

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ $x =$
0.0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; dan 1.0 SEBAGAI PENYERAP GELOMBANG
MIKRO**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Bidang Studi Fisika

Oleh:

MUSTARI

NIM. 08021282126022



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKAN DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

LEMBAR PENGESAHAN
SINTESIS DAN KARAKTERISASI $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ ($x=0,05,0,2,0,4,0,6,0,8,1,0$)
SEBAGAI PENYERAP GELOMBANG MIKRO

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di
Jurusan Fisika pada Fakultas MIPA

Oleh;

MUSTARI


NIM. 08021282126022

Indralaya, Februari 2025

Pembimbing I

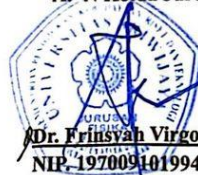

Dr. Ramlan
NIP. 196604101993031003

Pembimbing II


Drs. Yunasfi, M.Eng
NIP. 197112131998031003

Mengetahui,

A. N Ketua Jurusan


Dr. Frinsyah Virgo, S. Si., M.T
NIP. 197009101994121001

HALAMAN PERYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, Mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya:

Nama : Mustari

NIM : 08021282126022

Judul TA : Sintesis dan Karakterisasi $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$ ($x = 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8$ dan $1,0$) Sebagai Penyerap Gelombang Mikro

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun merupakan hasil karya sendiri yang didampingi oleh dosen pembimbing dalam proses penyelesaiannya serta mengikuti etika penulisan karya ilmiah tanpa adanya tindakan plagiat, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila ditemukan adanya unsur plagiat dalam skripsi ini. Maka, saya siap bertanggung jawab secara akademik dan menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, 19 Maret 2025

Yang menyatakan


Mustari

NIM. 08021282126022

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji Syukur Alhamduulillah Penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Yang telah memberikan karunia, kesehatan dan Rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis dan karakterisasi $Zn_{0x}Co_{(1-x)}Fe_2O_4$ ($x=0.0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8$ dan 0.1)”. Ini diselesaikan sebaik-baiknya. Skripsi ini dibuat sebagai tugas akhir yang telah dilaksanakan di Pusat Material Maju (PRMM), Badan Riset dan Inovasi Negara (BRIN), Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang Selatan. Skripsi ini diajukan untuk melengkapi persyaratan kurikulum agar dapat memperoleh gelar sarjana sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Pada Kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih pada beberapa pihak atas doa, ide, saran, serta bantuannya dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT. dan terima kasih kepada dosen Dr. Ramlan, M.Si (Pembimbing I) dan Drs. Yunasfi, M.Eng (Pembimbing II) yang telah banyak memberikan bimbingan, nasihat, motivasi serta membantu dalam pelaksanaan penelitian skripsi, dan penulis juga menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

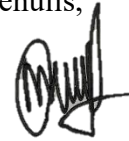
1. Kepada kedua orang tua saya Mulyadi dan Mirayati dan Keluarga saya yang memberikan dukungan moril maupun materil kepada penulis demi kelancaran penulisan Tugas Akhir ini.
2. Prof. Hermansyah, S.Si., M.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Drs. Hadir Kaban, S.Si., M.T., Selaku Dosen Pembimbing Akademik.

5. Dr. Akmal Johan, S.Si., M.Si selaku Ketua penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan pada saat sidang.
6. Dr. Fitri Suryani Arsyad, S.Si., M. Si selaku dosen pembahas dan penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan pada saat seminar proposal dan sidang.
7. Ibu Erni, S. Si., M. Si selaku dosen pembahas dan penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan pada saat seminar proposal dan sidang.
8. Bapak dan Ibu Dosen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang membantu penulis dalam Tugas Akhir ini.
9. Bapak Dr. Jan Setiawan, Bapak Mashadi, M.Si dan Bapak Ade Mulyawan, S. Si., M. Eng yang membantu, membimbing dalam menyelesaikan skripsi.
10. Sahabat Penulis Muhammad Nur Wahid, Handi Putra, Attiyah Ramadhani, Siska Wulansari, Cinta Rizki, Aflonita Suhana, Jakariya Jaya Tampubolon, Abdan Syakuroh, Ria Rizki Riznawati, Desi Sastra Dewi, Wildan, Attalah Ihsanul Arta yang telah memberikan dorongan dan semangat penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Amanda Dini Tria, Ellen, Lola Vitaloka, Roges, Sindi Nuraini, Andrea dan Imelda yang selalu membantu dan memberi semangat kepada penulis.
12. Ahmad Prayogi, Age Yefan, Yoga, Arifin, Muhammad Arief, yang telah memberi semangat dan membantu penulis.
13. Squad penghuni lab, Hizkia, Trivanti dan Riko, yang telah memberi semangat dan membantu penulis.
14. Teman- teman Material 2021 dan 2022 yang telah membantu dan memberi semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Seluruh Teman-teman angkatan 2021 Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
16. Almamater beserta civitas akademik Universitas Sriwijaya.
17. Semua Pihak yang sudah banyak membantu penulis selama penelitian dan penulisan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Semoga dengan terselesainya proposal tugas akhir ini bisa bermanfaat untuk menambah wawasan kepada mahasiswa selanjutnya yang menjadikan tugas akhir ini sebagai acuan untuk mengembangkan pengetahuan selanjutnya. Akhir kata penulis berharap, skripsi tugas akhir ini bermanfaat dan berguna bagi khalayak. Wasalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Indralaya, 19 Maret 2025

