

**PENGARUH KOMPOSISI ADITIF TiO₂ TERHADAP SIFAT FISIS,
SIFAT MAGNET, STRUKTUR KRISTAL DAN MIKROSTRUKTUR
PADA MAGNET Ba-Ferit**

SKRIPSI

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



Disusun Oleh :

Nur Rahmah

08021381722084

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH KOMPOSISI ADITIF TiO₂ TERHADAP SIFAT FISIS ,
SIFAT MAGNET, STRUKTUR KRISTAL DAN MIKROSTRUKTUR
PADA MAGNET Ba-Ferit**

SKRIPSI

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



Oleh :

Nur Rahmah

08021381722084

Pembimbing I

Dr. Ramlan.
NIP. 196604101993031003

Indralaya, Mei 2021

Pembimbing II

Eko Arief Setiadi, M.Sc.
NIP. 198804192015021002



KATA PENGHANTAR

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga hasil tugas akhir ini dapat diselesaikan. Tak lupa shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya dan sahabatnya. Karena atas izin-Nya lah Skripsi dengan judul **”Pengaruh Komposisi Aditif TiO₂ Terhadap Sifat Fisis, Sifat Magnet, Struktur Kristal dan mikrostruktur Pada Magnet Ba-Ferit”** penulis dapat menyusun dan menyelesaikan hasil tugas akhir ini. Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Magnet, Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F - LIPI) Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan. Adapun hasil tugas akhir ini dibuat sebagai syarat untuk melengkapi persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Ramlan selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu, arahan, masukan, motivasi dan semangat. Serta Bapak Ir.muljadi, M.sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dari Lembaga Ilmu pengetahuan Indonesia – LIPI yang banyak memberikan ilmu, arahan dan masukan. Serta penulis tak lupa untuk berterima kasih kepada:

1. Ibu Bapak tercinta yang selalu memberi doa, dukungan, materi, nasihat, dan semangat.
2. Kakak-kakakku Dewi Yuniarti, Muhammad Saliman, Ayu Kharisma dan Kgs.Fajri atas dukungan, materi dan semangat.
3. Keponakanku Kgs. Rafiqi Pratama, Kgs. Abdul Razaq dan Muhammad Adam Al-Fatih tersayang yang selalu menjadi penyemangat.
4. Bapak Dr. Friansyah Virgo, S.Si., MT. sebagai ketua Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
5. Seluruh staff pengajar dan pegawai administrasi di program studi fisika MIPA, Universitas Sriwijaya Indralaya.
6. Teman-teman saya Ririn Astika, Rahmadhani Fuji, Tri Handayani, Cici Rumata Sinambela, Jihan Mariana, Dinda S Nurnalia, Almayda Atishobyta, Della agustiana dan semua anggota Meong yang selalu memberi saya nasihat, semangat, menghibur, dan tempat saya berkeluh kesah.

7. Teman – teman FMIPA Universitas Sriwijaya, Teman-teman seperjuangan Fisika FMIPA 2017, Teman – teman KBI Teori Material Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya yang tersayang. Dan teman-teman dari kost mami yang sudah menghibur, memberikan semangat dan nasihat.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan dalam menyelesaikan hasil tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan, baik saran maupun kritik yang bersifat membangun. Semoga laporan yang penulis buat dapat memberikan manfaat bagi yang membacanya. Akhirnya kepada Allah SWT Penulis berserah diri dan berharap apa yang telah dilakukan ini mendapat ridho-Nya.

