

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$
DENGAN POLIVINIL PIROLIDON (PVP) SEBAGAI PENYERAP
GELOMBANG MIKRO**

SKRIPSI

*Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Fisika
Fakultas MIPA*

Diajukan Oleh :

JELINA MERISHETI

NIM : 08021282126028



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

LEMBAR PENGESAHAN

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$
DENGAN POLIVINIL PIROLIDON (PVP) SEBAGAI PENYERAP
GELOMBANG MIKRO**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Bidang Fisika Fakultas MIPA*

Oleh :

JELINA MERISHETI

NIM.08021282126028

Indralaya, Maret 2025

Pembimbing II

Pembimbing I



Dr. Ramlan

NIP. 196604101993031003



Drs. Yunasfi, M.Eng

NIP. 196206041988011001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



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

NIP. 197009101994121001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama ; Jelina Merisheti

NIM : 08021282126028

Judul TA : Sintesis dan Karakterisasi Komposit $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP) sebagai Penyerap Gelombang Mikro

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya suhun dengan judul tersebut adalah asli atau orisinalitas, didampingi oleh dosen pembimbing dalam proses penyelesaian serta mengikuti etika penulisan karya ilmiah sampai pada waktu skripsi ini diselesaikan, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari terdapat kesalahan atau keterangan yang tidak benar dalam pernyataan ini, maka saya siap bertanggung jawab secara akademik dan bersedia menjalani proses hukum yang ditetapkan.

Indralaya, Maret 2025


METERA
TEMPEL
CFBA0AKX420
Merisheti
NIM.08021282126028

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION COMPOSITE OF $ZnFe_{1.975}$
 $La_{0.025}O_4$ POLYVINYL PYROLIDONE (PVP) AS A MICROWAVE
ABSORBER**

**JELINA MERISHETI
NIM.08021282126028**

ABSTRACT

$ZnFe_2O_4$ is included in the normal cubic spinel ferrite system for the nano scale. $ZnFe_2O_4$ as a spinel ferrite is important in microwave absorption due to the high magnetic loss. To improve the electromagnetic properties of $ZnFe_2O_4$ ferrite, it is done by changing the ion distribution in the spinel structure through magnetic doping. This research was conducted by magnetic doping of lanthanum oxide composite materials. This type of material has good dielectric properties and high permittivity values so that it can be a candidate for a good microwave absorber. This study also involves the addition of polymer materials in the manufacture of composite sheets. The polymer used in this study is Polyvinyl Pyrolidone. Based on the research that has been done, the physical properties of ferrite depend on the synthesis method, cation doping in the crystal structure, particle size and morphology. This makes the doping process on $ZnFe_2O_4$ with La content through a solid reaction process using mechanical milling techniques. In addition, studying the synthesis process and characterization of $ZnFe_2O_4$ composite materials doped with La^{3+} . This study focuses on the effect of crystal structure and microwave absorption characteristics on $ZnFe_{1.975}La_{0.025}O_4$ /PvP composite materials. This study is also not only limited to the synthesis process and characterization of $ZnFe_2O_4$ doped with La^{3+} but also studies the changes in properties when $ZnFe_{1.975}La_{0.025}O_4$ materials are added with Polyvinyl Pyrolidone (PvP) polymers to form composite sheets.

Keywords : Microwaves ; PvP; XRD; SEM; FTIR; VNA

Indralaya, Maret 2025
Menyetujui

Pembimbing I

Dr. Ranlan
NIP. 196604101993031003

Pembimbing II

Drs. Yunasfi M.Eng
NIP. 196206041988011001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T.
NIP. 197009101994121001



**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$
DENGAN POLIVINIL PIROLIDON (PVP) SEBAGAI PENYERAP
GELOMBANG MIKRO**

**JELINA MERISHETI
NIM.08021282126028**

ABSTRAK

$ZnFe_2O_4$ ini termasuk kedalam sistem ferit spinel kubik normal untuk skala nano. $ZnFe_2O_4$ sebagai ferit spinel penting dalam penyerapan gelombang mikro akibat banyaknya kehilangan magnetik yang tinggi. Untuk meningkatkan sifat elektromagnetik pada ferit $ZnFe_2O_4$, dilakukan dengan mengubah distribusi ion dalam struktur spinel melalui doping magnetic. Penelitian ini dilakukan dengan doping magnetik bahan komposit lanthanum oksida. Material jenis ini memiliki sifat dielektrik yang baik dan nilai permitivitas yang tinggi sehingga dapat menjadi kandidat bahan penyerap gelombang mikro yang baik. Penelitian ini juga melibatkan penambahan bahan polimer dalam pembuatan lembaran komposit. Polimer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Polivinil Pirolidon. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sifat fisik ferit bergantung pada metode sintesis, doping kation dalam struktur kristal, ukuran dan morfologi partikel. Hal ini menjadikan proses doping pada $ZnFe_2O_4$ dengan kandungan La melalui proses reaksi padatan dengan menggunakan teknik mechanical milling. Selain itu mempelajari proses sintesis dan karakterisasi terhadap bahan komposit $ZnFe_2O_4$ yang didoping dengan La^{3+} . Penelitian ini berfokus pada pengaruh struktur kristal dan karakteristik serapan gelombang mikro pada bahan komposit $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4/PvP$. Penelitian ini juga tidak hanya terbatas pada proses sintesis dan karakterisasi $ZnFe_2O_4$ yang didoping dengan La^{3+} tetapi juga mempelajari perubahan sifat ketika bahan $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ ditambahkan dengan polimer Polivinil Pirolidon (PvP) membentuk lembaran komposit .

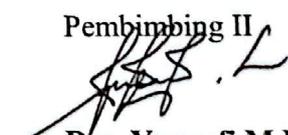
Kata Kunci : Gelombang Mikro ; PvP; XRD; SEM; FTIR; VNA

Indralaya, Maret 2025
Menyetujui

Pembimbing I


Dr. Ramlan
NIP. 196604101993031003

Pembimbing II


Drs. Yunasfi M.Eng
NIP. 196206041988011001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika


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

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena atas rahmat dan karunia-Nya proposal tugas akhir dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Komposit $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ /Polivinil Piroolidon (PvP) Sebagai Penyerapan Gelombang Mikro” dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini rencananya akan dilaksanakan di Badan Riset dan Inovasi Nasional, kawasan Puspitek Serpong, Tangerang, Banten, 15314 Indonesia, dengan tujuan memenuhi persyaratan kurikulum di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, dan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika.

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

1. Kepada kedua orang tua penulis bapak Pirdaus dan Ibu Elmi Reftiana yang telah menjadi sayap untuk putri kedua kalian yang sangat mencintai kalian dengan sepenuh hati. Terima kasih penulis ucapkan untuk segala rasa kasih dan sayang yang kalian berikan dalam membentuk karakter penulis menjadi perempuan yang kuat dalam segala hal. I love you dari putri yang selalu kalian banggakan.
2. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S. Si., MT., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ade Mulyawan, S. Si., M. Eng., selaku peneliti yang telah mendukung dan membantu menyelesaikan laporan skripsi.

4. Bapak Mashadi, M. Si., selaku peneliti yang telah mendukung dan membantu menyelesaikan laporan skripsi.
5. Ibu Dr. Siti Sailah S.Si M.T selaku dosen pembimbing akademik.
6. Kedua saudara kandung penulis kakak Jevi Meliandi dan adik Jesika Azaria yang selalu mengusahakan apa yang penulis butuhin dalam menjalani tugas akhir ini. Terutama untuk kakak penulis yang selalu mendukung apapun kebutuhan adiknya, terimakasih atas usahanya dalam mengejar sarjana penulis dan mengusahakan dari bidang materi untuk mewujudkan mimpi.
7. Untuk Ilyan Mahendra orang yang setia menemani penulis dalam suka maupun duka selama ini. Terimakasih penulis ucapkan atas semua nasihat dan saran dalam menjalani hidup kedepan dan mengatasi masalah tidak dengan emosi.
8. Kepada teman-teman FTM (nurul,novita,mustari,zumratul,putriafla,tri intan, atri, dan puja) yang selalu mengusahakan dari awal sampai akhir tugas akhir untuk terus berjuang bersama.
9. Kepada Almamater Universitas Sriwijaya yang sangat penulis banggakan.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan dan penyusunan proposal ini masih terdapat kekurangan yang muncul akibat keterbatasan wawasan dan pengetahuan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan atas izin, kesempatan, serta pembinaan yang telah diberikan oleh pihak instansi kepada penulis.

Indralaya, Maret 2025



Jelina Merisheti
NIM.08021282126028

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gelombang Mikro	5
2.2 Serapan Gelombang Mikro	7
2.2.1 Permittivitas	8
2.2.2 Permeabilitas.....	9
2.3 <i>Zinc Ferrit Oxide</i> ($ZnFeO_4$)	9
2.4 Lanthanum Oxide	10
2.5 Polivinil Pirolidon (PvP)	12
2.6 Metode Reaksi Padatan (<i>Solid Stated</i>)	13
2.7 Teknik Mechanical Milling	13
2.8 Karakterisasi Bahan Nanokomposit	14
2.8.1 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	14

2.8.2 SEM (<i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersiv Spectroscopy</i>).....	16
2.8.3 FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>).....	17
2.8.4 VNA (<i>Vector Network Analyzer</i>).....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2 Metode Penelitian.....	20
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.3.1 Alat Penelitian.....	20
3.3.2 Bahan Penelitian	21
3.4 Alat Karakterisasi	21
3.5 Prosedur Penelitian.....	22
3.5.1 Prosedur Sintesis Bahan Serbuk	22
3.5.2 Prosedur Pembuatan Lembaran komposit.....	23
3.6 Pengujian Material	23
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	24
3.7.1 Prosedur Sintesis Bahan Komposit	24
3.7.2 Prosedur Pembuatan Lembaran Komposit.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Hasil Analisis Karakterisasi XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	26
4.2 Hasil Karakterisasi SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	29
4.3 Hasil Karakterisasi FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>)	35
4.4 Hasil Analisis VNA (<i>Vector Network Analyzer</i>).....	38
BAB V PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	31
LAMPIRAN 1. Perhitungan Stokiometri	32
LAMPIRAN 2. Perhitungan % penyerapan gelombang mikro	33
LAMPIRAN 3. Data hasil karakterisasi	35

LAMPIRAN 4. Alat dan Bahan Penelitian.....	46
LAMPIRAN 5. Dokumentasi Penelitian	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gelombang Elektromagnetik	7
Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik	7
Gambar 2.3 Fenomena Gelombang Elektromagnetik	8
Gambar 2.4 La_2O_3 Polyhedral	13
Gambar 2.5 <i>Polymerization of vinylpyrrolidone</i>	14
Gambar 2.6 Skema Dasar XRD.....	16
Gambar 2.7 Skema SEM	18
Gambar 2.8 Skema Uji Karakterisasi VNA.....	20
Gambar 3.1 Diagram alir prosedur pembuatan bahan komposit	24
Gambar 3.2 Diagram alir prosedur pembuatan lembaran komposit.....	25
Gambar 4.1 Pola difraksi sinar-X Bahan Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$	26
Gambar 4.2 PolaDifraksi Sinar-X pada bahan komposit Polimer $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ / (PvP)	27
Gambar 4.3 Struktur Morfologi Sampel Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan perbesaran (a) 5000x ;(b)10000;(c)15000;(d)20000	29
Gambar 4.4 Unsur kimia yang terdapat pada bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$	30
Gambar 4.5 Grafik morfologi permukaan bahan komposit $\text{Znfe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_3$	30
Gambar 4.6 Struktur Morfologi Sampel Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ /PvP dengan Variasi 0%,10%,20%,dan30%	31
Gambar 4.7 Unsur Kimia yang Terdapat Pada Polivinil Piroolidon (PvP) atau $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ /PvP.....	32
Gambar 4.8 Grafik morfologi permukaan bahan komposit $\text{Znfe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_3$ /PVP dengan Variasi 0%,10%,20%,dan30%	32
Gambar 4.9 Grafik FTIR Menentukan Gugus Fungsi Pada Bahan Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$	34
Gambar 4.10 Grafik FTIR Menentukan Gugus Fungsi Pada Bahan Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ /PvP	35
Gambar 4.11 Grafik VNA Hasil Serapan Gelombang Mikro Pada Bahan Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$	36
Gambar 4.12 Grafik VNA Hasil Serapan Gelombang Mikro Pada Bahan Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ /PvP 0%,10%,20%,30%	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat sintesis bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP).....	21
Tabel 3.2 Bahan Sintesis $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP)	23
Tabel 4.1 Komposisi elemen penyusun pada bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$	31
Tabel 4.2 Komposisi elemen penyusun pada bahan komposit Polivinil Pirolidon	32
Tabel 4.5 Nilai <i>Reflection Loss</i> dari uji penyerapan gelombang mikro	39

DAFTAR SINGKATAN

EDS	<i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i>
HEM	<i>High Energy Milling</i>
MRAM	<i>Microwave and Radar Absorbing Materials</i>
PVP	Polivinil Piroolidon
SHF	<i>Super High Frequency</i>
RADAR	<i>Radio Detection and Ranging</i>
RL	<i>Reflection Loss</i>
LTJ	Logam Tanah Jarang
PCA	<i>Process Control Agent</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
SEM	<i>Scenning Electron Miscroscopy</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infra Red</i>
VNA	<i>Vector Network Analyzer</i>
KST	Kawasan Sains dan Teknologi
REE	<i>Rare Earth Elements</i>
COD	<i>Crystallography Open Database</i>
ZnFe ₂ O ₄	<i>Zinc Ferrite Oxide</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman pada masa sekarang diikuti oleh perkembangan teknologi dan komunikasi secara bersamaan. Perkembangan teknologi dan komunikasi menjadikan bagian gelombang mikro yang berkembang sangat pesat sehingga dapat mempengaruhi sistem penggunaan aplikasi, seperti telpon seluler dan sebagainya. Perkembangan gelombang mikro ini memberikan efek pada sistem pertukaran informasi yang sangat cepat dan lebih efisien, dengan bertambahnya jangkauan komunikasi dan pengetahuan yang lebih jauh lagi. Namun, hal tersebut juga dapat membentuk polusi elektromagnetik yang disebabkan oleh tingginya penggunaan gelombang mikro. Sehingga dapat menyebabkan masalah yang makin serius pada masa sekarang (Wei *et al.*, 2020). Salah satu dampak polusi gelombang mikro adalah munculnya interferensi gelombang elektromagnetik yang bisa mengganggu kinerja sistem dan menurunkan efisiensi transmisi sinyal. Karena itu, penting untuk mengembangkan bahan penyerap gelombang elektromagnetik yang dapat menyerap gelombang yang tidak diinginkan, sehingga tingkat interferensi berkurang dan kinerja sistem elektromagnetik meningkat. Salah satu teknik efektif untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan bahan penyerap gelombang mikro(Mulyawan A and Wisnu A.A 2018)(Mulyawan A, Yusnafi, and A.A 2017).

Untuk mengatasi masalah interferensi gelombang mikro, penelitian tentang bahan kandidat penyerap gelombang mikro telah menjadi topik yang menarik dan berkembang pesat. Salah satu fokusnya adalah mengembangkan bahan penyerap gelombang mikro yang mampu menyerap gelombang pada rentang frekuensi tertentu(Mulyawan *et al.*,2017). Material ini memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap gelombang mikro, sehingga sering digunakan dalam teknologi siluman (*stealth*) pada peralatan militer sebagai penyerap gelombang radar. Material ini dikenal sebagai *Microwave and Radar Absorbing Materials* (MRAM). MRAM yang ideal perlu memiliki nilai permitivitas dan permeabilitas tertentu untuk

menghilangkan interferensi elektromagnetik yang tidak diinginkan, sehingga berperan penting dalam membantu peralatan militer menghindari deteksi radar (Yunasfi *et al.*, 2020). Gelombang mikro adalah jenis gelombang elektromagnetik yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu komponen vektor medan listrik dan komponen vektor medan magnet. Oleh karena itu, bahan penyerap gelombang mikro yang efektif juga harus memiliki karakteristik yang terbentuk dari bahan dielektrik dan magnetik yang baik (Chireh, *et al.*, 2021),2021)(Das *et al.*,2015). Bahan penyerap gelombang mikro itu biasanya terdiri dari material yang mempunyai sifat dielektrik tinggi seperti polimer, keramik dan komposit yang memiliki kandungan bahan partikel penyerap gelombang mikro (Min.,2020).

Pada saat ini salah satu bahan yang masih menjadi pilihan material penyerap gelombang mikro, misalnya *Zinc Ferrit* ($ZnFe_2O_4$). Setelah dipelajari lebih dalam bahwa $ZnFe_2O_4$ ini termasuk kedalam sistem ferit spinel kubik normal untuk skala nano. Nanopartikel *Zinc Ferrit* merupakan salah satu bahan oksida magnetik yang terkenal karena koersivitasnya yang rendah dan magnetisasi saturasinya yang sangat baik. Sifat $ZnFe_2O_4$ tidak hanya dipengaruhi oleh efek ukuran, hal tersebut juga dapat disebabkan oleh penggabungan ion asing dan bahan fungsional baru. $ZnFe_2O_4$ sebagai ferit spinel penting dalam penyerapan gelombang mikro akibat banyaknya kehilangan magnetik yang tinggi. Untuk meningkatkan sifat elektromagnetik pada ferit $ZnFe_2O_4$, dilakukan dengan mengubah distribusi ion dalam struktur spinel melalui doping magnetik (Yunasfi *et al.* 2020).

Penelitian ini dilakukan dengan doping magnetik bahan komposit lanthanum oksida. lanthanum oksida atau dapat dituliskan dengan La_2O_3 , material jenis ini memiliki sifat dielektrik yang baik dan nilai permitivitas yang tinggi sehingga dapat menjadi kandidat bahan penyerap gelombang mikro yang baik(Adi, *et al.*,2017). Penelitian ini juga melibatkan penambahan bahan polimer dalam pembuatan lembaran komposit. Polimer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Polivinil Prolidon, yang juga dikenal sebagai Povidon(Sjahriza, *et al.*,2019).

Pada penelitian sebelumnya, Yunasfi dkk 2020. telah berhasil melakukan substitusi terhadap ZnFe_2O_4 dengan La_2O_3 dengan komposisi La yang digunakan 0,02, dimana dapat dilihat bahwa penambahan Lanthanum pada ZnFe_2O_4 dapat meningkatkan kemampuan untuk menyerap gelombang mikro dari 90,35% menjadi 97,69%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sifat fisik ferit bergantung pada metode sintesis, doping kation dalam struktur kristal, ukuran dan morfologi partikel. Hal ini menjadikan proses doping pada ZnFe_2O_4 dengan kandungan La melalui proses reaksi padatan dengan menggunakan teknik *mechanical milling*. Selain itu mempelajari proses sintesis dan karakterisasi terhadap bahan komposit ZnFe_2O_4 yang didoping dengan La^{3+} . Penelitian ini berfokus pada pengaruh struktur kristal dan karakteristik serapan gelombang mikro pada bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4/\text{PvP}$. Penelitian ini juga tidak hanya terbatas pada proses sintesis dan karakterisasi ZnFe_2O_3 yang disubstitusi dengan La^{3+} tetapi juga mempelajari perubahan sifat ketika bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ ditambahkan dengan polimer Polivinil Pirolidon (PvP) membentuk lembaran komposit .

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana cara melakukan sintesis nanokomposit material $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP) sebagai bahan penyerap gelombang mikro dengan metode reaksi padatan (*solid state*) menggunakan teknik *Mechanical Milling* dengan alat HEM (*High Energy Milling*)?
2. Bagaimana menganalisis data hasil karakterisasi bahan penyerap gelombang mikro oleh material komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP)?
3. Bagaimana kemampuan material komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP) mepenyerap gelombang mikro ?

1.3 Tujuan Masalah

Tujuan masalah dari penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut:

1. Dapat melakukan sintesis nanokomposit pada material $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP) sebagai bahan penyerap gelombang mikro
2. Dapat menganalisis data hasil karakterisasi penyerap gelombang mikro pada material komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP)
3. Dapat memahami dan menganalisa pengaruh komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP) terhadap penyerapan gelombang mikro

1.4 Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah dalam penelitian ini seperti berikut:

1. Melakukan sintesis komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP) sebagai bahan penyerap gelombang mikro dengan metode reaksi padatan (*solid state*) menggunakan teknik *Mechanical Milling* dengan alat HEM (*High Energy Milling*)
2. Melakukan karakterisasi material komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP) hasil sintesis dengan metode reaksi padatan (*solid state*) menggunakan teknik *Mechanical Milling* dengan alat HEM (*High Energy Milling*).
3. Mengetahui pengaruh kandungan material $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Pirolidon (PvP) dalam komposit terhadap kemampuannya menyerap gelombang mikro.