Penulis,



Mustari

NIM. 08021282126022

Synthesis and Characterization of $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ ($x=0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$) As a Microwave Absorber

By:

Mustari

NIM. 08021282126022

ABSTRACT - Synthesis of microwave absorber material based on spinel ferrite $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ which aims to make a material that can function as a microwave absorber material. $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ was synthesized using solid state reaction method using High Energy Milling (HEM) tool. $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ material was characterized by XRD to determine the phase and crystal system formed, FTIR to determine the functional groups, SEM - EDX to determine the morphology and chemical constituents, and VNA to determine the ability of material absorption in microwave absorption. In $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ material, the phase formed is single phase and the crystal system formed is cubic. The resulting particle size ranges from 100 - 1400 nm. The known wavenumbers from the range of 547 - 573 cm^{-1} indicate the functional group (M - O) tetrahedral metal oxygen. Material with a value of $x = 1.0$ has the best composition for the ability to absorb microwaves of 92.28% (-11.16 dB) at a frequency of 6.12 GHz.

Keyword: spinel ferrite, solid reaction, HEM, XRD, FTIR, SEM, VNA.

Indralaya, 03 Februari 2025

Menyetujui

Pembimbing I



Dr. Ramlan
NIP. 196604101993031003

Pembimbing II



Drs. Yunasfi, M. Eng
NIP. 197112131998031003

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Prinsyah Virgo, S. Si., M.T
NIP. 197009101994121001

Sintesis Dan Karakterisasi $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ ($x=0,0,0,2,0,4,0,6,0,8$ dan $1,0$)

Sebagai Penyerap Gelombang Mikro

Oleh:

Mustari

NIM. 08021282126022

ABSTRAK- Sintesis material absorber gelombang mikro berbasis *spinel ferit* $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ yang bertujuan untuk membuat material yang bisa berfungsi sebagai bahan penyerap gelombang mikro. $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ disintesis menggunakan metode reaksi padatan (*solid state*) dengan menggunakan alat *High Energy Milling* (HEM). Material $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ dilakukan karakterisasi XRD untuk mengetahui fasa dan sistem kristal yang terbentuk, FTIR untuk mengetahui gugus fungsi, SEM – EDX untuk mengetahui morfologi dan unsur penyusun kimia, dan VNA untuk mengetahui kemampuan daya serap material dalam penyerapan gelombang mikro. Pada material $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ fasa yang terbentuk adalah fasa tunggal (*single phase*) dan sistem kristal yang terbentuk berupa cubic. Ukuran partikel yang dihasilkan dari rentang 100 – 1400 nm. Bilangan gelombang yang diketahui dari rentang 547 – 573 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi (M – O) oksigen logam tetrahedral. Material dengan nilai $x = 1.0$ memiliki komposisi terbaik untuk kemampuan dalam penyerapan gelombang mikro sebesar 92.28% (-11.16 dB) pada frekuensi 6.12 GHz.

Kata Kunci: *spinel ferit*, reaksi padatan, HEM, XRD, FTIR, SEM, VNA.

