

**PENGARUH PENAMBAHAN SERABUT KELAPA
PADA MATERIAL MAGNET FILLER KOMPOSIT
 $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ /Karbon Aktif MELALUI METODE
MECHANICAL MILLING UNTUK APLIKASI
PENYERAP GELOMBANG RADAR**

Skripsi

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



**Naufal Nafis
1306621006**

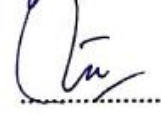
**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**Pengaruh Penambahan Serabut Kelapa Pada Material Magnet Filler
Komposit BaFe₁₂O₁₉/Karbon Aktif Melalui Metode *Mechanical Milling*
Untuk Aplikasi Penyerap Gelombang Radar**

Nama Mahasiswa : Naufal Nafis

NIM : 1306621006

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab:			
Dekan	: Dr. Hadi Nasbey, M.Si. NIP. 197909162005011004		12/08 2025
Wakil Penanggung Jawab:			
Wakil Dekan I	: Dr. Meiliasari, M.Sc NIP. 197905042009122002		11/08 2025
Ketua	: Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si NIP. 198205262008121001		31/07 2025
Sekretaris	: Fachriza Fathan, M.Si NIP. 199203102024061002		31/07 2025
Anggota:			
Pembimbing I	: Prof. Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 197302012003121002		4/08 2025
Pembimbing II	: Prof. Dr. Mangasi Alion M, M.Si NIP. 195711231987031002		1/08 2025
Penguji	: Dr. Zulkarnain Jalil, M.Si NIP. 1969122919994031002		31/07 2025

Dinyatakan lulus ujian sidang skripsi pada tanggal 30 Juli 2025

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi berjudul **“Pengaruh Penambahan Serabut Kelapa Pada Material Magnet Filler Komposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ /Karbon Aktif Melalui Metode *Mechanical Milling* Untuk Aplikasi Penyerap Gelombang Radar”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta adalah benar karya ilmiah saya dengan mendapat arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang saya pakai sebagai referensi dalam skripsi ini, diperoleh dari penulis lain yang telah dicantumkan dalam daftar pustaka yang sesuai dengan standar, kaidah, dan etika penulis ilmiah.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terdapat unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi-sanksi lainnya dan bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 18 Juli 2025



Naufal Nafis

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah, Tuhan Semesta Alam yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **“Pengaruh Penambahan Serabut Kelapa Pada Material Magnet Filler Komposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ / Karbon Aktif Melalui Metode *Mechanical Milling* Untuk Aplikasi Penyerap Gelombang Radar”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Kesuksesan dalam pelaksanaan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan serta dukungan dari semua pihak yang 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 dan juga selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengetahuan dan bimbingan kepada penulis.
2. Prof. Dr. Mangasi Alion Marpaung, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan pengetahuan dan bimbingan kepada penulis.
3. Prof. Dr-ing. Mudrik Alaydrus dari Laboratorium Gelombang Mikro Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana Jakarta yang telah memberikan fasilitas pengukuran *Vector Network Analyzer* (VNA)
4. Prof. Dr. Azwar Manaf, M.Met dari Laboratorium Material Magnet Departemen Fisika, Universitas Indonesia yang telah memberikan fasilitas pengukuran Permagraph
5. Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta.
6. Haris Suhendar, M.Sc selaku Kepala Laboratorium Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta.