1.5 Manfaat Penelitian

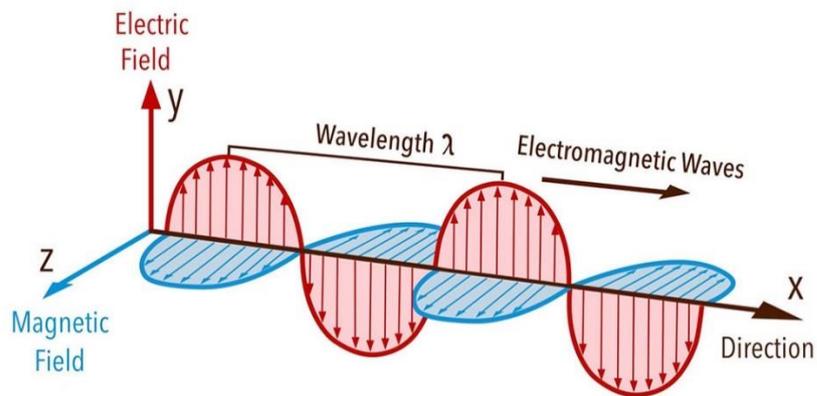
Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan hasil yang baik pada proses sintesis dan karakterisasi yang dilakukan sesuai dengan yang diinginkan. Hasil yang diharapkan tak jauh dapat memberikan kemampuan bahan nanokomposit dalam penyerapan gelombang mikro dengan potensi yang diberikan cukup efektif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

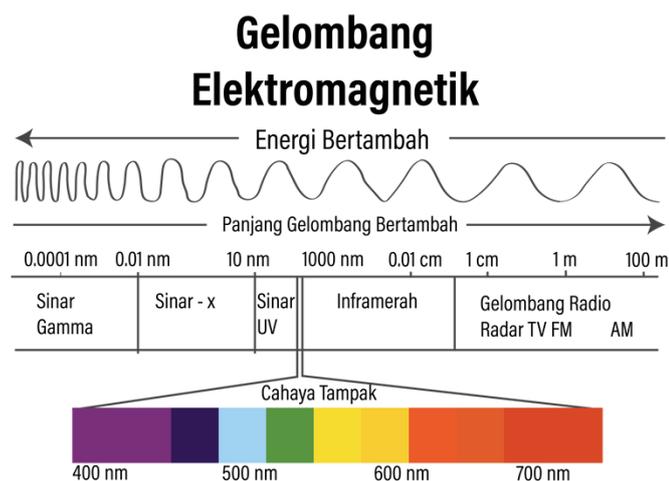
2.1 Gelombang Mikro

Gelombang mikro dapat diartikan sebagai gelombang elektromagnetik yang dapat diubah menjadi panas, biasanya sering digunakan sebagai perantara untuk menghubungkan suatu media. Hal ini didasarkan pada muatan yang dibutuhkan oleh setiap partikel, sehingga gelombang tersebut dapat berfungsi sebagai bagian dari komponen gelombang listrik (Kurnia and Sudarti 2021). Gelombang mikro atau biasa dikenal dengan *microwaves* ini merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang sangat tinggi (*Super High Frequency*, SHF), yang berada di rentang 0,3 - 300 GHz. *Microwaves* berkisar dari 1,12 hingga 40 GHz dan memiliki gelombang panjang sekitar 1mm hingga 1m (Kombongkila, *et al.*, 2024) (Kurniawati N. 2017). Pada gelombang mikro terdapat beberapa keunggulan, antara lain, mampu mengurangi tingkat panas yang berlebihan pada permukaan material. Proses perpindahan panas atau sama halnya dengan transfer energi, dapat mengurangi gradien termal secara cepat dalam waktu yang singkat, sehingga efek termalnya dapat kembali stabil. Pemanfaatan teknologi gelombang mikro tidak hanya terlihat dari aplikasinya, tetapi juga dari prosesnya yang cepat, terkontrol, panas yang terdistribusi merata, serta biaya yang relatif terjangkau karena tidak membutuhkan energi yang cukup besar. Ketika gelombang mikro diserap oleh suatu objek, objek tersebut akan mengalami pemanasan. Sebagai contoh, ketika makanan menyerap radiasi dari gelombang mikro, makanan tersebut akan menjadi panas dan matang dalam waktu yang lebih singkat. Selain itu, gelombang mikro juga digunakan dalam RADAR (*Radio Detection and Ranging*), yang berfungsi untuk mendeteksi dan menentukan posisi suatu objek menggunakan gelombang mikro dengan frekuensi sekitar 10^{10} Hz (Kombongkila, *et al.*, 2024) (Nursanni 2021) yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Gelombang Elektromagnetik(Kombongkila,*et al.*,2024)

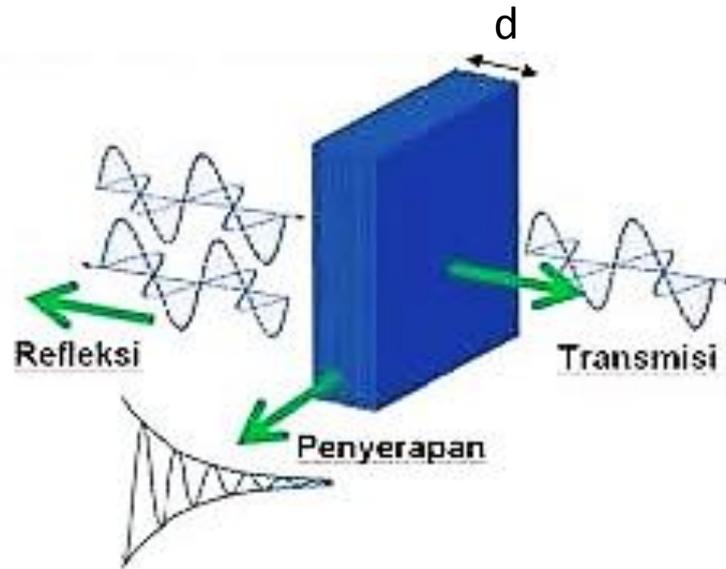
Radiasi gelombang mikro adalah radiasi elektromagnetik dengan frekuensi sekitar 0,3–300GHz dan panjang gelombang sekitar 0,1mm. Frekuensi radiasi gelombang mikro terdiri dari beberapa pita, yaitu pita L, D, dan pita lainnya. Setiap jenis kekuatan medan elektromagnetik ditentukan oleh panjang gelombang dan frekuensi berkisar dari tingkat energi yang sangat rendah hingga tingkat energi yang sangat tinggi, yang dikenal sebagai spektrum elektromagnetik(Wisnu,*et al.*,2012), seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik(Wisnu,*et al.*,2012).

Gelombang mikro yang memiliki sifat koheren dan terpolarisasi mengikuti prinsip-prinsip hukum optik DNA, di mana gelombang tersebut dapat dipantulkan,

ditransmisikan, atau diserap, tergantung pada sifat material yang dilaluinya. Secara umum, pemanfaatan gelombang mikro didasarkan pada fenomena pemantulan, transmisi, dan penyerapan (Wisnu, *et al.*, 2012), terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Fenomena Gelombang Elektromagnetik(Wisnu, *et al.*, 2012).

2.2 Serapan Gelombang Mikro

Gelombang mikro terjadi ketika suatu gelombang ditembakkan terhadap material yang memiliki ketebalan tertentu. Ketika gelombang melewati permukaan, bahan tersebut mengalami fenomena gelombang elektromagnetik yaitu refleksi, transmisi, dan penyerapan. Sehingga terdapat persamaan yang menggambarkan intensitas gelombang elektromagnetik saat melewati suatu medium penyerap. Persamaan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$$I = I_0 e^{-\alpha x} \quad (2.1)$$

Keterangan:

I = Intensitas gelombang yang diteruskan (W/cm^2)

I_0 = Intensitas awal (W/cm^2)

α = Koefisien penyerapan /Atenuasi(m^{-1})

x = Tebal Bahan (m)

Dalam persamaan ini, I merupakan intensitas gelombang elektromagnetik pada suatu titik dalam medium penyerap. I_0 merupakan intensitas gelombang saat melewati ketebalan nol dari medium penyerap, yaitu pada awal masuknya

gelombang ke dalam medium. α adalah koefisien penyerap yang dinyatakan dalam satuan meter pangkat minus satu (m^{-1}). x adalah tebal penyerap dalam satuan meter (m). Persamaan ini dapat digunakan dalam studi tentang efek penyerapan gelombang elektromagnetik pada komunikasi nirkabel. Dalam sistem komunikasi, penyerapan gelombang dapat menjadi faktor yang mempengaruhi kekuatan sinyal dan jarak jangkauan komunikasi (Di Capua, *et al.*, 2014).

Penyerap gelombang mikro adalah bahan yang dapat digunakan untuk mengukur kekuatan medan elektromagnetik. Gelombang penyerap ini diterapkan untuk mengurangi radiasi yang tidak diinginkan yang mungkin mengganggu kemampuan sistem untuk berfungsi. Kemampuan suatu material dalam menyerap gelombang dapat diukur melalui tingkat perubahan refleksi atau transmisi gelombang elektromagnetik yang terjadi. Pengukuran ini dilakukan menggunakan nilai pengurangan yang dikenal sebagai *Reflection Loss* (RL). Menurut prinsip transmisi, nilai RL sangat dipengaruhi oleh permitivitas dan permeabilitas material, yang bergantung pada frekuensi serta konsentrasi penyerap yang digunakan. Permeabilitas dan permitivitas material ini berdampak pada kompresi gelombang panjang. Kedua komponen tersebut akan mengakibatkan adanya kerugian-kerugian yang terjadi pada medan magnet atau listrik, yang selanjutnya akan menyebabkan terlepasnya energi pada medan elektromagnetik tersebut (Arthur von Hippel 2012). Material penyerap yang efektif perlu memiliki nilai permeabilitas dan permitivitas yang tinggi. Selain itu, material tersebut juga harus memiliki saturasi magnetik dan resistivitas magnetik yang tinggi (Yunasfi et al. 2018).

2.2.1 Permittivitas

Permittivitas (ϵ) adalah kemampuan suatu material untuk membentuk jaringan listrik dalam sebuah medium. Dalam pengertian lain, konstanta dielektrik menggambarkan durasi waktu di mana medan listrik mengalami kerusakan dan penurunan akibat pengaruh lingkungan dielektrik. Konstanta dielektrik dari media menunjukkan jumlah fluks magnetik dan listrik yang dihasilkan oleh setiap partikel tunggal di dalam medium tersebut. Efek polarisasi dapat terjadi dengan mengombinasikan listrik yang ada dengan dielektrik yang tinggi (per unit muatan).

Permittivitas s sangat terkait dengan sensitivitas listrik; sebagian besar hubungan ini terbentuk sebagai respon terhadap sensitivitas listrik yang diukur(Saptari 1977).

Permittivitas adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan sifat elektrokimia yang memengaruhi pantulan gelombang elektromagnetik yang ada dalam antena dan transfer energi gelombang di dalam material (Komarov,*et al.*,2005). Permittivitas kompleks merupakan suatu sifat fisika yang dapat digunakan untuk menggambarkan sifat-sifat elektrokimia yang dapat mempengaruhi potensial redoks serta transmisi gelombang elektromagnetik dalam suatu material serta energi yang berkurang ketika gelombang elektromagnetik tersebut merambat(Priyono,*et al.*,2019).

2.2.2 Permeabilitas

Permeabilitas suatu material adalah kemampuannya untuk dilarutkan oleh ion-ion dari medan magnet. Permeabilitas dapat dinyatakan dalam μ . Salah satu cara untuk menggambarkan suatu benda adalah bahwa benda tersebut memiliki permeabilitas yang tinggi. Jika benda tersebut mudah dipecah oleh magnet, hal tersebut dapat menyebabkan fluks magnet meningkat. Derajat permeabilitas benda yang lain akan ditentukan dengan membandingkannya dengan udara dan ruang hampa(Mamarimbing,*et al.*, 2015). Permeabilitas magnet (μ) adalah ukuran kemampuan suatu zat untuk mencapai magnet internal sebagai reaksi terhadap magnet yang diberikan. Jenis magnet didasarkan pada permeabilitas magnetik, yang dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis: statis dan dinamis(H. Wei *et al.* 2020).

2.3 Zinc Ferrit Oxide (ZnFeO₄)

ZnFe₂O₄ merupakan material yang penting secara komersial dan telah banyak digunakan sebagai bahan magnetik sensor gas, katalis, fotokatalis, bahan penyerap dan sebagainya(Cobos *et al.* 2020). Nanopartikel Zinc Ferrit ZnFe₂O₄ ini memiliki struktur spinel bimodal, dengan seluruh ion Zn²⁺ terletak pada situs oktahedral dan seluruh ion Fe³⁺ terletak pada situs tetrahedral dan oktahedral. Sifat feromagnetik yang dihasilkan dari transisi antiparalel antara magnetisasi ion Fe³⁺ di lingkungan tetrahedral dan ion Zn²⁺ dan Fe³⁺ di lingkungan oktahedral ditunjukkan oleh nanopartikel ZnFe₂O₄. Nanopartikel ZnFe₂O₄ merupakan bahan

magnetik dengan koersivitas dan magnet saturasi yang kuat, namun juga memiliki resistivitas listrik yang sangat tinggi, sehingga ideal untuk aplikasi magneto-optik dan magnetik. ZnFe_2O_4 nanopartikel menampilkan kurva histeresis yang sempit, sehingga material ini berbagai macam gelombang mikro, katalis, fotokatalis, dan sebagainya (Sunandar *et al.* 2018).

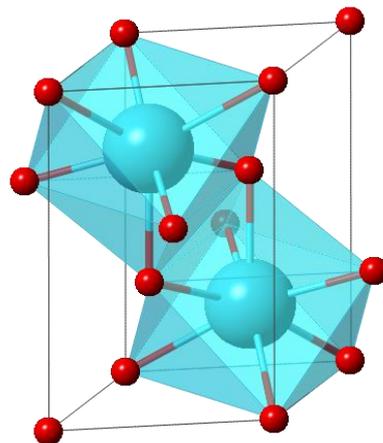
Zinc Ferrit (ZnFe_2O_4) adalah salah satu bentuk langka magnetit yang terdiri dari kristal spinel kubik yang mengandung Zn^{2+} dan Fe^{3+} ion. Sementara ion Fe^{3+} menempati tapak B (oktahedral), ion Zn^{2+} menempati tapak A (tetrahedral). ZnFe_2O_4 menunjukkan perilaku paramagnetik di dekat suhu Neel dan suhu ruang, dan antiferomagnetik pada suhu Neel 10,5 K. Dalam bentuk nanopartikel, oksida besi sering memicu sifat ferroelektrik ketika mereka berada di dalam wilayah pemblokiran suhu (TB) karena mereka memiliki struktur spinel magnetik yang sangat kuat. Namun, karena kimia dan stabilitas termalnya yang sangat baik, ketahanan terhadap penuaan, resistensi tinggi, koersivitas tinggi dan rugi dielektrik, *Zinc Ferrit* sebenarnya adalah bahan magnetik yang mirip dengan elektromagnetisme (Mashadi, *et al.*, 2019).

2.4 Lanthanum Oxide

Unsur golongan IIIB pada kolom ke 6 yang tergabung dalam unsur *lanthanide series* antara lain : La (Lantanum), Ce (Serium), Pr (Praseotimium), Nd (Neodimium), Pm (Prometium), Sm (Samarium), Eu (Europium), Gd (Gadolinium), Tb (Terbium), Dy (Disprosium), Ho (Holmium), Er (Erbium), Tm (Tulium), Yb (Iterbium), dan Lu (Lutesium) adalah Logam Tanah Jarang (LTJ). *Rare Earth Elements* (REE) atau dikenal dengan Unsur Tanah Jarang (LTJ) merupakan unsur-unsur substitusi yang terbentuk pada mineral pembentuk batuan. Beberapa unsur, termasuk La, Ce, dan Nd, memiliki kandungan yang lebih besar pada kerak bumi secara rata-rata. Pada kelompok LTJ, subunit yang paling melimpah adalah Ce, Nd, La, dan Y di kerak bumi. Namun, kelompok yang tidak dapat bertahan hidup ini mungkin tidak mampu menghidupi orang sebanyak yang mereka inginkan secara ekonomi. Secara umum, unsur-unsur ini diklasifikasikan sebagai produk contoh dari penambahan dan/atau modifikasi unsur lainnya (Suwargi, *et al.*, 2010).

Nama Lantanum berasal dari kata Yunani "lanthanein," yang pertama kali dicatat pada tahun 1893 oleh Carl Mosander, seorang ahli kimia asal Swedia. Selain dikenal sebagai logam lunak dengan warna putih kebiruan, lantanum juga termasuk dalam kelompok unsur tanah jarang. Lantanum memiliki simbol La, nomor atom 57, massa atom relatif 138,9 sma, dan tingkat oksidasi +2 serta +3. Sifat fisik lantanum meliputi dua titik suhu penting, yaitu 1191K, 3737K, dan 6,1545 g/cm³(Awaliyah, 2017). Logam tanah jarang memiliki sifat permitivitas tinggi, termasuk Lantanum. Dengan sifat permitivitasnya yang signifikan, lantanum cocok untuk disubstitusi ke dalam material dengan permeabilitas tinggi agar dapat digunakan sebagai penyerap gelombang mikro. Lantanum juga merupakan salah satu logam tanah jarang yang sering diteliti untuk aplikasi sebagai penyerap gelombang mikro(Basir D.N. 2015).

Lantanum (La) telah banyak digunakan sebagai material magnetik fungsional. Penggunaan nanopartikel lantanum oksida sebagai penyerap gelombang mikro. Lantanum (La) merupakan unsur paling ringan dalam golongan lantanida dan telah dipelajari secara luas dalam bentuk oksida, hidroksida, dan fosfat(Adi,*et al.*,2017).



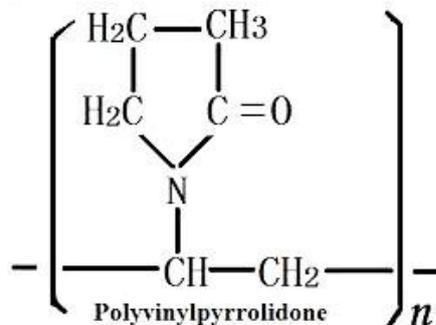
Gambar 2. 4 La_2O_3 *Polyhedral*(Meti S *et al.* 2021).

Gambar 2.4 menunjukkan struktur yang terbentuk dari Lantanum oksida (La_2O_3) yang merupakan golongan logam tanah jarang dengan celah energi yang menarik dan menguntungkan sebesar 4.3–5.8 eV. Di sisi lain, La_2O_3 memiliki ciri-ciri murah, sangat aktif, stabil, dan memiliki fitur kimia dan mekanik yang baik.

Susunan listrik lantanida yang tidak biasa telah menyebabkan laporan tentang penggunaannya dalam berbagai bidang ilmu. Karena ion La^{+3} adalah satu-satunya kation trivalent di antara unsur-unsur tanah jarang yang tidak memiliki elektron dan memiliki struktur elektronik seperti *xenon* lurus ke depan, La_2O_3 menunjukkan karakteristik yang membedakannya dari oksida-oksida lain dalam seri ini (Wen *et al.* 2022).

2.5 Polivinil Pirolidon (PvP)

Polivinil Pirolidon (PvP), atau dikenal sebagai *Povidone*, merupakan salah satu dari banyak produk kimia asetilena yang dikembangkan oleh Reppe. Reaksi antara asetilena dan formaldehida menghasilkan 1,4-butindiol, yang kemudian dihidrogenasi menjadi butanediol. Setelah itu, butanediol mengalami siklisasi oksidatif menjadi butirolakton dan bereaksi dengan amonia untuk menghasilkan pirolidon melalui proses penghilangan air. Pada tahap akhir, gugus vinil ditambahkan untuk membentuk N-vinilpirolido (Haaf., *et al* 1985), dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Polymerization of vinylpyrrolidone* (Ingole and Kumbharkhane 2021).

PvP adalah polimer sintesis yang larut dalam air dan berbagai pelarut organik. PvP sering digunakan dalam berbagai industri, termasuk farmasi, kosmetik, dan makanan, karena sifatnya yang *inert*, tidak beracun, dan mudah larut. Sebagai bahan pengikat, PvP dapat digunakan dalam bentuk larutan air atau alkohol, dan juga efektif berfungsi sebagai pengikat dalam kondisi kering (Putra 2019). PvP adalah pembawa inert yang tidak reaktif dan mudah larut dalam air. Sehingga, semakin tinggi konsentrasi PvP yang digunakan, semakin meningkat

pula kelarutan suatu zat dalam air, sehingga laju disolusinya juga akan bertambah (Noval and Rosyifa 2021). Polivinil Pirolidon (PvP) memiliki banyak aplikasi, Hal ini muncul dari sifat implisit polimer non-ionik, perilaku inert dan kurangnya aktivitas terhadap organisme biologis dan material. Akibatnya, PvP telah banyak digunakan untuk menstabilkan dispersi material nano terutama jika bahan tersebut memiliki kegunaan medis dalam aplikasi seperti penghantaran obat. Sifat stabilisasinya berasal dari fakta bahwa ia mengadsorpsi dan melapisi bahan nano dan, karena bermuatan netral, meminimalkan agregasi dalam bahan tersebut (Crow *et al.* 2024). PvP merupakan polimer sintesis yang berjenis amorf dengan afinitas yang tinggi terhadap air dan daya rekat yang baik. Hal tersebut menunjukkan bahwa PvP dapat digunakan sebagai bahan perekat (Rahanti and Kusumawati 2022). PvP ini berbentuk serbuk putih atau kekuningan, tidak berbau, dan hidroskopis. PvP merupakan material yang memiliki nilai dielektrik cukup baik namun tidak tahan pada suhu tinggi (Safitri, *et al.*, 2024). Pada bahan dielektrik terjadi fenomena loss dielectric yang diakibatkan oleh gesekan antar molekul dalam dielektrik dan menimbulkan panas, sehingga muatan listrik dapat menembus bahan dielektrik (Sukron, *et al.*, 2015).

2.6 Metode Reaksi Padatan (*Solid Stated*)

Reaksi padatan (*solid-state reaction*) adalah reaksi kimia yang berlangsung antara dua atau lebih zat padat yang menghasilkan produk padatan baru tanpa melalui fase cair atau gas. Reaksi ini sangat penting dalam berbagai bidang seperti ilmu material, kimia anorganik, fisika material, dan teknik, karena digunakan untuk mensintesis material baru dengan sifat-sifat yang spesifik (Yonathan A 2011). Metode reaksi padatan (*solid-state reaction*) adalah metode yang cukup sederhana, yang melibatkan proses pencampuran bahan dasar, dilanjutkan dengan kompaksi dan sintering. Pada tahap sintering, partikel-partikel serbuk akan bergabung melalui difusi saat suhu meningkat. Namun, metode ini memiliki kelemahan, yaitu ukuran partikel yang dihasilkan cenderung besar. Oleh karena itu, diperlukan proses penggerusan untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih homogen (Zaidah 2019).