Indralaya, Januari 2021
Penulis,

Nur Rahmah
NIM. 08021381722084

PENGARUH KOMPOSISI ADITIF TiO₂ TERHADAP SIFAT FISIS, SIFAT MAGNET, STRUKTUR KRISTAL DAN MIKROSTRUKTUR PADA MAGNET Ba-Ferrite

Nur Rahmah

*Mahasiswa Program Studi Fisika Fakultas Mipa Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir*

**corresponding author: rhmhnr@gmail.com*

ABSTRAK

Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan keramik magnet barium heksaferit (BaFe₁₂O₁₉) dan penambahan aditif titanium dioksida (TiO₂) dengan variasi 0% : 0,3% : 0,6% dan 0,9% menggunakan metode metalurgi serbuk. Preparasi sampel di mulai dengan menghaluskan serbuk barium heksaferit dan titanium dioksida menggunakan *ball mill* dengan media aquades sebagai pelarut dengan waktu 3 jam. Kemudian sampel dikeringkan selama 24 jam. Lalu penambahan perekat cair *Polyvinyl Alcohol* (PVA) pada sampel dan dicetak menggunakan alat *Hydraulic Press* dengan beban 8 ton dan ditahan selama 1 menit. Sampel yang telah berbentuk pelet lalu disinter menggunakan alat *Vacum Furnance* dengan suhu 1000°C selama 1 jam. Setelah itu, dilakukan pengukuran densitas, porositas, analisis fasa dengan XRD, sifat magnet dengan VSM, Mikrostruktur dengan SEM, dan pemberian sifat magnet menggunakan alat *Impulse Magnetizer K-Series* dengan tegangan 1000 V dan dihitung kuat medan magnet dengan menggunakan gaussmeter. Sampel terbaik terdapat pada variasi 0,6%. Dengan nilai densitas tertinggi sebesar 4,95 gr/cm³, dan memiliki nilai porositas terendah sebesar 2,15%. Pada sampel yang sama memiliki nilai kuat medan magnet yang tinggi sebesar 272,65 gauss. Hasil VSM, Sifat magnetik dengan (Mr) sebesar 1,489 kG, (Ms) sebesar 3,235 kG, (Hc) sebesar 1,758 kOe, dan Bhmax sebesar 0,867 MGOe. Dari hasil XRD, ditemukan fasa pengotor (Ti₄O₇).

Kata kunci: Barium Ferit, TiO₂, Metalurgi Serbuk, densitas, Fluks Magnetik

THE EFFECT OF TiO₂ ADDITIVE COMPOSITION ON PHYSICAL PROPERTIES, MAGNETIC PROPERTIES, CRYSTAL STRUCTURE AND MICROSTRUCTURE IN Ba-Ferrite MAGNETS

Nur Rahmah

*Student of the Mipa University of Sriwijaya Faculty of Physics Study Program
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir*

**corresponding author: rhmhnr@gmail.com*

ABSTRACT

In this study, barium hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) magnetic ceramic was made and the addition of titanium dioxide (TiO₂) additive with variations of 0%: 0.3%: 0.6% and 0.9% using powder metallurgy methods. First, barium hexaferrite and titanium dioxide powder mashed with a rotary ball mill. milling is done with distilled water as a solvent for 3 hours. Then, the samples is dried for 24 hours. Then, the addition of Polyvinyl Alcohol (PVA) liquid adhesive to the sample and printed using a Hydraulic Press with a load of 8 tons and held for 1 minute. Then, the pellet-shaped sample sintered using a vacuum furnace at 1000°C for 1 hours. after that, the density and porosity measurements. phase analysis using XRD, magnetic properties with VSM, microstructure using SEM, and giving magnetic properties with the Impulse Magnetizer K-Series with a voltage of 1000 V and calculated the magnetic field strength using a gaussmeter. The best sample is found at a variation of 0.6%. With the highest density value of 4.95 gr /cm³, and has the lowest porosity value of 2.15%. The same sample has a high magnetic field value of 272.65 gauss. VSM results, magnetic properties with (Mr) of 1.489 kG, (Ms) of 3.235 kG, (Hc) of 1.758 kOe, and Bhmax of 0.867 MGOe. From the XRD results, an impurity phase of (Ti₄O₇) was found.

