

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$
DENGAN POLIVINIL ALKOHOL (PVA) SEBAGAI
PENYERAP GELOMBANG MIKRO**

SKRIPSI

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

Oleh:

ATRI YANI

08021282126034



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN
SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ DENGAN
POLIVINIL ALKOHOL (PVA) SEBAGAI PENYERAP
GELOMBANG MIKRO

SKRIPSI

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

Oleh:

ATRI YANI

NIM. 08021282126034

Indralaya, Maret 2025

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr Ramlan
NIP. 196604101993031003

Pebimbing II



Drs. Yuna'sfi M.Eng
NIP. 196206041988011001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Feinsyah 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 : Atri Yani

NIM : 08021282126034

Judul TA : Sintesis dan Karakterisasi Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dengan Polivinil Alkohol (PVA) Sebagai Penyerap Gelombang Mikro

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

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

Indralaya, Maret 2025

Yang menyatakan



NIM. 08021282126034

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah Subhanallahu Wa Ta'ala, karena berkat rahmat dan karunia-Nya masih diberi kesempatan dan kesehatan hingga saat ini. Skripsi dengan judul “**Sintesis dan Karakterisasi Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dengan Polivinil Alkohol (PVA) Sebagai Penyerap Gelombang Mikro**”, ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya. Skripsi ini dibuat sebagai laporan penelitian tugas akhir yang telah dilaksanakan di Pusat Material Maju (PRMM), Badan Riset Inovasi Negara (BRIN), Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang Selatan. Skripsi ini diajukan dengan tujuan untuk melengkapi persyaratan kurikulum agar dapat memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Fisika Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan, baik saran maupun kritik yang sifatnya membangun. Penulis mengucapkan terima kasih pada pihak-pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini terutama kepada dosen Dr. Ramlan (Pebimbing I) dan Drs. Yunasfi, M.Eng (Pebimbing II) yang telah banyak memberikan bimbingan, nasihat, motivasi serta membantu dalam pelaksanaan penelitian skripsi. Penulis ucapkan terima kasih juga kepada:

1. Allah Subhanallahu Wa Ta'ala yang telah memberikan hidayah, rahmat dan ridho-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi dan laporan ini sebaik-baiknya.
2. Kepada kedua orang tua saya Muklison dan Asnawati, serta Saudara saya Asahi Fauzan dan Abdul Farhan, yang telah memberikan izin, restu dan dukungannya untuk menyelesaikan skripsi.

3. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S. Si., MT., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah memberikan izin mengerjakan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Erry Koriyanti S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membantu, memberikan saran dan masukan untuk penulis selama perkuliahan dan dalam pengerjaan skripsi.
6. Ibu Dr. Idha Royani, S.Si., M.Si. selaku dosen pembahas dan ketua penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan pada saat sidang skripsi.
7. Ibu Dr. Fitri Suryani Arsyad, M.Si. selaku dosen pembahas dan penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan pada saat seminar proposal dan sidang skripsi.
8. Bapak Khairul Shaleh, S.Si, M.Si. selaku dosen pembahas dan penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan pada saat seminar proposal dan sidang skripsi.
9. Bapak juga Ibu Dosen Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang membantu penulis dalam menyelesaikan laporan ini sebaik-baiknya.
10. Bapak Dr. Jan Setiawan, S.Si., M.Si. selaku peneliti yang telah mendukung dan membantu menyelesaikan skripsi.
11. Bapak Mashadi, M. Si. selaku peneliti yang telah mendukung dan membantu menyelesaikan skripsi.
12. Bapak Ade Mulyawan, S. Si.,M. Eng., selaku peneliti yang telah mendukung dan membantu menyelesaikan skripsi.
13. Mustari, Jelina, Zumratul, Novita, Rusita, Aflah, Intan,Nurul dan Puja selaku teman satu tim penulis di material magnet yang telah menemani dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi.
14. Kak Rizky, Kak Mita, Kak Marzuki selaku Kakak tingkat yang telah membantu, menemani dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi selama berada di BRIN Serpong

15. Sahabat penulis Meirina Hartika, Angel Maharani Puspita, Septa Nabila Putri, Sindy Canrika Putri, Farrel Salma, Soni Tania, Nunika, Nurlaili, Indah Lestari, Ayu Dwi Ningsih dan Derli yang memberi keberanian dan antusiasme penulis dalam menyelesaikan skripsi.
16. Seluruh teman angkatan 2021 Jurusan Fisika Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi.
17. Almamater penulis Universitas Sriwijaya yang saya cintai dan banggakan.
18. Semua pihak yang telah memberikan banyak kontribusi penulis pada penelitian dan penulisan dalam disertasi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan secara rinci. sehingga skripsi yang ada dapat terselesaikan.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyelesaikan skripsi ini lebih baik.