2.7 Teknik *Mechanical Milling*

Proses pemilihan material yang memberikan hasil terbaik adalah yang berbasis pada bidang datar, yang biasanya diproses menggunakan mesin perkakas, yaitu *mechanical milling*. Proses *Mechanical milling* adalah teknik yang sederhana dan efisien untuk memperkecil ukuran kristal yang besar berkurang menjadi lebih kecil tanpa memerlukan reaksi kimia atau fase abrasi yang sering dibutuhkan pada proses yang lebih kompleks. Proses *mechanical milling* diawali dengan penggunaan metode deformasi yang dilakukan secara hati-hati dengan menghancurkan atau menghaluskan partikel serbuk sehingga partikel yang dihasilkan berukuran lebih kecil. Diketahui bahwa dengan menggunakan *mechanical milling* dengan cara ini dapat memberikan data mengenai keberadaan elemen pengotor. apa pun dalam sampel hasil proses *milling* yang dimaksud. Salah satu teknik pengolahan material yang dapat digunakan untuk memadukan formula material dengan bola-bola baja tahan karat yang terdapat pada meja penggilingan adalah *ball milling*. Selama proses *ball milling*, lingkungan dan beban terpengaruh. Ada beberapa, jika tidak banyak, faktor yang memengaruhi hasil proses *milling* ini, termasuk kecepatan, suhu, tekanan, ukuran bola penggiling, presentasi PCA (*Process Control Agent*), dan komposisi berat serbuk(Awalliyah et al. 2018).

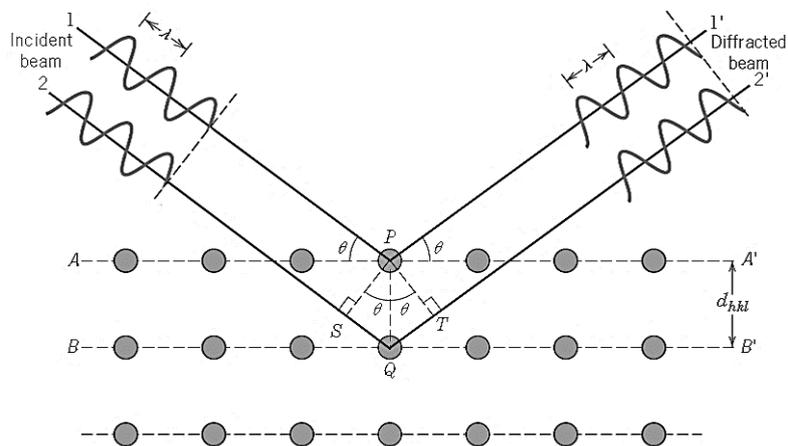
Berdasarkan pendekatan *top-down*, teknik penggilingan telah banyak diaplikasikan untuk mensintesis berbagai nanomaterial, *nanograin*, dan nano-kuasikristalin. Keunggulan teknik penggilingan ini adalah kemampuannya untuk memampatkan dan mengecilkan ukuran partikel dengan rupa yang berurutan, sehingga memungkinkan proses pemecahan material baru menjadi fase baru. Butiran berskala nano dapat diproduksi dalam skala besar menggunakan teknik yang disebut penggilingan, yaitu suatu proses yang dapat dijelaskan dari segi sifat ekonomi, struktur, dan molekuler(Yunasfi,*et al.* 2020).

2.8 Karakterisasi Bahan Nanokomposit

2.8.1 XRD (*X-Ray Diffraction*)

Metode difraksi sinar-X digunakan untuk menentukan kristalinitas suatu material dan mengatur ukuran partikel serta parameter struktur kristal. Difraksi

sinar-X merupakan teknik analisis non-destruktif yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memodifikasi berbagai bentuk kristal yang terlihat pada sampel serbuk dan padat. Dengan teknik ini, sinar-X elastis dipecah oleh atom-atom dalam fase periodik, dan hamburan monokromatik yang dihasilkan menyebabkan interferensi struktural yang memecah pola difraksi (Muttaqin 2023). Difraksi sinar-X (XRD) menggambarkan bahwa struktur kristal tidak sejelas yang terlihat dari sampel setelah pembedahan. XRD digunakan untuk mengetahui fase struktur kristal pada nanopartikel hasil sintesis dan nanokomposit pada suatu sampel (Wen *et al.* 2022) yang dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Skema Dasar XRD

Dasar penggunaan difraksi sinar-X dalam kristalografi didasarkan pada prinsip kesamaan Bragg. Persamaan Bragg merupakan persamaan utama yang digunakan dalam analisis sinar-X. Dalam persamaan ini, D merupakan jarak antara dua bidang kisi, θ adalah sudut antara dua sinar datang terhadap bidang normal, dan n adalah bilangan bulat yang disebut orde pembiasan. Sedangkan λ merujuk pada panjang gelombang sinar-X yang digunakan (Putama.2018). Agar sinar-X yang dipantulkan dapat dianggap mengalami difraksi, syarat yang harus dipenuhi adalah melakukan analisis matematis sesuai dengan hukum *Bragg*, sehingga dapat dinyatakan dalam persamaan

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.2)$$

Keterangan :

$n = 1, 2, \dots$

λ = Panjang gelombang sinar-X

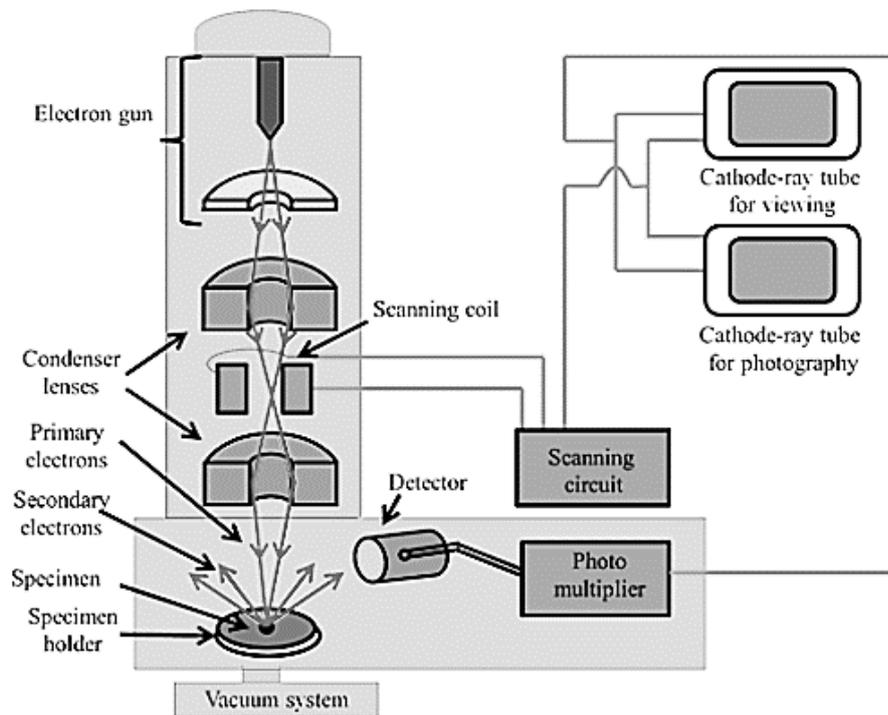
θ = sudut sumber radiasi

d = jarak antara dua bidang kisi

Menurut teori *Bragg*, ketika sinar-X mengacu pada sampel kristal, permukaan kristal membesar sinar-X yang bersangkutan. Sudut gelombang sesuai dengan kisi kristal kisi-kisi. Cahaya yang bias dideteksi oleh detektor dan diberi label sebagai tanda bahaya. Semakin tinggi jumlah kristal dalam sampel maka semakin tinggi pula intensitas pantulan yang diperoleh. Terlepas dari retakan yang muncul pada pola XRD, permukaan kristal berorientasi pada tiga dimensi berbeda. Permutasi ini digunakan untuk meminimalkan sudut antara bidang-bidang atom jika panjang gelombang sinar-X dan deviasi mendadaknya dapat dipahami (Putama.2018).

2.8.2 SEM (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersiv Spectroscopy*)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan alat umum untuk mengukur ukuran partikel dan ketebalan material. SEM merupakan salah satu jenis mikroskop berbasis elektron yang memanfaatkan berkas elektron untuk menganalisis morfologi dan profil permukaan material. Berdasarkan prinsip dasar kerja SEM, luas permukaan suatu benda ditentukan oleh kerapatan elektronnya, artinya luas permukaan suatu benda harus mampu menahan arus listrik. Oleh karena itu, benda tersebut harus memiliki kualitas yang konservatif agar dapat mengkarakterisasi material nonkonduktor, dan pada akhirnya harus diganti dengan material konduktor (Didik 2020). Berikut skema SEM yang dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema SEM (Hasanah 2019).

SEM digunakan untuk menganalisis butir, distribusi, batas fase, dan bulk keberadaan mekanika deformasi serta komposisi kimia menggunakan perbesaran 200.000 kali untuk menganalisis ketebalan dari 200 Å hingga 0,5 µm [30]. Morfologi material dievaluasi menggunakan teknik pengukuran SEM. Ini menggunakan sampel massal yang sebelumnya dipecah menggunakan sampel karbon untuk mengubah material menjadi statis selama proses gujian. Nilai refraksi pengukuran yang digunakan adalah 750x, 5000x, 10000x, dan 15000x. Energi rata-rata yang digunakan sekitar 20 kV. Kemudian, dalam penelitian ini, perangkat lunak *ImageJ* digunakan untuk mendapatkan distribusi sampel partikel uji (Purnamasari I. 2021).

SEM beroperasi pada perbesaran tinggi, hingga 300.000x dan hingga 1.000.000x (pada model kontemporer tertentu) untuk menghasilkan gambar yang sangat rinci dari berbagai jenis Sinar-X Dispersi Energi. Bersama dengan SEM, spektroskopi (EDS) menghasilkan hasil kualitatif dan semi-kuantitatif. Bersama-sama, kedua teknologi ini menawarkan kemampuan untuk memberikan informasi mendasar tentang komposisi sampel yang tidak dapat disediakan oleh uji

laboratorium standar. Perangkat memiliki sistem fleksibel yang dapat disesuaikan agar sesuai dengan semua jenis pengujian (termasuk pengujian dengan presisi rendah atau pengujian dengan presisi minimum). Sampel dengan diameter 200 mm dan tinggi 80 mm dapat dianalisis dengan perangkat khusus ini. Pembesaran variasi perangkat berarti 5x dan 300.000x. Logam dan polimer adalah contoh bahan organik dan anorganik yang dapat digunakan dengan SEM(Mohammed A.,2018).

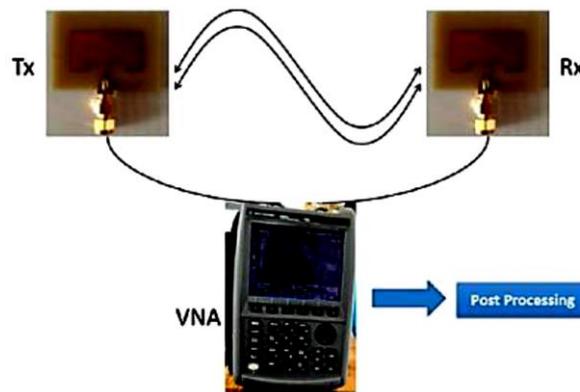
2.8.3 FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Fourier Transform Infrared (FTIR) atau dalam bahasa Indonesia disebut Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier, adalah metode yang digunakan untuk memberikan hasil spectrum inframerah dari proses penyerapan atau emisi suatu zat dalam bentuk padat, cair, atau gas. Selain itu, analisis ini juga dapat digunakan untuk memutar material yang terdapat di permukaan substrat(Nandiyanto, *et al.*,2019)(Kombongkila,*et al.*,2024). Secara sederhana, FTIR bekerja untuk mengidentifikasi senyawa, mendeteksi gugus fungsi, serta menganalisis campuran dan sampel. Spektroskopi ini berlandaskan pada vibrasi molekul dan mempelajari interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu dengan bilangan gelombang di antara 7.500 dan 350 cm^{-1} . *Spektrometri Fourier Transform Inframerah* (FTIR) dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan yang ada pada instrumen dispersif(Kombongkila,*et al.*,2024).

2.8.4 VNA (*Vector Network Analyzer*)

Karakteristik *Vector Network Analyzer* (VNA) digunakan untuk mengevaluasi kemampuan suatu material.. dalam mendeteksi medan elektromagnetik pada frekuensi tertentu. Berdasarkan parameter hamburan, yang juga dikenal sebagai parameter S-parameter VNA beroperasi. Rentang frekuensi elektromagnetik yang dapat diukur menggunakan VNA meliputi *X-band* antara 1-4 GHz, *C-band* antara 4-8 GHz, *X-band* antara 8-12 GHz, *K-band* antara 10-15 GHz, dan *U-band* antara 12-24 GHz. Prinsip perangkat ini adalah mengamati nilai transmisi dan refleksi yang diukur oleh material menggunakan *Adaptor Probe*. Hasilnya, diperoleh nilai yang dikenal sebagai *Reflection Loss* (RL), yang berfungsi

sebagai fungsi frekuensi, yang dapat dilihat uji karakterisasi VNA pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Skema Uji Karakterisasi VNA

(Dokumentasi Pribadi).

Gambar 2.13 Parameter yang digunakan oleh *two port network* VNA adalah tegangan dan arus pada setiap port individual. Jumlah parameter S untuk sudut arus sama dengan jumlah port. Misalnya, dua sudut port memiliki delapan parameter S. Konvensi untuk parameter S adalah bahwa port pertama setelah S adalah port tempat energi muncul, dan port kedua adalah port tempat energi menghilang. Sebagai hasil dari penerapan stimulus RF ke port 1, S₂₁ adalah kekuatan ukuran yang muncul dari port 2. *Reflection Loss* (RL), berdasarkan metode *Nicholson-Ross-Weir*, dapat diminimalkan dengan menggunakan perbandingan berikut antara nilai *Reflection Loss*, yang dinyatakan sebagai dB (Yunasfi, *et al.* 2020). Nilai *Reflection Loss* yang dihasilkan kemudian dikonversikan menjadi persen absorpsi dengan rumus:

$$RL \text{ (dB)} = 20 \log \left| \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \right| \quad (2.3)$$

Di mana Z_{in} adalah impedansi material, Z_0 adalah impedansi intrinsik hampa udara. Menurut Persamaan 2.3, nilai RL di bawah 10 dB menunjukkan bahwa 90% energi gelombang mikro dapat dilemahkan, sehingga material dapat digunakan sebagai penyerap gelombang mikro (Yunasfi, *et al.* 2020).

Secara umum, material magnetik sangat penting untuk evaluasi kerja medan elektromagnetik. Oleh karena itu, karakteristik elektromagnetik sampel diukur pada frekuensi antara 2 dan 18 GHz menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) pada metode pemasangan permukaan dan penerapan pandu gelombang menggunakan parameter berikut(Wen *et al.* 2022).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Mei 2024 – Februari 2025 di KST BJ. Habibi BRIN, Gedung 440, Kawasan Puspitek Setu Serpong, Muncul, Kec. Setu Kota, Tangerang Selatan, Banten 15314 dan Laboratorium Sains Material Universitas Sriwijaya

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah sintesis bahan serbuk $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ merupakan salah satu sintesis yang digunakan dengan metode *solid state* dengan teknik *Mechanical Milling* dan pembuatan lembaran komposit $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ /Polivinil Piroolidon (PvP)

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Tabel 3.1 Tabel informasi mengenai alat yang digunakan dalam proses sintesis yang dilakukan

No.	Alat Penelitian	Fungsi
1.	Gelas Beaker	Sebagai tempat sampel yang siap di sintesis
2.	Neraca Digital	Untuk menimbang bahan dasar sampel
3.	Spatula	Mengambil bahan dengan jumlah sedikit dan berukuran kecil
4.	Botol Vial	Sebagai tempat penampungan sampel atau bahan penelitian
5.	<i>Ball Mill</i>	Untuk menggiling atau mencampurkan material
6.	Kertas Timbang	Alas menimbang bahan dasar sampel seperti serbuk
7.	Kertas Saring	Menyaring serbuk sampel yang telah disinter
8.	Holder	Sebagai tempat sampel di preparasi

9.	HEM (<i>Hight Energi Milling</i>)	Untuk melakukan proses pencampuran secara mekanik skala kecil
10.	<i>Furnace</i>	Digunakan untuk melakukan pemanasan pada suhu tertentu
11.	Hidrolik Press	Digunakan untuk membuat pellet untuk analisis sampel
12.	Oven	Untuk mengeringkan sampel dan proses sterilisasi
13.	Ultrasonik	Untuk pembersih mekanis sekaligus proses sterilisasi
14.	Cawan Mortal	Untuk menghaluskan bahan sampel pengujian
15.	Plasik Sampel (Klip)	Untuk tempat sampel yang siap dikarakterisasi
16.	Hotplate	Untuk mengaduk dan memanaskan satu larutan dengan yang lain.
17.	Magnetik Stirer	Sebagai alat untuk mengaduk baha pada gelas beaker
18.	Cetakan Silikon	Sebagai tempat pengeringan bahan polimer

3.3.2 Bahan Penelitian

Tabel 3.2 Tabel informasi mengenai bahan yang digunakan pada proses sintesis.

No.	Nama	Formula Kimia	Mr	Produk	Kemurnian
1.	Lanthanum Oksida	La ₂ O ₃	325,8	Aldrich	99%
2.	Zinc Oksida	ZnFe ₂ O ₄	224,7	Aldrich	97%
3.	Besi Okisda	Fe ₂ O ₄	159,7	Aldrich	96%
4.	Ethanol	C ₂ H ₅ OH	46	Aldrich	95%
5	PvP	C ₆ H ₉ NO	111,1	Aldrich	99%

3.4 Alat Karakterisasi

Adapun alat karakterisasi yang digunakan peneliti dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *X-Ray Diffraction* (XRD) berfungsi untuk menentukan kelompok gugus fungsional dari senyawa sampel.
2. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) berfungsi untuk mengetahui data permukaan sampel dan jumlah rongga yang terdapat pada sampel.
3. *Vector Network Analyzer* (VNA) berfungsi untuk menganalisis karakteristik dari *reflection loss* pada sampel.
4. *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) berfungsi untuk menganalisis senyawa organik dan anorganik yang terdapat pada sampel, selain itu juga dapat digunakan sebagai analisis gugus fungsi.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Prosedur Sintesis Bahan Serbuk

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Solid-State* dengan teknik *Mechanical Milling*. Melalui proses *miling* yang dilanjutkan dengan pembuatan lembaran polimer (*sheet*) menggunakan *Polivinil Pirolidon* (PvP). Pada proses pembuatan bahan serbuk ZnFe_2O_4 yang didoping dengan bahan La^{2+} . Bahan ditimbang sesuai dengan hasil perhitungan stokiometri, kemudian dilarutkan kedalam etanol sebanyak $\pm 20 \text{ ml}$. Bahan yang sudah larut dalam etanol di *milling* selama 5 jam dengan istirahat 30 menit setiap 1 jam proses. Kemudian dioven dengan suhu $80 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam, apabila sudah mengering bahan tersebut digerus kasar. Bahan selanjutnya dipres menggunakan *hidrolik pres* dengan tekanan sebesar 4 ton pertama selama 3 menit dan 1 ton kedua selama 1 menit. Proses ini bertujuan untuk meminimalisir tempat pada saat furnace dilakukan. Bahan yang sudah dipres akan membentuk kepingan logam yang kemudian difurnace dengan suhu 1200°C . Suhu tersebut dinaikan secara perlahan dengan suhu pertama $500 \text{ }^\circ\text{C}$ yang kemudian dinaikan $100 \text{ }^\circ\text{C}$ setiap 10 menit dan ditahan pada suhu 1200°C selama 5 jam. Setelah melalui proses furnace bahan akan digerus dan disinter, bahan yang telah selesai disinter (*disaring*) sudah bisa menjadi sampel yang siap dikarakterisasi. Pada penelitian ini sampel dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM, FTIR, dan VNA.

3.5.2 Prosedur Pembuatan Lembaran komposit

Dari bahan serbuk $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ yang telah selesai dikarakterisasi, selanjutnya dikompositkan dengan menjadi lembaran komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4/\text{PvP}$. Pembuatan lembaran komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4/\text{PvP}$ pada penelitian ini dilakukan dengan menambahkan bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ pada Polimer *Polivinil Pirolidon* (PvP). Polimer *Polivinil Pirolidon* (PvP) ditimbang sebanyak 5 gram yang kemudian dilarutkan dalam etanol sebanyak 50 ml. Masukan polimer pada gelas beaker dan ditambah dengan etanol 10 ml terlebih dahulu. Bahan diaduk menggunakan magnetik stirer, kemudian masukan etanol secara perlahan sampai polimer larut secara merata (homogen). Selanjutnya larutan polimer dicampur dengan sampel yang telah ditimbang dengan jumlah yang berbeda. Setiap 10 ml larutan polimer dicampur dengan sampel yang memiliki jumlah berbeda yaitu 0 gram, 1 gram, 2 gram dan 3 gram. Setiap larutan yang telah diberikan sampel diaduk selama 10 menit, kemudian dipindahkan pada cetakan polimer. Polimer dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $40\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam, dan di diamkan pada suhu ruang selama 12 jam. Polimer akan mengering dan membentuk lembaran *sheet*, lembaran *sheet* inilah yang akan dikarakterisasi kembali menggunakan XRD, SEM, FTIR, dan VNA.