Indralaya, 03 Februari 2025

Menyetujui

Pembimbing I



Dr. Ramlan
NIP. 196604101993031003

Pembimbing II



Drs. Yunasfi, M. Eng
NIP. 197112131998031003

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Friisvah Virgo, S. Si., M.T
NIP. 197009101994121001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gelombang Mikro	5
2.2 Penyerapan Gelombang Mikro	6
2.3 Bahan Penelitian	6
2.3.1 Cobalt Ferit (CoFe_2O_4).....	6
2.3.2 Zink Oxide (ZnO)	7
2.4 Proses Sintesis.....	8
2.4.1 Metode Reaksi Padatan.....	8
2.4.2 Metode Mechanical Milling.....	9
2.5 Karakterisasi Material CoFe_2O_4	10
2.5.1 XRD	10
2.5.2 SEM-EDX.....	11
2.5.3 FTIR	13
2.5.4 VNA	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18

3.1 Tempat dan Waktu.....	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	18
3.2.1 Alat Penelitian	18
3.2.2 Bahan Penelitian	19
3.3 Prosedur Penelitian.....	19
3.3.1 Preparasi Bahan.....	19
3.3.2 Proses Mechanical Milling.....	20
3.3.3 Proses Pengeringan	20
3.3.4 Proses Sintering.....	21
3.3.5 Uji Karakterisasi.....	21
3.4 Diagram Alir Penelitian	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Hasil Karakterisasi X- Ray Diffraction (XRD).....	23
4.2 Hasil Karakterisasi Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	26
4.3 Hasil Karakterisasi Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDX)	27
4.4 Hasil Karakterisasi Vector Network Analyzer (VNA)	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	40
LAMPIRAN 1. Perhitungan Stokiometri.....	41
LAMPIRAN 2. Hasil Refinement Material $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$	47
LAMPIRAN 3. Morfologi SEM, Distribusi Partikel dan EDX material $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$	52
LAMPIRAN 4. Pola Sampel Uji FTIR $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$	55
LAMPIRAN 5. Kurva Penyerapan Gelombang Mikro Material $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$	57
LAMPIRAN 6. Tabel Marki	59
LAMPIRAN 7. Alat Penelitian.....	60
LAMPIRAN 8. Bahan Penelitian.....	63

LAMPIRAN 9. Dokumentasi Penelitian	64
---	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gelombang Elektromagnetik.....	5
Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	6
Gambar 2.3 High Energy Milling	10
Gambar 2.4 Pola XRD sampel sistem $Zn_xFe_{3-x}O_4$ ($x = 0,75; 1,0$ dan $1,25$)....	10
Gambar 2.5 Diagram skematik	12
Gambar 2.6 Gambar SEM sistem $Co_xFe_{(3-x)}O_4$ dengan $x = 0.75$	13
Gambar 2.7 Modifikasi perubahan sinyal pada sistem peralatan spektroskopi FTIR.....	14
Gambar 2.8 Spektrum IR $Ni_{0.6}Co_{0.2}Zn_{0.2}Fe_{2-y}La_yO_4$ ($y = 0.000, 0.025, 0.050, 0.075, 0.100$)	14
Gambar 2.9 Prinsip kerja VNA.....	15
Gambar 2.10 Kurva Kehilangan refleksi dari sistem $Co_xFe_{(3-x)}O_4$ dengan ($x = 0,75; 1,0$ dan $1,5$).....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 4.1 Pola difraksi XRD dari material $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ dengan komposisi nilai $x = 0.0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8$ dan 1.0	23
Gambar 4.2 Pola pergeseran difraksi XRD dari material $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$	24
Gambar 4.3 Hasil Refinement Material $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ ($x = 0.0$).....	24
Gambar 4.4 Pola FTIR Sampel Uji $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ ($x = 0.0$).....	26
Gambar 4.5 Morfologi SEM material $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ dengan $x = 0.0$ Perbesaran $10.000x$	28
Gambar 4.6 Distribusi Ukuran Diameter Partikel Material $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ $x=0.0$	29
Gambar 4.7 Grafik Pengujian EDX material $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ komposisi $x = 0.0$	29
Gambar 4.8 Kurva penyerapan gelombang mikro material $Zn_xCo_{(1-x)}Fe_2O_4$ komposisi nilai $x = 0.0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8$ dan 1.0	31