Keywords: Barium Ferrite, TiO₂, Powder Metallurgy, Density, Magnetic Flux

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Magnet	4
2.2 Sifat Magnetik.....	5
2.3 Magnet Ferrite.....	7
2.4 Titanium Dioksida	9
2.5 Densitas dan Porositas	11
2.6 Kekuatan Fluks Magnetik	12
2.7 <i>Scanning Electron Microscope</i>	12
2.8 <i>X-Ray Diffraction</i>	14
2.9 Vibrating Sample Magnetometer	16
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	18
3.2.1 Alat Penelitian	18
3.2.2 Bahan Penelitian	18
3.3 Variabel, Parameter, dan Data	19
3.3.1 Variabel	19
3.3.2 Parameter	19
3.3.3 Data.....	19
3.4 Tahap Penelitian.....	19
3.4.1 Proses Preparasi Sampel.....	19
3.4.2 Proses Penimbangan	19

3.4.3	Proses Milling/Mixing.....	20
3.4.4	Proses Pengeringan.....	20
3.4.5	Proses Pencetakan	20
3.4.6	Proses Pemanasan.....	20
3.4.7	Proses Karakterisasi.....	20
3.5	Alur Penelitian	21
3.5.1	Diagram Alir Penelitian.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Hubungan Antara Densitas dan Porositas Terhadap Komposisi	24
4.2	Kekuatan Fluks Magnetik.....	25
4.3	Hasil Uji VSM	26
4.4	Hasil uji XRD	32
4.5	Hasil Uji SEM	37
BAB V PENUTUP		39
5.1	Kesimpulan	39
5.2	Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN 1.....		44
LAMPIRAN 2.....		46
LAMPIRAN 3.....		51
LAMPIRAN 4.....		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva Histeresis Sifat Magnet	5
Gambar 2.2	(a) Struktur Kristal Magnet Barium Hexaferit (b) satu unit sel pada Formula $BaFe_{12}O_{19}$	8
Gambar 2.3	Unit sel TiO_2 (a) rutil dan (b) anatase.....	10
Gambar 2.4	Cara Kerja SEM	13
Gambar 2.5	Foto SEM dari TiO_2 - $MnFe_2O_4$	14
Gambar 2.6	Difraksi Sinar-X	15
Gambar 2.7	Pola difraksi sampel $BaFe_{12}O_{19}$	16
Gambar 2.8	Konfigurasi Koil Pembaca Data Peletakan Sampel	17
Gambar 3.1	Alur Penelitian	22
Gambar 3.2	Diagram Alur Penelitian.....	22
Gambar 4.1	Proses pembuatan magnet Barium Ferit; (a) serbuk $BaFe_{12}O_{19}$, (b) serbuk TiO_2 , (c) Kedua serbuk yang telah dimilling, (d) pencetakan pellet dengan penambahan PVA, (e) pellet setelah pembakaran	23
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Densitas Dan Porositas Tiap Komposisi	24
Gambar 4.3	Grafik Fluks Magnetik	26
Gambar 4.4	Grafik Hasil VSM Barium Ferit Tanpa Aditif	27
Gambar 4.5	Grafik Hasil VSM Dengan Komposisi 0,3% TiO_2	27
Gambar 4.6	Grafik Hasil VSM Dengan Komposisi 0,6% TiO_2	29
Gambar 4.7	Grafik Hasil VSM Dengan Komposisi 0,9% TiO_2	29
Gambar 4.8	Kurva Histeresis Barium Ferit Dengan Varias Komposisi	30
Gambar 4.9	Kurva Histeresis Hasil Uji VSM pada Kuadran II.....	31
Gambar 4.10	Grafik Hasil XRD Barium Ferit	32
Gambar 4.11	Grafik Hasil XRD Barium Ferit Dengan Komposisi 0,3% TiO_2	33
Gambar 4.12	Grafik Hasil XRD Barium Ferit Dengan Komposisi 0,6% TiO_2	34
Gambar 4.13	Grafik Hasil XRD Barium Ferit Dengan Komposisi 0,9% TiO_2	35
Gambar 4.14	Hasil Uji XRD Dengan Pola Difraksi Sinar-X.....	36
Gambar 4.15	Foto SEM Dari Barium Ferit Dengan Aditif 0,6% TiO_2	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Parameter Kisi, Kepadatan, Ukuran Kristal Dan Volume Sel Bahan BaFe ₁₂ O ₁₉	9
Tabel 2.2	Struktur Sistem Kristal Anatase dan Rutil	11
Tabel 3.1	Variasi komposisi bahan	19
Tabel 4.1	Perhitungan Densitas Dan Porositas Pada Masing-Masing Komposisi	24
Tabel 4.2	Pengaruh Komposisi Terhadap Fluks Magnetik	25
Tabel 4.3	Sifat Magnetik Barium Ferit Dengan Variasi Komposisi TiO ₂	32
Tabel 4.4	Parameter Nilai Barium Ferit Dengan Aditif TiO ₂	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Magnet memainkan banyak peran, magnet banyak digunakan pada berbagai jenis perangkat elektronik yang biasa digunakan dalam aktivitas sehari-hari. Contoh aplikasi dari magnet berupa serangkaian alat listrik dan komponen pengeras suara. Selain itu, aplikasi magnet terdapat dibidang alat transportasi sebagai kereta *maglev* yang ada di Jepang. Dan dibidang medis, magnet biasa digunakan untuk pengaplikasian alat pendeteksi kanker (Virdhian., 2017). Magnet memiliki dua jenis material diantaranya, magnet lunak atau magnet yang dengan mudah dapat dimagnetisasi dan didemagnetisasi dan magnet permanen atau suatu magnet yang sulit untuk dimagnetisasi dan didemagnetisasi (Verma, Pandey and Sharma, 2000). Barium ferit tipe-M dikenal dengan kualitas yang tinggi. Barium heksaferit dengan rumus kimia ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) memiliki sebuah struktur molekul berbentuk hexagonal (Virdhian., 2017). Dalam tipe-M magnet permanen ferit ($\text{MFe}_{12}\text{O}_{19}$; M = Ba, Sr dan Pb) banyak diproduksi serta dikembangkan. Contohnya barium *ferrite* ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$), strontium *ferrite* ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$), dan *lead oxide* ($\text{PbFe}_{12}\text{O}_{19}$). Jenis ini mempunyai sifat kimia yang stabil dan sempurna, ketahanan panas yang baik, ketahanan korosi, dan sifat listrik dan magnet yang baik (Rizki dkk., 2018). Selain itu magnet heksaferit biasa diaplikasikan secara komersial dan secara teknologi serta digunakan dalam untuk sistem kelistrikan, perekam magnetik dan perangkat penyimpanan data (Al Dairy, Al-Hmoud and Khatatbeh, 2019).

