

**SINTESIS SISTEM $\text{ZnNd}_x\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ SEBAGAI BAHAN PENYERAP
GELOMBANG MIKRO**

(Skripsi)

Oleh

Saskia Tiana



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

SYNTHESIS OF $\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ SYSTEM AS MICROWAVE ABSORBER MATERIAL

By

Saskia Tiana

$\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ ($x = 0,005; 0,010; 0,015; 0,020$) as microwave absorber material were synthesized by the solid state method followed by the heat treatment at $1000\text{ }^\circ\text{C}$ for five hour. This research was conducted to get information the influence of Nd^{3+} substitution on morphological structure and absorption properties of $\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ material. The single phase of samples with composition of $x = 0,005; 0,010; 0,015$, and the multi phase of sample with composition of $x = 0,020$ was identified by XRD. The lattice parameters of ZnFe_2O_4 phase are found to decrease with increase in Nd^{3+} content. Morphological observation by SEM shows particles that tend to be spherical shaped. While the ability of microwaves absorption measured by using VNA indicates the maximum value of reflection loss (RL) up to $-16,74\text{ dB}$ at the composition of $x = 0,020$. It means the $\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ is material is able to absorb microwave up to $97,88\%$ at a frequency of $10,20\text{ GHz}$.

Keywords: neodymium, zinc ferrite, absorber.

ABSTRAK

SINTESIS SISTEM $\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ SEBAGAI BAHAN PENYERAP GELOMBANG MIKRO

Oleh

Saskia Tiana

Telah dilakukan sintesis penyerap gelombang mikro $\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ ($x = 0,005$; $0,010$; $0,015$; $0,020$) menggunakan metode reaksi padatan yang diikuti dengan pemanasan pada suhu $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 jam. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh substitusi ion Nd^{3+} terhadap struktur morfologi dan sifat penyerapan bahan $\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$. Keberadaan fasa tunggal pada sampel dengan nilai $x = 0,005$; $0,010$; $0,015$, dan multi fasa pada sampel dengan nilai $x = 0,020$ telah diidentifikasi menggunakan XRD. Parameter sel fasa ZnFe_2O_4 menurun seiring dengan peningkatan kadar ion Nd^{3+} . Pengamatan morfologi dengan SEM menunjukkan terbentuknya partikel yang cenderung berbentuk bulat. Sedangkan kemampuan penyerapan gelombang mikro yang diukur dengan alat VNA menunjukkan nilai *reflection loss* (RL) maksimum sebesar $-16,74\text{ dB}$ diperoleh pada sampel dengan nilai $x = 0,020$. Yang mengartikan bahwa material $\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ mampu menyerap gelombang mikro sebesar $97,88\%$ pada frekuensi $10,20\text{ GHz}$.

Kata kunci: Neodimium, zink ferit, penyerap gelombang.

**SINTESIS SISTEM $\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ SEBAGAI BAHAN PENYERAP
GELOMBANG MIKRO**

Oleh

SASKIA TIANA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FSIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi

: **SINTESIS SISTEM $ZnNd_{(x)}Fe_{(2-x)}O_4$
SEBAGAI BAHAN PENYERAP
GELOMBANG MIKRO**

Nama Mahasiswa

: **Saskia Tiana**

Nomor Induk Mahasiswa : 1417041080

Jurusan

: **Fisika**

Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Pembimbing I

Pembimbing II

[Signature]
Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.
NIP. 19610723 198603 1 003

[Signature]
Mashadi, M.Si.
NIP. 19710323 199503 1 002

Ketua Jurusan Fisika

[Signature]
Arif Surtano, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP. 19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.

Sekretaris : Mashadi, M.Si.

Penguji

Bukan Pembimbing: Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.

NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 17 Juli 2018

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebut dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juli 2018



Saskia Tiana
NPM. 1417041080

RIWAYAT HIDUP

Penulis yang bernama lengkap Saskia Tiana, dilahirkan di Bekasi pada tanggal 22 Agustus 1996 dari pasangan Bapak Zaenal Abidin dan Ibu Barilah sebagai anak pertama dari dua bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Harja Mekar 04 pada tahun 2008, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di MTs Al Mujahidin tahun 2011, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Cikarang Utara pada tahun 2014. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Fisika Universitas Lampung. Penulis pernah mengikuti KKN BKS-PTN Wilayah Barat Indonesia pada tahun 2017. Penulis juga pernah menjadi asisten Praktikum Fisika Dasar I, Pemrograman komputer, Fisika Komputasi, Eksperimen Fisika, dan Praktikum Optik. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di BATAN (Badan Tenaga Nuklir Nasional) Serpong Tangerang Selatan pada tahun 2017 dengan judul “**STUDI FASA $ZnFe_2O_4$ HASIL PROSES MILLING**”.

Motto

**Try not to become a man of success, but rather try to
become a man of value
(Albert Einstein)**

**Bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, kau akan jatuh diantara
bintang bintang
(Soekarno)**

**Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan
(QS. Alam Nasyroh: 5)**

PERSEMBAHAN

Dengan ketulusan dan rasa syukur kepada Allah SWT kupersembahkan karya ku ini kepada:

“ Kedua orang tua ku sebagai motivator terbesar dalam hidupku yang telah memberikan kasih sayang, semangat serta mendoakan bagi kesuksesan dan keberhasilan anaknya”

“Adikku tercinta, yang telah memberikan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini”

“Fisika 2014”

“Almamater Tercinta”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sintesis Sistem $ZnNd_{(x)}Fe_{(2-x)}O_4$ Sebagai Bahan Penyerap Gelombang Mikro”**. Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan juga melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Bandar Lampung, Juli 2018
Penulis,

Saskia Tiana

SANWACANA

Penulisan skripsi ini tentu tidak terlepas dari bantuan semua pihak yang tulus membantu, membimbing dan mendoakan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si sebagai pembimbing 1 skripsi yang tulus mengajari dan membantu penulis dalam penelitian, membimbing dan memberikan pemahaman.
2. Bapak Mashadi, M.Si sebagai pembimbing 2 yang telah memberikan masukan dan nasehat dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si, Ph. D sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan dan koreksi dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si selaku pembimbing akademik.
5. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila.
6. Bapak Drs. Yunasfi, M.Eng dan Bapak Dr. Wisnu Ari Adi yang senantiasa memberikan masukan, membimbing, dan serta memberikan motivasi dalam menyelesaikan skripsi.
7. Bapak Dr. Abu Khalid Rivai, Ibu Madesa, Bapak Ade, dan seluruh staf BATAN Serpong yang telah banyak membantu, mengarahkan, dan membimbing selama proses penelitian.
8. Mey, Apriliana, Mega, Nina, Ketrin, dan Latifah yang menjadi tempat bertukar pikiran selama proses pengerjaan skripsi.

9. Untuk Fauza RN terima kasih untuk waktu, dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Untuk Wa Nana, Laika, Suci, Dera, Arya, Ojik, Feryan, dan Denis terima kasih untuk semangat, doa, dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
11. Semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga atas segala bantuan, doa, motivasi, dan dukungan menjadi yang terbaik untuk penulis, dan kiranya semuanya diridhoi Allah SWT. Penulis berharap kiranya skripsi ini bermanfaat bagi semuanya.

Bandar Lampung, Juli 2018

Penulis

Saskia Tiana

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMA PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	6

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Mikro	7
2.2 Penyerap Gelombang Mikro	9
2.3 Zink Ferit	11
2.3.1 Karakteristik Zink Ferit	11
2.3.2 Struktur Kristal Zink Ferit	13
2.4 Neodimium (Nd)	14
2.4.1 Karakteristik Neodimium	14
2.4.2 Struktur Kristal Neodimium	15
2.5 Sintesis Zink Ferit ($ZnFe_2O_4$)	16
2.5.1 Metode Reaksi Padatan	16
2.5.1.1 Penggilingan Mekanik	17
2.5.2 Metode <i>Sol-Gel</i>	18
2.5.3 Metode Kopresipitasi	19

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Prosedur Penelitian	21
3.3.1 Preparasi Bahan	22
3.3.2 Proses Penggilingan	22
3.3.3 Proses Pengeringan	23
3.3.4 Sintering	23
3.3.5 Karakterisasi XRD	24
3.3.6 Karakterisasi SEM-EDX	25
3.3.7 Karakterisasi VNA	25
3.4 Diagram Alir Penelitian	26

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis Karakterisasi XRD	27
4.1.1 Hasil Analisis Sampel dengan Nilai $x = 0,005$	28
4.1.2 Hasil Analisis Sampel dengan Nilai $x = 0,010$	30
4.1.3 Hasil Analisis Sampel dengan Nilai $x = 0,015$	32
4.1.4 Hasil Analisis Sampel dengan Nilai $x = 0,020$	34
4.1.5 Hasil Analisis Fasa pada Semua Sampel	36
4.2 Hasil Karakterisasi SEM –EDX	37
4.2.1 Hasil SEM	38
4.2.2 Hasil EDX	40
4.3 Hasil Karakterisasi VNA	41

