

**SINTESIS MATERIAL NANOKOMPOSIT
BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂ SEBAGAI BAHAN PENYERAP
GELOMBANG MIKRO**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana Sains**



**Adayila Muda Mutiara
1306620005**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2024**

ABSTRAK

ADAYILA MUDA MUTIARA. Sintesis Material Nanokomposit BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂ Sebagai Aplikasi Penyerap Gelombang Mikro. Skripsi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2024.

Barium heksaferit (BaFe₁₂O₁₉) merupakan material magnet permanen yang bersifat *hard magnetic* menjadikannya material yang mampu dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi teknologi maju. Telah dilakukan proses sintesis material nanokomposit BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂ sebagai aplikasi penyerap gelombang mikro dengan menggunakan metode *mechanicall milling*. Pada penelitian ini dikembangkan tentang sintesis BaFe₁₂O₁₉ yang dimodifikasi dengan penambahan unsur Fe₃O₄ dan SiO₂ sebanyak 0%; 5%; 10% dan 15%, serta memvariasikan waktu *milling* selama 0 jam, 10 jam, 20 jam dan 50 jam. Mikroskop digital, Permagraph dan *Vector Network Analyzer* (VNA) digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan, sifat magnetik, dan sifat penyerapan gelombang mikro. Hasil yang diperoleh setelah empat variasi *milling* untuk masing-masing sampel adalah. Waktu penghalusan mempengaruhi struktur permukaan seiring bertambahnya waktu *milling* pada material nanokomposit BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂. Sifat kemagnetan material nanokomposit BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂ menunjukkan nilai magnetisasi saturasi (Ms), magnetisasi remanensi (Mr) dan koersivitas (Hc) menurun saat *milling* selama 0 dan 50 jam. Sedangkan saat *milling* selama 10 dan 20 jam terjadi peningkatan nilai (Mr, Ms, dan Hc). Material nanokomposit BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂ untuk x = 5% *milling* selama 50 jam efektif dijadikan aplikasi material gelombang mikro. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu *milling* semakin kecil nilai RL-nya dan semakin besar presentase gelombang mikro yang diserap oleh material. Hasil ini relevan dengan hasil penelitian sebelumnya. Untuk waktu *milling* selama 50 jam nilai *reflection loss* RL-nya kurang lebih -13 dB pada frekuensi sekitar 9.8 GHz dengan penyerapan sebesar 95% untuk x = 5%. Sedangkan sifat penyerapan gelombang mikro tanpa penghalusan untuk x = 10% nilai *reflection loss* RL-nya kurang dari -6.5 dB pada frekuensi sekkitar 9.6 GHz dengan penyerapan sebesar 77%.

Kata kunci: Barium heksaferit, nanokomposit, BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂, *mechanical milling*, gelombang mikro

ABSTRACT



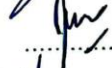




ADAYILA MUDA MUTIARA. *Synthesis of BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂ Nanocomposite Material as a Microwave Absorbing Application. Undergraduate Thesis, Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta. July 2024.*

Barium hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) is a permanent magnetic material with hard magnetic properties, making it a material that can be utilized in various advanced technological applications. A synthesis process of BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂ nanocomposite material has been carried out as an application for microwave absorption using the mechanical milling method. This research developed the synthesis of BaFe₁₂O₁₉ modified with the addition of Fe₃O₄ and SiO₂ elements at 0%, 5%, 10%, and 15%, as well as varying the milling time for 0 hours, 10 hours, 20 hours, and 50 hours. Digital microscope, Permagraph, and Vector Network Analyzer (VNA) were used to analyse the surface morphology, magnetic properties, and microwave absorption properties. The results obtained after four milling variations for each sample show that the grain size decreases with increasing milling time. The magnetic properties of the BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂ nanocomposite material show that the saturation magnetization (M_s), remanent magnetization (M_r), and coercivity (H_c) values decrease during 0 and 50 hours of milling. Meanwhile, during 10 and 20 hours of milling, there is an increase in the (M_r, M_s, and H_c) values. The BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂ nanocomposite material for x = 5% milled for 50 hours is effectively used as a microwave material application. This is because the longer the milling time, the smaller the RL value and the greater the percentage of microwaves absorbed by the material. These results are relevant to the results of previous studies. For 50 hours of milling, the RL value is approximately -13 dB at a frequency of around 9.8 GHz with an absorption of 95% for x = 5%. While the microwave absorption properties without milling for x = 10% have an RL value of less than -6.5 dB at a frequency of around 9.6 GHz with an absorption of 77%.