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penyerapan gelombang mikro dari $\text{Co}_x\text{Fe}_{(3-x)}\text{O}_4$	17
Tabel 3.1 Alat Penelitian	18
Tabel 3.2 Bahan Penelitian.....	19
Tabel 3.3 Perhitungan massa bahan dasar yang dipakai untuk pembuatan Sampel.....	20
Tabel 4.1 Hasil Analisis Parameter Struktur Sampel Pengujian XRD.....	25
Tabel 4.2 Nilai Bilangan Gelombang dan Gugus Fungsi Komposisi Nilai $x = 0.0$; 0.2 ; 0.4 ; 0.6 ; 0.8 ; dan 1.0	26
Tabel 4.3 Massa komposisi elemen penyusun	30
Tabel 4.4 Data Tingkat Penyerapan Gelombang Mikro Pada Material $\text{Zn}_x\text{Co}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ komposisi nilai $x = 0.0$; 0.2 ; 0.4 ; 0.6 ; 0.8 dan 1.0	32

DAFTAR SINGKATAN

Co	: Cobalt
dB	: Desible
EDX	: Energy Dispersive X-ray Diffraction
EMI	: Elektromagnetic Interfrence
FTIR	: Fourier Transform Infrared Spectroscopy
FWHM	: Full Width at Half Maksimum
GHz	: Giga Hertz
HEM	: High Energy Milling
Mev	: Mega electron volt
MHz	: Mega Hertz
Ni	: Nikel
O	: Oksigen
RL	: Reflection Loss
Rp	: Profil Factor
Rwp	: Weighted Profil Factor
SEM	: Scanning Elektron Microscopy
VNA	: Vector Network Analyzer
X^2	: Chi-Square
XRD	: X-Ray Diffraction
Zn	: Zink

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelombang elektromagnetik dalam rentang frekuensi gigahertz (GHz) telah digunakan secara luas dalam aplikasi teknologi telekomunikasi, informasi dan sistem radar yang saat ini sedang berkembang (Mulyawan dkk., 2018). Apabila gelombang mikro terpancar dalam bentuk radiasi maka hal tersebut dapat mengganggu sinyal elektromagnetik (Tiana, 2018). Hal ini dapat menimbulkan masalah interferensi gelombang elektromagnetik, sehingga dapat merusak teknologi maupun sistem. Fenomena yang disebut sebagai *electromagnetic interference* (EMI) dapat mengganggu kinerja komponen elektronik. Akibatnya, untuk mengatasi kebocoran frekuensi, diperlukan bahan penyerap gelombang elektromagnetik, yang dikenal sebagai material *absorber*. Pengembangan bahan penyerap gelombang mikro sangat penting dilakukan untuk mengatasi masalah interferensi gelombang elektromagnetik pada alat teknologi komunikasi maupun untuk kepentingan militer (Mulyawan dkk., 2018). Material *absorber* memiliki permeabilitas (μ), permetivitas (ϵ), koersivitas (H_c) rendah, resistivitas tinggi dan saturasi *magnetic* (M_s) yang tinggi. Dengan demikian, nilai refleksi yang dihasilkan oleh material tersebut harus cukup besar untuk menyerap gelombang mikro (Yunazfi dkk., 2018).

Dalam pengembangan bahan penyerap gelombang mikro, material ferit memiliki potensi untuk digunakan secara luas pada rentang frekuensi C band (5,85–8,20 GHz) dan X band (8,20–12,4 GHz). Material ferit memiliki struktur kristal berbentuk kubik spinel dengan rumus kimia MFe_2O_4 . Ion logam divalen yang dapat menjadi komponen material ini meliputi Ni, Co, Cu, Mn, Mg, Zn, dan Fe. Salah satu jenis material ferit yang tengah dikembangkan sebagai bahan penyerap gelombang mikro adalah kobalt ferit ($CoFe_2O_4$). Kobalt ferit memiliki struktur unik dan salah satu bahan ferit yang khas yang memiliki Kestabilan kimia, kekuatan mekanik, dan anisotropi magnetik yang ditunjukkan oleh kobalt ferit. Banyak peneliti telah menemukan bahwa ferit yang didoping

dengan berbagai bahan seperti Ni, Co, dan Zn dapat menghasilkan penyerap gelombang mikro yang baik untuk berbagai aplikasi, seperti teknologi siluman atau melindungi rangkaian perangkat medis dari gelombang mikro (Mantia dkk., 2019).