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur kristal zink ferit <i>franklinite</i> yang digambar kembali dengan program VESTA	13
Gambar 2.2 Struktur kristal neodimium yang digambar kembali dengan program VESTA.....	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	26
Gambar 4.1 Pola difraksi sinar-X sampel $ZnNd_xFe_{(2-x)}O_4$ ($x = 0,005$)	28
Gambar 4.2 <i>Refinement</i> pola difraksi sinar-X sampel $ZnNd_xFe_{(2-x)}O_4$ ($x = 0,005$)	29
Gambar 4.3 Pola difraksi sinar-X sampel $ZnNd_xFe_{(2-x)}O_4$ ($x = 0,010$)	30
Gambar 4.4 <i>Refinement</i> pola difraksi sinar-X sampel $ZnNd_xFe_{(2-x)}O_4$ ($x = 0,010$)	31
Gambar 4.5 Pola difraksi sinar-X sampel $ZnNd_xFe_{(2-x)}O_4$ ($x = 0,015$)	32
Gambar 4.6 <i>Refinement</i> pola difraksi sinar-X sampel $ZnNd_xFe_{(2-x)}O_4$ ($x = 0,015$)	33
Gambar 4.7 Pola difraksi sinar-X sampel $ZnNd_xFe_{(2-x)}O_4$ ($x = 0,020$)	34
Gambar 4.8 <i>Refinement</i> pola difraksi sinar-X sampel $ZnNd_xFe_{(2-x)}O_4$ ($x = 0,020$)	35
Gambar 4.9 Pola difraksi sinar-X $ZnNd_xFe_{(2-x)}O_4$ ($x = 0,005; 0,010; 0,015; 0,020$).....	36
Gambar 4.10 Morfologi SEM zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium dengan variasi nilai $x =$ (a) 0,005; (b) 0,010; (c) 0,015 dan (d) 0,020 yang <i>disintering</i> pada suhu 1000 °C.....	38

Gambar 4.11 Hasil EDX zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium dengan variasi nilai $x =$ (a) 0,005; (b) 0,010; (c) 0,015 dan (d) 0,020 yang *disintering* pada suhu 1000 °C40

Gambar 4.12 Grafik serapan gelombang mikro material $\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ 42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Pembagian pita frekuensi gelombang mikro.....	8
Tabel 2.2 Jangkauan frekuensi sistem radar	9
Tabel 2.3 Jangkauan frekuensi baru dalam sistem radar.....	9
Tabel 2.4 Ukuran beberapa sifat ferit yang telah <i>disintering</i>	12
Tabel 2.5 Karakteristik neodimium	15
Tabel 3.1 Hasil perhitungan massa bahan dasar	22
Tabel 4.1 Parameter sel, volume dan densitas pada semua sampel	37
Tabel 4.2 Kandungan unsur sampel $ZnNd_xFe_{(2-x)}O_4$	41
Tabel 4.3 Serapan gelombang mikro material $ZnNd_{(x)}Fe_{(2-x)}O_4$	43

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aplikasi gelombang mikro telah berkembang dengan pesat, seperti pada bidang fisika, kimia, astronomi, telekomunikasi, biomedik, dan bidang militer (Kaatze, 1995; Srivastava and Vijay, 2006). Hal ini menyebabkan semakin banyak gelombang mikro yang terpancar dalam bentuk radiasi gelombang mikro (An *et al.*, 2008), yang apabila tidak dikontrol maka akan mengakibatkan gangguan sinyal elektromagnetik atau yang sering disebut dengan interferensi gelombang elektromagnetik (*electromagnetic interference*), yang dapat menurunkan kinerja dari sistem lain yang ada di lingkungan sekitar (Zare, 2011). Salah satu cara yang efektif untuk dapat mereduksi radiasi tersebut adalah dengan menggunakan bahan penyerap gelombang mikro (Singh *et al.*, 1999).

Penyerap gelombang mikro ditandai dengan adanya permeabilitas dan permitivitas. Permeabilitas merupakan ukuran efek medan magnet gelombang elektromagnetik pada material, sedangkan permitivitas merupakan ukuran efek medan listrik gelombang elektromagnetik pada material. Hal ini disebabkan karena gelombang elektromagnetik terdiri dari medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus (Dixon 2012).

Salah satu material penyerap gelombang mikro yang sedang dikembangkan saat ini adalah material magnet berbasis ferit. Material ferit menjadi bahan yang sangat diminati peneliti dalam pengembangan bahan absorber karena permeabilitasnya yang tinggi (Singh *et al.*, 1999). Zink ferit (ZnFe_2O_4) merupakan salah satu jenis material ferit yang memiliki karakteristik berupa kinerja magnetik dan stabilitas kimia yang baik, memiliki medan koersifitas yang rendah, serta memiliki nilai saturasi magnetisasi yang sedang, sehingga membuat material ini banyak diaplikasikan dalam sirkuit frekuensi radio, filter dengan kualitas tinggi, dan bahan dengan kerugian rendah pada frekuensi tinggi (Sharma *et al.*, 2014). Keseluruhan interaksi penyerapan gelombang elektromagnetik diwakili oleh adanya *impedance matching* antara material (Z_{in}) dengan gelombang elektromagnetik (Z_0), sedangkan impedansi dipengaruhi oleh besarnya permeabilitas dan permitivitas material. Kondisi *impedance matching* terjadi jika $Z_{in} = Z_0$ yang mempresentasikan penyerapan sempurna (Wang *et al.*, 2018). Oleh karena itu, untuk meningkatkan kemampuan penyerapan gelombang elektromagnetik dari material zink ferit, diperlukan peningkatan permitivitas dengan mensubstitusi (*doping*) ion besi (Fe^{+3}) pada zink ferit dengan kation logam lain yang ukurannya hampir sama. Menurut Xie *et al* (2012) efisiensi doping dipengaruhi oleh perbedaan jari-jari ionik antara dopan dengan elemen yang akan disubstitusi.

Neodimium (Nd) merupakan salah satu logam tanah jarang yang sedang dikembangkan sebagai objek untuk meningkatkan sifat intrinsik suatu material. Ion neodimium (Nd^{+3}) memiliki jari-jari ionik yang hampir sama dengan ion besi (Fe^{+3}), jari-jari ionik Nd^{+3} dan Fe^{+3} berturut-turut adalah 1,12 Å dan 1,26 Å

(Bizimis and Howie, 2017). Menurut Yunasfi dkk (2017) substitusi sejumlah kecil ion logam tanah jarang ke dalam ferit akan meningkatkan sifat intrinsik ferit, sehingga dapat meningkatkan kemampuan penyerapannya. Substitusi neodimium terhadap ferit dapat meningkatkan resistivitas kompleks, membuat ukuran butir menjadi lebih kecil dan homogen (Xu *et al.*, 2010), dan menurunkan rugi-rugi arus eddy pada frekuensi tinggi (Agami, 2018). Resistivitas yang tinggi dan rendahnya rugi dielektrik membuat ferit ini cocok diaplikasikan dalam gelombang frekuensi tinggi (Shinde *et al.*, 2010). Hal ini menandakan bahwa substitusi neodimium dalam jumlah yang sedikit dapat meningkatkan karakteristik ferit (Wu *et al.*, 2015). Karakteristik ini dapat dikontrol melalui proses sintesis bahan yang digunakan (Naseri *et al.*, 2011).

Berbagai macam metode seperti metode kopresipitasi (Shinde *et al.*, 2010; Ladole, 2012; Sharma *et al.*, 2014), *solvothormal* (Gu *et al.*, 2016), *hydrothermal* (Sinthiya *et al.*, 2015), *sol-gel* (Khorrami *et al.*, 2011) dan reaksi padatan (Zapata and Herrera, 2013) telah banyak digunakan untuk mensintesis nanopartikel zink ferit. Dari kelima metode tersebut, metode reaksi padatan merupakan metode yang mudah dan efektif untuk dilakukan (Zhang *et al.*, 2015), karena cukup dengan mencampurkan bahan dan kemudian digiling untuk mendapatkan butiran serbuk yang halus. Lalu dilanjutkan dengan pemanasan suhu tinggi agar terbentuk fasa-fasa tunggal (Yunasfi *et al.*, 2017).