Keywords: Barium hexaferrite, nanocomposite, BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂, mechanical milling, microwave

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
ANALISIS MATERIAL NANOKOMPOSIT $BaFe_{12}O_{19}/Fe_3O_4/SiO_2$
SEBAGAI BAHAN PENYERAP GELOMBANG MIKRO

Nama : Adayila Muda Mutiara
No. Registrasi : 1306620005

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Muktiningsih N., M.Si NIP. 196405111989032001		31/07 24
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 197207281999031002		01/08 24
Ketua	: Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP. 197910102008011018		21/07 24
Sekretaris	: Dr. rer. nat. Bambang Heru I., M.Si NIP. 196804011994031002		21/07 24
Anggota			
Pembimbing I	: Prof. Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 197302012003121002		24/07 24
Pembimbing II	: Prof. Dr. Mangasi Alion M., M.Si NIP. 195711231987031003		29/07 24
Penguji I	: Prof. Dr. Agus Setyo Budi, M.Sc NIP. 196304261988031002		24/07 24

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 22 Juli 2024.

LEMBAR PERNYATAAN

Saya dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul **"Sintesis Material Nanokomposit BaFe₁₂O₁₉/Fe₃O₄/SiO₂ Sebagai Aplikasi Penyerap Gelombang Mikro"** dipersiapkan sebagai syarat untuk memperoleh program gelar Sarjana Sains Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta sebagai karya ilmiah saya sendiri dengan pengetahuan, keyakinan serta bimbingan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang dikumpulkan dari penulis terbitan lain yang disebutkan dalam skripsi ini telah dicantumkan dalam daftar pustaka sesuai dengan standar, kaidah, dan etika penulis ilmiah.

Apabila dikemudian hari ada sebagian besar dari skripsi ini bukan hasil karya saya, saya bersedia menerima pencabutan gelar akademik yang saya pegang serta bentuk penanganan lainnya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 13 Juli 2024



Adayila Muda Mutiara



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Adayila Muda Mutiara
NIM : 1306620005
Fakultas/Prodi : FMIPA/Fisika
Alamat email : adayilamuda@gmail.co

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

SINTESIS MATERIAL NANOKOMPOSIT BaFe12O19/Fe3O4/SiO2 SEBAGAI

BAHAN PENYERAP GELOMBANG MIKRO

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta

(Adayila Muda Mutiara)
nama dan tanda tangan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini berhasil diselesaikan. Jenis penelitian yang dipilih adalah penelitian eksperimen yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2024 sampai Juli 2024, tetapi sempat tertunda karena adanya perpindahan Lab selama beberapa bulan. Penelitian ini berjudul “Sintesis Material Nanokomposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ Sebagai Aplikasi Penyerap Gelombang Mikro”.

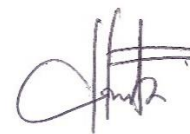
Keberhasilan dalam pelaksanaan penyusunan propoasal skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan serta dukungan dari semua pihak terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Erfan Handoko, M.Si selaku Dosen pembimbing I yang telah memberikan pengetahuan dan bimbingan kepada penulis.
2. Prof. Dr. Mangasi Alion Marpaung, M.Si selaku Dosen pembimbing II yang telah memberi masukan beserta saran.
3. Dr. Umiatin, M.Si selaku Koordinator Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNJ.
4. Dr. Anggara Budi Susila, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik
5. Seluruh pengajar Fisika, FMIPA UNJ atas ilmu yang telah diberikan selama menempuh pendidikan di UNJ.
6. Prof. Dr-ing. Mudrik Alaydrus dari Laboratorium Gelombang Mikro Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta yang telah memberikan fasilitas pengukuran *Vector Network analyzer* (VNA)
7. Prof. Dr. Azwar Manaf, M.Met dari Laboratorium Material Magnet Departemen Fisika, Unviersitas Indonesia yang telah memberikan fasilitas pengukuran Permagraph.