7. Muhammad Fajrin, S.T dan Muhammad Fajri Zetra, S.Si selaku Laboran yang telah membantu dan mendampingi setiap kegiatan di Laboratorium Fisika Material
8. Bapak Supriyadi Widjaya dan Ibu Nia selaku kedua orang tua penulis, serta kedua adik penulis Muhamad Genta Pratisena dan Latifa Anindita Mahanipuna yang telah memberikan dukungan, semangat, doa, dan saran-saran kepada penulis dalam menyusun skripsi.
9. Adhiyaksa, Annisa, Asza, Fikri, Fitri, Nadhifa, Navida, Nurul, dan Sekar selaku teman satu bimbingan penulis yang telah bekerja sama dan selalu memberikan dukungan, semangat, doa, dan bantuan dalam pengambilan data di laboratorium.
10. Teman-teman Program Studi Fisika 21 atas kebersamaannya selama perkuliahan di Universitas Negeri Jakarta hingga penyusunan Skripsi ini.
11. Syifa Azahra atas semua doa, dukungan, dan pengertian yang senantiasa diberikan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
12. Terima kasih penulis ucapkan kepada pribadi ini atas keberanian untuk memulai, keteguhan untuk bertahan, dan keyakinan untuk menyelesaikan perjalanan ini hingga tuntas.

Kepada semua pihak dan nama-nama yang telah disebutkan di atas, semoga Tuhan Semesta Alam yang memberi balasan yang baik dengan pahala yang berlipat ganda. Penulis tentu juga menyadari banyaknya kekurangan dan kesalahan pada penulisan Skripsi ini, oleh karena itu diharapkan adanya kritik dan saran yang membangun sebagai proses pembelajaran. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua

Jakarta, 18 Juli 2025



Naufal Nafis

ABSTRAK

NAUFAL NAFIS. Pengaruh Penambahan Serabut Kelapa Pada Material Magnet Filler Komposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ /Karbon Aktif Melalui Metode *Mechanical Milling* Untuk Aplikasi Penyerap Gelombang Radar. Di Bawah Bimbingan ERFAN HANDOKO, MANGASI ALION MARPAUNG.

$\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ merupakan bahan yang sering digunakan dalam aplikasi penyerapan gelombang radar. Penambahan Karbon Aktif juga dinilai dapat menciptakan material komposit yang memiliki penyerapan lebih baik. Selain itu, penambahan Serabut Kelapa sebagai matriks dan dikombinasikan dengan filler berpotensi menghasilkan suatu material penyerap gelombang radar yang optimal. Metode yang digunakan adalah *mechanical milling* dengan variasi komposisi filler $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ /Karbon Aktif ($x = 0; 5; 10; 15$) serta variasi material magnet filler komposit Serabut Kelapa + $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ /Karbon Aktif ($x = 100; 90; 80; 70; 60$). Karakterisasi dilakukan menggunakan permagraph untuk sifat magnetik dan *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk sifat penyerapan gelombang mikro pada frekuensi *X-band*. Pengujian sifat magnetik sampel filler menunjukkan penurunan pada Magnetisasi Remanensi (M_r), Magnetisasi Saturasi (M_s), dan medan Koersivitas (H_c). Nilai koersivitas yang besar menunjukkan material termasuk *hard magnetic*. Hasil VNA menunjukkan sampel filler $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ murni ($x = 0$) paling optimal dengan nilai RL minimum -15,52 dB pada frekuensi 11,45 GHz dan efisiensi penyerapan maksimum A_m+T mencapai 97,20%, sedangkan untuk sampel filler komposit paling optimal adalah variasi kode D; $x = 60$ dengan nilai RL minimum sebesar -31.8132 dB pada frekuensi 12.6138 GHz dan efisiensi penyerapan maksimum A_m+T mencapai 99.93%.

Kata Kunci: $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, Karbon Aktif, Serabut Kelapa, *Mechanical Milling*, Penyerap Gelombang Radar, Reflection Loss (RL)

ABSTRACT

NAUFAL NAFIS. The Effect of Coconut Fiber Addition on $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ /Activated Carbon Composite Magnetic Filler Materials Prepared by Mechanical Milling Method for Radar Absorbing Applications. Supervised by ERFAN HANDOKO and MANGASI ALION MARPAUNG.