Sintesis zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium ($\text{ZnNd}_x\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$) telah dilakukan oleh Sharma *et al* (2014) dengan variasi nilai $x=0,012$; $0,025$; $0,050$; $0,075$, dan $0,1$ dengan menggunakan metode kopresipitasi dan suhu *sintering* $800\text{ }^\circ\text{C}$ selama satu jam. Pada penelitian ini diperoleh bahwa pada

sampel dengan nilai x (konsentrasi *doping*) 0,012 terbentuk spinel kubik zink ferit dengan fasa tunggal, namun pada sampel dengan nilai $x = 0,025; 0,050; 0,075$ dan 0,1 terbentuk multi fasa, yaitu fasa zink ferit *franklinite* ($ZnFe_2O_4$) dan fasa $NdFeO_3$. Ukuran kristal yang terdapat pada penelitian ini berkisar antara 16,8 nm – 29,5 nm, dan berbentuk bulat semu. Konstanta kisi, ukuran butir, dan rugi dielektrik menurun, namun resistivitasnya meningkat seiring dengan peningkatan kadar Nd^{3+} (Shinde *et al.*, 2010). Selain itu juga diketahui bahwa ferit ini berperilaku superparamagnetik dan memiliki *single magnetic domain* (Sharma *et al.*, 2014).

Berdasarkan uraian di atas maka mendorong penulis untuk melakukan penelitian dengan mensintesis serta mengkarakterisasi zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium dengan variasi nilai $x=0,005; 0,010; 0,015$ dan 0,020 dengan menggunakan metode reaksi padatan dan suhu *sintering* 1000 °C. Pada penelitian ini akan digunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal, *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) untuk mengetahui mikrostruktur, dan *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk mengetahui kemampuan penyerapan gelombang mikro.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mensintesis zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium dengan variasi nilai $x = 0,005; 0,010; 0,015$ dan 0,020 menggunakan reaksi padatan?
2. Bagaimana fasa yang terbentuk pada zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium menggunakan reaksi padatan pada suhu *sintering* 1000 °C?

3. Bagaimana pengaruh variasi nilai x terhadap struktur kristal $\text{ZnNd}_x\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$?
4. Bagaimana morfologi zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium menggunakan reaksi padatan pada suhu *sintering* $1000\text{ }^\circ\text{C}$?
5. Bagaimana kemampuan zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium dalam menyerap gelombang mikro?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui fasa yang terbentuk pada zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium menggunakan reaksi padatan pada suhu *sintering* $1000\text{ }^\circ\text{C}$.
2. Mengetahui pengaruh variasi nilai x terhadap struktur kristal $\text{ZnNd}_x\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$.
3. Mengetahui morfologi zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium menggunakan reaksi padatan pada suhu *sintering* $1000\text{ }^\circ\text{C}$.
4. Mengetahui kemampuan zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium dalam menyerap gelombang mikro.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah ZnO , Fe_2O_3 , dan Nd_2O_3 , dengan variasi nilai $x=0,005$; $0,010$; $0,015$ dan $0,020$.
2. Sintesis dilakukan dengan menggunakan metode reaksi padatan.
3. *Sintering* dilakukan pada suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$.
4. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX) dan *Vector Network Analyzer* (VNA).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui fasa, struktur kristal, struktur morfologi, dan kemampuan penyerapan bahan penyerap gelombang mikro berbasis ferit yang berasal dari zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium dengan variasi nilai $x=0,005$; $0,010$; $0,015$ dan $0,020$.
2. Menjadi bahan acuan bagi penelitian berikutnya yang ingin meneruskan pembuatan bahan penyerap gelombang mikro berbasis ferit yang berasal dari zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium.
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif dalam pemilihan bahan dasar pembuatan bahan penyerap gelombang mikro berbasis ferit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab II menjelaskan tentang beberapa konsep dasar teori yang mendukung topik penelitian. Pembahasan dimulai dengan penjelasan mengenai gelombang mikro, penyerap gelombang mikro, zink ferit (ZnFe_2O_4), karakteristik zink ferit, struktur kristal zink ferit, neodimium (Nd), karakteristik neodimium, struktur kristal neodimium, serta cara mensintesis zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium.

2.1 Gelombang Mikro

Gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik yang terdapat pada daerah jangkauan spektrum radio, yang memiliki frekuensi sangat tinggi, yaitu 300 MHz – 300 GHz dengan panjang gelombang 100 cm – 1 mm. Dalam spektrum radio, gelombang mikro terdapat pada daerah *ultrashort wave* (*Ultra High Frequency* – UHF) dengan frekuensi 0,3 – 3 GHz dan panjang gelombang 1 – 0,1 m, *supershort wave* (*Super High Frequency* – SHF) dengan frekuensi 3 – 30 GHz dan panjang gelombang 10 – 1 cm, dan *extreme short wave* (*Extreme High Frequency* – EHF) dengan frekuensi 30 – 300 GHz dan panjang gelombang 10 – 1 mm. Sesuai dengan rekomendasi Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), gelombang mikro dibagi atas beberapa pita frekuensi seperti yang terdapat pada Tabel 2.1 (Sisodia, 2007).

Tabel 2.1 Pembagian pita frekuensi gelombang mikro
(Sisodia, 2007; Srivastava and Vijay, 2006).

Pita	Frekuensi (GHz)	Panjang gelombang (cm)
P	0,230 – 1,000	130 – 30,0
L	1,000 – 2,000	30,0 – 15,0
S	2,000 – 4,000	15,0 – 7,50
C	4,000 – 8,000	7,50 – 3,75
X	8,000 – 12,00	3,75 – 2,40
Ku	12,00 – 18,00	2,40 – 1,67
K	18,00 – 26,00	1,67 – 1,13
Ka	26,00 – 40,00	1,13 – 0,75
Milimeter	40,00 – 300,0	0,75 – 0,10
Submilimeter	> 300,0	0,10 – 0,01

Gelombang mikro memiliki beberapa karakteristik yang unik, diantaranya yaitu ukuran panjang gelombang yang kecil, dan besarnya luas cakupan frekuensi. Selain itu gelombang mikro juga direfleksikan melalui sumber metalik dan merambat melalui ionosfer dengan refleksi dan absorpsi yang dapat diabaikan. Karena karakteristik tersebut, gelombang mikro banyak diaplikasikan dalam bidang astronomi, telekomunikasi, biomedik, dan bidang militer. Pada bidang astronomi, gelombang mikro diaplikasikan dalam radio astronomi, spektroskopi, dan riset material. Gelombang mikro secara luas digunakan dalam aplikasi telekomunikasi seperti radio seluler, sistem komunikasi personal (PCS), dan sistem operasi *broadcasting*. Dalam bidang medis, gelombang mikro digunakan untuk berbagai tujuan terapi, termasuk pengobatan tumor. Dalam bidang militer, gelombang mikro dimanfaatkan untuk sistem *radio detection and ranging* (radar) (Srivastava and Vijay, 2006). Radar merupakan sistem yang digunakan untuk mencari dan menentukan letak suatu benda melalui pemanfaatan gelombang mikro. Prinsip kerja Radar adalah menerima dan memantulkan gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh target. Klasifikasi jangkauan frekuensi pada sistem Radar ditunjukkan melalui Tabel 2.2 (Sisodia, 2007).

Tabel 2.2 Jangkauan frekuensi sistem radar (Sisodia, 2007).

Pita	Jangkauan Frekuensi (GHz)
P	0,225 – 0,390
L	0,390 – 1,550
S	1,550 – 3,900
C	3,900 – 6,200
X	6,200 – 10,90
K	10,90 – 36,00
Q	36,00 – 46,00
V	46,00 – 56,00
W	56,00 – 100,0

Jangkauan frekuensi sistem Radar di atas telah digunakan sejak Perang Dunia II meskipun telah ada jangkauan frekuensi baru seperti yang telah diadopsi oleh Departemen Pertahanan U.S sejak tahun 1970. Jangkauan frekuensi baru ditunjukkan pada Tabel 2.3 (Sisodia, 2007).

Tabel 2.3 Jangkauan frekuensi baru dalam sistem radar (Sisodia, 2007).