Berdasarkan penelitian Mashadi dkk pada tahun 2019 menggunakan metode kopresipitasi pada bahan Zn_x dan $Fe_2O_{4(3-x)}$. Hasil penelitian menunjukkan sifat penyerapan gelombang mikro yang baik dalam rentang frekuensi 8 – 12 GHz, dimana nilai puncak serapan gelombang mikro berada pada komposisi $x = 0.75$ yaitu -10,81 dB, 10,20 GHz dan serapan mencapai 91,67%; $x = 1.0$ yaitu -12,77 dB, 10,18 GHz dan serapan mencapai 94,69%; $x = 1.25$ yaitu -9,93 dB, 10,20 GHz dan serapan mencapai 89,82% (Mashadi dkk., 2019). Perbedaan pada penelitian penulis terletak pada metode yang digunakan, penulis menggunakan metode reaksi padatan (*Solid State Reaction*) dan teknik *Mechanical Milling* dengan alat *High Energy Milling* (HEM), selain itu komposisi variasi yang penulis gunakan ada 6 yaitu $x = 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8$ dan 1,0.

Berdasarkan penjelasan tersebut maka penulis terdorong untuk melakukan penelitian dengan cara mensintesis dan melakukan uji karakterisasi bahan penyerap gelombang mikro ($CoFe_2O_4$) dengan variasi $x = 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8$ dan 1,0 menggunakan metode reaksi padatan (*Solid State Reaction*) menggunakan teknik *Mechanical Milling* dengan alat *High Energy Milling* (HEM) pada suhu sintering 1.200°C. Penelitian ini menggunakan alat karakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui fasa yang terbentuk, SEM – EDX (*Scanning Electron Microscopy – Energy X-Ray*) untuk mengetahui struktur permukaan sampel, FTIR (*Foyrier Transform Infrared Spectroscopy*) untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel dan VNA (*Vector Network Analyzer*) untuk mengetahui kemampuan bahan dalam menyerap gelombang mikro.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini adalah rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Bagaimana fasa yang terbentuk dan gugus fungsi pada sistem $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$ dengan komposisi $x = 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; \text{ dan } 1,0$ menggunakan metode reaksi padatan (*Solid state reaction*) dan teknik *Mechanical Milling* dengan alat HEM (*High Energy Milling*)?
2. Bagaimana morfologi yang terbentuk pada sistem $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$ dengan komposisi $x = 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; \text{ dan } 1,0$ menggunakan metode reaksi padatan (*Solid state reaction*) dan teknik *Mechanical Milling* dengan alat HEM (*High Energy Milling*)?
3. Bagaimana sistem $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$ yang dihasilkan dengan metode reaksi padatan (*Solid state reaction*) dapat menyerap gelombang mikro dengan menggunakan teknik *Mechanical Milling* dengan alat HEM (*High Energy Milling*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan penelitian:

1. Melakukan uji karakterisasi XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk dan mengetahui gugus fungsi dengan melakukan uji karakterisasi FTIR pada sistem $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$ untuk komposisi $x = 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; \text{ dan } 1,0$ menggunakan metode reaksi padatan (*Solid state reaction*) dan teknik *Mechanical Milling* dengan alat HEM (*High Energy Milling*)?
2. Melakukan uji karakterisasi SEM – EDX untuk mengetahui morfologi pada sistem $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$ untuk komposisi $x = 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; \text{ dan } 1,0$ menggunakan metode reaksi padatan (*Solid state reaction*) dan teknik *Mechanical Milling* dengan alat HEM (*High Energy Milling*)?
3. Melakukan uji karakterisasi VNA (*Vector Network Analyzer*) untuk mengetahui kemampuan penyerap gelombang mikro oleh sistem $Zn_x Co_{(1-x)} Fe_2O_4$ hasil sintesis menggunakan metode reaksi padatan (*Solid state reaction*) dan teknik *Mechanical Milling* dengan alat HEM (*High Energy Milling*)?

1.4 Batasan Masalah

Berikut batasan masalah pada penelitian ini:

1. ZnO, Co₃O₄ dan Fe₂O₃ digunakan untuk membentuk komposisi Zn_xCo_(1-x)Fe₂O₄ dengan komposisi x = 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0.
2. Sintesis dilakukan menggunakan metode reaksi padatan dan teknik *Mechanical milling* selama 5 jam dan proses sintering pada suhu 1.200°C selama 5 jam.
3. Karakterisasi sampel menggunakan alat XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui fasa yang terbentuk, SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy – Energy X-Ray*) untuk mengetahui struktur permukaan, FTIR (*Foyrier Transform Infrared Spectroscopy*) untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dan VNA (*Vector Network Analyzer*) untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap gelombang mikro.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman dan informasi terkait hasil karakterisasi material ZnCoFe₂O₄ dalam menyerap gelombang mikro, pemahaman dalam mensintesis dan modifikasi material pada pengembangan teknologi dan aplikasi pada bidang militer.