Pada awal 1900-an, magnet permanen pertama dalam bentuk magnet baja ditemukan. Pada tahun 1930, jenis magnet permanen *Alnico* diperkenalkan, yang dibuat dari paduan feromagnetik Fe-Co dalam matriks Al-Ni non-magnetik. Pada 1950-an, magnet platinum-kobalt (PtCo) ditemukan memiliki ketahanan korosi yang lebih baik daripada AlNiCo, menjadikannya ideal untuk aplikasi biomedis. Pada tahun yang sama ditemukan barium heksaferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) dan strontium heksaferit ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) pada magnet permanen kualitas keramik. Barium heksaferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) dan strontium heksaferit ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) biasanya dibuat dengan biaya rendah karena kedua senyawa ini terbuat dari Fe_2O_3 yang melimpah. Pada tahun 1970 kelas baru magnet permanen, yaitu penggunaan logam tanah jarang atau *rare earth*, digunakan untuk membuat sambungan magnet sistem SmCo sebagai kelas magnet permanen untuk *rare earth*. Dan pada tahun

1984 ditemukannya fasa magnet baru yaitu *neodymium-iron-boron* atau $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ (Idayanti dkk., 2018).

Jenis material seperti TiO_2 ialah sebuah material yang bersifat semikonduktor dengan sifat optik yang baik dan nilai celah pita energi lebar 3,2 eV yang hanya aktif pada sinar ultraviolet (Pataya, Gareso and Juarlin, 2016). Penelitian membuktikan bahwa hasil karakteristik magnetoelektrik dari material titanium yang bersifat semikonduktor dengan bahan heksaferrit tipe-M yang dibuat dengan teknik keramik yang dimodifikasi dapat lebih maju daripada karakteristik untuk suhu ruang yang terkenal BiFeO_3 *orthoferrite multiferroic*, hal ini terjadi karena poses polarisasi yang terjadi secara langsung dikarenakan adanya perpindahan kation Fe^{3+} dan munculnya momen dipol listrik bukan nol, yang menyebabkan terbentuknya komponen lain dari polarisasi yang terjadi secara langsung (Al Dairy, Al-Hmoud and Khatatbeh, 2019).