Pita	Jangkauan Frekuensi (GHz)
A	0,100 – 0,250
B	0,025 – 0,500
C	0,500 – 1,000
D	1,000 – 2,000
E	2,000 – 3,000
F	3,000 – 4,000
G	4,000 – 6,000
H	6,000 – 8,000
I	8,000 – 10,00
J	10,00 – 20,00
K	20,00 – 40,00
L	40,00 – 60,00
M	60,00 – 100,0

2.2 Penyerap Gelombang Mikro

Penyerap gelombang mikro merupakan bahan yang dapat melemahkan gelombang elektromagnetik. Penyerap gelombang ini diaplikasikan secara luas untuk mengeliminasi radiasi yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu pengoperasian suatu sistem. Penyerap secara eksternal dapat digunakan untuk

mereduksi refleksi atau transmisi suatu objek khusus, dan secara internal dapat digunakan untuk mereduksi osilasi yang disebabkan oleh resonansi suatu rongga. Penyerap gelombang ditandai melalui permitivitas elektrik dan permeabilitas magnetik. Permitivitas merupakan ukuran pengaruh material terhadap medan listrik yang terdapat di dalam gelombang elektromagnetik, dan permeabilitas merupakan ukuran pengaruh material terhadap komponen magnetik yang terdapat di dalam gelombang elektromagnetik. Permitivitas kompleks secara umum dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - j\varepsilon'' \quad (1)$$

Permitivitas muncul karena adanya polarisasi dielektrik pada material. ε' merupakan dielektrik konstan yang dapat berubah secara signifikan dengan adanya frekuensi. ε'' merupakan ukuran penyerapan pada medan listrik yang disebabkan oleh suatu material. *Dielectric loss tangent* pada suatu material dirumuskan sebagai berikut:

$$\tan \delta_e = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} \quad (2)$$

Semakin besar *loss tangent* pada suatu material, maka semakin besar pula kemampuan penyerapannya. Seperti permitivitas elektrik, permeabilitas magnetik juga dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu^* = \mu' - j\mu'' \quad (3)$$

sedangkan *magnetik loss tangent* pada suatu material dirumuskan sebagai berikut:

$$\tan \delta_m = \frac{\mu''}{\mu'} \quad (4)$$

Satuan permitivitas adalah farads/meter dan permeabilitas adalah henri/meter. Permitivitas dan permeabilitas ini memiliki kontribusi terhadap kompresi panjang

gelombang di dalam material. Kedua komponen ini akan menyebabkan adanya *loss* yang terjadi pada medan magnetik atau medan listrik, yang kemudian melemahkan energi di dalam gelombang elektromagnetik (Dixon, 2012).

2.3 Zink Ferit

Zink ferit (ZnFe_2O_4) merupakan sebuah spinel oksida AB_2O_4 yang tersusun atas atom-atom yang membentuk struktur *close-packed Face Centred Cubic* (FCC). Spinel zink ferit terdiri dari ion Zn^{+2} yang menempati *site* A (tetrahedral), dan ion Fe^{+3} yang menempati *site* B (oktahedral).

2.3.1 Karakteristik Zink Ferit

Zink ferit memiliki beberapa karakteristik fisik dan mekanik. Secara fisik zink ferit umumnya berwarna coklat, namun zink ferit yang sudah *disintering* berwarna gelap atau hitam yang tidak mudah larut di dalam air, asam atau alkali cair. Selain itu zink ferit juga memiliki sifat tak tembus cahaya, yang membuatnya sering dijadikan sebagai pigmen (zat pewarna). Ferit yang telah *disintering* biasanya memiliki ketidaksempurnaan dalam kristalit dan batas kristalit, karena densitas massa ferit yang telah *disintering* lebih rendah dari massa maksimum pada teori (Dredge, 1971). Karena zink ferit merupakan paduan antara zink dan ferit, maka densitas zink ferit yang berada pada tekanan 1 atm dan suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ berkisar antara $5,2 - 7,17\text{ kg/m}^3$ (Fraden, 2004). Ferit yang telah *disintering* umumnya juga memiliki sifat-sifat lain yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ukuran beberapa sifat ferit yang telah disintering (Dredge, 1971).

Kategori	Karakteristik
Kuat regangan (kg/mm^2)	4
Kuat tekanan (kg/mm^2)	50
Modulus Young (dyne/cm^2)	$1,4 \times 10^{12}$
Konduktivitas termal ($\text{cal/s.cm } ^\circ\text{C}$)	10×10^{-2}
Panas jenis ($\text{cal/g. } ^\circ\text{C}$)	0,2
Koefisien ekspansi linear ($^\circ\text{C}$)	10×10^{-6}

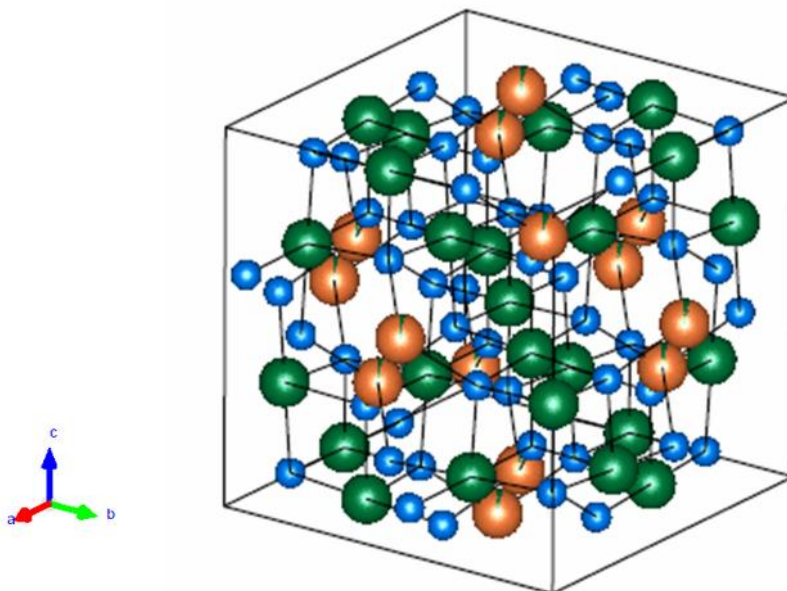
Dari sifat-sifat yang terdapat pada tabel di atas dapat kita lihat bahwa ferit memiliki karakteristik mekanik yang tinggi. Selain beberapa karakteristik tersebut, zink ferit juga memiliki panjang sel satuan sebesar $8,44 \text{ \AA}$. Pada *site* tetrahedral zink ferit memiliki radius ionik sebesar 65 \AA , dan pada *site* oktahedral sebesar 70 \AA (Goldman, 2012).

Dalam bentuk bulk, zink ferit memiliki karakteristik berupa perilaku antiferomagnetik jika berada di bawah suhu Neel (10 K), perilaku paramagnetik saat berada di atas suhu Neel dan saat berada pada temperatur ruang (Chinnasamy *et al.*, 2000; Raju, 2017; Tung *et al.*, 2002). Namun dalam bentuk nanopartikel, zink ferit seringkali menunjukkan perilaku feromagnetik jika berada di bawah *temperature blocking* (T_B) karena memiliki struktur spinel campuran yang sangat bergantung pada kondisi sintesis (Wan *et al.*, 2012). Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Raju (2017) yang mensintesis zink ferit pada suhu ruang, dan menghasilkan nanopartikel zink ferit yang berperilaku feromagnetik. Studi magnetik menunjukkan bahwa nanopartikel zink ferit memiliki sebuah medan anisotropi dan momen magnetik yang rendah (Wan *et al.*, 2012). Namun walau bagaimanapun zink ferit merupakan magnetit unggul karena stabilitas kimia dan

termalnya yang sangat baik (Gu *et al.*, 2016), seragam dalam segi ukuran (Wan *et al.*, 2012), tingginya resistivitas dan memiliki nilai koersifitas (Mashadi *et al.*, 2018) serta rugi dielektrik yang rendah (Shinde *et al.*, 2010). Sifat elektromagnetik seperti permeabilitas dan permitivitas kompleks pada zink ferit berada pada jangkauan frekuensi MHz hingga GHz. *Reflection loss* pada ferit ini juga mencapai -28,2 dB. Hal ini mengindikasikan bahwa zink ferit memiliki potensi untuk diaplikasikan sebagai penyerap gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi (Raju, 2017).

2.3.2 Struktur Kristal Zink Ferit

Struktur kristal dari zink ferit secara umum ada 1 jenis, yaitu *franklinite* (Deraz and Alarifi, 2012) yang terdiri dari atom-atom Zn (seng), Fe (besi), dan O (oksigen). Struktur kristal *franklinite* dari program VESTA ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur kristal zink ferit *franklinite* yang digambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Pada Gambar 2.1 terdapat struktur *franklinite* yang terdiri dari atom-atom Zn yang berwarna *orange*, Fe yang berwarna hijau, dan O yang berwarna biru. Struktur *franklinite* memiliki sistem kristal *cubic*, tipe kisi F, nama *space group* $Fm\bar{3}m$, nomor *space group* 227, volume sel satuan = 601.660376 \AA^3 serta parameter kisi $a = 8.44210 \text{ \AA}$, $b = 8.44210 \text{ \AA}$, $c = 8.44210 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ (O'Neill, 1992).

2.4 Neodimium (Nd)

Neodimium merupakan salah satu unsur tanah jarang yang memiliki harga mahal karena konsentrasinya di alam tidak cukup tinggi untuk ditambang secara ekonomis. Neodimium tidak ditemukan di bumi sebagai unsur bebas, melainkan paduan berbentuk senyawa (mineral) kompleks yang tercampur dengan mineral lainnya, sehingga untuk pemanfaatannya harus melalui proses pemisahan terlebih dahulu (Onoda and Reiiichiro, 2014). Secara industri, neodimium biasanya diproduksi melalui proses reduksi *calciothermic* NdF_3 , yang memerlukan beberapa proses pemurnian, dan melalui elektrolisis *molten salt*, yang memungkinkan operasi berlangsung secara terus menerus, dan sesuai untuk pembuatan logam dalam jumlah yang besar (Ciumag *et al.*, 2016).