DAFTAR PUSATAKA

- Aaron, L., Zee, B., & Foo, F. J. (2019). Metallic Trace Contaminant Detection Using SEM/EDX. *Advanced Micro Devices (Singapore) Pte Ltd, Device Analysis Lab, 508 Chai Chee Lane, Singapore 469032*.
- Adi, W. A., Yunazfi., Mashadi., Winatapura, D. S., Mulyawan, A., Sarwanto, Y., Gunanto, Y. E. & Taryana Y. (2019). Metamaterial: Smart Magnetic Material for Microwave Absorbing Material, [Online]. Available: www.intechopen.com.
- Alhawari, A. R. H., Majeed, Saeidi, S. F. T., Mumtaz, S., Alghamdi, H., Hindi, A. T., & Imran, M. A. (2021). Compact elliptical uwb antenna for underwater wireless communications. *Micromachines*, 12 (4), 411.
- Anam, C., Sirojudin., & Firdausi. K. S. (2007). Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi Ftir, *Berkala Fisika*, 10 (4), 79 – 80.
- Anggraini, T. (2017). Sintesis dan Karakterisasi $Fe_{2-x}La_xTiO_5$ Sebagai Absorber Gelombang Elektromagnetik.
- Aryanto, D., Sugianto, Marwoto., & Sulhadi, (2012). Karakterisasi Struktur Dan Sifat Listrik Film Tipis Zinc Oxide Didoping Gallium Dan Aluminium. *J. Sains Materi Indonesia*, 15 (3), 129.
- Awaliyah, A., Ikhwan, H., Nugiasari, V., & Zainul, R. (2018). Prinsip Dasar Milling Dalam Sintesis Material. Laboratorium Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia, 1(12),1-15.
- Awaluddin, Mahyudin, A., & Ahda, S. (2024). Pengaruh Penambahan Bahan Dopan Ta_2O_5 pada Bahan Piezoelektrik Ramah Lingkungan ($K_{0,5}Na_{0,5}O_{0,96}Li_{0,04}NbO_3$ dengan Menggunakan Sintesis Metode Molten Salt. *Jurnal Fisika Unand*, 4(2). <https://doi.org/10.25077/jfu.4.2.%p.2015>

DAFTAR PUSTAKA

- Elmahaishi, M. F., Azis, R. S., Ismail, I., & Muhammad, F. D. (2022). A review on electromagnetic microwave absorption properties: their materials and performance. *J. Of Materials Research and Technology*, 2189, doi.10.1016/j. jmrt.
- Fatimah, S., Ragadhita, R., Husaeni, D. F. A., & Nandiyanto, A. B. D. (2022). How to Calculate Crystallite Size from X-Ray Diffraction (XRD) using Scherrer Method. *J. Asean of science and engineering*, 2 (1), 65-66.
- Ganure, K. A., Dhale., L. A., Shirsat, S. E., & Lohar, K. S. (2018). Morphological Study of Lanthanum-Doped Nano Spinel Ferrite via Normal Micelles Method. *J. Of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*.
- Gayatri, A. (2023). Sintesis dan Karakterisasi Paduan Intermetalik Mg_2Si Dengan Penambahan Karbon Nanopartikel Melalui Teknik Powder InSealed Tube.