$\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ is a material that is frequently used in radar wave absorption applications. The addition of Activated Carbon is also considered capable of creating a composite material with improved absorption properties. Furthermore, the incorporation of Coconut Fiber as a matrix combined with fillers has the potential to produce an optimal radar-absorbing material. The method used in this study was mechanical milling with variations in the $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ /Activated Carbon filler composition ($x = 0; 5; 10; 15$) as well as variations in the composite filler material consisting of Coconut Fiber + $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ /Activated Carbon ($x = 100; 90; 80; 70; 60$). Characterizations were conducted using a permagraph to determine magnetic properties and a Vector Network Analyzer (VNA) to measure microwave absorption properties within the X-band frequency range. Magnetic property testing of the filler samples showed a decrease in Remanent Magnetization (M_r), Saturation Magnetization (M_s), and Coercivity (H_c). The relatively high coercivity values indicate that the material is classified as hard magnetic. The VNA results showed that the pure $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ filler sample ($x = 0$) exhibited the most optimal absorption with a minimum RL value of -15.52 dB at a frequency of 11.45 GHz and a maximum absorption efficiency (A_m+T) reaching 97.20%. Meanwhile, for the composite filler samples, the most optimal variation was sample code D; $x = 60$, which exhibited a minimum RL value of -31.8132 dB at a frequency of 12.6138 GHz and a maximum absorption efficiency (A_m+T) reaching 99.93%.

Keyword: $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, Activated Carbon, Coconut Fiber, Mechanical Milling, Radar Absorbing Material Reflection Loss (RL)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	4
 BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	 5
A. Serabut Kelapa.....	5
B. Barium Heksaferit	6
C. Karbon Aktif.....	9
D. Material Magnetik	11
E. Aplikasi Material Magnetik.....	12
F. Karakterisasi Kemagnetan.....	13
1. Paramagnetik	13
2. Diamagnetik.....	14
3. Feromagnetik	15
4. Antiferomagnetik	15
5. Superparamagnetik	16
G. Metode Mechanical Milling	16
H. Penelitian Terdahulu.....	18

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	23
A.	Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	23
B.	Metode Penelitian.....	23
1.	Alat dan Bahan Penelitian.....	24
2.	Prosedur Penelitian	24
2.1.	Preparasi Bahan	27
2.2.	Pencampuran Filler.....	29
2.3.	Penghalusan Matriks.....	29
2.4.	Kompaksi Material Filler.....	30
2.5.	Penghalusan dan Pencampuran.....	30
2.6.	Karakterisasi Material.....	30
C.	Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	31
1.	Teknik Pengumpulan Data.....	31
2.	Teknik Analisis Data	31
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	32
A.	Hasil dan Analisis Sintesis Material	34
B.	Hasil dan Analisis Sifat Magnetik Material	37
C.	Hasil dan Analisis Sifat Penyerapan Gelombang Material	42
D.	Kelebihan dan Kekurangan Penelitian	53
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
A.	Kesimpulan.....	54
B.	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		62
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		75