8. Kedua orang tua, Nenekku, Kak Zulfa, Bang Diki, Bang Danu, Baldan penulis ucapkan terima kasih banyak atas segala pengorbanan dan doa yang sudah dilakukan demi mewujudkan impian penulis menjadi seorang sarjana.
9. Teman satu bimbingan (Ghania, Novana, Jasmawati, Lili, Ariq, Fahril, Nando, Sahat, Fadli) yang selalu memberikan bantuan dalam pengambilan data di Laboratorium.
10. Teman satu kosan (Maria, Ndari, Shafa, Misti) yang telah menemani dalam penyusunan Skripsi ini.
11. Kepada Pak Fajrin, Kak Wulan, Bang Sidik, dan Bang Fajri selaku laboran Fisika FMIPA UNJ.

Kepada pihak dan nama-nama yang disebutkan diatas, semoga Tuhan Semesta Alam memberi balasan yang baik serta pahala yang berlipat. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk masukan, kritik dan saran yang membangun sebagai proses pembelajaran. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua Aamiin.

Jakarta, 13 Juli 2024



Adayila Muda Mutiara

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
A. <i>Electromagnetic Interference</i> (EMI)	5
B. Barium HeksaFerit ($BaFe_{12}O_{19}$)	6
C. Nanokomposit $BaFe_{12}O_{19}/Fe_3O_4/SiO_2$	7
D. Metode <i>Mechanical Milling</i>	11
E. Sifat Magnet Bahan.....	11
F. Material Penyerap Gelombang Mikro.....	13
G. Karakterisasi Material	14
H. Penelitian Relevan.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
A. Tempat dan Waktu Penelitian	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	22
A. Kesimpulan.....	22
B. Saran.....	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN.....	31
Lampiran 1	31

Lampiran 2	31
Lampiran 3	33
Lampiran 4	34
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Spektrum elektromagnetik	5
Gambar 2.2. Struktur barium heksaferit.....	7
Gambar 2.3. Struktur kristal magnetit (Fe_3O_4).....	8
Gambar 2.4. Struktur kristal SiO_2	9
Gambar 2.5. Kurva histerisis.....	10
Gambar 2.6 Cara kerja Planetary Ball Mill.....	11
Gambar 2.7. Ilustrasi susunan dipol magnetik dan loop histerisis.....	12
Gambar 2.8. Prinsip kerja penyerap dan gelombang elektromagnetik	13
Gambar 2.9. Jaringan dual port	15
Gambar 2.10. Reflection Loss (RL) pada ketebalan berbeda	16
Gambar 2.11. Reflection Loss (RL) $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dan $\text{BaCoZnFe}_{10}\text{O}_{19}$	17
Gambar 2.12. Reflection Loss (RL) komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$	18
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	
Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4.1 Proses sintesis nanokomposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4.2 Sampel hasil	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Pengujian morfologi permukaan material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Gambar 4.4 Morfologi permukaan material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4.5 Morfologi permukaan material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4.6 Morfologi permukaan material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4.7 Morfologi permukaan material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4.8 Morfologi permukaan material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$	Error!
Bookmark not defined.	

Gambar 4.9 Morfologi permukaan material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error!**
Bookmark not defined.

Gambar 4.10 Morfologi permukaan material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error!**
Bookmark not defined.

Gambar 4.11 Morfologi permukaan material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error!**
Bookmark not defined.

Gambar 4.12 Pengujian sifat kemagnetan sampel $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error!**
Bookmark not defined.

Gambar 4.13 Kurva histerisis material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error!** **Bookmark not defined.**

Gambar 4.14 Kurva histerisis material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error!** **Bookmark not defined.**

Gambar 4.15 Kurva histerisis material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error!** **Bookmark not defined.**

Gambar 4.16 Kurva histerisis material $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error!** **Bookmark not defined.**

Gambar 4.17 Grafik hubungan sifat magnetik (M_s , M_r dan H_c)**Error!** **Bookmark not defined.**

Gambar 4.18 Grafik hubungan sifat magnetik (M_s , M_r dan H_c)**Error!** **Bookmark not defined.**