Pembuatan magnet ferrite permanen biasa dilakukan dengan dua cara, pertama dengan cara isotropik atau proses pembuatan magnet yang dilakukan tanpa orientasi atau pengenalan partikel dengan medan magnet. Dan cara kedua dengan anisotropik atau dalam proses pembuatan magnet terlebih dahulu dilakukannya orientasi dengan medan magnet agar partikel-partikel magnet menjadi lebih searah. Dari macam proses pembuatan magnet ferrite permanen ini biasa dilakukan dengan cara metalurgi serbuk atau dengan mencampurkan beberapa bahan oksida dalam bentuk serbuk yang dilakukan dengan proses-proses tertentu (Ramlan, 2017). Pada penelitian ini dilakukan pembuatan magnet untuk mempelajari pengaruh variasi komposisi titanium pada suatu magnet dan sifat struktur magnet barium heksaferrit (Al Dairy dkk., 2019). Untuk komposisi TiO_2 menggunakan variasi 0%; 0,3%; 0,6% dan 0,9%. Bahan bakunya dicampur dengan cara digiling atau *milling* selama 3 jam menggunakan *ball mill*. Setelah membuat serbuk yang lebih halus, proses pengeringan dilakukan dengan oven selama 1 jam. Kemudian proses pencetakan dilakukan dengan mesin *press* hidrolik bertekanan 8 ton dan ditahan selama 1 menit. Pada proses *sintering* digunakan tungku vakum dengan suhu 1000 ° C selama 2 jam 30 menit. Maka dari itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan TiO_2 terhadap struktur kristal dengan bantuan XRD, sifat fisik (densitas, porositas), sifat magnet dengan bantuan VSM dan analisis struktur mikro dengan bantuan XRD. SEM. Dari hasil penelitian ini diharapkan upaya pengendalian struktur kristal dan fasa yang terbentuk pada sampel dapat dianalisis dengan menggunakan XRD untuk menentukan besarnya parameter menggunakan VSM yang akan dianalisis berdasarkan hasil pengujian dan Output pada bentuk

kurva histeris sebagai representasi kualitas sifat magnet dan untuk analisis ukuran kristal menggunakan SEM.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh komposisi aditif TiO_2 terhadap sifat fisis Ba-Ferit?
2. Bagaimana pengaruh komposisi aditif TiO_2 terhadap sifat magnet Ba-Ferit?
3. Bagaimana pengaruh komposisi aditif TiO_2 terhadap struktur kristal Ba-Ferit?

1.3 Tujuan

1. Menganalisis pengaruh komposisi aditif TiO_2 terhadap sifat fisis pada magnet Ba-Ferit.
2. Menganalisis komposisi aditif TiO_2 terhadap sifat magnet Ba-Ferit.
3. Menganalisis komposisi aditif TiO_2 terhadap struktur kristal Ba-Ferit.

1.4 Batasan Masalah

1. Bahan baku yang di gunakan berupa serbuk Titanium Dioksida dan Barium Ferrite komersial
2. Komposisi TiO_2 0% + Ba-Ferit 30 gr, TiO_2 0,3% + Ba-Ferit 29,91 gr, TiO_2 0,6% + Ba-Ferit 29,82 gr, TiO_2 0,9% + Ba-Ferit 29,73 gr.
3. Waktu milling yang digunakan selama 3 jam dengan alat *ball mil* pada setiap sampel.
4. Pencetakan menggunakan bahan perekat Polyvinyl Alkohol (PVA) sebanyak 5%.
5. Variasi suhu sintering yang digunakan 1000°C
6. Uji karakterisasi yang dilakukan berupa uji sifat fisis (Densitas dan Porositas), Kekuatan fluks magnetik, uji kekuatan magnet (VSM), analisa mikrostruktur (XRD), dan mikrostruktur (SEM).