2.4.1 Karakteristik Neodimium

Neodimium memiliki karakteristik yang ditunjukkan Tabel 2.5.

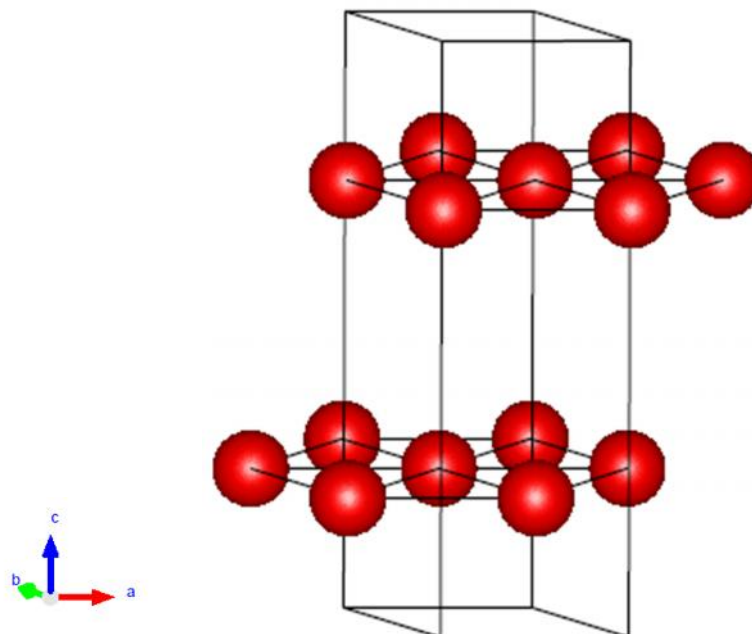
Tabel 2.5 Karakteristik neodimium (Bizimis and Howie, 2017).

Kategori	Karakteristik Neodimium (Nd)
Nomor atom	60
Massa atom (g/mol)	144,242
Titik leleh ($^{\circ}\text{C}$)	1020,85
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	3073,85
Radius ionik (pm)	112
Elektronegativitas Pauling	1,14

Dari Tabel 2.5 dapat diketahui titik didih dari neodimium $3073,85^{\circ}\text{C}$ dengan massa atom sebesar $144,242\text{ g/mol}$. Neodimium memiliki titik leleh $1020,85^{\circ}\text{C}$ dimana pada suhu tersebut cukup tinggi untuk suatu bahan. Ciri fisik neodimium yaitu berbentuk padatan atau serbuk yang halus, berwarna putih keperakan hingga kekuningan, dan mudah memudar di udara (Danai, 2009).

2.4.2 Struktur Kristal Neodimium

Neodimium memiliki struktur kristal sebagai berikut:



Gambar 2.2. Struktur kristal neodimium yang digambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Pada Gambar 2.2 terdapat struktur neodimium yang terdiri dari atom Nd (neodimium) yang berwarna merah. Struktur neodimium memiliki sistem kristal *hexagonal*, tipe kisi P, nama *space group* P 63/m m c, nomor *space group* 194, volume sel satuan = $136,724668 \text{ \AA}^3$ serta parameter kisi $a = 3,65790 \text{ \AA}$, $b = 3,65790 \text{ \AA}$, $c = 11,79920 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$ (Spedding *et al.*, 1956).

2.5 Sintesis Zink Ferit (ZnFe_2O_4)

Sintesis ZnFe_2O_4 dapat dilakukan dengan beberapa metode. Metode yang umum digunakan antara lain metode reaksi padatan (Zapata and Herrera, 2013), metode *sol-gel* (Khorrami *et al.*, 2011) dan metode kopresipitasi (Ladole, 2012; Sharma *et al.*, 2014; Shinde *et al.*, 2010).

2.5.1 Metode Reaksi Padatan

Metode pertama adalah metode reaksi padatan. Metode reaksi padat merupakan salah satu teknik yang secara luas telah digunakan dalam pembuatan padatan polikristalin, dimana padatan kristalin disintesis secara langsung dari pereaksi-pereaksinya yang berwujud padat. Teknik ini biasanya menggunakan suhu yang tinggi bahkan mencapai 1000 hingga 1500 $^\circ\text{C}$ dimana laju reaksi padatan-padatan itu akan cukup tinggi. Adapun langkah-langkah dalam sintesis pada reaksi padatan yaitu dengan memilih pereaksi yang tepat dengan ciri-ciri serbuk yang berbutir kecil untuk memaksimalkan luas permukaan untuk menghasilkan bahan yang reaktif agar mempercepat reaksi serta dapat mengukur

komposisi yang akan digunakan secara akurat menggunakan neraca analitis. Kemudian mencampurkan berbagai pereaksi dengan menggunakan lesung dan alu (pelarut organik sebagai pembasah) ataupun menggunakan bola baja (khusus untuk preparasi dalam jumlah besar dalam proses pencampuran bahan yang dapat membuat ukuran butir semakin kecil) (Ismunandar, 2006). Proses pencampuran bahan menggunakan bola baja ini disebut dengan proses penggilingan.

2.5.1.1 Penggilingan Mekanik

Penggilingan mekanik merupakan proses penggerusan serbuk dalam komposisi yang seragam (material fasa tunggal), seperti logam murni, intermetalik, atau serbuk yang belum dipadukan, dalam sebuah *high energy* bola baja (HEM), yang proses homogenisasinya tidak memerlukan transfer material. Proses penggilingan dilakukan untuk mereduksi ukuran partikel (atau ukuran butir) dan meningkatkan area permukaan (Suryanarayana, 2001), sehingga terbentuk serbuk dalam skala mikrometer bahkan nanometer. Penggilingan mekanik banyak digunakan karena penggunaannya yang sederhana dan efektif untuk menumbuk kristal padat tanpa melalui proses kimia yang membutuhkan waktu yang lama dalam proses sintesis. Saat proses penggilingan berlangsung, terjadi gaya tumbuk antara serbuk dengan bola-bola baja yang memiliki energi yang kuat sehingga serbuk tergerus dan menjadi berukuran kecil. Lama waktu penggilingan akan menyebabkan temperatur vial meningkat karena kecepatan perputaran bola baja yang terjadi terus menerus maka energi tumbukan yang dihasilkan semakin besar sehingga temperatur yang dihasilkan juga semakin tinggi. Dengan meningkatnya temperatur vial maka terjadi peningkatan energi termal yang menyebabkan pertumbuhan kristal, sehingga inti tumbuh dengan

menarik atom-atom lain atau berdifusi dari inti yang belum sempat tumbuh untuk mengisi tempat kosong pada kisi yang akan dibentuk. Dengan demikian, semakin bertambahnya energi *thermal* pertumbuhan kristal berjalan terus hingga terjadi transformasi akhir kristal. Saat proses penggilingan mencapai suatu level energi tertentu, atom-atom dapat saling menjauhi, apabila suatu atom memiliki cukup energi untuk mendobrak ikatannya maka akan terjadi proses difusi. Atom-atom yang berdifusi dapat berpindah dari suatu lokasi fasa α ke kisi fasa β . Perpindahan atom-atom ini dapat terjadi apabila atom tersebut memiliki energi untuk melewati hambatan potensial. Selama proses penggilingan, partikel campuran serbuk akan mengalami proses pengelasan dingin dan penghancuran berulang-ulang. Ketika bola saling bertumbukan sejumlah serbuk akan terjebak diantara kedua bola tersebut. Beban tumbukan yang diberikan oleh bola tersebut akan membuat serbuk terdeformasi dan akhirnya hancur. Permukaan partikel serbuk campuran yang baru terbentuk memungkinkan terjadinya pengelasan dingin kembali antara sesama partikel sehingga membentuk partikel baru yang ukurannya lebih besar dari ukuran semula. Kemudian partikel tersebut akan mengalami tumbukan dan akhirnya kembali hancur, begitu seterusnya hingga mencapai ukuran nano (Pratiwi dkk., 2017).

2.5.2 Metode Sol-Gel

Metode kedua yang paling umum digunakan adalah metode *sol-gel*. Metode *sol-gel* merupakan metode yang dapat menghasilkan kemurnian tinggi suatu bahan dengan proses membuat bahan *sol* menjadi bentuk *gel*. Zink ferit yang diproses dengan metode *sol-gel* akan menghasilkan kemurnian yang tinggi dan

tingkat homogenitas yang tinggi pula setelah stabil dan membentuk fasa tunggal (Khorrami *et al.*, 2011).

Atif *et al* (2006) melakukan sintesis zink ferit dengan campuran larutan besi nitrat, seng nitrat, dan urea menggunakan metode *sol-gel*. Pencampuran dilakukan pada bahan saat pembuatan *sol* kemudian di proses menjadi *gel*, selanjutnya sampe di *aging* dan dikeringkan pada suhu 100 °C. *Gel* kering kemudian dipanaskan pada suhu 400, 600 dan 800 °C. Diperoleh hasil bahwa pada semua sampel terbentuk fasa tunggal dan dengan metode ini diperoleh hasil yang homogen dan kemurnian yang tinggi setelah mencapai suhu pengkristalannya.

