

**SINTESIS MATERIAL KOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$   
BERBAHAN BAKU LOKAL UNTUK APLIKASI  
SERAPAN GELOMBANG MILIMETER**

**Skripsi**

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





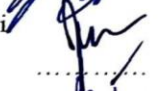



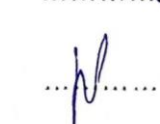
**Novana Dwi Anggara Putri  
1306620057**

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

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### SINTESIS MATERIAL KOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ BERBAHAN BAKU LOKAL UNTUK APLIKASI SERAPAN GELOMBANG MILIMETER

Nama : Novana Dwi Anggara Putri  
No. Registrasi : 1306620057

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<b>Penanggung Jawab</b>			
Dekan	: Prof. Dr. Muktiningsih N., M.Si NIP. 196405111989032001		01/08/2024
<b>Wakil Penanggung Jawab</b>			
Wakil Dekan I	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 197207281999031002		25/07/2024
Ketua	: Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP. 197910102008011018		24/07/2024
Sekretaris	: Haris Suhendar, M.Si NIP. 199404282022031006		19/07/2024
<b>Anggota</b>			
Pembimbing I	: Prof. Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 197302012003121002		22/07/2024
Pembimbing II	: Prof. Dr. Mangasi Alion M., M.Si NIP. 195711231987031003		22/07/2024
Penguji	: Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si NIP. 198205262008121001		23/07/2024

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 18 Juli 2024.

## LEMBAR ORISINALITAS

Saya dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Sintesis Material Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  Berbahan Baku Lokal untuk Aplikasi Serapan Gelombang Milimeter**” disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta merupakan karya ilmiah saya yang disusun dengan arahan dan bimbingan dari dosen pembimbing.

Semua informasi dan referensi dari penulis lain terkait jurnal yang dipublikasikan dan menjadi sumber dari penyusunan skripsi ini telah dicantumkan pada Daftar Pustaka sesuai pedoman dan kaidah penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar dari skripsi ini bukan hasil karya saya, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik saya dan sanksi-sanksi lainnya sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 10 Juli 2024



Novana Dwi Anggara Putri

## LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI



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](http://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 : Novana Dwi Anggara Putri  
NIM : 1306620057  
Fakultas/Prodi : FMIPA / Fisika  
Alamat email : novanovanas@gmail.com

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 Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  Berbahan Baku Lokal  
untuk Aplikasi Serapan Gelombang Milimeter

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, 05 Agustus 2024

Penulis

(Novana Dwi Anggara Putri)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “**Sintesis Material Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub> Berbahan Baku Lokal untuk Aplikasi Serapan Gelombang Milimeter**”.

Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bantuan, dukungan, dan dorongan dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Erfan Handoko, M.Si selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, waktu, motivasi, serta saran yang dapat membangun.
2. Prof. Dr. Mangasi Alion Marpaung, M.Si selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, waktu, motivasi, serta saran yang membangun.
3. Dr. Umiatin, M.Si selaku Koordinator Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNJ.
4. Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Prof. Dr-ing. Mudrik Alaydrus dari laboratorium Gelombang Mikro Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana Jakarta yang telah memberikan izin untuk menggunakan fasilitas pengukuran *Vector Network Analyzer* (VNA).
6. Prof. Dr. Azwar Manaf, M.Met dari laboratorium Material Magnet Departemen Fisika, Universitas Indonesia yang telah memberikan izin untuk menggunakan fasilitas pengukuran Permagraph.
7. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungannya, segala pengorbanan doa yang sangat berarti dalam proses perkuliahan dan masa penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunan ini. Namun, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat untuk semuanya.

Jakarta, 10 Juli 2024



Novana Dwi Anggara Putri



## ABSTRAK

**NOVANA DWI ANGGARA PUTRI.** Sintesis Material Komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  Berbahan Baku Lokal untuk Aplikasi Serapan Gelombang Milimeter, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Juli 2024.

Sifat magnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan sifat dielektrik  $\text{SiO}_2$  dapat menyerap gelombang dengan baik pada frekuensi milimeter. Material  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  disintesis menggunakan metode *mechanical milling* selama 10 jam dengan konsentrasi 0 wt%, 5 wt%, 10 wt%, 20 wt%, dan 30 wt%. Morfologi permukaan  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  terlihat sangat jelas ketika menggunakan perbesaran 1300x. Setelah *milling* material  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  memiliki permukaan yang lebih halus dan aglomerasi semakin berkurang. Sifat magnetik material berubah seiring bertambahnya konsentrasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ . Semakin banyak konsentrasi  $\text{SiO}_2$ , nilai  $M_s$  dan  $M_r$  semakin menurun, sedangkan nilai  $H_c$  semakin meningkat tetapi tidak konstan. Berdasarkan nilai  $H_c$  yang didapatkan,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  termasuk material *soft magnetic*. Sebelum *milling*, konsentrasi material  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  yang memiliki nilai RL minimum dan penyerapan paling optimum adalah  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  20 wt% saat frekuensi 35 – 36 GHz dengan penyerapan sebesar 92%. Setelah dilakukan proses *milling*, material  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  dapat menyerap dengan baik saat frekuensi 34 – 38 GHz pada konsentrasi  $\text{SiO}_2$  30 wt% dengan penyerapan sebesar 83%. Sedangkan material 0 wt% baru bisa menyerap gelombang milimeter dengan optimum saat frekuensi 39 – 40 GHz dengan penyerapan sebesar 93%.