1.5 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi mengenai pembuatan magnet Barium Ferrite dengan penambahan aditif Titanium Dioksida dengan variasi komposisi TiO_2 yang berbeda. Dan menghasilkan *hard* magnet yang berkualitas baik dengan memaksimalkan potensi pengembangan magnet berbasis ferit.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarisa, S., Rifai, D. A. and Toruan, P. L. (2018) 'Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO) X-ray Diffraction Study on ZnO Nanostructures', *Risalah Fisika*, 2(2), pp. 53–57.
- B.R.Kirupakar *et al.* (2016) 'Vibrating Sample Magnetometer and Its Application In Characterisation Of Magnetic Property Of The Anti Cancer Drug Magnetic Microspheres', *International Journal of Pharmaceutics & Drug Analysis*, 4(5), pp. 227–233.
- Al Dairy, A. R., Al-Hmoud, L. A. and Khatatbeh, H. A. (2019) 'Magnetic and structural properties of Barium Hexaferrite nanoparticles doped with Titanium', *Symmetry*, 11(6), pp. 1–11. doi: 10.3390/sym11060732.
- Diansari, V., Sundari, I. and Deswitri, N. (2018) 'Gambaran Scanning Electron Microscope (SEM) Mikrostruktur Permukaan Resin Komposit Nanofiler Setelah Perendam Dalam Dalam Kopi Arabika Gayo', *cakradonya Dent*, 10(2), pp. 96–101.
- Handani, S., Mairoza, S. and Muljadi (2011) 'Pembuatan Dan Karakterisasi Magnet Permanen Bao.(6-X)Fe₂O₃ Dari Bahan Baku Limbah Fe₂O₃', *Jurnal Ilmu Fisika / Universitas Andalas*, 3(1), pp. 1–9. doi: 10.25077/jif.3.1.1-9.2011.
- Haqiqi, A. K., Sutikno and Matsuri (2015) 'Magnetic Power Electric Board Sebagai Media Ajar Untuk Meningkatkan Kreativitas Siswa Pada Pembelajaran Magnet', *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015*, IV, pp. 97–102.
- Herawati and Yuyu, A. (2012) 'Karaterisasi Besaran Magnet Permanen Dari Hasil Campuran NdFeB Dan Serbuk Epoxy Resin', *jurnal saintech*, 2(2), pp. 42–49.
- Idayanti, N., Manaf, A. and Dedi (2018) 'Magnet Nanokomposit Sebagai Magnet Permanen Masa Depan', *Metalurgi*, 33(1), pp. 1–18. doi: 10.14203/metalurgi.v33i1.433.
- Joni, I. and Darminto, D. (2014) 'Penerapan Metode Sol-Gel dengan Variasi Temperatur dan Waktu Kalsinasi pada Sintesis Barium M-Heksaferrit (BaFe₁₂O₁₉)', *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 10(1), p. 53. doi: 10.12962/j24604682.v10i1.827.
- Kumalahardiyani, N. A., Fahdiran, R. and Handoko, E. (2015) 'Analisis Struktur Kristal Material Barium Heksaferrit BaFe_{12-x}(CoTi_{0.5}Mn_{0.5})_x/2O₁₉', IV, pp. 85–88.
- Lubis, W. Z. and Mujamilah, M. (2017) 'Pengukuran Sampel Magnetik Cair dengan Vibrating Sample Magnetometer (Vsm)', *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*, 2(2), pp. 39–47. doi: 10.17977/um024v2i22017p039.
- Pataya, S. A., Gareso, P. L. and Juarlin, E. (2016) 'Karakterisasi Lapisan Tipis Titanium Dioksida (TiO₂) Yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spin Coating Diatas Substrat Kaca', *Ophthalmology*, 104(11), pp. 1785–1793. doi: 10.1016/S0161-6420(97)30025-6.