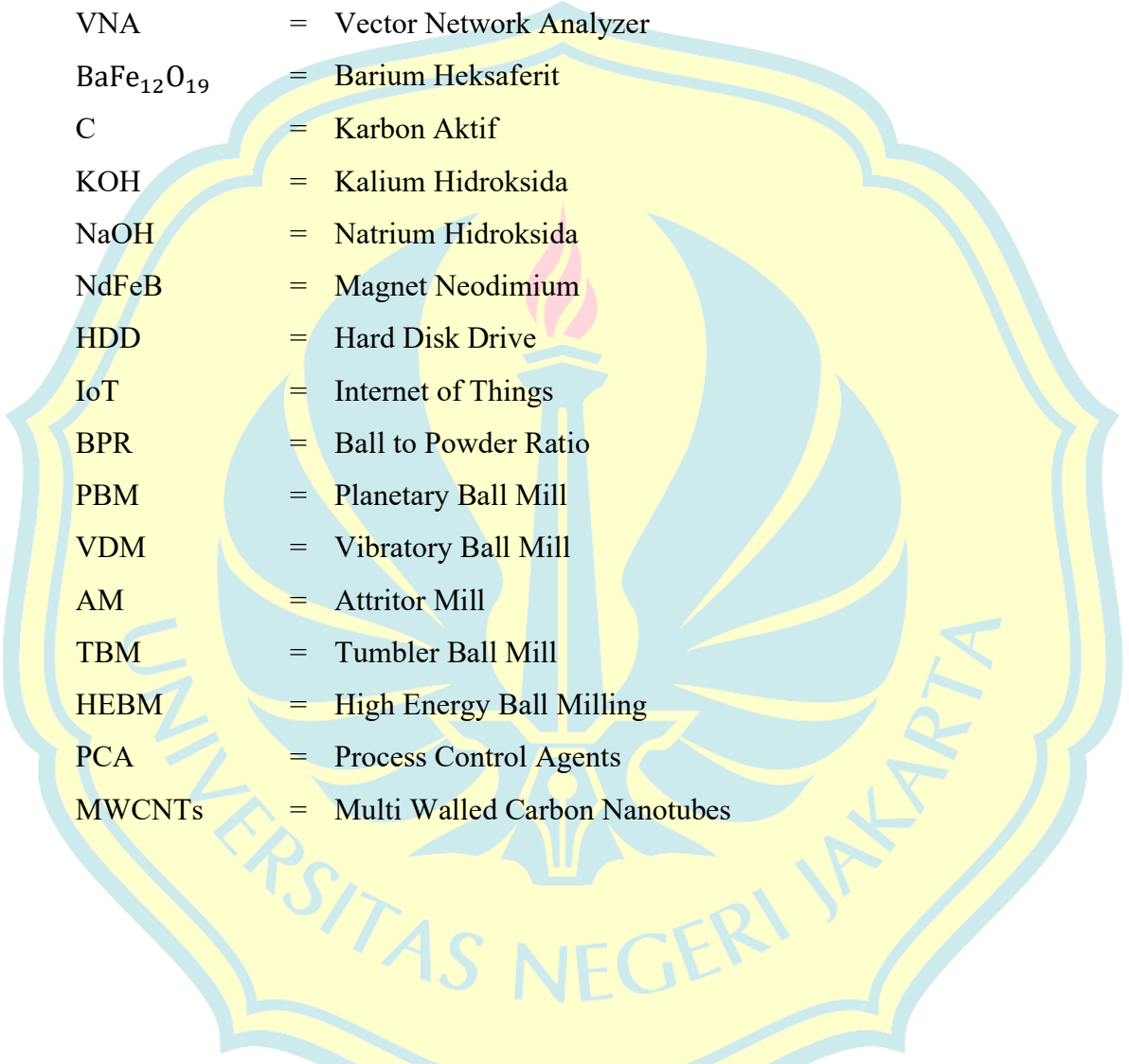
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Kegiatan Penelitian 2025	23
Tabel 3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	24
Tabel 3.3. Komposisi bahan penyusun filler BaFe12O19/Karbon Aktif.....	27
Tabel 3.4. Komposisi bahan penyusun material magnet filler komposit Serabut Kelapa + BaFe12O19/Karbon Aktif	28
Tabel 4.1. Massa sampel pada setiap tahap material filler BaFe12O19/Karbon Aktif	35
Tabel 4.2. Massa sampel pada setiap tahap material magnet filler komposit Serabut Kelapa + BaFe12O19/Karbon Aktif	36
Tabel 4.3. Nilai sifat magnetik material BaFe12O19/Karbon Aktif.....	39
Tabel 4.4. Data sifat penyerapan gelombang mikro dari material filler BaFe12O19/Karbon Aktif	47
Tabel 4.5. Data sifat penyerapan gelombang mikro dari material filler BaFe12O19/Karbon Aktif	47
Tabel 4.6. Data sifat penyerapan gelombang mikro dari material magnet filler komposit Serabut Kelapa + BaFe12O19/Karbon Aktif.....	51
Tabel 4.7. Data sifat penyerapan gelombang mikro dari material magnet filler komposit Serabut Kelapa + BaFe12O19/Karbon Aktif.....	51
Tabel 4.8. Kelebihan dan Kekurangan Penelitian.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Serabut Kelapa Kering	5
Gambar 2.2.	Struktur Barium Heksaferit	7
Gambar 2.3.	Sampel Barium Heksaferit	8
Gambar 2.4.	Sampel Karbon Aktif Bubuk	10
Gambar 2.5.	Loop Histerisis Magnet Keras dan Magnet Lunak	11
Gambar 2.6.	Penerapan Aplikasi Material Magnet berbasis IoT	12
Gambar 2.7.	Perilaku Paramagnetik	14
Gambar 2.8.	Momen Magnetik Material Diamagnetik	14
Gambar 2.9.	Perilaku Feromagnetik	15
Gambar 2.10.	Material Antiferomagnetik	15
Gambar 2.11.	Penerapan Superparamagnetik di berbagai bidang	16
Gambar 2.12.	Planetary Ball Mill	17
Gambar 2.13.	Kurva Hysteresis dari (a). BaFe12O19, (b). 0.5 C/BaFe12O19, (c). 1.0 C/BaFe12O19, (d). 1.5 C/BaFe12O19, dan (e). 2.0 C/BaFe12O19	19