Demikian, semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca, dan rekan-rekan mahasiswa khususnya bagi mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan pihak yang membutuhkan sebagai penambah wawasan dan ilmu pengetahuan. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Indralaya, Maret 2025

Penulis,



Atri Yani

NIM. 08021282126034

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ COMPOSITE
WITH THE ADDITION OF POLYVINYL ALCOHOL (PVA) AS A
MICROWAVE ABSORBER**

By:

**ATRI YANI
NIM. 08021282126034**

ABSTRACT

$Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ composites with PVA have been synthesized using the solids reaction method by mechanical milling technique and characterized using XRD, SEM-EDS, FTIR, and VNA. The XRD results showed a trigonal structure (R-3) with the lattice parameter increasing from 5.0486 Å to 5.0561 Å as the PVA concentration increased. SEM-EDS confirmed the distribution of homogeneous particles at 10% PVA, while higher concentrations led to agglomeration. FTIR identified vibrations of metal-oxygen bonds at 649 cm^{-1} and 535 cm^{-1} , indicating the presence of oxide perovskite structures. VNA measurements show that the $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ composite with 10% PVA has the best reflection loss value of -20.1 dB at 4.79 GHz with an absorption of up to 99.99%. In comparison, pure PVA has only -8.98 dB absorption at 4.61 GHz, while composites with 20% and 30% $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ reach -18.7 dB at 4.69 GHz and -13.0 dB at 4.70 GHz, respectively. The decrease in efficiency at higher concentrations is due to particle agglomerations that affect the balance of dielectric and magnetic properties. These results show that $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ composite with PVA has the potential to be an optimal microwave absorbing material in the frequency range of 4–8 GHz, especially for electromagnetic interference damping applications.

Keywords: $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$, Microwave Absorber, Polyvinyl Alcohol, Reflection Loss, Electromagnetic Interferenc

Indralaya, Maret 2025

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr Ramlan

NIP. 196604101993031003

Pembimbing II



Drs. Yunasfi, M.Eng

NIP. 196206041988011001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



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

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ DENGAN
POLIVINIL ALKOHOL (PVA) SEBAGAI PENYERAP GELOMBANG**

MIKRO

Oleh:

ATRI YANI

NIM. 08021282126034

ABSTRAK

Komposit $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ dengan PVA telah disintesis menggunakan metode reaksi padatan dengan teknik *mechanical milling* dan dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDS, FTIR, serta VNA. Hasil XRD menunjukkan struktur trigonal (R-3) dengan parameter kisi meningkat dari 5.0486 Å menjadi 5.0561 Å seiring bertambahnya konsentrasi PVA. SEM-EDS mengonfirmasi distribusi partikel homogen pada 10% PVA, sedangkan konsentrasi lebih tinggi menyebabkan aglomerasi. FTIR mengidentifikasi vibrasi ikatan logam-oksigen pada 649 cm^{-1} dan 535 cm^{-1} , mengindikasikan keberadaan struktur *perovskit* oksida. Pengukuran VNA menunjukkan bahwa komposit $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ dengan 10% PVA memiliki nilai reflection loss terbaik sebesar -20,1 dB pada 4,79 GHz dengan daya serap hingga 99,99%. Sebagai perbandingan, PVA murni hanya memiliki daya serap -8,98 dB pada 4,61 GHz, sedangkan komposit dengan 20% dan 30% $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ masing-masing mencapai -18,7 dB pada 4,69 GHz dan -13,0 dB pada 4,70 GHz. Penurunan efisiensi pada konsentrasi lebih tinggi disebabkan oleh aglomerasi partikel yang memengaruhi keseimbangan sifat dielektrik dan magnetik. Hasil ini menunjukkan bahwa komposit $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$ dengan PVA berpotensi sebagai material penyerap gelombang mikro yang optimal dalam rentang frekuensi 4–8 GHz, terutama untuk aplikasi peredam interferensi elektromagnetik.