- Piluharto, B. *et al.* (2017) ‘Membran Blend Kitosan/Poli Vinil Alkohol (PVA): Pengaruh Komposisi material blend, pH, dan Konsentrasi bahan Pengikat Silang’, *Jurnal Kimia Riset*, 2(2), p. doi: 10.20473/jkr.v2i2.6195.
- Priyono and Manaf, A. (2010) ‘Material Magnetik Barium Heksaferit Tipe-M Untuk Material Anti Radar Pada Frekuensi S-Band’, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 11(2), pp. 75–78.
- Purwadi, A., Isyuniarto and Usada, W. (2008) ‘Pengaruh Ozon (O₃) Hasil Lucutan Plasma dan Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO₂) Tipe Anatas Terhadap degradasi Fenol’, *Ganendra*, 11(1), pp. 1–10.
- Rahmayeni *et al.* (2011) ‘Sintesis, Karakterisasi, Dan Aktifitas Fotokatalik Nano Partikel Magnetik TiO₂-CoFe₂O₄’, *J. Ris. Kim.*, 4(2), pp. 71–78. doi: 10.16194/j.cnki.31-1059/g4.2011.07.016.
- Rahmayeni, Stiadi, Y. and Zulhadjri (2013) ‘Fotokatalis Komposit Magnetik TiO₂-MnFe₂O₄’, *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, pp. 339–344.
- Ramadhan, M. I., Widanarto, W. and Sunardi, S. (2018) ‘Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Struktur dan Sifat Magnetik Ni²⁺ Barium Ferit sebagai Penyerap Gelombang Mikro’, *Jurnal Teras Fisika*, 1(1), p. 23. doi: 10.20884/1.jtf.2018.1.1.567.
- Ramlan (2017) ‘Efek Tekanan terhadap Sifat Fisis dan Magnet Bahan Barium Heksaferit (BaO.6Fe₂O₃) Komersial yang Dibuat dengan Metallurgi Serbuk’, *Jurnal Penelitian Sains*, 19(3), pp. 119–123.
- Ramlan *et al.* (2019) ‘Effect of Al₂O₃ addition with concentration (x=0.1%, 0.2%, 0.4%) mol on the crystal structure and physical properties of permanent magnets barium hexaferrite (BaO₆Fe₂O₃)’, *Journal of Physics: Conference Series*, 1282(1), pp. 1–5. doi: 10.1088/1742-6596/1282/1/012026.
- Ridha, M. and Darminto, D. (2016) ‘Analisis Densitas, Porositas, dan Struktur Mikro Batu Apung Lombok dengan Variasi Lokasi Menggunakan Metode Archimedes dan Software Image-J’, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 12(3), pp. 124–130. doi: 10.12962/j24604682.v12i3.1403.
- Ritawanti, A. *et al.* (2016) ‘Pengaruh Ukuran Butir (grain size) pada pembuatan Bonded Magnet NdFeB’, *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan*, 2(1), pp. 1–15.
- Rizki, M., Budiman, A. and Puryanti, D. (2018) ‘Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Magnetik Magnet Barium Ferit (BaFe₁₂O₁₉) Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat’, *Jurnal Fisika Unand*, 7(1), pp. 15–20.
- Rizki Syahfina *et al.* (2017) ‘Preliminary Study Synthesis and Characterization of Bi(Pb)-Sr-Ca-Cu-O By Addition of Carbon Nanotube and TiO₂ Using Solid Reaction Method and Recurrent Sintering Process’, *Metalurgi*, 3(2017), pp. 137–142.