**Kata kunci:**  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ , *mechanical milling*, gelombang milimeter.

## ABSTRACT

**NOVANA DWI ANGGARA PUTRI.** *Synthesis of  $Fe_3O_4/SiO_2$  Composite Materials from Local Raw Materials for Millimeter Wave Absorption Applications, Physics Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta, July 2024.*

*$Fe_3O_4$ 's magnetic properties and  $SiO_2$ 's dielectric properties can absorb waves well at millimeter frequencies.  $Fe_3O_4/SiO_2$  material was synthesized using the mechanical milling method for 10 hours with concentrations of 0 wt%, 5 wt%, 10 wt%, 20 wt%, and 30 wt%. The surface morphology of  $Fe_3O_4/SiO_2$  is very clear when viewed at 1300x magnification. After milling, the  $Fe_3O_4/SiO_2$  material has a smoother surface and reduced agglomeration. The magnetic properties of the material change as the concentration of  $Fe_3O_4/SiO_2$  increases. The more concentrations of  $SiO_2$ , the values of  $M_s$  and  $M_r$  decrease, whereas the value of  $H_c$  increases but is not constant. Based on the  $H_c$  value obtained,  $Fe_3O_4/SiO_2$  includes soft magnetic material. Before milling, the  $Fe_3O_4/SiO_2$  material concentration that has the minimum RL value and the most optimal absorption is 20 wt%  $Fe_3O_4/SiO_2$  at a frequency of 35 – 36 GHz with an absorptions of 92%. After the milling process,  $Fe_3O_4/SiO_2$  material can absorb well at frequencies 34 – 38 GHz at a concentration of 30 Wt%  $SiO_2$ , with absorptions of 93%.*

**Key word:**  *$Fe_3O_4/SiO_2$ , mechanical milling, millimeter wave.*



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	ii
LEMBAR ORISINALITAS .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR SINGKATAN .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Komposit.....	4
B. Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan Silikon Dioksida ( $\text{SiO}_2$ ).....	4
C. Metode <i>Mechanical Milling</i> .....	6
D. Serapan Gelombang Milimeter.....	8
E. Sifat Magnetik Material .....	10
F. Karakterisasi Suatu Material .....	13
G. Penelitian Relevan .....	17
H. Kerangka Berpikir.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
B. Metode Penelitian .....	22
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
A. Hasil dan Analisa Morfologi Permukaan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	31
B. Hasil dan Analisa Permagraph $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	35
D. Hasil dan Analisa <i>Vector Network Analyzer</i> $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	42
BAB V PENUTUP.....	49
A. Kesimpulan .....	49
B. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA .....	50
LAMPIRAN .....	55
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal rancangan penelitian .....	22
Tabel 3.2 Komposisi pembentuk $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	24
Tabel 3.3 Data karakterisasi permagraph pada material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	27
Tabel 3.4 Data karakterisasi VNA pada material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	28
Tabel 4.1 Sifat kemagnetan material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ sebelum <i>milling</i> .....	38
Tabel 4.2 Sifat kemagnetan material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ sesudah <i>milling</i> .....	38
Tabel 4.3 Data sifat penyerapan gelombang milimeter pada sampel $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ sebelum dilakukan <i>milling</i> .....	42
Tabel 4.4 Data sifat penyerapan gelombang milimeter pada sampel $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ sesudah dilakukan <i>milling</i> .....	43