Kata Kunci : $Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO_3$, Penyerap Gelombang Mikro, Polivinil Alkohol, *Reflection Loss*, Interferensi Elektromagneti

Indralaya, Maret 2025

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Ramlan

NIP. 196604101993031003

Pembimbing II



Drs. Yunasfi., M.Eng

NIP. 196206041988011001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



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

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| ABSTRACT | vii |
| ABSTRAK | viii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR SINGKATAN..... | xv |
| DAFTAR LAMBANG | xix |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1 Gelombang Mikro..... | 6 |
| 2.2 Penyerapan Gelombang Mikro | 8 |
| 2.3 Komposit Ni _{0,5} Co _{0,5} TiO ₃ | 12 |
| 2.3.1 Nikel (Ni), Cobalt (Co) dan Titanium (TiO ₃) | 13 |
| 2.4 Polivinil Alkohol (PVA)..... | 15 |
| 2.5 Metode <i>Mechanical Milling</i> | 17 |
| 2.6 Metode Karakterisasi..... | 18 |
| 2.6.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> | 18 |
| 2.6.2 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> | 22 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 2.6.3 | <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> | 25 |
| 2.6.4 | <i>Vector Network Analyzer (VNA)</i> | 27 |
| BAB III METODE PENELITIAN | | 30 |
| 3.1 | Tempat dan Waktu Penelitian..... | 30 |
| 3.2 | Prosedur Sintesis $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 30 |
| 3.2.1 | Alat dan Bahan Penelitian..... | 30 |
| 3.2.1.1 | Alat Penelitian | 30 |
| 3.2.1.2 | Bahan Penelitian | 31 |
| 3.3 | Prosedur Pembuatan Larutan Polimer | 31 |
| 3.3.1 | Alat dan Bahan Penelitian..... | 31 |
| 3.3.1.1 | Alat untuk Penelitian..... | 31 |
| 3.3.1.2 | Material yang digunakan dalam Penelitian | 32 |
| 3.4 | Diagram Alir Penelitian Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dalam PVA | 32 |
| 3.5 | Prosedur Penelitian $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 34 |
| 3.5.1 | Preparasi Bahan..... | 34 |
| 3.5.2 | Proses <i>Mechanical Milling</i> | 35 |
| 3.5.3 | Proses Pengeringan | 35 |
| 3.5.4 | Proses Sintering..... | 36 |
| 3.5.5 | Karakterisasi Sampel..... | 37 |
| 3.6 | Prosedur Penelitian Polimer | 37 |
| 3.6.1 | Persiapan Bahan | 38 |
| 3.6.2 | Pencampuran Larutan..... | 39 |
| 3.6.3 | Proses Pengeringan | 39 |
| 3.6.4 | Karakterisasi Sampel | 40 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 42 |
| 4.1 | Hasil Karakterisasi XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>) | 42 |
| 4.2 | Hasil Karakterisasi SEM-EDS (<i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy</i>) | 49 |
| 4.3 | Hasil Karakterisasi FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>) | 57 |
| 4.4 | Hasil Karakterisasi VNA (<i>Vector Network Analyzer</i>)..... | 61 |