2.5.3 Metode Kopresipitasi

Metode yang ketiga adalah metode kopresipitasi. Kopresipitasi merupakan sebuah metode kimia basah, yaitu suatu metode sintesis senyawa kimia anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersama-sama ketika melewati titik jenuh, yang memiliki kelebihan yang khas dalam proses sintesis partikel. Kelebihan metode ini berupa prosedur preparasi yang sederhana dan bagus dalam pengontrolan ukuran dan komposisi partikel. Ada beberapa zat yang umum digunakan sebagai zat pengendap dalam metode ini, diantaranya nitrat, klorida, atau sulfat dan larutan alkali seperti *ammonium hydroxide* (NH₄OH) atau *sodium hydroxide* (NaOH). Konsep metode ini adalah dengan mengubah suatu garam logam menjadi endapan dengan menggunakan pengendap basa hidroksida atau karbonat, yang kemudian diubah ke bentuk oksidanya

dengan cara pemanasan. Metode kopresipitasi melibatkan kontrol pH, temperatur, dan kecepatan pengadukan dalam pembentukan produk (Saravanan, 2017).

Shinde *et al* (2010) melakukan penelitian dengan mensintesis zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium menggunakan metode kopresipitasi dengan campuran *zinc sulphate*, *ferrous sulphate*, *neodimium sulphate* dan *ammonium oxalate*, yang kemudian dikeringkan dan disintering pada suhu 1000 °C selama 4 jam. Penelitian ini menghasilkan fasa tunggal pada semua sampel dengan ukuran partikel 30-32 nanometer.

Sedangkan pada penelitian Sharma *et al* (2014) dengan menggunakan bahan *zinc nitrate hexahydrate*, *neodimium nitrate hexahydrate*, dan besi nitrat dilakukan sintesis zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium. Sampel yang telah disintesis dikeringkan dan dipanaskan pada suhu 800 °C. Pada penelitian ini tidak ditemukan penggumpalan pada nanokristalit, dan diperoleh partikel berukuran 16,8 - 29,5 nanometer.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Januari s.d April 2018 di Laboratorium Preparasi Kimia dan Laboratorium Perlakuan Panas yang berlokasi di Gedung 42 PSTBM-BSBM BATAN. Uji XRD, dan SEM-EDX dilakukan di Laboratorium Sains Bahan Maju, PSTBM-BSBM BATAN, sedangkan Uji VNA dilakukan di Balitbang KemenHan, Jakarta.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu neraca digital, spatula, kertas timbang, vial, *High Energy Milling* (HEM), lesung dan alu, *furnace*, krusibel, bola baja dan alat-alat karakterisasi XRD (PANalytical), SEM-EDX (JED-2300) dan VNA (N5230A). Sedangkan bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari bahan oksida dengan tingkat kemurnian tinggi, yaitu ZnO *Aldrich* (> 99%), Fe₂O₃ *Aldrich* (> 99%), dan Nd₂O₃ *Aldrich* (> 99%), serta digunakan bahan tambahan yaitu etanol dan tisu.

3.3 Prosedur Penelitian

Sintesis bahan ini menggunakan metode reaksi padatan (*solid state reaction*) dengan prosedur penelitian yang dimulai dari tahap preparasi bahan, pencampuran

bahan dengan HEM, pengeringan, *sintering*, dan karakterisasi dengan peralatan XRD, SEM-EDX, dan VNA.

3.3.1 Preparasi Bahan

Adapun prosedur preparasi bahan sebagai berikut:

1. Melakukan perhitungan stoikiometri untuk mendapatkan massa bahan dasar, sehingga diperoleh massa bahan dasar seperti yang terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil perhitungan massa bahan dasar.

X	Massa bahan dasar (gram)		
	ZnO	Fe ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃
0,005	3,3697	6,5954	0,0348
0,010	3,3636	6,5669	0,0695
0,015	3,3575	6,5384	0,1041
0,020	3,3513	6,5101	0,1386

2. Menimbang massa bahan dasar.

3.3.2 Proses Penggilingan

Penggilingan merupakan proses pencampuran dan penghalusan bahan. Proses penggilingan ini menggunakan alat HEM spex 8000 dengan spesifikasi *normal speed* = 90 menit, *of time* = 30 menit dan *on of cycle* 1 kali. Wadah untuk mencampur sampel disebut dengan vial. Vial ini terbuat dari bahan *stainless steel*. Dimensi vial panjang 7,6 cm dan diameter 5,1 cm. Di dalam vial ini terdapat bola-bola kecil yang disebut bola baja. Bola baja bergerak dan berfungsi menghancurkan bahan. Bola baja terbuat dari bahan *stainless steel* dengan diameter sebesar 10 mm.

Pada penelitian ini proses penggilingan dilakukan terhadap semua sampel. Setelah semua bahan dasar ditimbang, masing-masing sampel beserta 12 bola baja dimasukkan ke dalam vial, dengan perbandingan massa sampel terhadap bola baja

sebesar 1:5, dimana berat masing-masing sampel adalah sebesar 10 gram sedangkan masing-masing bola baja memiliki massa 4 gram sehingga total massa bola baja ini adalah 48 gram, kemudian diberikan etanol yang bertujuan untuk mempermudah gerak bola-bola baja selama proses penggilingan. Setelah itu, dilakukan proses penggilingan menggunakan HEM selama 5 jam dengan jeda waktu 30 menit untuk pendinginan alat.

3.3.3 Proses Pengeringan

Setelah proses penggilingan selesai, vial dilepaskan dari HEM lalu tutup vial dibuka kemudian dilakukan proses pengeringan dengan memasukkan sampel ke dalam oven dengan suhu 100 °C. Waktu yang digunakan dalam proses pengeringan yaitu 5 jam. Proses pengeringan ini hanya untuk menguapkan etanol. Setelah sampel kering kemudian sampel dikeluarkan dari vial dan dilakukan penggerusan menggunakan mortar dan pastel hingga sampel menjadi serbuk dan tidak terdapat gumpalan.

3.3.4 Sintering

Proses *sintering* dilakukan dengan menggunakan *furnace*. Sampel yang telah halus diletakkan pada krusibel, kemudian dimasukkan ke dalam *furnace*. Proses *sintering* ini dilakukan dengan kenaikan suhu 300 °C/jam, kemudian ditahan pada suhu 1000 °C selama 5 jam, dan diakhiri dengan pendinginan melalui proses *furnace cooling*. Setelah proses *sintering* selesai kemudian krusibel yang berisi sampel dikeluarkan lalu digerus kembali menggunakan mortar dan pastel hingga tidak terdapat gumpalan, kemudian dilakukan karakterisasi.

3.3.5 Karakterisasi XRD

Karakterisasi menggunakan XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal bahan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses XRD adalah:

1. Menyiapkan sampel yang akan dianalisis, kemudian merekatkannya pada kaca dan memasang pada tempatnya berupa lempeng tipis berbentuk persegi panjang (*sampel holder*) dengan lilin perekat.
2. Memasang sampel yang telah disimpan pada *sampel holder* kemudian meletakkannya pada *sampel stand* dibagian *goniometer*.
3. Memasukkan parameter pengukuran pada *software* pengukuran melalui komputer pengontrol, yaitu meliputi penentuan *scan mode*, penentuan rentang sudut, kecepatan *scan* cuplikan, memberi nama cuplikan dan memberi nomor urut file data.
4. Mengoperasikan alat difraktometer dengan perintah “*start*” pada menu komputer, dimana sinar-X akan meradiasi sampel yang terpancar dari target Cu dengan panjang gelombang 1,5406 Å.
5. Melihat hasil difraksi pada komputer dan intensitas difraksi pada sudut 2θ tertentu dapat dicetak oleh mesin printer.
6. Mengambil sampel setelah pengukuran cuplikan selesai.
7. Data yang terekam berupa sudut difraksi (2θ), besarnya intensitas (I), dan waktu pencatatan perlangkah (t).
8. Setelah data diperoleh analisis kualitatif dengan menggunakan *search match analysis*, kemudian data *refinement* dengan menggunakan software GSAS.

3.3.6 Karakterisasi SEM-EDX

Karakterisasi SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui mikrostruktur bahan.

Langkah-langkah dalam proses SEM-EDX adalah:

1. Memasukkan sampel yang akan dianalisa ke *vacuum column*, dimana udara akan dipompa keluar untuk menciptakan kondisi vakum. Kondisi vakum ini diperlukan agar tidak ada molekul gas yang dapat mengganggu jalannya elektron selama proses berlangsung.
2. Elektron ditembakkan dan akan melewati berbagai lensa yang ada menuju ke satu titik di sampel.
3. Sinar elektron tersebut akan dipantulkan ke detektor lalu ke amplifier untuk memperkuat signal sebelum masuk ke komputer untuk menampilkan gambar atau *image* yang diinginkan.