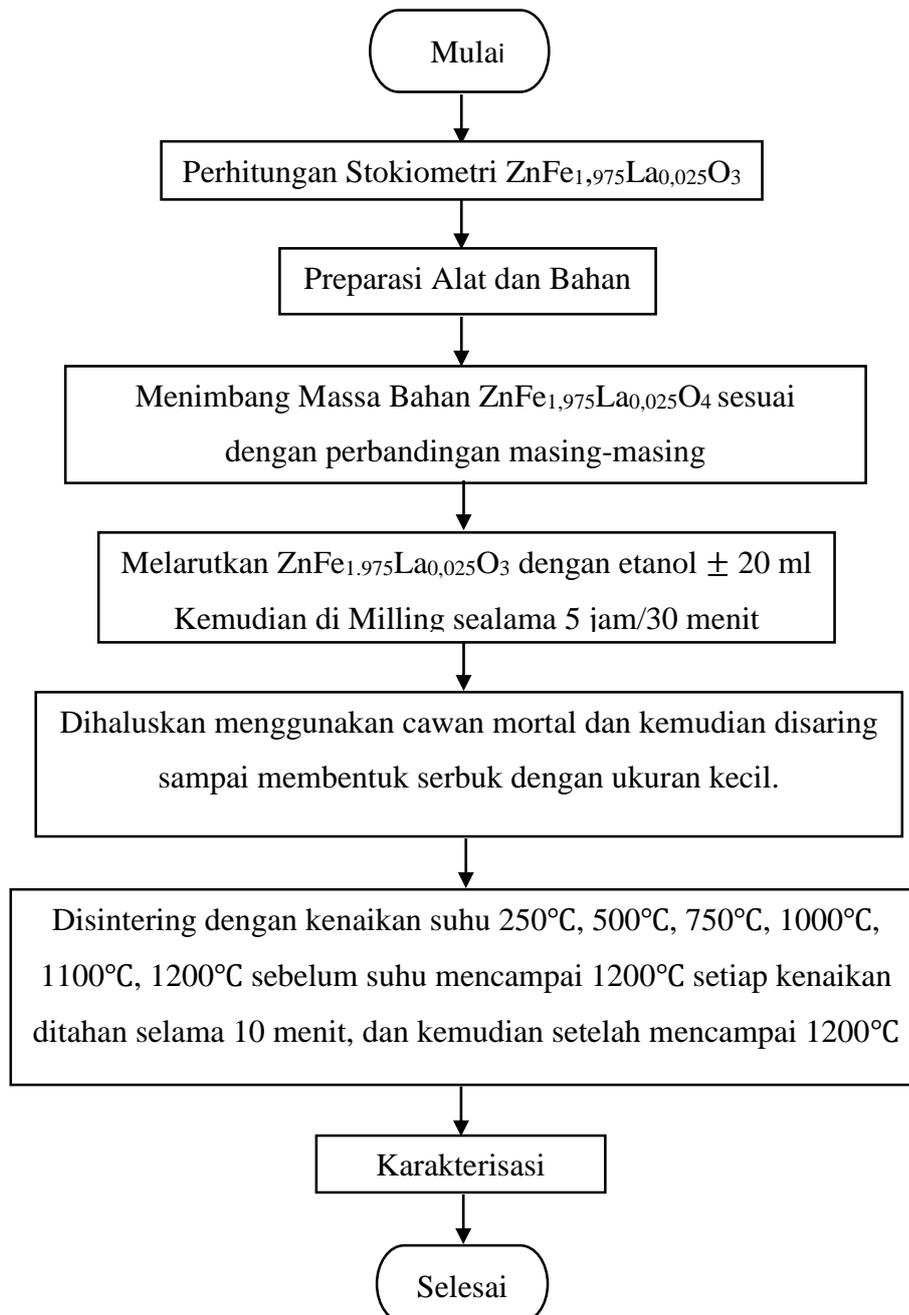
3.6 Pengujian Material

Uji karakterisasi yang dilakukan pada bahan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk menentukan fasa dan sistem kristal yang terbentuk dari material yang digunakan. Adapun uji karakterisasi untuk menentukan morfologi dan ukuran diameter dari partikel material yang terbentuk menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM, JEOL, JSM-6510LA). Uji karakterisasi berikutnya itu ada *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) yang digunakan untuk menganalisis senyawa organik dan anorganik yang terdapat pada sampel, selain itu juga digunakan sebagai analisis gugus fungsi. Selanjutnya ada uji karakterisasi *Vector Network Analyzer* (VNA, Keysight) yang digunakan untuk menentukan daya serap dari material yang terbentuk dengan rentang frekuensi 4-8GHz.

3.7 Diagram Alir Penelitian

3.7.1 Prosedur Sintesis Bahan Komposit

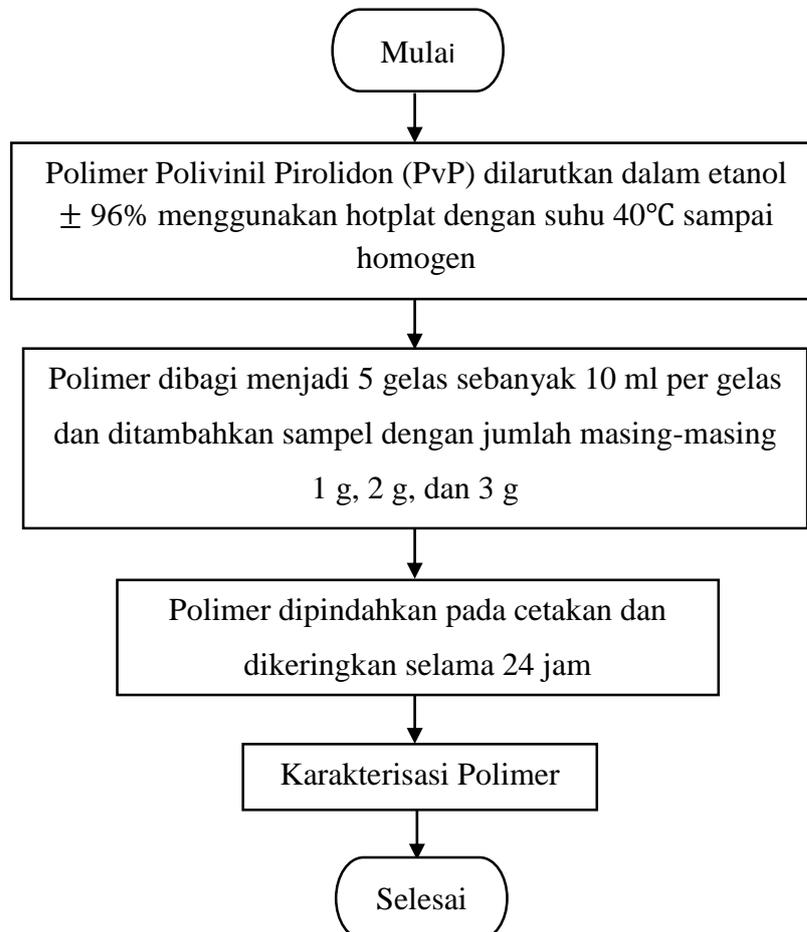
Proses yang dilalui pada prosedur bahan komposit dapat dituliskan dalam bentuk diagram alir prosedur sintesis bahan komposit pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir dari prosedur Sintesis Bahan Komposit

3.7.2 Prosedur Pembuatan Lembaran Komposit

Proses yang dilalui pada prosedur bahan komposit dapat dituliskan dalam bentuk diagram alir prosedur sintesis bahan komposit pada Gambar 3.2.



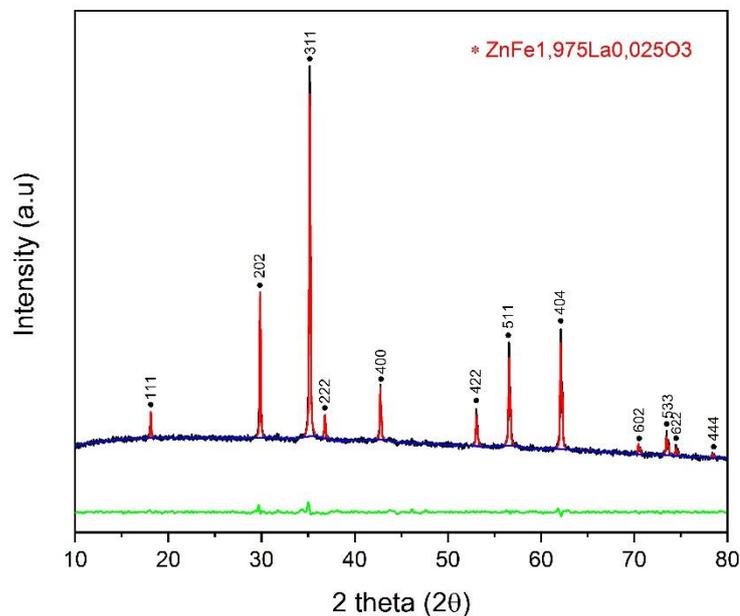
Gambar 3.2 Diagram Alir prosedur Pembuatan Lembaran Komposit

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Karakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*)

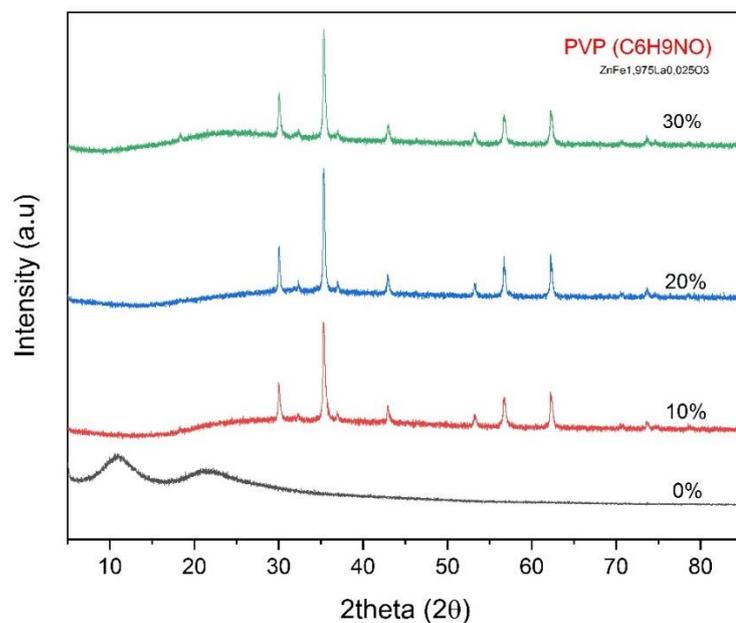
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan La_2O_3 sebagai dopingan dari bahan *zinc ferrit oxide*. Bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ ditambahkan dengan polimer *Polivinil Piroolidon* (PvP) sehingga menjadikan 2 variasi bentuk komposit yang dikarakterisasi. Kedua variasi diantaranya ada karakterisasi dalam bentuk serbuk dan karakterisasi dalam bentuk lembaran komposit. Karakterisasi dalam bentuk lembaran komposit divariasikan kembali dengan jumlah sampel yang berbeda yaitu 0 %, 10%, 20%, dan 30%. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) yang bertujuan untuk menunjukkan jumlah fasa yang terbentuk pada bahan. Pengujian ini mengacu pada kecocokan hasil analisis pola difraksi pada sampel dengan data COD (*Crystallography Open Database*) pada *software Match!*. Hasil dari pola difraksi material sampel serbuk ditunjukkan pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Pola difraksi sinar-X Bahan Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$

Gambar 4.1 menunjukkan grafik hasil karakterisasi sampel serbuk tanpa bahan polimer. Data hasil yang diperoleh dapat dinyatakan bahwa pola difraksi

pada bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ terbentuk dengan jumlah fasa satu dengan indeks miller yang terbentuk 111, 202,311,222, 400,422,511,404, dan lai-lain. Pola difraksi yang ditunjukkan pada grafik tersebut memiliki struktur spinel yang umum dimiliki oleh ferrite ZnFe_2O_4 . Puncak paling tinggi dengan indeks miller 311 menandakan struktur khas dari material spinel sebagai karakteristik puncak struktur ferrit spinel kubik(Yunasfi,*et al.*, 2020). Dari grafik pola difraksi terlihat bahwa substitusi La(lanthanum) pada material ini tidak menunjukkan adanya fasa sekunder yang artinya lanthanum berhasil terintegrasi dalam kisi ZnFe_2O_4 tanpa harus membentuk fasa lain. Fasa tersebut juga menentukan kemurnian dari material tersebut, dimana tidak adanya kotoran yang termasuk kedalam material sehingga tidak terdapat fasa impuritas yang terbentuk. Dan semakin tajam puncak yang terlihat maka semakin baik juga kristalinitas yang terdapat pada material.



Gambar 4.2 Pola Difraksi Sinar-X pada bahan lembaran komposit Polimer $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan (PvP)

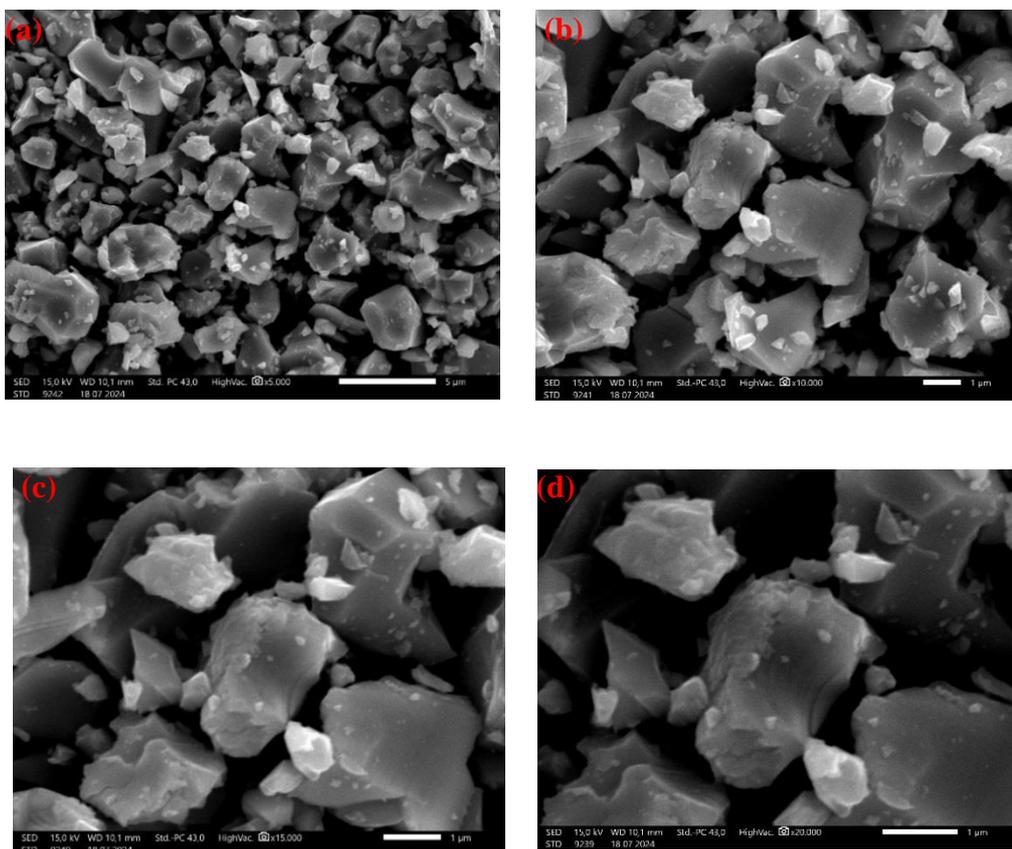
Gambar 4.2 menunjukkan data XRD (*X-ray Diffraction*) dari suatu material dengan variasi konsentrasi $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan PVP (*Polyvinylpyrrolidone*) pada variasi 0%, 10%, 20%, dan 30%. Grafik 0% $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ memperlihatkan puncak yang lebar dan tidak terbentuk pola difraksi yang teratur

menunjukkan bahwa polimer PVP murni yang bersifat amorf. Bahan dengan variasi 10% terlihat bahwa belum adanya campuran antara bahan komposit yang digunakan. Yang artinya material polimer PVP memiliki struktur kristal yang tidak terstruktur. Selanjutnya pada grafik variasi 10% $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ terbentuk puncak kristalin yang teratur terlihat pada grafik 10% yang memperlihatkan pola difraksi dengan puncak yang dihasilkan sama dengan puncak dari bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$. Hal ini menunjukkan bahwa adanya fasa kristalin dari bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$. Puncak-puncak ini memperlihatkan bahwa $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ berhasil terdispersi dalam polimer PVP, menciptakan fasa kristalin. Grafik 20% $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ puncak kristalin akan terlihat semakin terstruktur dibandingkan dengan sampel 10%. Hal ini disebabkan oleh peningkatan konsentrasi $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ sehingga fasa kristalinitas juga semakin meningkat. Puncak-puncak ini berada pada posisi yang sama dengan sampel 10%, yang menunjukkan bahwa struktur kristalin dari bahan komposit tetap terjaga tanpa mengalami pergeseran pola difraksi. Grafik 30% $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ puncak kristalin tetap ada, dan jumlah fasa kristalin semakin meningkat. Dari keseluruhan sampel semakin bertambah bahan komposit menandakan bahwa fase kristalin $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ mampu mendominasi dalam campuran dengan PVP akan tetapi untuk PVP akan tetap amorf. PVP murni (0%) menunjukkan sifat amorf yang khas tanpa adanya puncak kristalin (Rahanti and Kusumawati 2022). Dengan penambahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$, fasa kristalin mulai muncul pada konsentrasi 10%, 20%, dan 30%. Puncak kristalin ini tetap berada pada posisi yang sama untuk konsentrasi 10%, 20%, dan 30%, yang menunjukkan bahwa struktur kristalin dari bahan komposit tetap terjaga meskipun konsentrasinya terus bertambah. Dari pola difraksi tersebut PVP tidak merubah susunan kristalinitas dari bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ sehingga semakin tinggi jumlah yang diberikan pada PVP maka kristalinitas yang terbentuk akan semakin jelas dengan pola difraksi yang sama atau tidak terjadinya pergeseran pola difraksi. Hal ini menunjukkan PVP bersifat mengikat pada bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ tanpa harus mempengaruhi bentuk dan struktur kristalinitas bahan tersebut (Safitri, *et al.*, 2024).

1.2 Hasil Karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

4.2.1 Karakterisasi SEM Pada Bahan Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$

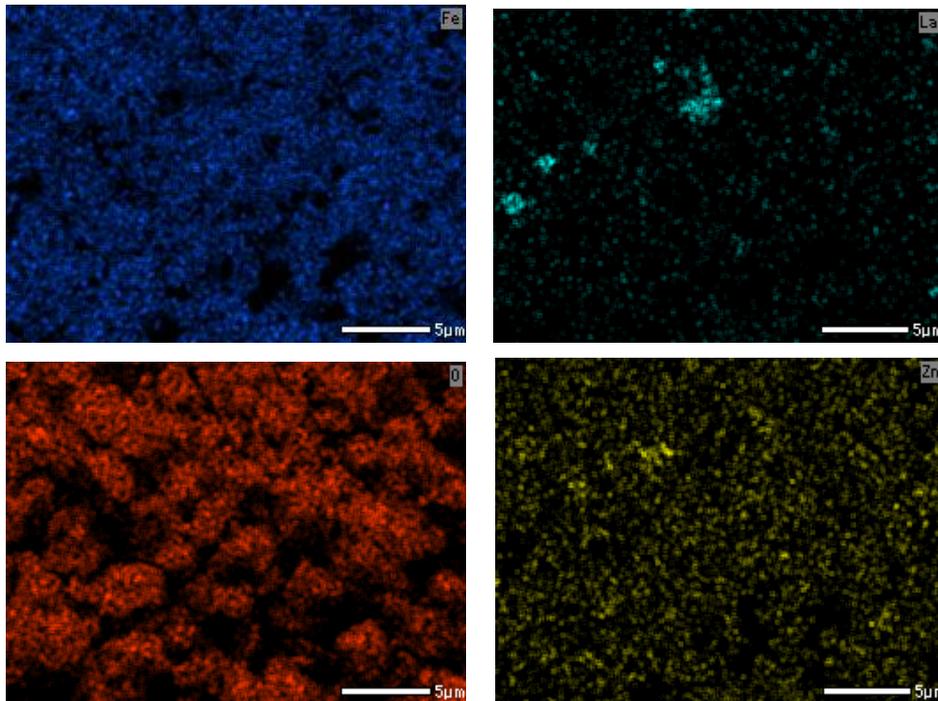
Karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan pada penelitian ini yang melibatkan bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ komposit dan polimer. SEM akan menghasilkan dalam bentuk gambar dengan resolusi yang tinggi. Yang digunakan untuk menganalisis data mengenai permukaan morfologi dengan menggunakan aplikasi *software ImageJ*. Karakterisasi dilakukan 2 tahap diantaranya tahap karakterisasi dengan bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dan tahap karakterisasi dengan bahan lembaran komposit (PvP).