- Salam, S. I., Sanjaya, E. and Muljadi (2019) ‘Pembuatan dan Karakterisasi Keramik Magnet BaFe₁₂O₁₉ dengan Variasi Waktu Milling dan Temperatur Sintering’, *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*, 2(1), pp. 29–33. doi: 10.15408/fiziya.v2i1.10887.
- Saragi, T. *et al.* (2012) ‘Pengembangan Bahan Magnetik Barium Heksaferite Dari Mineral Yarosit Alam Dan Karakterisasinya’, *Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*, 14(2), pp. 156–163.
- Sari, A. Y. *et al.* (2018) ‘Efek Aditif FeMo dan Proses Kalsinasi Pada Serbuk Magnetik BaFe₁₂O₁₉’, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 18(3), p. 95. doi: 10.17146/jsmi.2017.18.3.4112.
- Sari, T. A. and Mufit, F. (2014) ‘Identifikasi Mineral Magnetik Pada Guano di Gua Bau-Bau Kalimantan Timur Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)’, *Pillar Of Physics, FMIPA Universitas Negeri Padang*, 1(April), pp. 97–104.
- Senida, Z. E. *et al.* (2019) ‘Pengaruh Variasi Komposisi MnFe₂O₄ Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit MnFe₂O₄/PANi yang Disintesis dengan Metoda Sol – Gel Spin Coating’, *Journal Pillar of Physics*, 12, pp. 17–24.
- Septiani, A. and Idayanti, N. (2016) ‘Fabrikasi Magnet MnZn Ferit dan Barium Ferit dari Limbah Pengelasan’, *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 15(1), pp. 14–17. doi: 10.14203/jet.v15.14-17.
- Septiani, A. and Novrita, I. (2015) ‘Pabrikasi Magnet MnZn Ferit dan Barium Ferit dari Limbah Pengelasan Fabrication of MnZn Ferrite and Barium Ferrite using Welding Waste’, *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 15(1), pp. 15–17.
- Setiawati, T. *et al.* (2006) ‘SINTESIS LAPISAN TIPIS TiO₂ DAN ANALISIS SIFAT FOTOKATALISNYA’, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, (Vi), pp. 141–146.
- Setyani, A. and Wibowo, E. A. P. (2017) ‘Fabrikasi Nanotubes Titanium Dioksida (TiO₂) Menggunakan Metode Hidrotermal’, *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(1), pp. 20–26. doi: 10.15408/jkv.v3i1.5036.
- Sujatno, A. *et al.* (2015) ‘Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium’, *jurnal forum nuklir (JFN)*, 9(2), pp. 44–50.
- Tebriani, S. (2019) ‘Analisis Vibrating Sample Magnetometer (VSM) Pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Arus continue Direct Current’, *Natural Science Journal*, 5(1), pp. 722–730.
- Tebriani, S. and Rifai, H. (2017) ‘Ukuran Bulir Serta Jenis Domain Magnetik Tanah Perkebunan Karet Subur dan Kurang Subur Daerah Rimbo Bujang, Kabupaten Tebo, Jambi Sylvina Tebriani’, *Natural Science*, 3(1), pp. 462–473.
- Tutu, R., Subaer and Usman (2015) ‘Studi analisis karakterisasi dan mikrostruktur mineral sedimen sumber air panas sulili di kabupaten pinrang’, *Jurnal sains dan pendidikan fisika*, 11(2), pp. 192–201.

- Verma, A., Pandey, O. P. and Sharma, P. (2000) 'Strontium ferrite permanent magnet - An overview', *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 7(5-6), pp. 364-369. doi: 10.1002/chin.200138258.
- Virdhian, S. *et al.* (2016) 'Pengaruh Temperatur Dan Waktu Aging Pada Sintesis Magnet Nano Barium Heksaferit (BaFe₁₂O₁₉) Terhadap Struktur Kristal, Morfologi Dan Sifat Magnetik', *Jurnal metal Indonesia*, 38(1), pp. 1-7.
- Virdhian, Shinta *et al.* (2016) 'Pengaruh Temperatur Dan Waktu Aging Pada Sintesis Magnet Nano Barium Heksaferit (BaFe₁₂O₁₉) Terhadap Struktur Kristal, Morfologi dan Sifat Magnetik', *Metal Indonesia*, 38(1), pp. 1-7. doi: 10.32423/jmi.2016.v38.1-7.
- Yuniarti, E. (2019) 'Studi Komputasi Sifat Elektronik dan Sifat Optik Fotoelektroda Titanium Dioksida (TiO₂) pada Fasa Anatase dan Rutil', *al-fiziya*, II(1), pp. 40-48.