- Gerwert, K., & Kötting, C. (2010). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *Encyclopedia Of Life Sciences & 2010, John Wiley & Sons, Ltd. [Www.Els.Net](http://www.Els.Net)*, Online Posting Date: 15th September 2010.
- Handayani, S. P. (2010). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Ikan Dengan Radiasi Gelombang Mikro.
- Hasanah, N. (2019). Sintesis Dan Karakterisasi Bahan Penyerap Gelombang Mikro Sistem $\text{NiCe}_x \text{Fe}_{(2-x)} \text{O}_4$.
- Hilmawan, A., Yusuf, V. A. J., Wijaya, T. D., Arjuna, A., Arif, A. R., & Hasanah, N. (2019). Evaluasi efek inkorporasi kombinasi dopan Mg^{2+} dan Fe^{3+} terhadap karakteristik optik dan struktur nanoplatform teranostik ZnO . *Majalah Farmasi dan Farmakologi*, 23 (3), 112-117.
- Ihwani, S. A. (2022). Pengaruh Fraksi-X Selenium Pada Struktur Dan Parameter Kisi $\text{Pb}(\text{S,Se})$ Masif Preparasi Teknik Bridgman. *J. Ilmu Fisika dan Terapannya*, 09 (02),1-3.
- Irsalina, F. R. (2020). *Karakterisasi Struktur Kristal, Morfologi, dan Sifat Magnetik Nanopartikel ZnO dengan Varian Konsentrasi Dopan Mg Menggunakan Sintesis Metode Kopresipitasi*. Skripsi, Universitas Brawijaya. Diakses dari <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/182305/>
- Ismunandar. (2006). Padatan Oksida Logam: Struktur, Sintesis, dan Sifat-Sifatnya. Bandung: ITB.
- Johan, A., Setiabudidaya, D., Arsyad, F. S., Mashadi., Sarwanto, Y., Winatapura, D. S., Taryana, Y., Yunazfi., & Adi, W. A. (2003). Magnetic and Microwave Absorbing Properties in Semi-Hard $\text{Co}_x\text{Fe}_{(3-x)} \text{O}_4$ Synthesized by Sol-Gel Method. *J. Teknologi*, 85 (4),199-204.
- Johan, A., Setiabudidaya, D., Arsyad, F. S., Ramlan., & Adi, W. A. (2022). Strong and weak ferromagnetic of cobalt ferrite: Structural, magnetic properties and reflection loss characteristic, *Mater. Chem. Phys*, 295 (9).
- Julianawati., Marlina., Nasution., & Sheilatina. (2015). Types Of Mineral Of Jades (Giok) Takengon,Aceh Applying Sem-Edx Techniques Toidentifyingthe Types Of Mineral Of Jades (Giok) Takengon,Aceh Applying Sem-Edx Techniques Toidentifyingthe Types Of Mineral Of Jades (Giok) Takengon,Aceh. *J. Natural*, 15(2) 44 – 45.
- Lala, M. D. T., & Sari, D. R. (2023). Perbandingan gambaran histologis lapisan piramidalis area cal hipokampus mus musculus yang dipapar radiasi gelombang elektromagnetik telepon seluler 3g dan 4g. *J. Penelitian Perawat Profesional.*, 5(3), 1279-1290.
- Lestari, H. (2024). Studi sintesis dan karakterisasi komposit upr/core-shel $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$ berbahan dasar sekam padi sebagai material penyerap gelombang mikro. *JRSKT – J. Riset Sains Dan Kimia Terapan*, 10 (2),169-176.
- Mantia, S. Y., Ramli, Y. Darvina., and Desnita, “Pengaruh Sintering Terhadap Sifat Penyerap Gelombang Mikro Dari Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ Yang Dipreparasi Dengan Metode Sol Gel,” *J. Pillar of Physics.*, vol. 12, no. Desember, pp. 91, 2019.