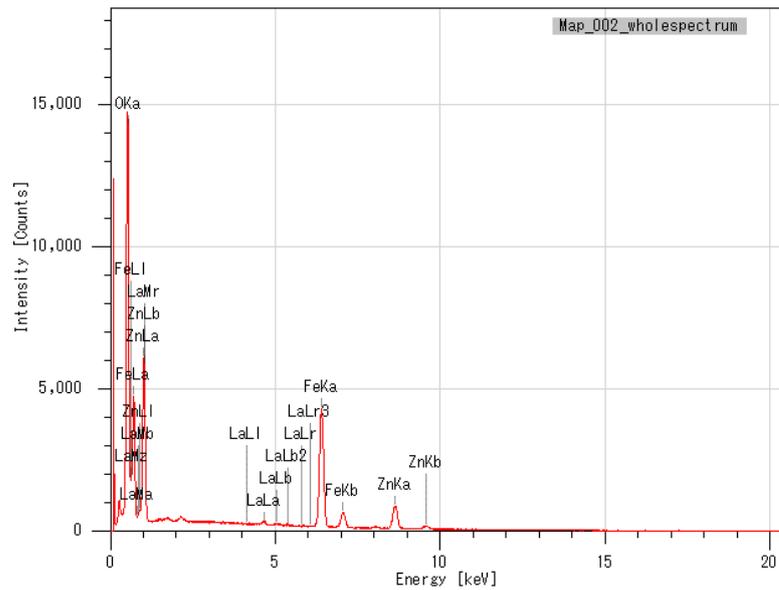
Gambar 4.3 Struktur Morfologi Sampel Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan perbesaran (a) 5000x ;(b)10000;(c)15000;(d)20000

Hasil morfologi yang didapatkan pada bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ yang disintesis ditunjukkan pada Gambar 4.3. Gambar 4.3 dilakukan perbesaran 5000x; 10000x; 15000x; dan 20000x. Berdasarkan gambar morfologi SEM

$\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ terlihat mempunyai morfologi yang homogen. Serbuk $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ memiliki porositas yang tinggi, yang merupakan salah satu keuntungan bagi bahan penyerap gelombang mikro. Perbesaran yang lebih tinggi pada sampel menunjukkan bahwa butiran-butiran partikel yang dihasilkan memiliki bentuk yang berbeda dan tidak teratur (Yunasfi, *et al.*, 2020). Dengan dilakukan pengujian SEM dan penambahan EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) yang digunakan untuk mengidentifikasi unsur apa saja yang terdapat pada bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$. Penambahan EDS dapat menentukan senyawa yang terbentuk oleh bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$, senyawa yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Unsur kimia yang terdapat pada bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$



Gambar 4.5 Grafik senyawa/unsur kimia bahan komposit $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_3$

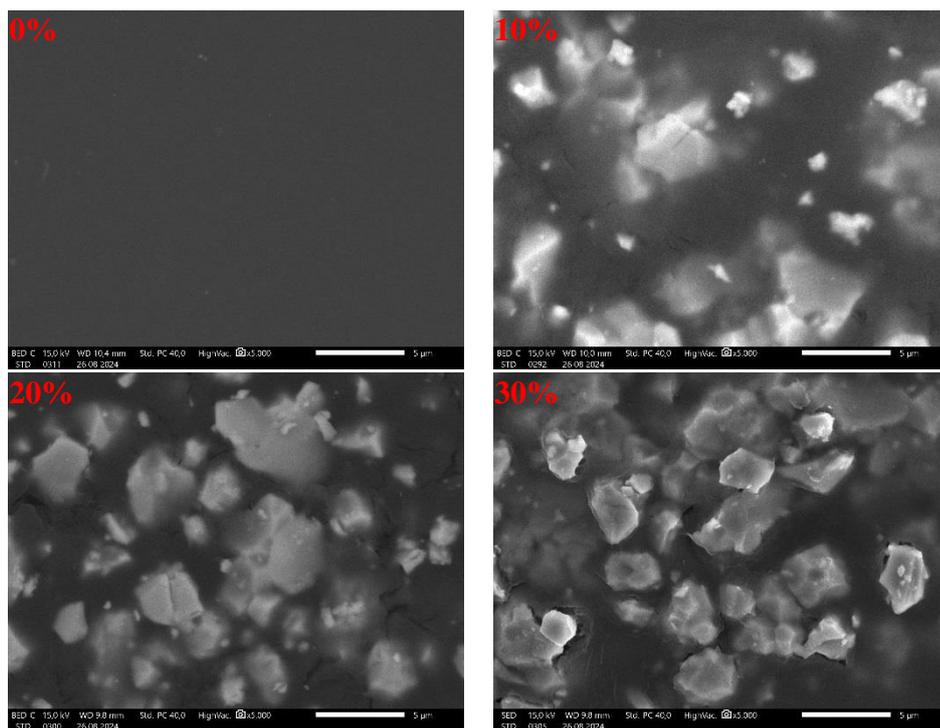
Dari Gambar 4.4 menunjukkan bahwa terdapat unsur kimia yang terdiri dari Fe(Besi), La(Lantanum), O(Oksigen), dan Zn(Zinc). Dari data unsur kimia tersebut dapat dinyatakan bahwa hasil karakterisasi *X-ray Diffraction* terbukti menunjukkan bahwa unsur dari bahan $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ sesuai dengan hasil EDS. Dari gambar 4.4 dapat dinyatakan bahwa untuk unsur Fe(Besi) menunjukkan bentuk partikel yang seperti serbuk pada gambar 4.4 bahwa partikel besi tidak menggumpal. Unsur La(Lantanum) menunjukkan partikel yang ada hanya sebagian kecil. Karena jumlah dari komposisi bahan lanthanum jauh lebih sedikit dibandingkan dengan bahan lainnya. Partikel La tidak terdeteksi terlalu jelas dikarenakan sifat bahan dari lanthanum memiliki sifat yang mudah menguap sehingga pada saat disintesis kemungkinan terjadi oksidasi dengan bahan lainnya(Yunasfi,*et al.*,2020). Bahan berikutnya ada O(Oksigen), bahan ini berbentuk butiran yang menggumpal. untuk unsur Zn(Zinc) terbentuk butiran-butiran halus yang tidak menggumpal dan tersusun secara homogen. Dari masing-masing komponen tersebut memiliki jumlah massa yang berbeda yang terkandung pada bahan komposit $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$. Masing-masing massanya dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Komposisi elemen penyusun pada bahan komposit $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$

Elemen	Sampel	Mass%	Atom%
O	$ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$	26,3	57,20
Fe		43,76	27,27
Zn		28,48	15,16
La		1,47	0,37
Total		100,00	100,0

Fitting Ratio 0,3218

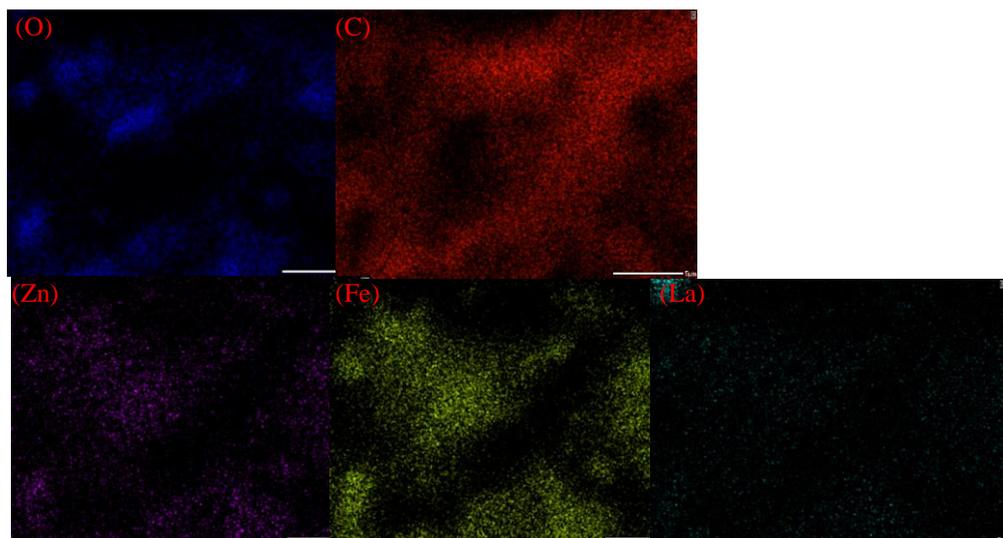
4.2.2 Karakterisasi Lembaran Komposit $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ dengan PVP



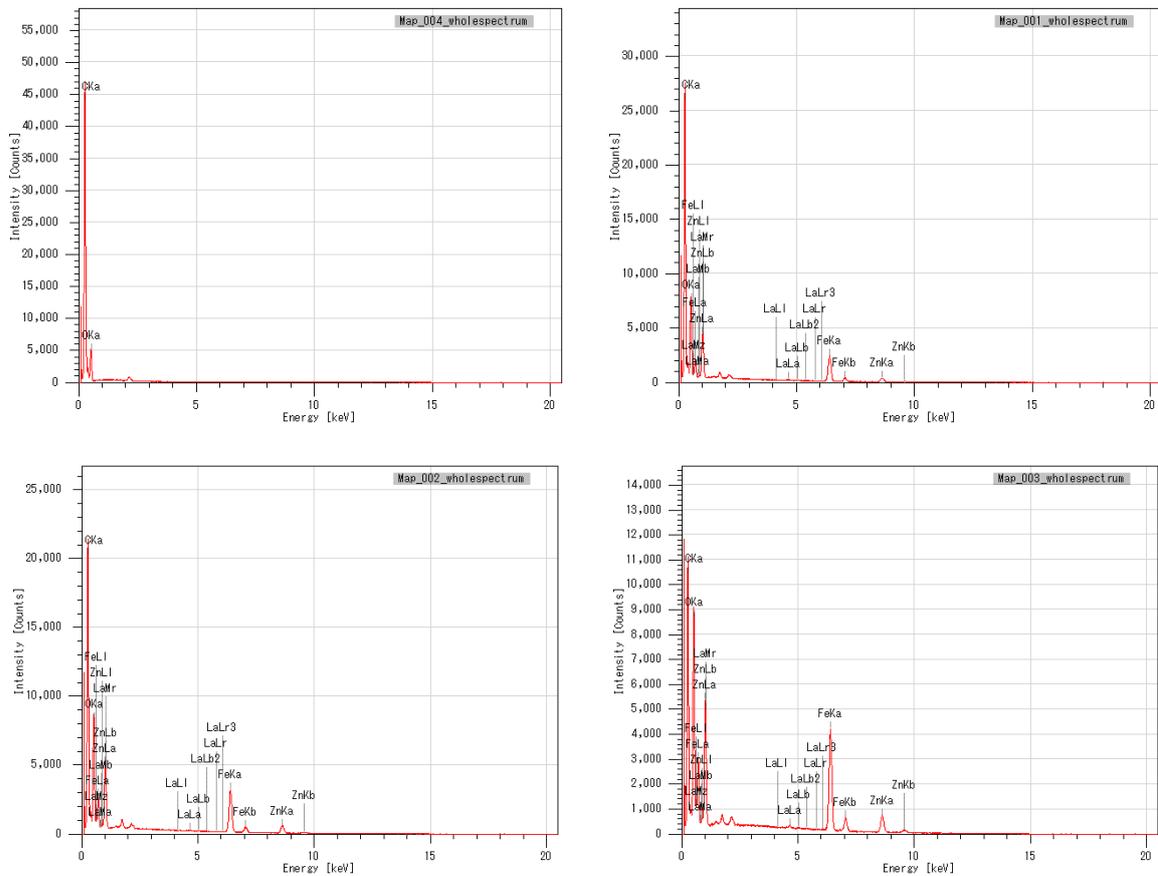
Gambar 4.6 Struktur Morfologi Sampel Komposit $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ dengan PVP Variasi 0%,10%,20%, dan 30%

Gambar 4.6 menunjukkan struktur morfologi dari polimer Polivinil Prolidon yang biasa dikenal dengan PVP dan juga struktur morfologi dari bahan $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ dengan penambahan PVP. Struktur morfologi gambar 0%

menunjukkan struktur morfologi dari PVP murni yang memperlihatkan bentuk dari polimer yang terlihat bening. Permukaan pada polimer terlihat seperti adanya asap. Permukaan yang terlihat seperti asap memungkinkan bahwa polimer tidak larut secara sempurna. Selain itu dapat juga terjadi oleh adanya penguapan partikel pada saat proses pengeringan. Struktur morfologi pada gambar 10 % tersebut adanya bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ yang tergabung pada PVP. Dari gambar 4.6 10% terlihat butiran-butiran kristal yang tersusun tetapi terlihat samar. Hal tersebut disebabkan oleh ikatan dari polimer PVP yang masih dominan dengan jumlah bahan yang lebih sedikit. Gambar struktur morfologi 20 % semakin terlihat bentuk kristalinitasnya, hal ini karena jumlah dari $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ semakin bertambah sehingga jarak ikatan yang terbentuk semakin rapat. Gambar morfologi 30 % memperlihatkan kekristalan bahan semakin dominan kristal. Hal ini disebabkan oleh jarak antar partikel yang diikat semakin rapat. Dari keseleruhan hasil sampel, semakin bertambah bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ yang diberikan maka struktur morfologi kristal yang terbentuk akan semakin dominan kristal dan ikatan dari PVP akan semakin rapat dan terstruktur. Dari gambar diatas tersusun dari beberapa senyawa yang dapat ditentukan dengan EDS, berikut senyawa penyusun dari bahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ 0%,10%,20%, dan 30% yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Unsur Kimia yang Terdapat Pada Sampel Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ dengan PVP Variasi 0%,10%,20%,dan30%



Gambar 4.8 Grafik morfologi permukaan bahan komposit $ZnFe_{1.975}La_{0.025}O_3$ dengan PVP dengan Variasi 0%,10%,20%, dan30%

Unsur kimia yang terdapat pada lembaran komposit dengan variasi 0%,10%,20%, dan 30% terdapat diantaranya ada *Carbon*, Oksigen, *Zinc*, Lanthanum, dan Ferrit. Akan tetapi pada variasi 0 % senyawa yang dimilikinya hanya terdapat oksigen dan carbon. Dimana senyawa tersebut merupakan senyawa yang terbentuk oleh polimer murni tanpa adanya bahan komposit. Sedangkan pada variasi 10%,20%, dan 30% memiliki lima senyawa dengan jumlah dan komposisi masing-masing senyawa yang berbeda. Semakin bertambahnya bahan komposit yang diberikan maka masa atom masing-masing senyawa akan bertambah namun jumlah atom dari PVP justru akan berkurang. Hal ini disebabkan karena semakin kecilnya jarak antar partikel untuk saling mengikat satu sama lain. Dari hasil *WholeSpectrum* yang diperoleh dilihat bahwa intensitas yang dihasilkan pada masing-masing bahan itu terjadi penurunan. Dimana semakin bertambahnya bahan

komposit yang dicampurkan maka tingkat intensitas dari *WholeSpectrum* akan semakin berkurang. Hal tersebut disebabkan oleh semakin meningkat massa atom dari senyawa yang terdapat pada bahan lembaran komposit, berikut tabel komposisi elemen/senyawa pada bahan lembaran komposit.

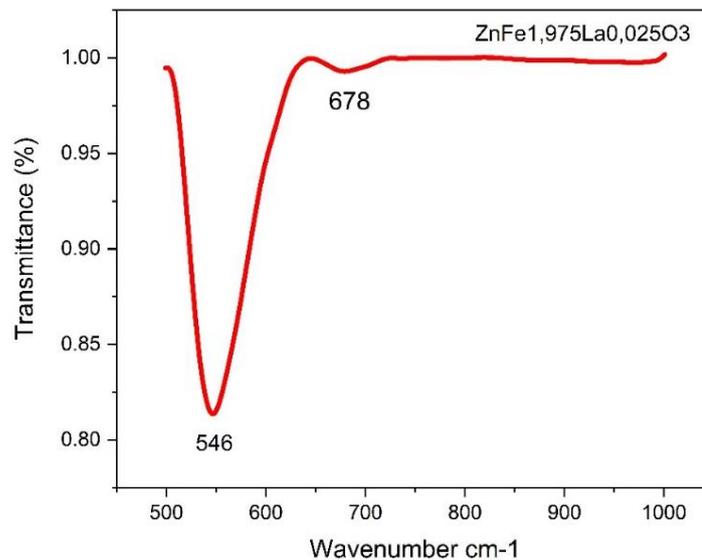
Tabel 4.2 Komposisi elemen penyusun pada bahan komposit Polivinil Pirolidon

%	Elemen	Sampel	Mass%	Atom%
0%	C	PvP	76,93	81,63
	O		23,07	18,37
	Total		100,00	100,0
Fitting Ratio 0,2922				
10 %	C	ZnFe _{1,975} La _{0,025} O ₄ /PvP	55,53	73,23
	O		20,62	20,41
	Fe		15,50	4,40
	Zn		7,82	1,90
	La		0,53	0,06
	Total		100,00	100,00
Fitting Ratio 0,2854				
20%	C	ZnFe _{1,975} La _{0,025} O ₄ /PvP	48,19	69,17
	O		20,10	21,65
	Fe		19,76	6,10
	Zn		11,43	3,01
	La		0,52	0,06
	Total		100,00	100,00
Fitting Ratio 0,2890				
30%	C	ZnFe _{1,975} La _{0,025} O ₄ /PvP	34,17	58,91
	O		19,22	24,88
	Fe		29,43	10,91
	Zn		16,29	5,16
	La		0,89	0,13
	Total		100,00	100,00
Fitting Ratio 0,3006				

4.3 Hasil Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

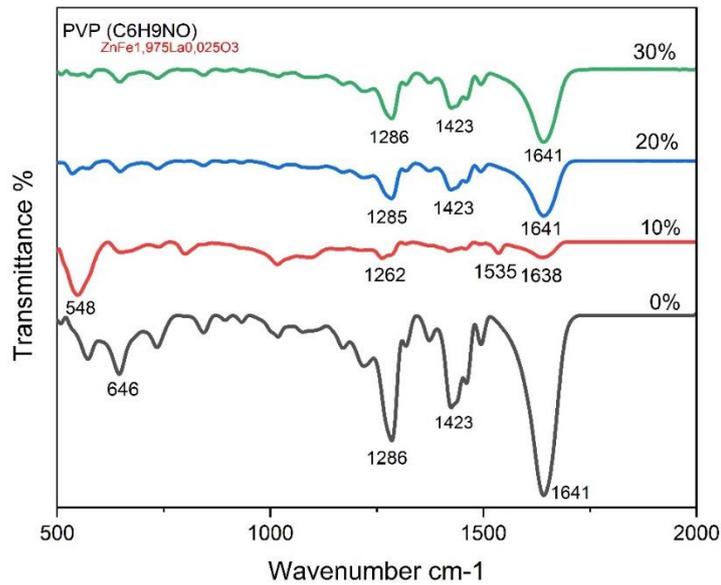
Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) digunakan dalam penelitian ini untuk dapat mengetahui gugus fungsi dari bahan komposit ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₄ dan lembaran komposit ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₄ dengan Polivinil Pirolidon (PvP). Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi ini berupa grafik.

Setiap grafik yang dihasilkan memiliki puncak dari masing-masing bahan komposit yang terdapat didalamnya. Puncak inilah yang menjadi gugus fungsi dari bahan komposit. Gugus fungsi suatu material memiliki tingkat golongan masing-masing. Dapat dilihat pada *Wavenumber* berapa suatu puncak terbentuk pada grafik.



Gambar 4.9 Grafik FTIR Menentukan Gugus Fungsi Pada Bahan Komposit ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₄

Gambar 4.9 menunjukkan grafik dari hasil karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) dari sampel ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₄. Grafik 4.9 menunjukkan bahwa puncak pertama terlihat pada 546 cm⁻¹. Hal ini memungkinkan terjadi vibrasi regangan (*stretching vibration*) pada ikatan Zn-O. Puncak kedua pada 678 cm⁻¹ juga bisa mengindikasikan vibrasi regangan dari ikatan logam-oksigen yang melibatkan ikatan Fe-O. Spektrum dari grafik mengalami penurunan transmittansi pada kedua arah, artinya material menyerap sebagian besar cahaya inframerah di frekuensi tersebut. Sehingga adanya vibrasi molekular pada panjang gelombang. Lanthanum oksida pada bahan komposit ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₄ dapat menyebabkan sedikit pergeseran atau perubahan intensitas puncak FTIR, yang menyatakan perubahan dalam struktur kristal atau lingkungan penyusun ion-ion oksigen.



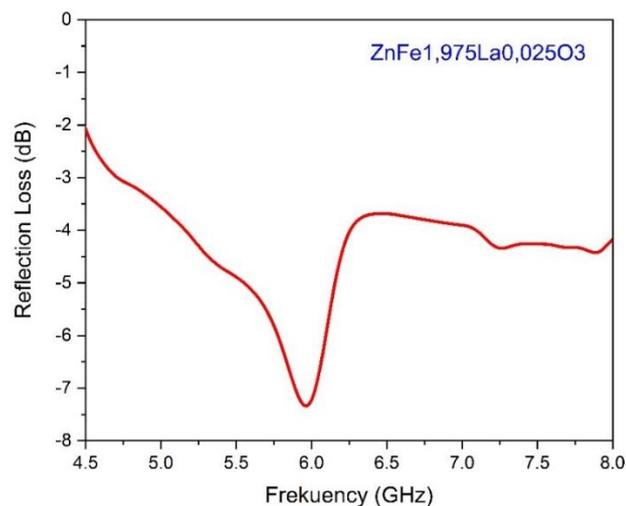
Gambar 4.10 Grafik FTIR Menentukan Gugus Fungsi Pada Bahan Komposit $\text{ZnFe}_{1.975}\text{La}_{0.025}\text{O}_4$ Dengan PVP

Grafik 4.10 menunjukkan spektrum FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) dari suatu material dengan konsentrasi $\text{ZnFe}_{1.975}\text{La}_{0.025}\text{O}_4$ pada berbagai variasi (30%, 20%, 10%, dan 0%) yang dicampur dengan PVP (*Polyvinylpyrrolidone*). Berdasarkan serapan IR pada persentase 0% berada pada 1641 cm^{-1} , Ini mengindikasikan adanya vibrasi C=O (karbonil) yang merupakan karakteristik dari PVP (*Polyvinylpyrrolidone*). 1423 cm^{-1} ini terkait dengan getaran deformasi C-H pada gugus fungsi alkana. 1286 cm^{-1} ini bisa dihubungkan dengan vibrasi uluran C-N dari polimer pirrolidon. 646 dan 548 cm^{-1} ini adalah daerah yang biasanya dikaitkan dengan vibrasi logam-oksida (M-O), yang sesuai dengan material $\text{ZnFe}_{1.975}\text{La}_{0.025}\text{O}_4$. Persentase 10% $\text{ZnFe}_{1.975}\text{La}_{0.025}\text{O}_4$ puncak yang muncul di 1535 cm^{-1} dan 1638 cm^{-1} mungkin menandakan adanya interaksi logam-oksida dengan polimer, serta perubahan pada ikatan C=O dan C-N yang disebabkan oleh doping dengan bahan komposit oksida logam. Persentase 20% dan 30% $\text{ZnFe}_{1.975}\text{La}_{0.025}\text{O}_4$ puncak di 1641 cm^{-1} masih terlihat, menunjukkan bahwa gugus karbonil masih dominan dalam campuran ini. Ada pula penguatan pada puncak di sekitar $1285\text{-}1286\text{ cm}^{-1}$ dan 1423 cm^{-1} , yang menunjukkan bahwa interaksi antara

polimer dan material nanopartikel logam mungkin makin kuat pada konsentrasi yang lebih tinggi. Secara umum, pola ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya persentase $\text{ZnFe}_{1.975}\text{La}_{0.025}\text{O}_4$, ada sedikit perubahan pada intensitas dan posisi puncak tertentu, yang mengindikasikan adanya interaksi kimia antara nanopartikel logam dengan polimer PVP.