3.3.7 Karakterisasi VNA

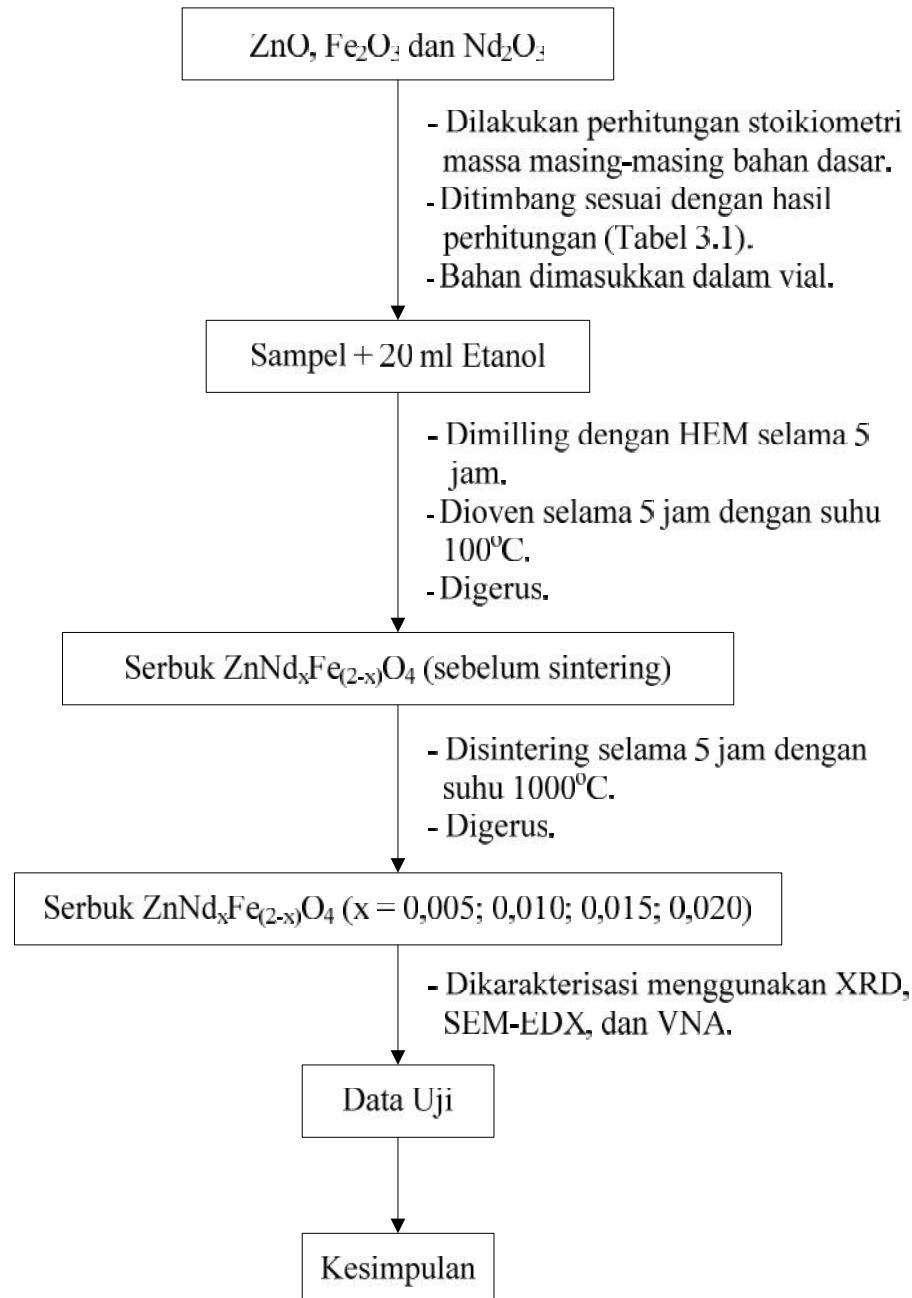
Uji VNA digunakan untuk mengetahui daya serap material terhadap gelombang elektromagnetik. Adapun langkah-langkah dalam uji VNA adalah:

1. Memasukan sampel ke dalam tempat berbahan akrilik berukuran $\pm 2,5 \times 1,5$ cm dengan tebal 2 mm.
2. Melakukan kalibrasi menggunakan metode TRL (*Transmission Reflection Loss*) terhadap sampel.
3. Meletakkan material uji diantara probe S_{11} dan S_{12} , S_{11} terukur sebagai koefisien refleksi dan nilai S_{12} terukur sebagai koefisien transmisi sehingga pada layar monitor dapat diketahui nilai frekuensi yang direfleksikan, ditransmisikan, dan diabsorpsi oleh material uji.

4. Mendapatkan hasil pengujian.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa substitusi ion Nd^{+3} pada zink ferit dengan metode reaksi padatan dan suhu *sintering* 1000 °C menghasilkan fasa tunggal yaitu fasa ZnFe_2O_4 *franklinite* pada sampel dengan nilai $x = 0,005$; 0,010 dan 0,015. Sedangkan pada sampel dengan nilai $x = 0,020$ terbentuk multi fasa, yaitu fasa ZnFe_2O_4 *franklinite* dan NdFeO_3 .
2. Hasil analisis XRD secara kuantitatif menunjukkan bahwa terjadi penurunan parameter sel fasa ZnFe_2O_4 seiring dengan peningkatan kadar substitusi ion Nd^{+3} .
3. Hasil analisis SEM zink ferit yang disubstitusi dengan neodimium yang *disintering* pada suhu 1000 °C menunjukkan bentuk *spherical* (bulat), yang disebabkan oleh fasa ZnFe_2O_4 yang menjadi fasa mayor pada keempat sampel. Serta dari hasil analisis EDX diperoleh unsur yang terbentuk adalah Zn, Fe, O, dan Nd untuk keempat sampel, dengan persen massa kandungan unsur Nd meningkat seiring dengan peningkatan nilai x .

4. Material $\text{ZnNd}_{(x)}\text{Fe}_{(2-x)}\text{O}_4$ dengan variasi nilai $x = 0,005; 0,010; 0,015$ dan $0,020$ menghasilkan kemampuan penyerapan yang berbeda-beda pada rentang

frekuensi 8 – 12 GHz. Sampel dengan nilai $x = 0,020$ memiliki kemampuan terbaik dalam menyerap gelombang mikro, dengan nilai RL sebesar -16,74 dB pada frekuensi 10,20 GHz dengan persentase penyerapan sebesar 97,88%.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar melakukan penelitian dengan menggunakan bahan substitusi lain seperti Ni, Gd, atau logam tanah jarang lainnya agar dapat dihasilkan material yang memiliki kemampuan penyerapan yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agami, W. R. 2018. Effect of Neodymium Substitution on the Electric and Dielectric Properties of Mn-Ni-Zn Ferrite. *Physics B: Condensed Matter*. Vol. 534. Pp. 17–21.
- An, Y. J., K. Nishida, T. Yamamoto, S. Ueda, and T. Deguchi. 2008. Characteristic Evaluations of Microwave Absorbers Using Dielectric and Magnetic Composite Materials. *Journal of Ceramic Processing Research*. Vol. 9. Pp. 430–436.
- Atif, M., S. K. Hasanain, and M. Nadeem. 2006. Magnetization of Sol–gel Prepared Zinc Ferrite Nanoparticles: Effects of Inversion and Particle Size. *Solid State Communications*. Vol. 138. Pp. 416–421.
- Bizimis, M., and Howie D. S. 2017. *Neodymium in Encyclopedia of Geochemistry: A Comprehensive Reference Source on the Chemistry of the Earth*. Cham: Springer International Publishing.
- Chinnasamy, C. N., A. Narayanasamy, N. Ponpandian, K. Chattopadhyay, H. Guerault, and J. M. Greneche. 2000. Magnetic Properties of Nanostructured Ferrimagnetic Zinc Ferrite. *Journal of Physics: Condensed Matter*. Vol. 12. Pp. 7795–7805.
- Ciumag, M., M. Gibilaro, L. Massot, R. Laucournet, and P. Chamelot. 2016. Neodymium Electrowinning into Copper-Neodymium Alloys by Mixed Oxide Reduction in Molten Fluoride Media. *Journal of Fluorine Chemistry*. Vol. 184. Pp.1–7.
- Danai, M. M. 2009. *Neodymium in Dictionary of Gems and Gemology*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Deraz, N. M., and A. Alarifi. 2012. Microstructure and Magnetic Studies of Zinc Ferrite Nano-Particles. *Interntional Journal Electrochemical Science*. Vol. 7. Pp. 6501–6511.
- Dixon, P. 2012. *Theory and Application of RF/Microwave Absorbers*. New York: Emerson & Cuming Microwave Products.

