N., Tampubolon, A., Rina, W., Widhayatna, D., ... Rahmawati, R. (2014). *PASIR BESI DI INDONESIA G Eol Ogi , Eksplorasi dan Pemanfaatannya* (J. suprapto, Sabtanto dan N. suuhadi, dwi, eds.). Bandung: Pusat Sumber Daya Geologi – Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Jalan.
- Jagadeesh, P., Yuvaraj, M., Yuvaraj, M., Yuvaraj, R., dan Sasikumar, S. (2016). Fabrication of Low Cost Ball Milling Machine. *International Journal of Science And Engineering*, 1(1), 336–342.

- Jayanti, D. jayanti, dan Yulianti, sulhadi. agus. (2013). Fabrikasi Magnet Komposit Berbahan Dasar Magnet Daur Ulang Dengan Pengikat Cult. *Unnes Physics Journal*, 2(1), 24–29.
- Mardiansyah, D. (2013). Analisa Sifat Ferromagnetik Material Menggunakan Metode Monte Carlo. *Jurnal Ilmiah Edu Research*, 2(2), 65–74.
- Muhajir, M. A., dan Asmi, D. (2015). Sintesis dan Karakterisasi Bahan Magnet Barium Heksaferrit ( BaCO<sub>3</sub> ) dan Pasir Besi dari Daerah Pesisir Selatan. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 03(01), 9–16.
- Muljadi, Sardjono, P., dan Sebayang, P. (2013). Analisis Strukt Kristal Dan Sifat Magnet SrO<sub>6</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Yang Dihasilkan Via Solid-Solid Mixing Dan Sintering. *Jurnal Fisika Indonesia*, 17(49), 42–45. <https://doi.org/10.22146/jfi.24412>
- Mulyawan, A., Yusnafi, dan Adi, Wisnu Ari. (2017). *Pengaruh Waktu Milling Terhadap Mikrostruktur Dan Sifat Magnetik Komposit NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-NdFeO<sub>3</sub> Ade*. 3(2017), 4–6.
- Nabiyouni, G., Yousofnejad, A., Seraj, M., Akhtarianfar, S. F., dan Ghanbari, D. (2013). A Simple Method for Synthesis of Strontium Ferrite Nanoparticles and their Polymeric Nanocomposites. *Journal Nanostructures*, 2, 527–532.
- Ramadhan, M. I., Widanarto, W., dan Sunardi, S. (2018). Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Struktur dan Sifat Magnetik Ni<sup>2+</sup>- Barium Ferit sebagai Penyerap Gelombang Mikro. *Jurnal Teras Fisika*, 1(1), 23. <https://doi.org/10.20884/1.jtf.2018.1.1.567>
- Rizki, M., Budiman, A., dan Puryanti, D. (2018). Barium Ferit ( BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> ) Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat.
- Samikanu, K., Jesurani, S., Velmurugan, R., Sivakumar, M., Thirupathi, C., dan Kalaivani, T. (2011). Synthesis and magnetic properties of conventional and microwave calcined barium hexaferrite powder. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 23(2), 635–639. <https://doi.org/10.1007/s10854-011-0460-4>
- Saputra, F. musthofa A., Puspitarini, Y., Rizaldi, P. D., Samsul, M., Firdaus, A., dan Sujarwata. (2016). *Sintesis Nanopartikel Magnet Zn-Ferrite (ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) Berbahan Dasar Pasir Besi Menggunakan Metode Kopresipitasi*. 1(1), 1–5.
- Sayan, P., Titiz Sargut, S., dan Kiran, B. (2009). Calcium oxalate crystallization in the presence of amino acids, proteins and carboxylic acids. *Crystal Research and Technology*, 44(8), 807–817. <https://doi.org/10.1002/crat.200900236>
- Setiabudi, A., Hardian, R., dan Mudzakir, A. (2012). *Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia* (1st ed.; A. Setiabudi, R. Hardian, dan A. Mudzakir, Eds.). Bandung: UPI PRESS.
- Shin, H., Lee, S., Suk Jung, H., dan Kim, J. B. (2013). Effect of ball size and powder loading on the milling efficiency of a laboratory-scale wet ball mill. *Ceramics International*, 39(8), 8963–8968. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.04.093>

- Speyer, R. f. (1994). *Thermal Analysis Of Material* (1st ed.). New York: MARCEL DEKKER, INC.
- Syukriani, H., Budiman, A., dan Puryanti, D. (2017). *dan Struktur Stronsium Ferit (SrFe 12 O 19) Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat.* 6(3), 225–231.
- Ugwuegbu, C. C., Ogbonna, A. I., Ikele, U. S., Anaele, J. U., Ochieze, U. P., dan Onwuegbuchulam, A. (2017). Design, Construction and Performance Analysis of a 5 KgLaboratory Ball Mill. *Global Journal of Researches in Engineering,* 17(2), 26–42.
- Widianto, E., Kardiman, dan Fauji, N. (2018). Karakterisasi Pasir Besi Alam Pantai Samudera Baru dan Pemanfaatannya sebagai Filler pada Sistem Penyaring Elektromagnetik. *Jurnal Riset Dan Teknologi,* 2(1), 15–20.
- William, Simbolon, T. R., Ginting, H., Sardjono, P., dan Muljadi, M. (2016). Pengaruh Waktu Dry Milling Terhadap Karakteristik Dan Sifat Magnet Permanen Nd-Fe-B. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya,* 1(1), 17–22. <https://doi.org/10.21009/spektra.011.03>
- Yunus, Y., Sujitno, T., Priyantoro, D., dan Puspito, C. (2013). Analisis kekerasan machine tool dari bahan logam hasil nitridasi palsma dengan variasi waktu dan tekanan. *Jurnal Forum Nuklir (JFN),* 7, 155–163.
- Zainuri, M., Moniada, Y., dan Darminto, D. (2005). Variasi tekanan dalam proses metalurgi serbuk dan pengaruhnya pada modulus elastisitas bahan komposit Al-SiC. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya,* 1(1), 050105. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v1i1.1000>