4.4 Hasil Analisis VNA (*Vector Network Analyzer*)

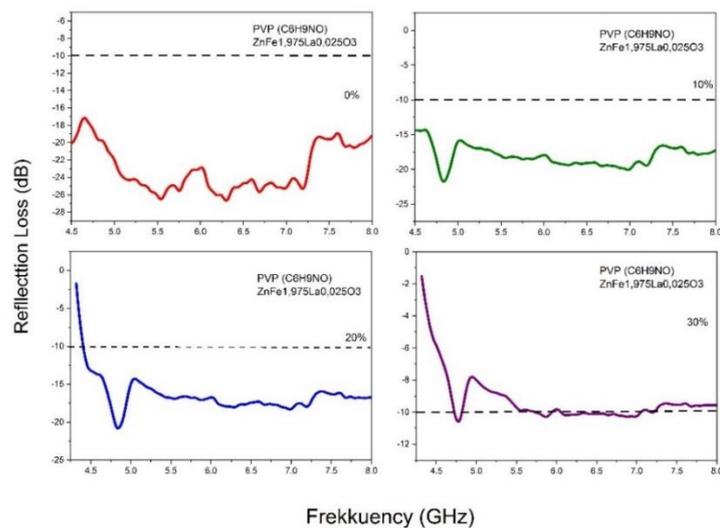
Karakterisasi VNA dilakukan dengan menggunakan alat VNA yang bertujuan untuk menentukan tingkat serapan gelombang mikro yang dimiliki bahan tertentu. Dengan menggunakan aplikasi *software Origin* mampu menghasilkan bentuk serapan yang dapat dilihat lebih jelas. Material komposit $\text{ZnFe}_{1.975}\text{La}_{0.025}\text{O}_4$ menjadi bahan yang akan dikarakterisasi dengan proses karakterisasi dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama dilakukan pada bahan komposit $\text{ZnFe}_{1.975}\text{La}_{0.025}\text{O}_4$ dan tahap kedua pada bahan lembaran komposit $\text{ZnFe}_{1.975}\text{La}_{0.025}\text{O}_4$ dengan Polivinil Piroolidon (PvP). Mengingat bahwa nilai minimum dari serapan gelombang mikro yang baik itu berada pada -10 dB dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.11 Grafik VNA Hasil Serapan Gelombang Mikro Pada Bahan Komposit $\text{ZnFe}_{1.975}\text{La}_{0.025}\text{O}_4$

Gambar 4.11 menyatakan penyerapan maksimum terjadi pada frekuensi sekitar 6,0 GHz, dengan nilai *Reflection Loss* mendekati -7 dB. Nilai ini

menunjukkan bahwa material memiliki kemampuan menyerap energi gelombang elektromagnetik kurang baik pada frekuensi tersebut. Nilai ini menunjukkan bahwa sebagian besar energi gelombang elektromagnetik diserap oleh material, yang ideal untuk aplikasi penyerap gelombang mikro (*microwave absorber*). Dari grafik diatas, material ini menunjukkan penurunan *Reflection Loss* yang dimulai dari frekuensi 4,5 GHz hingga 7 GHz, di mana puncak terdalam dari *Reflection Loss* berada dibagian -7,5 dB dengan frekuensi di sekitar 5,5GHz sampai 6,0 GHz. Hal ini menunjukkan bahwa material kurang mampu menyerap gelombang mikro dengan baik. Dimana suatu material yang mampu menyerap gelombang mikro dengan baik harus berada dibawah -10 dB. Pengaruh dari kurangnya serapan tersebut mampu disebabkan oleh kurangnya efisiensi waktu pada saat proses sintesis dilakukan seperti waktu oven dan tingginya suhu pada saat furnace dilakukan. Sehingga kemungkinan terjadi penurunan sifat listrik dari bahan lanthanum yang disebabkan oleh sifat lanthanum yang mudah teroksidasi sehingga menjadikan bahan $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ tidak mampu menyerap gelombang mikro dengan baik. Karena dalam mencapai serapan gelombang mikro yang baik harus memiliki medan magnet dan listrik yang sama besar.



Gambar 4.12 Grafik VNA Hasil Serapan Gelombang Mikro Pada Bahan Komposit $ZnFe_{1,975}La_{0,025}O_4$ dengan PVP 0%,10%,20%,30%

Gambar 4.12 menunjukkan grafik kehilangan *Reflection Loss* dalam satuan dB terhadap frekuensi dengan rentang 4,5–8,0 GHz, yang menggambarkan sifat penyerapan gelombang mikro dari material PvP yang dicampur dengan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$. Grafik diatas menunjukkan puncak yang terbentuk akan menghasilkan tingginya serapan yang dapat dihasilkan. Pada berbagai variasi (0%, 10%, 20%, dan 30%). Pada grafik pertama 0% $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_3$ rentang frekuensi sekitar 5,0–8,0 GHz, terlihat bahwa material dengan 0% bahan komposit menunjukkan bahwa bahan PvP murni tanpa campuran bahan komposit tidak memiliki nilai dari *Reflection Loss*. Dimana dilihat pada grafik tidak menunjukan puncak yang mampu menentukan tingkan serapan yang diperoleh. Hal ini disebabkan oleh PvP murni merupakan bahan yang bersifat amorf dan tidak teratur dengan sifat elektirik yang baik. Grafik kedua 10% $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ material dengan penambahan 10% bahan komposit memperlihatkan kehilangan refleksi, dengan puncak berada disekitar -23 dB di (sekitar 4,5–6,0 GHz). Namun, rentang serapan tetap lebar, dan kehilangan refleksi berada di bawah -10 dB, ini menunjukkan bahwa komposit ini dapat menyerap gelombang mikro dengan baik. Grafik Ketiga 20% $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_3$ kehilangan refleksi terjadi di (sekitar 4,5–6,0 GHz) dengan nilai puncaknya sekitar -22 dB. Penyerapan -22 dB memiliki puncak yang lebih rendah dibandingkan penyerapan pada 10 %. Grafik keempat 30% $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ terjadi kehilangan refleksi maksimum dengan nilai puncaknya sekitar -11 dB. Penyerapan terjadi di frekuensi rendah (sekitar 4,5–6,0 GHz), sementara pada frekuensi lebih tinggi, *Reflection Loss* menurun lebih cepat dan mendekati -10 dB di rentang 6,0–8,0 GHz. Secara keseluruhan, semua komposit menunjukkan penyerapan gelombang mikro yang baik di bawah -10 dB, kecuali pada variasi 0%. Yang artinya bahan komposit yang di modifikasi menjadi lembaran komposit mampu meberikan penyerapan lebih dari 90%. Penambahan $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ meningkatkan sifat penyerapan pada frekuensi rendah, tetapi pada konsentrasi jumlah $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_4$ yang lebih tinggi (seperti 30%), kemampuan penyerapannya akan menurun. Sehingga semakin tinggi jumlah konsentrasi bahan komposit makan puncak grafik *Reflection Loss* akan semakin mendekati -10 dB berikut tabel *Reflection Loss* dari hasil uji penyerapan gelombang

mikro yang dilakukan terhadap bahan komposit polimer dengan variasi yang berbeda:

Tabel 4.3 Nilai *Reflection Loss* dari uji penyerapan gelombang mikro

Nama Sampel	Frekuensi C-band		
	F(GHz)	RL(dB)	%
ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃	6	-7.5	82.28%
ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 0%	5.5	-26.5	99.81%
ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 10%	4.6	-23	99.51%
ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 20%	4.6	-22	99.38%
ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 30%	4.6	-11	92.11%

Untuk mengetahui hubungan antara *Reflection Loss* dengan serapan gelombang mikro pada sampel ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₄ dan sampel ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₄ dengan PvP dapat menggunakan tabel Konversi *Return Loss to VSWR* (Tabel Marki) yang terlampir di lampiran. Dari hasil nilai *Reflection Loss* yang diuji menggunakan karakterisasi VNA dapat dilakukan perhitungan terhadap tingkat serapan yang diperoleh. Dari tabel di atas dalam membentuk lembaran komposit mampu meningkatkan tingkat serapan gelombang mikro yang terjadi. Serapan yang terjadi paling optimal berada pada lembaran komposit dengan PvP 10% . Dimana tingkat serapan yang terjadi menyentuh 99.51%. Serapan menunjukkan bahwa jauh lebih optimal dari serapan yang terjadi pada bahan kompositnya sendiri. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh yunasfi *et al.* mampu meningkatkan serapan menjadi 97 %, namun serapan pada bahan komposit ini hanya berada pada 82.28%. Ini menunjukkan bahwa bahan komposit tersebut memiliki kesalahan yang terjadi pada saat proses sintesis. Yang disebabkan oleh salah satunya tingginya suhu yang digunakan pada saat furnace dan oven sehingga dapat mempengaruhi tingkat serapan dari sampel komposit. Selain itu, memungkinkan pengaruh dari waktu yang digunakan pada proses milling dan oven juga menjadikan salah satu faktor menurunnya sifat lanthanum yang mudah teroksidasi dari bahan komposit. Akan

tetapi ketika menjadi lembaran komposit, sampel memiliki tingkat serapan yang lebih baik dari sebelumnya. Sehingga hal ini memungkinkan bahwa bahan tersebut mampu menyerap gelombang mikro dengan baik ketika adanya pengaruh dari polimer polivinil pirolidon yang digunakan. Polimer ini memiliki sifat elektrik yang cukup baik, sehingga mampu menyeimbangkan antara sifat magnet dan sifat listrik yang dimiliki bahan komposit(Sukron,*et al.*, 2015). Dimana kemungkinan terjadi penurunan sifat elektrik dari senyawa lanthanum yang mudah teroksidasi oleh lamanya proses sintesis pada bahan komposit. Dari tabel diatas dapat dilihat pengaruh dari tingkat *Reflection Loss* yang dihasilkan dapat dinyatakan bahwa semakin kecil *Reflection Loss* yang dihasilkan maka tingkat serapan dari bahan komposit tersebut akan semakin besar.

BAB V

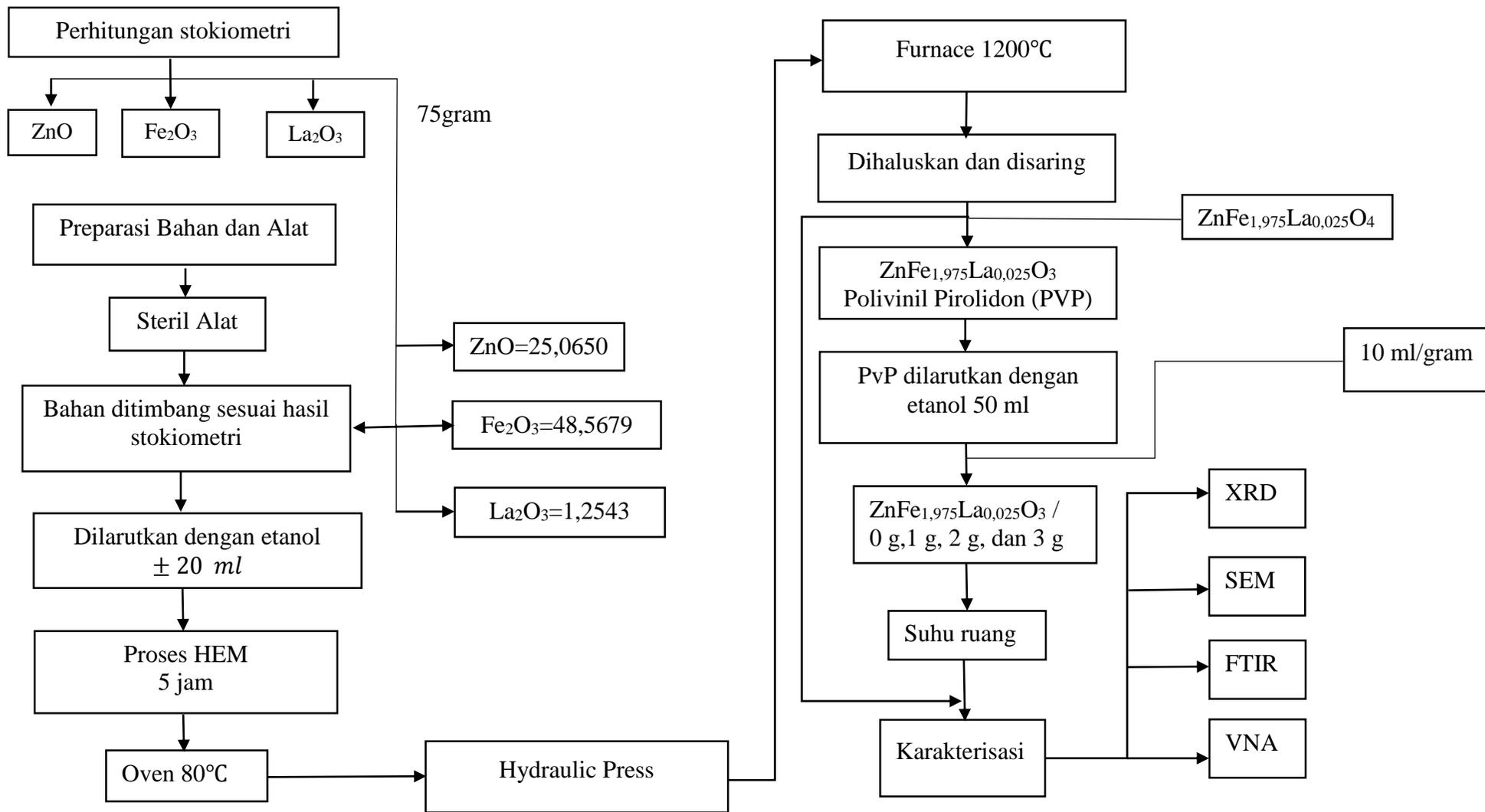
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Proses sintesis dilakukan dengan metode *solid-state* melibatkan teknik *Mechanical Milling*. Setiap tahap sintesis dapat mempengaruhi bahan penyerap gelombang mikro dalam mendapatkan hasil yang efisien. Sintesis ini dilakukan bertujuan untuk menghasilkan bahan penyerap gelombang mikro yang baik. Selain itu proses sintesis ini biasanya digunakan dalam kegiatan penelitian sebagai bagian dari proses penelitian.
2. Karakterisasi yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari XRD, SEM, FTIR, dan VNA. Dari karakterisasi tersebut dapat dilihat pengaruh dari masing-masing bahan terhadap berbagai jenis sifat dan karakteristik dari bahan tersebut. Karakterisasi terhadap bahan lembaran komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_3$ dengan PVP variasi 0%, 10%, 20%, dan 30%. Bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_3$ memiliki tingkat serapan yang baik. Hal itu menjadikan bahan komposit dapat digunakan dalam pengelolaan RADAR.
3. Pada lembaran komposit *Reflection Loss* yang dihasilkan pada -26.5dB, -23 dB, -22 dB, dan -11 dB. Persentase tingkat serapan gelombang mikro yang terjadi paling baik pada sampel 10 % yang berada pada 99.51% pada *Reflection Loss* -23 dB. Hal ini menunjukkan bahwa bahan lembaran komposit mampu menyerap gelombang mikro dengan baik. Yang artinya polimer PVP dapat mempengaruhi serapan gelombang mikro menjadi lebih baik.

5.2 Saran

Dari penelitian ini dapat dilakukan berbagai penelitian lain dengan menggunakan variasi bahan doping yang berbeda untuk memberikan data tingkat serapan gelombang mikro yang lebih baik lagi dari yang sudah diteliti sebelumnya dengan bahan yang sesederhana mungkin.



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, W. A., S. Wardiyati, and S. H. Dewi. 2017. "Nanoneedles of Lanthanum Oxide (La₂O₃): A Novel Functional Material for Microwave Absorber Material." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 202 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/202/1/012066>.
- Arthur von Hippel. 2012. "Theory and Applications of RF/Microwave Absorbers." *Emerson & Cuming Microwave Products, Inc* 28. [papers2://publication/uuid/E085A757-A5A1-4E1F-BB55-5E616D2EB6B6](https://doi.org/10.1088/1757-899X/202/1/012066).
- Awaliyah, Nurdini. 2017. "Sintesis Dan Karakterisasi Mineral Ni (0,5-x) La x Fe_{2,5} O₄ Sbagai Absorben Gelombang Mikro."
- Awaliyah, Annisa, Hafizah Ikhwan, Veny Nugiasari, and Rahadian Zainul. 2018. "Prinsip Dasar Milling Dalam Sintesis Material." *Laboratorium Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia* 1 (21): 1–15. <https://osf.io/preprints/inarxiv/9xsqe/>.
- Basir D.N. 2015. "The Transport Membrane Permeability in a Mixture of Rare Earth Elements (La, Nd, Gd, Lu) Using the Carrier (TBP: D2EHPA) through Supported Liquid Membrane Technique." Vol. 57.
- Capua, R. Di, F. Offi, and F. Fontana. 2014. "Check the Lambert-Beer-Bouguer Law: A Simple Trick to Boost the Confidence of Students toward Both Exponential Laws and the Discrete Approach to Experimental Physics." *European Journal of Physics* 35 (4). <https://doi.org/10.1088/0143-0807/35/4/045025>.
- Chireh, Mahshid, Mahmoud Naseri, and Hamidreza Ghaedamini. 2021. "Enhanced Microwave Absorption Performance of Graphene/Doped Li Ferrite Nanocomposites." *Advanced Powder Technology* 32 (12): 4697–4710. <https://doi.org/10.1016/j.apt.2021.10.020>.
- Cobos, M. A., P. de la Presa, I. Llorente, A. García-Escorial, A. Hernando, and J. A. Jiménez. 2020. "Effect of Preparation Methods on Magnetic Properties of Stoichiometric Zinc Ferrite." *Journal of Alloys and Compounds* 849 (August). <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.156353>.
- Crow, Bethany, William E. Stokes, Nikil Kapur, Marti Busquets Fite, and Andrew Nelson. 2024. "Polyvinylpyrrolidone (PvP) Adsorbs on and Interacts with Biomembrane-like Layers." *Journal of Solid State Electrochemistry* 28 (2): 411–18. <https://doi.org/10.1007/s10008-023-05784-4>.
- Das, Sukanta, Ganesh Chandra Nayak, S. K. Sahu, and Ramesh Oraon. 2015. "Development of FeCoB/Graphene Oxide Based Microwave Absorbing Materials for X-Band Region." *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 384:224–28. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2015.01.079>.

- Didik, Lalu A. 2020. "Penentuan Ukuran Butir Kristal $\text{CuCr}_{0,98}\text{Ni}_{0,02}\text{O}_2$ Dengan Mnggunakan X-RAY Difrraction (XRD) Dan Scenning Electron Micoscope (SEM)." *Indonesian Physical Review* 3 (1): 6–14. <https://doi.org/10.29303/ipr.v3i1.37>.
- Haaf .F, Sanner .A, and Straub .F. 1985. "Polymers of N-Vinylpyrrolidone: Synthesis, Characterization and Uses." *Polymer Journal*, 17 (I): 143–52.
- Hasanah, Nurul. 2019. "Sintesis Dan Karakterisasi Bahan Penyerap Gelombang Mikro Sistem NiCe."
- Ingole, Shital A., and Ashok Kumbharkhane. 2021. "Temperature Dependent Broadband Dielectric Relaxation Study of Aqueous Polyvinylpyrrolidone (PVP K-15, K-30 & K-90) Using a TDR." *Physics and Chemistry of Liquids* 59 (5): 806–16. <https://doi.org/10.1080/00319104.2020.1836641>.
- Komarov, V., S. Wang, and J. Tang. 2005. "Permittivity and Measurements." In *Encyclopedia of RF and Microwave Engineering*. <https://doi.org/10.1002/0471654507.eme308>.
- Kombongkila, Olivia, Heindrich Taunaumang, and Farly Reynol Tumimomor. 2024. "Analisis Struktur Film Tipis Disperse Orange-3 Hasil FTIR." *Jurnal FisTa : Fisika Dan Terapannya* 5 (1): 45–50. <https://doi.org/10.53682/fista.v5i1.305>.
- Kurnia, Alfi, and Sudarti. 2021. "Analisis Keuntungan Dan Kendala Pemanfaatan Gelombang Mikro (Micro Wave) Pada Pesawat Radar." *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan* 8 (3): 36–41.
- Kurniawati N. 2017. "Pemodelan Eksperimen Pemanasan Crude Oil Dengan Dual Sumber Gelombang Mikro." *Universitas Nusantara PGRI Kediri* 01:1–7.
- Mamarimbing, Jelika M., Jantje L. Sepang, and Christoffel M.O. Mintarjo. 2015. "Utilization of Magnetik Flux as A Source of Power Plant by Using Solenoid." *Jurnal Emba* 5 (2): 1793–1803.
- Mashadi, R. Andriyani Putri, B. Sugeng a dan Yunasfi. 2019. "Sintesis Bahan Magnetik $\text{Zn}_x\text{Fe}_{(3-x)}\text{O}_4$ Dengan Metode Ko-Presipitasi Sbagai Penyerap Gelombang Mikro." *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri (MIPI)* 13 (2): 179–86.
- Meti S, Sagar H.P, Rahman M.R, and Bhat K.U. 2021. "Assessment of Triboelectricity in Colossal-Surface-Area-Lanthanum Oxide Nanocrystals Synthesized via Low-Temperature Hydrothermal Process." *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 32 (15): 20351–61. <https://doi.org/10.1007/s10854-021-06545-7>.
- Min, Dandan. 2020. "Enhanced Microwave Absorption Performance of Double-Layer Absorbers Containing $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ Ferrite and Graphite Nanosheet

- Composites.” *Journal of Electronic Materials* 49 (1): 819–25. <https://doi.org/10.1007/s11664-019-07730-5>.
- Mohammed A., Abdullah A. 2018. “Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review.” *Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics - HERVEX*.
- Mulyawan A, and Wisnu A.A. 2018. “Raman Spectroscopy Study, Magnetic and Microwave Absorbing Properties of Modified Barium Strontium Monoferrite Ba(1-x)Sr(x)Fe₂O₄.” *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences* 14 (1): 73–77.
- Mulyawan A, Yusnafi, and Wisnu A.A. 2017. “Pengaruh Waktu Milling Terhadap Mikrostruktur Dan Sifat Magnetik Komposit NiFe₂O₄-NdFeO₃.” *Metalurgi* 3 (2017): 4–6.
- Muttaqin, Rodhotul. 2023. “Pengembangan Buku Panduan Teknik Karakterisasi Material: X-Ray Diffractometer (XRD) Panalytical Xpert3 Powder.” *Indonesian Journal of Laboratory* 1 (1): 9. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i1.78970>.
- Nandiyanto A.B.D, Oktiani R, and Ragadhita R. 2019. “How to Read and Interpret Ftir Spectroscopy of Organic Material.” *Indonesian Journal of Science and Technology* 4 (1): 97–118. <https://doi.org/10.17509/ijost.v4i1.15806>.
- Noval, Noval, and Rosyifa Rosyifa. 2021. “Solid Dispersion for Increasing Dissolution Rate of Sodium Diclofenac With Variations of Polyvinyl Pyrrolidone K30.” *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika* 3 (2): 86–98. <https://doi.org/10.36932/jpcam.v3i2.46>.
- Nursanni, Banu. 2021. “Sintesis Dan Karakterisasi Penyerapan Gelombang Mikro Pada Komposit PANi - Barium Heksaferrit Tersubstitusi Mn Dan Ti - CFO.” *RODA: Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Otomotif* 1 (1). <https://doi.org/10.24114/roda.v1i1.23413>.
- Priyono, Nur Abidin, and Iis Nurhasanah. 2019. “Pengukuran Permittivitas Kompleks Material Magnetik Menggunakan Metode S-Parameter Dengan Pendekatan Nicolson Rose-Weir.” *Berkala Fisika* 22 (2): 56–61.
- Purnamasari I. 2021. “Analisis Sifat Struktur Dan Sifat Listrik Pada Material Perovskite LaFe_{0.97}Zr_{0.03}O₃: XRD, Raman Scattering, SEM Dan Impedansi Spektroskopi.” *Jurnal Konstruksi* 19 (1): 231–40.
- Putama Mursal, In Lidia. 2018. “Karakterisasi XRD Dan SEM Pada Material Nanopartikel Serta Peran Material Nanopartikel Dalam Drug Delivery System.” *Pharma Xplore: Jurnal Ilmiah Farmasi* 3 (2): 214–21. <https://doi.org/10.36805/farmasi.v3i2.491>.
- Putra, Dede Jerry Sartika. 2019. “Penggunaan Polivinil Piroolidon (PVP) Sebagai

Bahan Pengikat Pada Formulasi Tablet Ekstrak Daun Sirih (Piper Betle L.)”
Jurnal Farmasi Udayana 8 (1): 14.
<https://doi.org/10.24843/jfu.2019.v08.i01.p03>.