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur kristal dari (a) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ dan (b) $\text{SiO}_2$ .....	5
Gambar 2.2	Prinsip metode <i>ball mill</i> untuk mengurangi ukuran partikel ...	8
Gambar 2.3	Skema gelombang elektromagnetik.....	8
Gambar 2.4	Spektrum 5G aplikasi gelombang millimeter.....	9
Gambar 2.5	Kurva histeresis untuk bahan feromagnetik: (a) $M$ vs $H$ : $M_r$ adalah magnetisasi sisa pada $H = 0$ (b) $B$ vs $H$ .....	11
Gambar 2.6	Momen magnetik bahan diamagnetik tanpa medan eksternal ( $H = 0$ ) dan dengan medan eksternal ( $H$ ) .....	11
Gambar 2.7	Momen magnetik bahan paramagnetik tanpa medan eksternal ( $H = 0$ ) dan dengan medan eksternal ( $H$ ) .....	12
Gambar 2.8	Momen magnetic bahan feromagnetik.....	12
Gambar 2.9	Alat Permagraph, Magnet-Physik.....	14
Gambar 2.10	Alat VNA.....	14
Gambar 2.11	Prinsip kerja VNA .....	15
Gambar 2.12	Pola difraksi $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dan hasil penghalusannya.....	18
Gambar 2.13	Perilaku magnetisasi komposit (a) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ (c) $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ .....	19
Gambar 2.14	Nilai <i>reflection loss</i> $\text{Fe}_3\text{O}_4@/\text{SiO}_2$ pada berbagai ketebalan dengan variasi 0wt%, 2wt%, 4wt%, dan 6wt% .....	19
Gambar 4.1	Proses sintesis material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	29
Gambar 4.2	Sampel hasil (a) <i>milling</i> 1 jam (b) <i>mixing</i> 2 jam (c) <i>milling</i> 10 jam (d) pellet permagraph.....	30
Gambar 4.3	Pengujian morfologi permukaan material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dengan alat optik .....	31
Gambar 4.4	Morfologi permukaan material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dengan 500 kali perbesaran (a) 0 wt% sebelum <i>milling</i> , (b) 0 wt% sesudah <i>milling</i> , (c) 5 wt% sebelum <i>milling</i> , (d) 5 wt% sesudah <i>milling</i> , (e) 10 wt% sebelum <i>milling</i> , (f) 10 wt% sesudah <i>milling</i> , (g) 20 wt% sebelum <i>milling</i> , (h) 20 wt% sesudah <i>milling</i> , (i) 30 wt% sebelum <i>milling</i> , (j) 30 wt% sesudah <i>milling</i> .....	33
Gambar 4.5	Morfologi permukaan material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dengan 1300 kali perbesaran (a) 0 wt% sebelum <i>milling</i> , (b) 0 wt% sesudah <i>milling</i> , (c) 5 wt% sebelum <i>milling</i> , (d) 5 wt% sesudah <i>milling</i> , (e) 10 wt% sebelum <i>milling</i> , (f) 10 wt% sesudah <i>milling</i> , (g) 20 wt% sebelum <i>milling</i> , (h) 20 wt% sesudah <i>milling</i> , (i) 30 wt% sebelum <i>milling</i> , (j) 30 wt% sesudah <i>milling</i> .....	35
Gambar 4.6	Pengujian sifat kemagnetan sampel $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	36
Gambar 4.7	Kurva <i>hysteresis</i> material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	37
Gambar 4.8	Grafik hubungan sifat magnetic (a) $M_r$ , (b) $M_s$ , (c) $H_c$ dengan penambahan massa $\text{SiO}_2$ (nilai x) sebelum <i>milling</i> .....	40
Gambar 4.9	Grafik hubungan sifat magnetik (a) $M_r$ , (b) $M_s$ , (c) $H_c$ dengan penambahan massa $\text{SiO}_2$ (nilai x) sesudah <i>milling</i> .....	40
Gambar 4.10	Kurva <i>hysteresis</i> material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ (a) sebelum <i>milling</i> , (b) sesudah <i>milling</i> .....	41

Gambar 4.11	Pengujian sifat penyerapan sampel $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	42
Gambar 4.12	Perbandingan nilai RL material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ sebelum dan sesudah <i>milling</i> .....	45
Gambar 4.13	Kurva pengaruh penambahan massa $\text{SiO}_2$ terhadap nilai RL $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ (a) RL sebelum <i>milling</i> , (b) Am + T sebelum <i>milling</i> , (c) Rl sesudah <i>milling</i> , (d) Am + T sesudah <i>milling</i> ...	47



## DAFTAR SINGKATAN

Am + T	<i>Absorption Material + Transmission</i>
dB	Desibel
EM	Elektromagnetik
GHz	Giga Hertz
nm	Nanometer
Mr	Magnetisasi Remanensi
Ms	Magnetisasi Saturasi
Hc	Koersivitas
µm	Mikrometer
PBM	<i>Planetary Ball Milling</i>
RC	Koefisien Refleksi
RL	Reflection Loss
TC	Koefisien Transmisi
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
VNA	<i>Vector Network Analyzer</i>
MA	<i>Mechanical Alloying</i>
MM	<i>Mechanical Milling</i>



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan massa sampel $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dengan variasi $\text{SiO}_2$ ..	55
Lampiran 2. Alat penelitian material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	56
Lampiran 3. Bahan penelitian material .....	57
Lampiran 4. Alat uji karakterisasi material $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ .....	58