- Mashadi., Putri, R. A., Sugeng, B., & Yunasfi. (2019). Sintesis Bahan Magnetik $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$ Dengan Metode Ko-Presipitasi Sebagai Penyerap Gelombang Mikro. *J. Of Industrial Research an Innovation*, 13(2),183.
- Mataram, A., & Nasir, S. (2017). Pembuatan, Karakterisasi, Optimalisasi dan Pemanfaatan Polimer Membran Poliakrilonitril Untuk Penyaringan Air Edisi 2.
- Mulyawan, A., Yunasfi., & Adi, W. A. (2018). Pengaruh Waktu Milling Terhadap Mikrostruktur Dan Sifat Magnetik Komposit $NiFe_2O_4-NdFeO_3$, *J. Material Metalurgi*, 32 (3), 105-106.
- Mutaqin, R., Prayitno, W. S. W., & Nurbaiti. (2023). Pengembangan Buku Paduan Teknik Karakterisasi Material: X- Ray Diffractometer (XRD) Panalytical Xpert3 Powder. *J. Indonesia of laboratory*, 6 (1), 10.
- Niksad, A., & Parvizi, R. (2020). Presence of neodymium and gadolinium in cobalt ferrite lattice: Structural, magnetic and microwave features for electromagnetic wave absorbing. *J. of Rare Earths*, 38 (4), 411 – 417.
- Nurfitriyana., Fithri, N. A., Fitria., & Yanuarti, R. (2022). Analisis Interaksi Kimia Fourier Transform Infrared (Ftir) Tablet Gastroentif Ekstrak Daun Petai (Parkia Speciosa Hassk) Dengan Polimer Hpmc-K4m Dan Kitosan. *J. Ista online Teknologi*, 03(02), 28.
- Partini, J. (2018). Efek circular dichroism pada metamaterial chiral planar. *Risalah Fisika.*, 2 (2), 49-52.
- Phang, S. W., Tadakaro, M., Watanabe, J., & Kuramoto, N. (2008). Synthesis, Characterization and Microwave Absorption Property of Doped Polyaniline Nanocomposites Containing Tio2 Nanoparticles and Carbon Nanotubes. *Synthetic Metals*, 158, 251-258.
- Rahmawati, D. T. (2015). Variasi Penambahan Fe_3O_4 Pada Paduan Pani/ Fe_3O_4 Sebagai Bahan Penyerap Gelombang Mikro. *J. Fisika.*, 04 (01), 1 – 5.
- Razak, I., Mimsyad, M., & Mahjud, I. (2022). Buku Ajar Teknik Frekuensi Tinggi dan Gelombang Mikro,” Penerbit Nams Media: Makasar.
- Sembiring, C. H., Husnah, M., & Sirait, R. (2023). Preparasi karbon aktif limbah kulit ubi kayu menggunakan aktivasi naoh berbantuan gelombang mikro. *J. Online of Physics*, 8 (3),33-38.
- Setiadi, E. A., Shabrina, N., Utami, H. R. B., Fahmi, N. F., Kato, K., Iwata S., & Suharyadi, E. (2013). Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite ($CoFe_2O_4$) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *J. Indonesian of Applied Physics*, 3 (1), 55-56.
- Singh, P., Kumar, A., Kauhsal, A., Kaur, D., Pandey, A., & Goyal, R. N. (2008). In situ high temperature XRD studies of ZnO nanopowder prepared via cost effective ultrasonic mist chemical vapour deposition. *Bull. Mater. Sci*, 31 (3), 573.
- Sonia, M. M. L., Pauline, S., & Mary, N. L. (2014). Effect of Samarium Substitution on The Structural, Morphological and Magnetic Properties Of Nanocrystalline Nickel Ferrites. *International Journal of Advance Research In Science And Engineering*, 3 (9), 130 – 139.

- Susilo, A. (2023). Subsurface mapping of ground water using schlumberger configuration in upstream of brantas river, batu area, east java, Indonesia, *Natural B*, 2(4), 303-308.
- Taryana, Y., Manaf, A., Sudrajat, N., & Wahyu, Y. (2019). Material Penyerap Gelombang Elektromagnetik Jangkauan Frekuensi Radar,” *J.Keramik dan Gelas Indonesia.*, vol.28, no.1, pp.10,2019
- Tiana, S. (2018). Sintesis Sistem $Zn_{1-x}Fe_xO_4$ Sebagai Bahan Penyerap Gelombang Mikro.
- Triwulandari, I., Sudarti, S., & Yushardi, Y., (2024). Mekanisme pemanfaatan gelombang mikro navigasi kapal dalam pendayagunaan sinar radar gelombang elektromagnetik. *Saintifik. J. Saintifik.*, 10 (1), 141-146.
- Widhihastuti, E., & Alauhdin, M. (2022). Buku Petunjuk Praktikum Analisis Farmasi Instrumental. *Semarang: Universitas Negeri Semarang.*
- Yulianti, S., Ramli, Yulkifli., & Darvina, N. (2020). Pengaruh Komposisi $CoFe_2O_4$ terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit $CoFe_2O_4/Pvdf$ Yang Disintesis Dengan Metode Solgel. *Pillar of Physics*, 13, 10.
- Yunasfi., Mashadi., Mulyawan, A., & Adi, W.A. (2020). Synthesis of $Ni_{1-x}Fe_xO_4$ System as Microwave Absorber Materials by Milling Technique. *J. of Electronic Materials*, 49 (12), 7272–7278.
- Yunasfi., Nurfadilah, S., Mashadi., & Adi, W. A. (2018). Analisis Dan Karakterisasi $Zn_xFe_{(3-x)}O_4$ Sebagai Penyerap Gelombang Mikro Pada Peralatan Telekomunikasi. *J. Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 19 (2)53–54.
- Zhao, X. (2015). SEM - EDX Analysis of Aerosol Samples (Honors thesis). *Union College, Department of Physics & Astronomy.*
- Zhou, S., Gong, H., Zhang, B., Du, Z., & Zhang, X. (2008). Synthesis and photoluminescence of a full zinc blende phase zno nanorod array. *Nanotechnology*, 19 (17) 175303.