Rahanti, Arsha Bayu, and Diah Hari Kusumawati. 2022. “Fabrikasi Dan Karakterisasi Nanofiber Pva / Pvp / Kitosan Sebagai Bahan Dasar Wound Dressing.” *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* 11 (3): 35–45.

Safitri, Rusiana Yulia, Weka Sidha Bhagawan, and Cicilia Novi Primiani. 2024. “Penggunaan Polivinil Pirolidon (PVP) Sebagai Bahan Pengikat Pada Formula Granul : Literatur Review” 4 (1): 14–22.

Saptari, Sitti Ahmiatri. 1977. “Disain Material Absorben Gelombang Mikro Senyawa Dasar (La, Ba)(Mn, Ti)O₃ Melalui Proses Pnghalusan Mekanik Dan Sonikasi Daya Tinggi.”

Sjahriza, Ahmad, Surya Herlambang, and Indah Fajar Wati. 2019. “Modifikasi Karakteristik Kuat Tarik Pada Komposit Film Poli(Vinil Pirolidon) Dan Karagenan Melalui Pembentukan Komposit Karbon Nano Dot.” *Al-Kimiya* 5 (2): 52–56. <https://doi.org/10.15575/ak.v5i2.3756>.

Sukron, Muhammad, Woro Setyarsih, and Lydia Rohmawati. 2015. “Studi Dielektrik Polivynil Pirolidon (PvP)/SiO₂ Dari Lumpur Sidoharjo” 04:19–22.

Sunandar, Mashadi, Saskia Tiana, Saskia Tiana, and Yunasfi Yunasfi. 2018. “Phase Analysis and Magnet Properties of Zn_xFe_(3-x)O₄ Prepared by Milling Process.” *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences* 14 (2): 208–12. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v14n2.940>.

Suwargi, Endang., Pardiarto, Bambang., Ishlah, Teuku. 2010. “Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Potensi Mineralisasi Logam Dasar Di Daerah Takengon, Nangro Aceh Darussalam.” *Buletin Sumber Daya Geologi* 5:131–40.

Wei, Bo, Jintang Zhou, Zhengjun Yao, Azhar Ali Haidry, Kun Qian, Haiyan Lin, Xinlu Guo, and Wenjing Chen. 2020. “Excellent Microwave Absorption Property of Nano-Ni Coated Hollow Silicon Carbide Core-Shell Spheres.” *Applied Surface Science* 508:145261. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.145261>.

Wei, Hongyu, Zhiping Zhang, G. Hussain, Laishui Zhou, Qin Li, and Kostya (Ken) Ostrikov. 2020. “Techniques to Enhance Magnetic Permeability in Microwave Absorbing Materials.” *Applied Materials Today* 19:100596. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2020.100596>.

Wen, Caiyue, Xiao Li, Ruixuan Zhang, Chunyang Xu, Wenbin You, Zhengwang Liu, Biao Zhao, and Renchao Che. 2022. “High-Density Anisotropy Magnetism Enhanced Microwave Absorption Performance in Ti₃C₂T_xMXene@Ni Microspheres.” *ACS Nano* 16 (1): 1150–59.

<https://doi.org/10.1021/acsnano.1c08957>.

- Wisnu Ari Adi, Yunasfi Yunasfi, Mashadi Mashadi, Didin Sahidin Winatapura, Ade Mulyawan, Yosef Sarwanto, Yohanes Edi Gunanto and Yana Taryana. 2012. "Metamaterial: Smart Magnetic Material for Microwave Absorbing Material." In *Intech*, i:13. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2011.12.014>.
- Yonathan A. 2011. "Analisis Fraksi Rasio Molar Bahan Penyusun Paduan Oksida Nd_{1-x}Ba_{2-x}Cu₃O_{7-??}?" *JSPF* 7 (c): 48.
- Yunasfi, Mashadi, Mulyawan A, and Wisnu A.A. 2020. "Synthesis of Ni_{1-x}La_xFe_{2-x}O₄ System as Microwave Absorber Materials by Milling Technique." *Journal of Electronic Materials* 49 (12): 7272–78. <https://doi.org/10.1007/s11664-020-08489-w>.
- Yunasfi, Mashadi, Ade Mulyawan, and Wisnu Ari Adi. 2020. "Synthesis of Ni_{1-x}La_xFe_{2-x}O₄ System as Microwave Absorber Materials by Milling Technique." *Journal of Electronic Materials* 49 (12): 7272–78. <https://doi.org/10.1007/s11664-020-08489-w>.
- Yunasfi, A. A. Wisnu, Mashadi, Deswita, and Taryana Y. 2020. "The Effect of x Mole Ratio on Crystal Structure and Characteristic of Microwave Absorption of Zn_{1-x}La_xFe_{2-x}O₄ System." *Key Engineering Materials* 855 KEM:46–51. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.855.46>.
- Yunasfi, A. A. Wisnu, Mashadi, Deswita, and Yana Taryana. 2020. "The Effect of x Mole Ratio on Crystal Structure and Characteristic of Microwave Absorption of Zn_{1-x}La_xFe_{2-x}O₄ System." *Key Engineering Materials* 855 KEM:46–51. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.855.46>.
- Yunasfi, Yunasfi, Nurdini Awaliyah, Nurdini Awaliyah, and Hendrawati Hendrawati. 2018. "Karakterisasi Sifat Magnetik Dan Serapan Gelombang Mikro Ni_(0,5-x)La_xFe_{2,5}O₄ Hasil Sintesis Dengan Metode Ko-Presipitasi." *Jurnal Sains Materi Indonesia* 19 (4): 169. <https://doi.org/10.17146/jsmi.2018.19.4.4962>.
- Zaidah, Alpi. 2019. "Karakterisasi Kekristalan Dan Konstanta Dielektrik Barium Stronsium Titanat (Ba_xSr_{1-x}TiO₃) Dengan Variasi Komposisi Barium Dan Stronsium Yang Dibuat Menggunakan Metode Solid State Reaction." *JUPE : Jurnal Pendidikan Mandala* 4 (4): 302–6. <https://doi.org/10.58258/jupe.v4i4.1266>.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Perhitungan Stokiometri

- $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_3$

Elemen	Ar
Zn	65,38
Fe	56
La	138,91
O	16

Elemen	Mr
ZnO	81,408
Fe_2O_3	160
La_2O_3	44,01



$$\text{Mol} = \frac{75 \text{ gram}}{\text{mr:Zn} + \text{Fe}_{1,975} + \text{La}_{0,025} + \text{O}_3}$$

$$\text{Mol} = \frac{75 \text{ gram}}{65,38 + 110,293 + 3,472 + 64}$$

$$\text{Mol} = \frac{75 \text{ gram}}{243,145} = 0,308$$

$$\begin{aligned} \text{ZnO} &= \frac{2}{2} \times 0,308 \times (\text{mr} : \text{zn} + \text{O}) & \text{La}_2\text{O}_3 &= \frac{0,025}{2} \times 0,308 \times (\text{mr} : \text{La}_2\text{O}_3) \\ &= \frac{2}{2} \times 0,308 \times (65,38 + 16) & &= \frac{0,025}{2} \times 0,308 \times (277,81 + 48) \\ &= \frac{2}{2} \times 0,308 \times 81,38 & &= \frac{0,025}{2} \times 0,308 \times 325,81 \\ &= 25,0650 & &= 1,2543 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fe}_2\text{O}_3 &= \frac{1,975}{2} \times 0,308 \times (\text{mr} : \text{Fe}_2\text{O}_3) \\ &= \frac{1,975}{2} \times 0,308 \times (111,69 + 48) \\ &= \frac{1,975}{2} \times 0,308 \times 159,69 \\ &= 48,5697 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 2. Perhitungan % penyerapan gelombang mikro

Nama Sampel	Frekuensi C-band		
	F(GHz)	RL(dB)	%
ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃	6	-7.5	82.28%
ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 0%	5.5	-26.5	99.81%
ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 10%	4.6	-23	99.51%
ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 20%	4.6	-22	99.38%
ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 30%	4.6	-11	92.11%

Frekuensi C-Band

- **ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃**

$$\begin{aligned}
 \text{RL} &= 20 \text{ Log } \left| \frac{Z_{in} + Z_0}{Z_{in} - Z_0} \right| & \% &= (1 - Z^2) \times 100 \\
 -7.5 &= 20 \text{ Log } |z| & \% &= (1 - 0.421^2) \times 100 \\
 |z| &= \frac{-7.5}{20} & \% &= (1 - 0.1772) \times 100 \\
 |z| &= \text{Log } -0.375 & \% &= 0.8228 \times 100 \\
 |z| &= 10^{-0.375} = 0.421 & \% &= 82.28
 \end{aligned}$$

- **ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 0%**

$$\begin{aligned}
 \text{RL} &= 20 \text{ Log } \left| \frac{Z_{in} + Z_0}{Z_{in} - Z_0} \right| & \% &= (1 - Z^2) \times 100 \\
 -26.5 &= 20 \text{ Log } |z| & \% &= (1 - 0.044^2) \times 100 \\
 |z| &= \frac{-26.5}{20} & \% &= (1 - 0.0019) \times 100 \\
 |z| &= \text{Log } -1.325 & \% &= 0.9981 \times 100 \\
 |z| &= 10^{-1.325} = 0.044 & \% &= 99.81
 \end{aligned}$$

- **ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 10%**

$$\begin{aligned}
 \text{RL} &= 20 \text{ Log } \left| \frac{Z_{in} + Z_0}{Z_{in} - Z_0} \right| & \% &= (1 - Z^2) \times 100 \\
 -23 &= 20 \text{ Log } |z| & \% &= (1 - 0.070^2) \times 100 \\
 |z| &= \text{Log } \frac{-23}{20} & \% &= (1 - 0.0049) \times 100 \\
 |z| &= \text{Log } -1.15 & \% &= 0.9951 \times 100 \\
 |z| &= 10^{-1.15} = 0.070 & \% &= 99,51
 \end{aligned}$$

- **ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 20%**

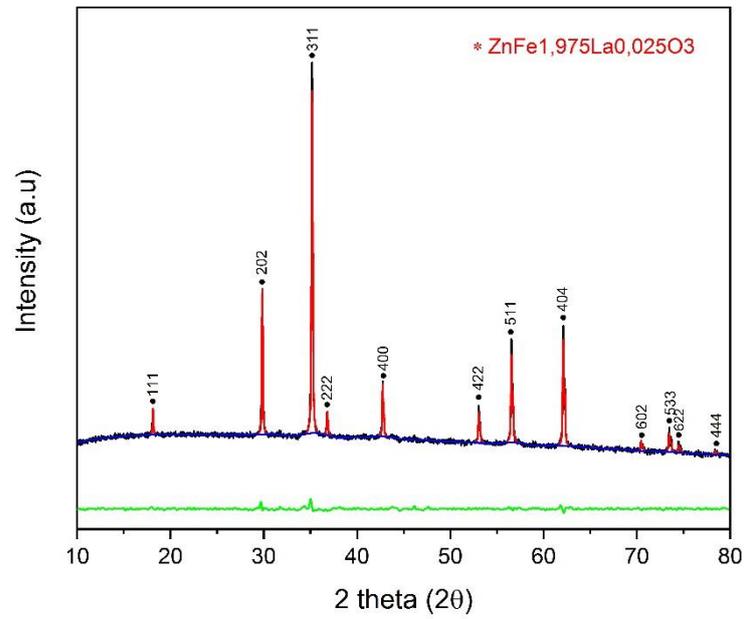
$$\begin{aligned}
 \text{RL} &= 20 \text{ Log } \left| \frac{Z_{in} + Z_0}{Z_{in} - Z_0} \right| & \% &= (1 - Z^2) \times 100 \\
 -22 &= 20 \text{ Log } |z| & \% &= (1 - 0.079^2) \times 100 \\
 |z| &= \frac{-22}{20} & \% &= (1 - 0.0062) \times 100 \\
 |z| &= \text{Log } -1.1 & \% &= 0.9938 \times 100 \\
 |z| &= 10^{-1.1} = 0.079 & \% &= 99.38
 \end{aligned}$$

- **ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP 30%**

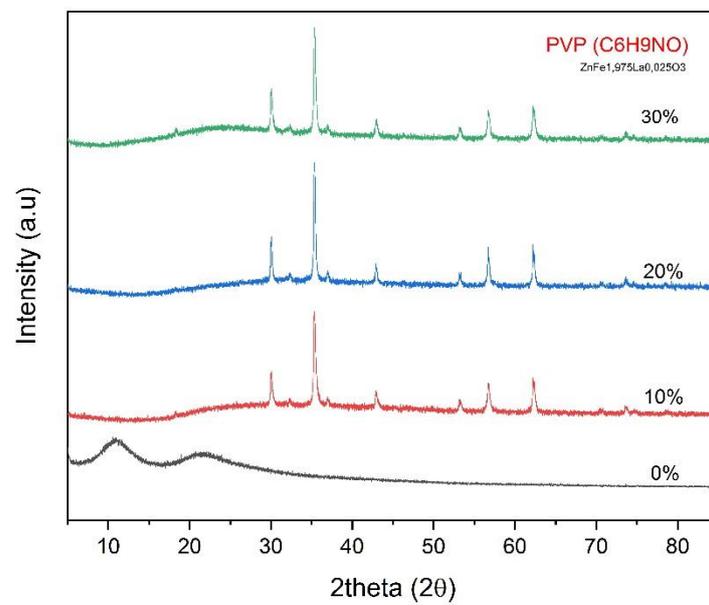
$$\begin{aligned}
 \text{RL} &= 20 \text{ Log } \left| \frac{Z_{in} + Z_0}{Z_{in} - Z_0} \right| & \% &= (1 - Z^2) \times 100 \\
 -11 &= 20 \text{ Log } |z| & \% &= (1 - 0.281^2) \times 100 \\
 |z| &= \frac{-11}{20} & \% &= (1 - 0.0789) \times 100 \\
 |z| &= \text{Log } -0.55 & \% &= 0.9211 \times 100 \\
 |z| &= 10^{-0.55} = 0.281 & \% &= 92.11
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 3. Data hasil karakterisasi

1. XRD

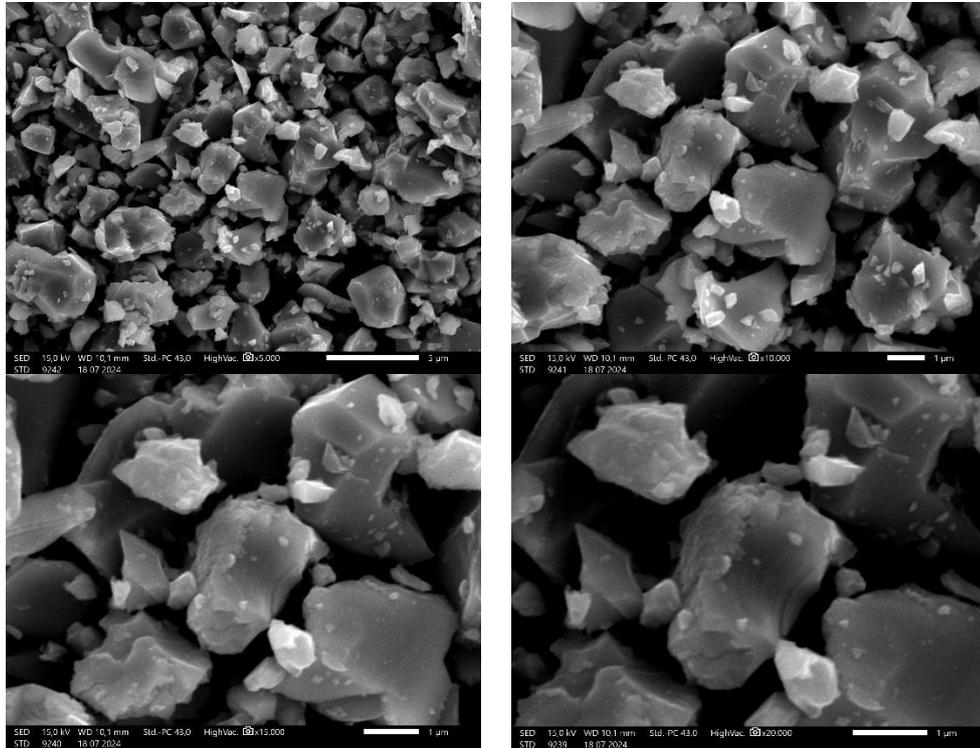


Grafik Pola difraksi sinar-X Bahan Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_3$

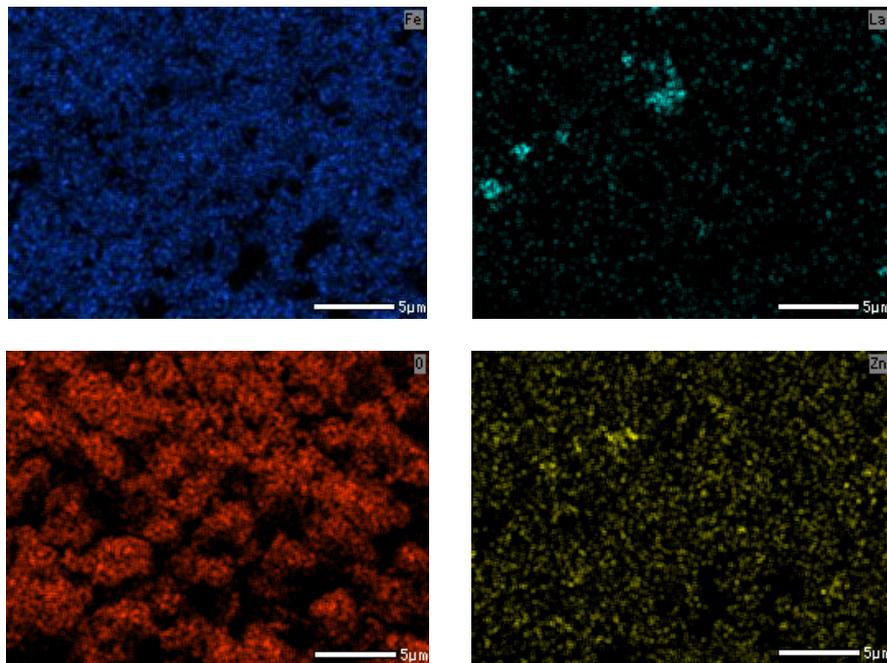


Grafik pola difraksi Sinar-X Lembaran Komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_3$ /Polivinil Pirolidon (PVP)