Gambar 2.14.	Kurva Reflection Loss dari (a). BaFe12O19, (b). C, (c). 0.5 C/BaFe12O19, (d). 1.0 C/BaFe12O19, dan (e). 2.0 C/BaFe12O19	19
Gambar 2.15.	Kurva sifat magnetik dari nanokomposit BaCuxMgxZr2xFe12 – 4xO19/MWCNTs dengan semua variasi (x)	20
Gambar 2.16.	Kurva reflection loss dari sampel x = 0.5 dengan ketebalan yang berbeda-beda	21
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 4.1.	Proses Sintesis Material	33
Gambar 4.2.	Sampel Material	34
Gambar 4.3.	Pengujian Sifat Magnetik menggunakan alat Permagraph	37
Gambar 4.4.	Kurva hysteresis sampel material BaFe12O19/Karbon Aktif	38
Gambar 4.5.	Grafik hubungan Ms, Mr, dan Hc material BaFe12O19 terhadap penambahan komposisi material Karbon Aktif	40
Gambar 4.6.	Kurva hysteresis material BaFe12O19/Karbon Aktif dengan variasi x = 0; x = 5; x = 10; x = 15	41
Gambar 4.7.	Proses pengujian VNA	43
Gambar 4.8.	Grafik pengukuran VNA sampel material filler BaFe12O19/ Karbon Aktif. (a). x = 0 (b). x = 5 (c) x = 10 (d). x = 15	45
Gambar 4.9.	Grafik RL dan Am+T dari material filler BaFe12O19/Karbon Aktif	46
Gambar 4.10.	Grafik pengukuran VNA sampel material magnet filler komposit Serabut Kelapa + BaFe12O19/Karbon Aktif. (a). Kode A; x = 100 (b). Kode D; x = 60	49
Gambar 4.11.	Grafik RL dan Am+T dari material filler komposit Serabut Kelapa + BaFe12O19/Karbon Aktif	50

DAFTAR SINGKATAN



RAM	=	Radar Absorbing Material
CAGR	=	Compounded Annual Growth Rate
XRD	=	X-Ray Diffraction
VNA	=	Vector Network Analyzer
BaFe ₁₂ O ₁₉	=	Barium Heksaferit
C	=	Karbon Aktif
KOH	=	Kalium Hidroksida
NaOH	=	Natrium Hidroksida
NdFeB	=	Magnet Neodimium
HDD	=	Hard Disk Drive
IoT	=	Internet of Things
BPR	=	Ball to Powder Ratio
PBM	=	Planetary Ball Mill
VDM	=	Vibratory Ball Mill
AM	=	Attritor Mill
TBM	=	Tumbler Ball Mill
HEBM	=	High Energy Ball Milling
PCA	=	Process Control Agents
MWCNTs	=	Multi Walled Carbon Nanotubes