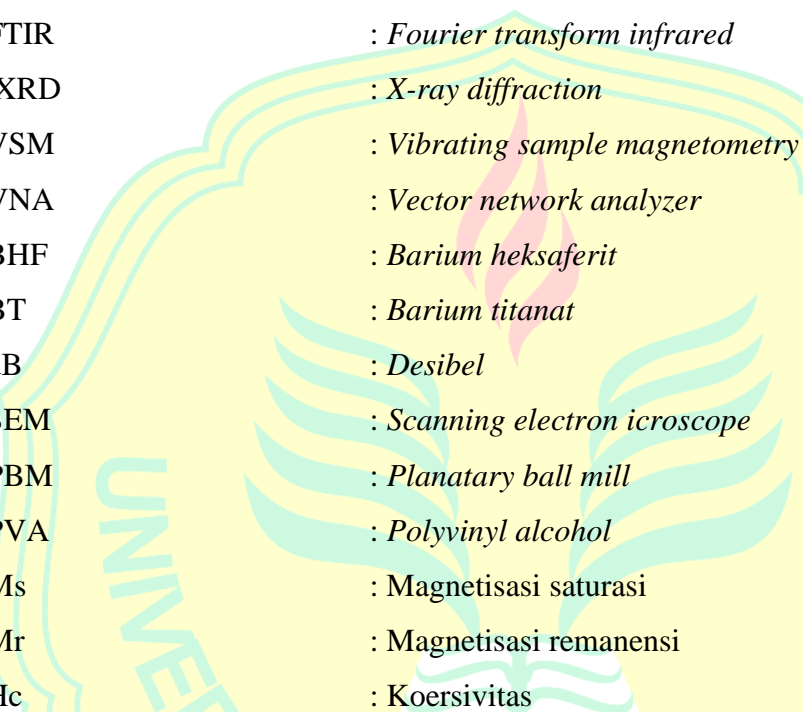
Gambar 4.19 Grafik hubungan sifat magnetik (M_s , M_r dan H_c)**Error!** **Bookmark not defined.**

Gambar 4.20 Pengujian sampel VNA.....**Error!** **Bookmark not defined.**

Gambar 4.21 Hasil pengukuran VNA.....**Error!** **Bookmark not defined.**

Gambar 4.22 Grafik RL dan $\text{Am}+\text{T}$ nanokomposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$.. **Error!**
Bookmark not defined.

DAFTAR SINGKATAN



GHz	: Gigahertz
EMI	: <i>Electronic interference</i>
RCS	: <i>Radar Crosssection</i>
RL	: <i>Reflection loss</i>
FTIR	: <i>Fourier transform infrared</i>
XRD	: <i>X-ray diffraction</i>
VSM	: <i>Vibrating sample magnetometry</i>
VNA	: <i>Vector network analyzer</i>
BHF	: <i>Barium heksaferit</i>
BT	: <i>Barium titanat</i>
dB	: <i>Desibel</i>
SEM	: <i>Scanning electron icroscope</i>
PBM	: <i>Planatary ball mill</i>
PVA	: <i>Polyvinyl alcohol</i>
Ms	: Magnetisasi saturasi
Mr	: Magnetisasi remanensi
Hc	: Koersivitas

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Waktu penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.2 Perhitungan persentase $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.1 Sifat magnetik material nanokomposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.2 Sifat magnetik material nanokomposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.3 Sifat magnetik material nanokomposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.4 Data sifat penyerapan gelombang mikro**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 5 Data sifat penyerapan gelombang mikro**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.6 Data sifat penyerapan gelombang mikro**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.7 Data sifat penyerapan gelombang mikro**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.8 Peta hasil penelitian**Error! Bookmark not defined.**

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan presentase BaFe ₁₂ O ₁₉ /Fe ₃ O ₄ /SiO ₂	31
Lampiran 2 Alat Penelitian material nanokomposit BaFe ₁₂ O ₁₉ /Fe ₃ O ₄ /SiO ₂	31
Lampiran 3 Bahan penelitian material nanokomposit BaFe ₁₂ O ₁₉ /Fe ₃ O ₄ /SiO ₂	33
Lampiran 4 Alat uji karakterisasi nanokomposit BaFe ₁₂ O ₁₉ /Fe ₃ O ₄ /SiO ₂	34