- Dredge, C. J. 1971. *Ferrites in Electronics Design Materials*. London: Palgrave Macmillan UK.
- Fraden, J. 2004. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. New York: Springer Science & Business Media.
- Goldman, A. 2012. *Handbook of Modern Ferromagnetic Materials*. Singapore: Springer Science & Business Media.
- Gu, W., Q. Xie, C. Qi, L. Zhao, and D. Wu. 2016. Phosphate Removal Using Zinc Ferrite Synthesized through a Facile Solvothermal Technique. *Powder Technology*. Vol. 301. Pp. 723–729.
- Ismunandar. 2006. *Padatan Oksida Logam: Struktur, Sintesis, dan Sifat-Sifatnya*. Bandung: ITB.
- Kaatze, U. 1995. Fundamentals of Microwaves. *Radiation Physics and Chemistry*. Vol. 45. Pp. 539–548.
- Khorrani, S., F. Gharib, G. Mahmoudzadeh, S. Sadat Sepehr, S. Sadat Madani, N. Naderfar, and S. Manie. 2011. Synthesis and Characterization of Nanocrystalline Spinel Zinc Ferrite Prepared by Sol-Gel Auto-Combustion Technique. *International Journal of Nano Dimension*. Vol. 1. Pp. 221–224.
- Ladole, C. A. 2012. Preparation and Characterization of Spinel Zinc Ferrite ZnFe_2O_4 . *International Journal Chemical Science*. Vol. 10. Pp. 1230–1234.
- Mashadi, S. Tiana, and Yunasfi. 2018. Phase Analysis and Magnet Properties of $\text{Zn}_x\text{Fe}_{(3-x)}\text{O}_4$ Prepared by Milling Process. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*. Vol. 14. Pp. 208-212.
- Naseri, M. G., E. B. Saion, M. Hashim, A. H. Shaari, and H. A. Ahangar. 2011. Synthesis and Characterization of Zinc Ferrite Nanoparticles by a Thermal Treatment Method. *Solid State Communications*. Vol. 151. Pp. 1031–1035.
- Nenni, M. Delina, W. A. Adi, dan Y. Taryana. 2017. Pengaruh Substitusi Ion Ti-Zn Terhadap Sifat Kemagnetan dan Sifat Penyerapan Gelombang Elektromagnetik Material Sistem $\text{BaFe}_{12-x}\text{Ti}_{x/2}\text{Zn}_{x/2}\text{O}_{19}$. *Spektra Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. Vol. 2. Hal. 99–106.
- O’neill, H. St. C. 1992. Temperature Dependence of the Cation Distribution in Zinc Ferrite (ZnFe_2O_4) from Powder XRD Structural Refinements. *European Journal of Mineralogy*. Vol. 4. Pp. 571–580.
- Onoda, H., and Reiichiro N. 2014. Recovery of Neodymium from an Iron–neodymium Solution Using Phosphoric Acid. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Vol. 2. Pp. 1186–1190.

- Pratiwi, Y., Ramli, dan Ratnawulan. 2017. Pengaruh Waktu Milling Terhadap Struktur Kristal Magnetite (Fe_3O_4) Berbahan Dasar Mineral Vulkanik dari Gunung Talang Sumatera Barat. *Pillar of Physics*. Vol. 10. Pp. 102-108.
- Raju, S. R. 2017. Synthesis of Non-Stoichiometric Zinc Ferrite for Electromagnetic Wave Absorber Applications. *Materials Science and Engineering*. Vol. 224. Pp. 88–92.
- abiko lu, ., L. Paralı, O. Malina, P. Novak, J. Kaslik, J. Tucek, J. Pechousek, J. Navarik, and O. Schneeweiss. 2015. The Effect of Neodymium Substitution on the Structural and Magnetic Properties of Nickel Ferrite. *Progress in Natural Science: Materials International*. Vol. 25. Pp. 215–221.
- Saravanan, R. 2017. *Ferrite Materials for Memory Applications in Materials*. Millersville: Research Forum LLC.
- Sharma, N., P. Aghamkar, S. Kumar, M. Bansal, Anju, and R.P. Tondon. 2014. Study of Structural and Magnetic Properties of Nd Doped Zinc Ferrites. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Vol. 369. Pp. 162–167.
- Shinde, T.J., A.B. Gadkari, and P.N. Vasambekar. 2010. Effect of Nd^{3+} Substitution on Structural and Electrical Properties of Nanocrystalline Zinc Ferrite. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Vol. 322. Pp. 2777–2781.
- Singh, P., V. K. Babbar, A. Razdan, S. L. Srivastava, and R. K. Puri. 1999. Complex Permeability and Permittivity, and Microwave Absorption Studies of $\text{Ca}(\text{CoTi})_x\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$ Hexaferrite Composites in X-Band Microwave Frequencies. *Materials Science and Engineering*. Vol. 67. Pp. 132–138.
- Sinthiya, M. M., K. Ramamurthi, S. Mathuri, T. Manimozhi, N. Kumaresan, M. M. Margoni, and P.C. Karthika. 2015. Synthesis of Zinc Ferrite (ZnFe_2O_4) Nanoparticles with Different Capping Agents. *International Journal Chemical Technology Research*. Vol. 7. Pp. 2144–2149.
- Sisodia, M. L. 2007. *Microwaves: Introduction to Circuits, Devices and Antennas*. New Delhi: New Age International.
- Spedding, F. H., A. H. Daane, and K. W. Herrmann. 1956. The Crystal Structures and Lattice Parameters of High-Purity Scandium, Yttrium and the Rare Earth Metals. *Acta Crystallographica*. Vol. 9. Pp. 559–563.
- Srivastava, G. P., and Vijay L. G. 2006. *Microwave Devices and Circuit Design*. New Delhi: PHI Learning.
- Suryanarayana, C. 2001. Mechanical Alloying and Milling. *Progress in Materials Science*. Vol. 46. Pp. 1–184.

- Wahyuni, L. N., Widyastuti, dan R. Fajarin. 2016. Pengaruh Jumlah Lapisan Terhadap Reflection Loss pada Komposit Barium Heksaferit/Polianilin Sebagai RAM (Radar Absorbing Material). *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 5. Hal. 130–134.
- Wan, J., X. Jiang, H. Li, and K. Chen. 2012. Facile Synthesis of Zinc Ferrite Nanoparticles as Non-Lanthanide T1 MRI Contrast Agents. *Journal of Materials Chemistry*. Vol. 22. Pp. 13500-13505.
- Wang, L., Q. Quan, L. Zhang, L. Cheng, P. Lin, S. Pan, and Z. Zhong. 2018. Microwave Absorption of NdFe Magnetic Powders Tuned with Impedance Matching. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Vol. 449. Pp. 385–389.
- Wu, C. P., M. J. Tung, W. S. Ko, Y. P. Wang, S. Y. Tong, and M. D. Yang. 2015. Effect of Neodymium Substitutions on Electromagnetic Properties in Low Temperature Sintered NiCuZn Ferrite. *Physica B: Condensed Matter*. Vol. 476. Pp. 137–140.
- Xie, G. C., L. Fanga, L. P. Peng, G. B. Liu, H. B. Ruan, F. Wu, and C. Y. Kong. 2012. Effect of In-Doping on the Optical Constants of ZnO Thin Films. *Physics Procedia*. Vol. 32. Pp. 651–657.
- Xu, J., H. Zou, H. Li, G. Li, S. Gan, and G. Hong. 2010. Influence of Nd³⁺ Substitution on the Microstructure and Electromagnetic Properties of Barium W-Type Hexaferrite. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 490. Pp. 552–556.
- Yunasfi, W. A. Adi, Mashadi, and P. A. Rahmy. 2017. Magnetic and Microwave Absorption Properties of Nickel Ferrite (Ni_xFe_{3-x}O₄) by HEM Technique. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*. Vol. 13. Pp. 203–206.
- Yunasfi, Mashadi, dan A. Mulyawan. 2017. Bahan Absorber Gelombang Mikro Ni_(1.5-x)La_xFe_{1.5}O₄ dengan Metode Sol Gel. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 19. Hal. 19-24.
- Zapata, A., and Herrera. 2013. Effect of Zinc Concentration on the Microstructure and Relaxation Frequency of Mn–Zn Ferrites Synthesized by Solid State Reaction. *Ceramics International*. Vol. 39. Pp. 7853–7860.
- Zare, F. 2011. *Electromagnetic Interference Issues in Power Electronics and Power Systems*. Netherlands: Bentham Science Publishers.
- Zhang, Z., G. Yao, X. Zhang, J. Ma, and H. Lin. 2015. Synthesis and Characterization of Nickel Ferrite Nanoparticles via Planetary Ball Milling Assisted Solid-State Reaction. *Ceramics International*. Vol. 41. Pp. 4523–4530.