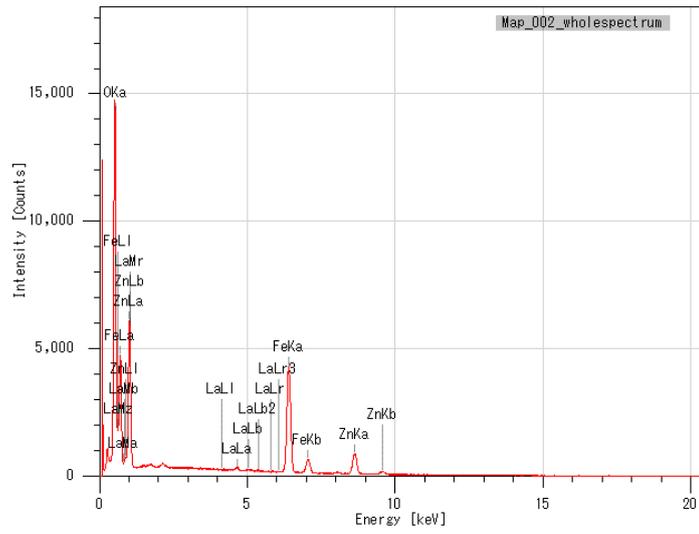
2. SEM



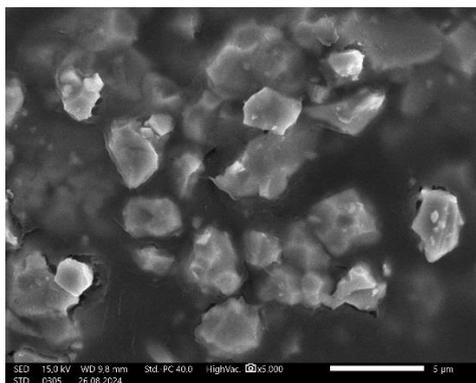
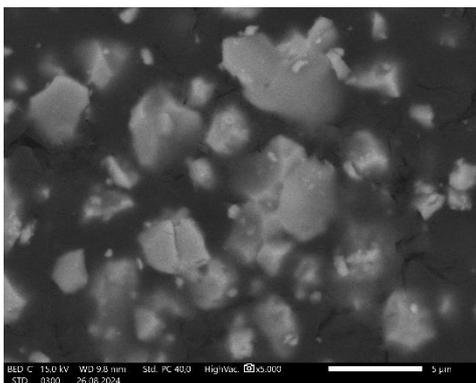
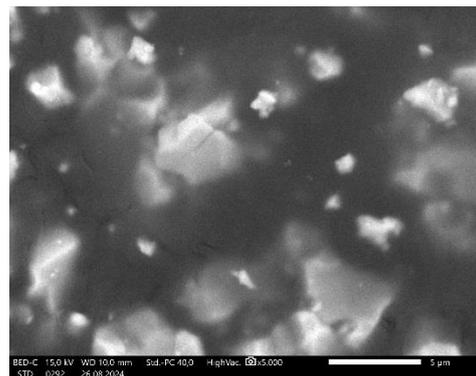
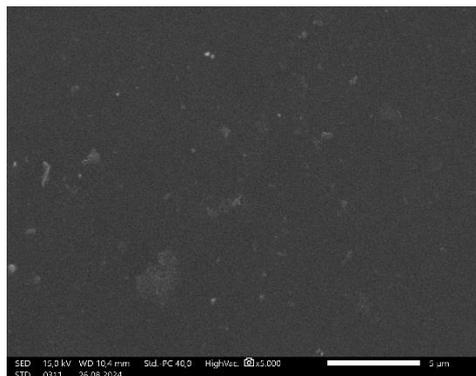
Gambar morfologi permukaan bahan komposit ZnFe_{1.975}La_{0.025}O₃



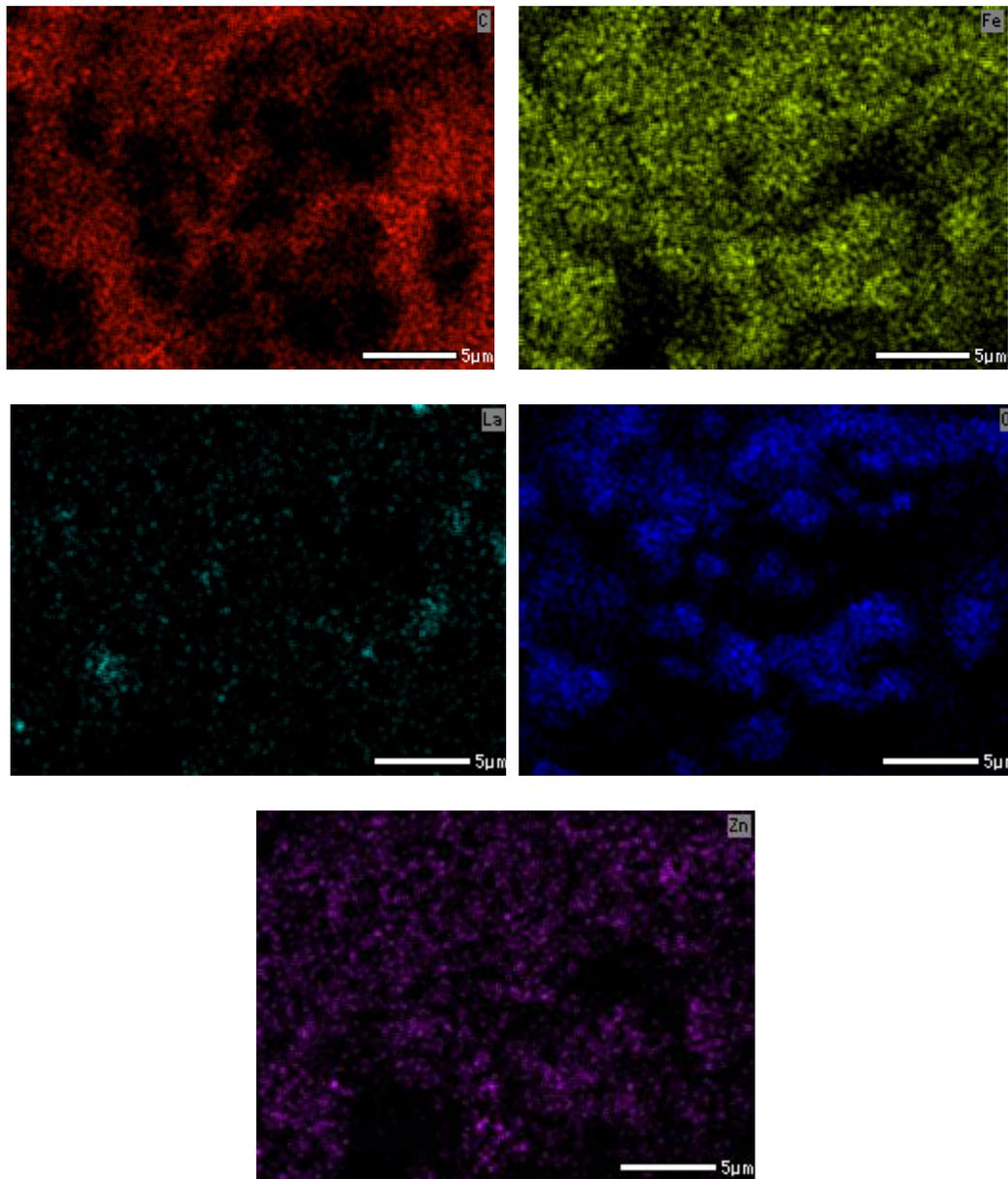
Unsur kimia dari bahan komposit ZnFe_{1.975}La_{0.025}O₃



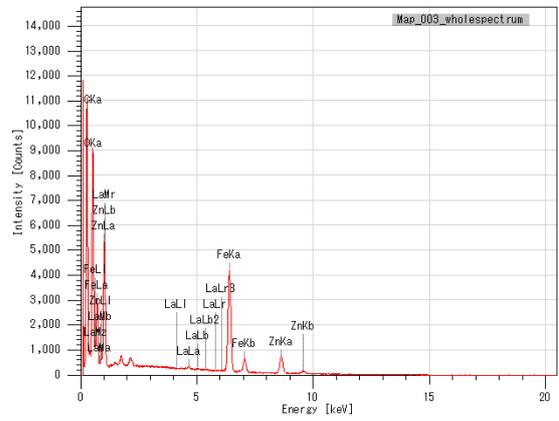
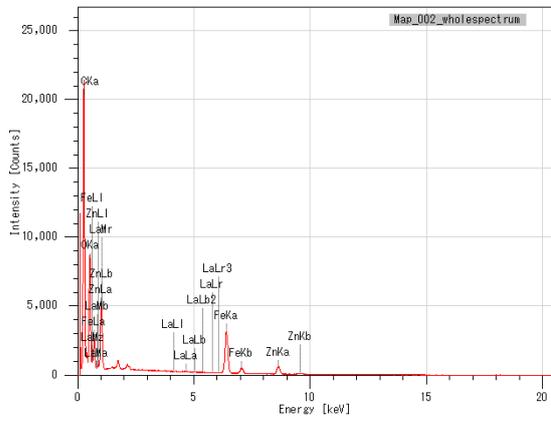
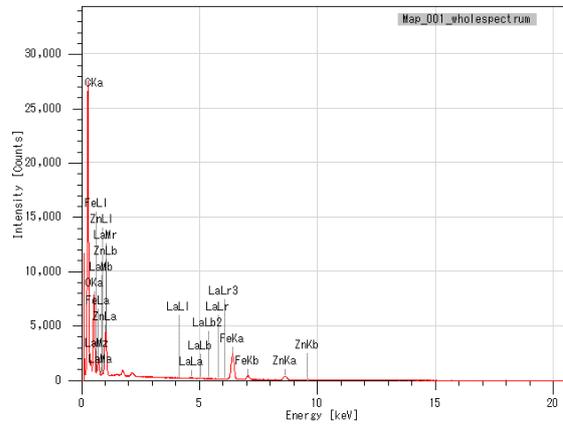
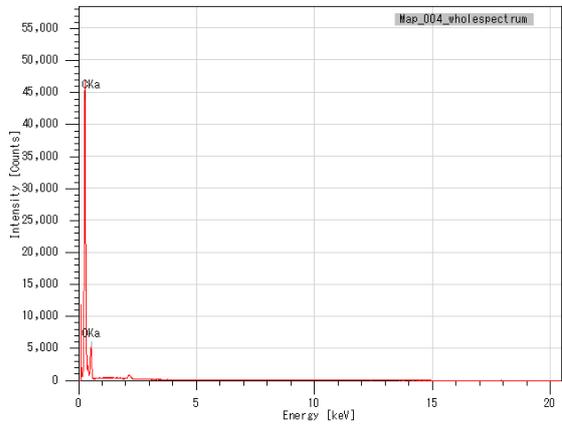
Grafik morfologi permukaan bahan komposit $ZnFe_{1.975}La_{0.025}O_3$



Gambar Struktur Morfologi Sampel Komposit $ZnFe_{1.975}La_{0.025}O_3/PvP$ dengan Variasi 0%,10%,20%,dan30%

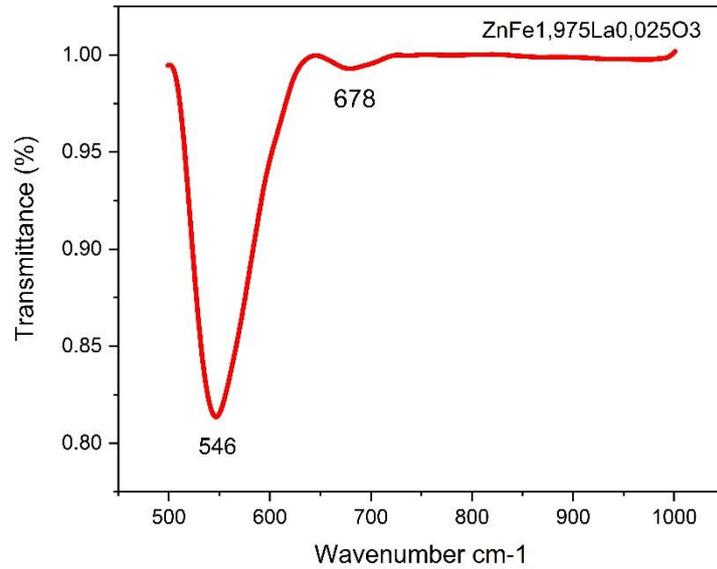


Unsur kimia dari bahan komposit $\text{ZnFe}_{1,975}\text{La}_{0,025}\text{O}_3/\text{PVP}$ dengan Variasi 0%,10%,20%,dan30%

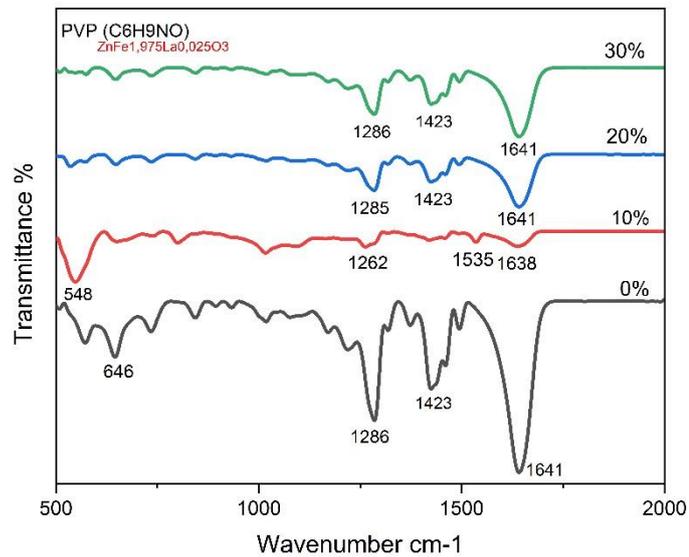


Grafik morfologi permukaan bahan komposit $Zn_{0.975}Fe_{0.025}O_3/PVP$ dengan Variasi 0%,10%,20%,dan30%

3. FTIR

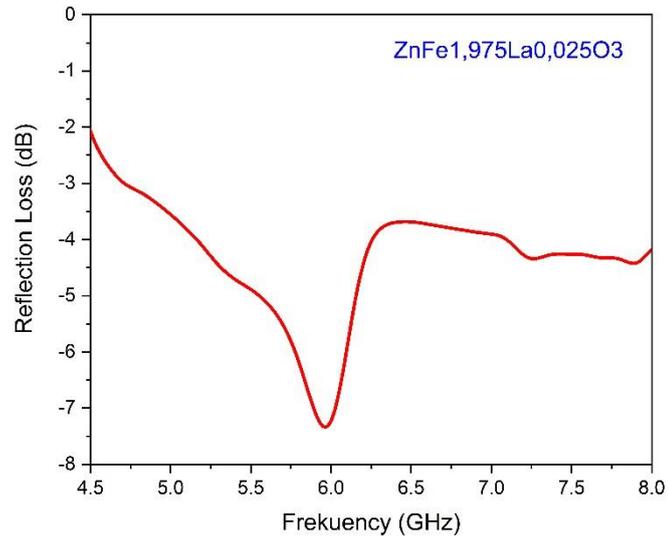


Grafik FTIR Gugus Fungsi Pada Bahan Komposit ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃

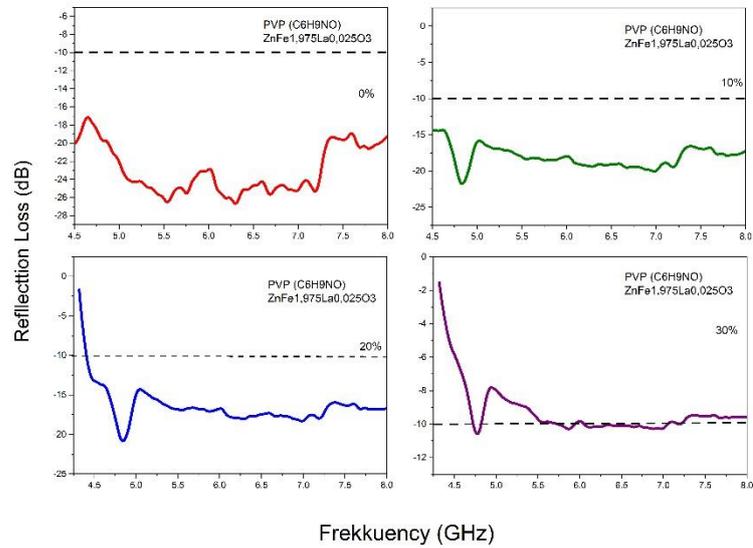


Grafik FTIR Gugus Fungsi pada Lembaran Komposit ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP

4. VNA



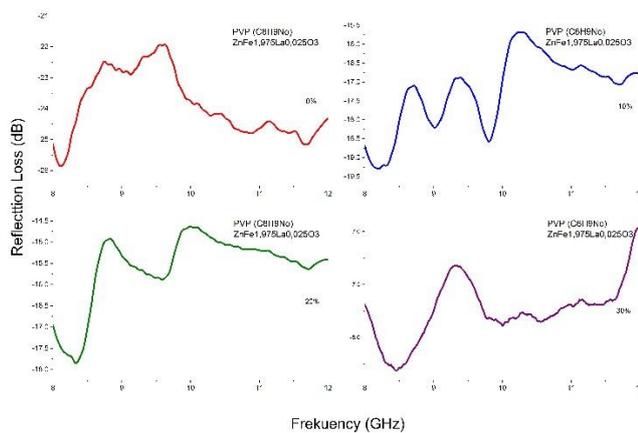
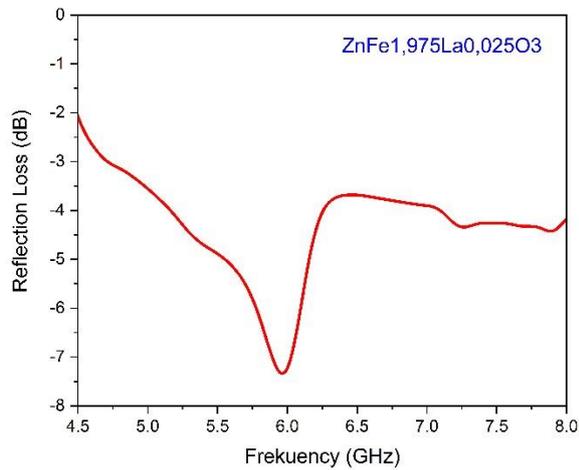
Grafik Data Hasil Karakterisasi Bahan Komposit ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃



**Grafik Data Hasil Karakterisasi Lembaran Komposit ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PvP
0%,10%,20% Dan 30%**

Tabel Hasil Data Bahan Komposit ZnFe_{1,975}La_{0,025}O₃/PVP

Nama Sampel	Frekuensi C-band		
	F(GHz)	RL(dB)	%
ZnFe _{1,975} La _{0,025} O ₃	6	-7.5	82.28%
ZnFe _{1,975} La _{0,025} O ₃ /PvP 0%	5.5	-26.5	99.81%
ZnFe _{1,975} La _{0,025} O ₃ /PvP 10%	4.6	-23	99.51%
ZnFe _{1,975} La _{0,025} O ₃ /PvP 20%	4.6	-22	99.38%
ZnFe _{1,975} La _{0,025} O ₃ /PvP 30%	4.6	-11	92.11%



Grafik Serapan Gelombang Mikro Pada Frekuensi X-Band



Return Loss to VSWR Conversion Table

Return Loss (dB)	VSWR	Reflection Coefficient, Γ	Mismatch Loss (dB)	Reflected Power (%)	Through Power (%)
1	17.39	0.891	6.868	79.43	20.57
2	8.72	0.794	4.329	63.10	36.90
3	5.85	0.708	3.021	50.12	49.88
4	4.42	0.631	2.205	39.81	60.19
5	3.57	0.562	1.651	31.62	68.38
6	3.01	0.501	1.256	25.12	74.88
7	2.61	0.447	0.967	19.95	80.05
8	2.32	0.398	0.749	15.85	84.15
9	2.10	0.355	0.584	12.59	87.41
10	1.92	0.316	0.458	10.00	90.00
11	1.78	0.282	0.359	7.94	92.06
12	1.67	0.251	0.283	6.31	93.69
13	1.58	0.224	0.223	5.01	94.99
14	1.50	0.200	0.176	3.98	96.02
15	1.43	0.178	0.140	3.16	96.84
16	1.38	0.158	0.110	2.51	97.49
17	1.33	0.141	0.088	2.00	98.00
18	1.29	0.126	0.069	1.58	98.42
19	1.25	0.112	0.055	1.26	98.74
20	1.22	0.100	0.044	1.00	99.00
21	1.20	0.089	0.035	0.79	99.21
22	1.17	0.079	0.027	0.63	99.37
23	1.15	0.071	0.022	0.50	99.50
24	1.13	0.063	0.017	0.40	99.60
25	1.12	0.056	0.014	0.32	99.68
26	1.11	0.050	0.011	0.25	99.75
27	1.09	0.045	0.009	0.20	99.80
28	1.08	0.040	0.007	0.16	99.84
29	1.07	0.035	0.005	0.13	99.87
30	1.07	0.032	0.004	0.10	99.90
31	1.06	0.028	0.003	0.08	99.92
32	1.05	0.025	0.003	0.06	99.94
33	1.05	0.022	0.002	0.05	99.95
34	1.04	0.020	0.002	0.04	99.96
35	1.04	0.018	0.001	0.03	99.97
36	1.03	0.016	0.001	0.03	99.97
37	1.03	0.014	0.001	0.02	99.98
38	1.03	0.013	0.001	0.02	99.98
39	1.02	0.011	0.001	0.01	99.99
40	1.02	0.010	0.000	0.01	99.99

$$\Gamma = 10^{(-\text{Return Loss}/20)}$$

$$\text{VSWR} = [1+10^{(-\text{Return loss}/20)}]/[1-10^{(-\text{Return loss}/20)}]$$

$$\text{VSWR} = (1+|\Gamma|)/(1-|\Gamma|)$$

$$\text{Mismatch Loss (dB)} = 10 \log(1-\Gamma^2)$$

$$\text{Reflected Power (\%)} = 100 * \Gamma^2$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -20 \log |\Gamma|$$

$$\text{Return Loss (dB)} = -20 \log [(VSWR-1)/(VSWR+1)]$$

$$\Gamma = (VSWR-1)/(VSWR+1)$$

$$\text{Through Power (\%)} = 100 (1-\Gamma^2)$$

215 Vineyard Court, Morgan Hill, CA 95037 | Ph: 408.778.4200 | Fax 408.778.4300 | info@markimicrowave.com
www.markimicrowave.com

Gambar Tabel Marki

LAMPIRAN 4. Alat dan Bahan Penelitian



HEM



Mortal dan Alu



Neraca Digital



Hotplat



Furnace



Oven



Bal Milling



Vial Milling



Crucible



Hidrolik Press



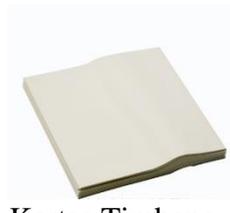
Holder



Magnetik Stirer



Gelas Beaker



Kertas Timbang



Cetakan Silikon



Kertas Saring (Mash)



VNA



SEM



XRD



FTIR



Lanthanum



Ferrit Oxide



Zinc Oxide



pvp

LAMPIRAN 5. Dokumentasi Penelitian



Bahan yang digunakan



Proses Penimbangan Bahan



Bahan yang telah tergabung dalam Vial dan ball milling



Proses Pengeringan sampel



Bahan Dipres menggunakan hidrolik press



Bahn dalam bentuk pellet



Bahan dimasukkan ke dalam furnace



Proses Sintering



Serbuk Komposit

Proses sintesis Lembaran Komposit



PvP dilarutkan dengan etanol



Sampel komposit ditimbang



sampel dan PvP dilarutkan sampai homogen



Sampel yang sudah dikeringkan