| | |
|--|-----------|
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 66 |
| 5.1 Kesimpulan | 66 |
| 5.2 Saran..... | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA | 68 |
| LAMPIRAN | 73 |
| Lampiran 1 Perhitungan Stikiometri $Ni_{0.5}Co_{0.5}TiO_3$ | 74 |
| Lampiran 2 Perhitungan Stikiometri Polivinil Alkohol..... | 75 |
| Lampiran 3 Perhitungan % Penyerapan Gelombang Mikro | 76 |
| Lampiran 4 Alat dan Bahan Penelitian | 78 |
| Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian | 83 |
| Lampiran 5 Hasil Data Karakterisasi | 86 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Gelombang <i>Electromagnetic</i> terjadi oleh Medan Listrik serta Medan Magnet yang Berada Pada Sudut 90° | 6 |
| Gambar 2.2 Spektrum Elektromagnetik Menunjukkan Warna Spektrum Sinar Tampak..... | 7 |
| Gambar 2.3 Prinsip Kerja Sistem Radar | 8 |
| Gambar 2.4 Proses <i>Absorpsi</i> Gelombang Oleh Material Penyerap Gelombang Mikro..... | 11 |
| Gambar 2.5 Struktur Monomer Polivinil Alkohol (PVA) | 16 |
| Gambar 2.6 Mesin <i>High Energy Milling</i> (HEM)..... | 18 |
| Gambar 2.7 Skema Dasar XRD | 19 |
| Gambar 2.8 Pola XRD $\text{NiLaxFe}_{(2x)}\text{O}_4$ ($x = 0.0025, 0.0050, 0.0075$ dan 0.01)..... | 20 |
| Gambar 2.9 Hasil <i>Refinement</i> Pola XRD $\text{NiLaxFe}_{(2x)}\text{O}_4$ ($x = 0.0025, 0.0050, 0.0075$ dan 0.01)..... | 21 |
| Gambar 2.10 Seluruh Komponen SEM & Skema Pemindahan Mikroskop Elektron (SEM)..... | 23 |
| Gambar 2.11 Foto SEM Serbuk $\text{Ni}_{(0,5-x)}\text{Nd}_x\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$ ($x = 0,0, 0,2$ dan $0,4$) (perbesaran 20.000x)..... | 24 |
| Gambar 2.12 Spektrum EDS Serbuk $\text{Ni}_{(0,5-x)}\text{Nd}_x\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$ ($x = 0,0, 0,2$ dan $0,4$) | 24 |
| Gambar 2.13 Skema Teknik FTIR Umum: (a) Transmisi, (b) ATR dengan Kedalaman Penetrasi Variabel, (c) DRIFT, dan (d) Reflektansi Mikro-FTIR ($\leq 10 \mu\text{m}$)..... | 25 |
| Gambar 2.14 Spektrum FT-IR Sampel NiFe_2O_4 yang dipanaskan hingga $400,600,800,$ dan 1000 derajat Celcius | 26 |
| Gambar 2.15 S-paramater dengan 2 Port | 28 |
| Gambar 2.16 Diagram Sistem Pengukuran Alat VNA | 28 |
| Gambar 3.1 Diagram Penelitian Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dalam PVA | 33 |
| Gambar 4.1 Pola Difraksi XRD Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 42 |
| Gambar 4.2 Hasil Proses <i>Refinement</i> Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 44 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.3 Pola Difraksi XRD Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA | 46 |
| Gambar 4.4 Hasil Proses <i>Refinement</i> untuk Material Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA | 48 |
| Gambar 4.5 Struktur Morfologi SEM Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dengan Perbesaran 10000x & Distribusi Ukuran Diameter Partikel Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 50 |
| Gambar 4.6 Spektrum EDS Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 51 |
| Gambar 4.7 Struktur Morfologi SEM Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA Perbesaran10000x | 53 |
| Gambar 4.8 Distribusi Ukuran Partikel Material Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA | 54 |
| Gambar 4.9 Spektrum EDS Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA | 55 |
| Gambar 4.10 Grafik FTIR Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 58 |
| Gambar 4.11 Grafik FTIR Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA | 59 |
| Gambar 4.12 Kurva Penyerapan Gelombang Elektromagnetik Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 62 |
| Gambar 4.13 Kurva Penyerapan Gelombang Elektromagnetik Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA..... | 64 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 3.1 Alat Penelitian Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 30 |
| Tabel 3.2 Material Penelitian Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 31 |
| Tabel 3.3 Alat Penelitian Material Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dalam PVA..... | 31 |
| Tabel 3.4 Material Penelitian Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dalam PVA | 32 |
| Tabel 3.5 Perhitungan Massa Bahan Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 34 |
| Tabel 3.6 Menunjukkan Perhitungan Berat Bahan Utama yang digunakan untuk Pembuatan Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dalam PVA | 38 |
| Tabel 4.1 Temuan dari Analisis Parameter Struktur Sampel Pengujian XRD Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 44 |
| Tabel 4.2 Hasil Analisis Parameter Struktur Sampel dari Pengujian XRD Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA | 48 |
| Tabel 4.3 Massa Komposisi Elemen Penyusun Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 52 |
| Tabel 4.4 Massa Komposisi Elemen Penyusun Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA..... | 56 |
| Tabel 4.5 Gugus Fungsi dan Transmisi FTIR Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 58 |
| Tabel 4.6 Gugus Fungsi dan Transmisi FTIR Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA..... | 60 |
| Tabel 4.7 Hasil Nilai <i>Reflection Loss</i> Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ | 62 |
| Tabel 4.8 Hasil Nilai <i>Reflection Loss</i> Komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ (0%, 10%, 20%, & 30%) dalam PVA | 65 |

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|------------------|---|
| PVA | : Polivinil Alkohol |
| PRMM | : Pusat Material Maju |
| BRIN | : Badan Riset Inovasi Negara |
| Ni | : Nikel |
| Co | : <i>Cobalt</i> |
| TiO ₃ | : <i>Titanium Oxide</i> |
| MM | : <i>Mechanical Milling</i> |
| XRD | : <i>X-Ray Diffraction</i> |
| SEM | : <i>Scanning Electron Microscope</i> |
| FTIR | : <i>Fourier Transform Infrared</i> |
| VNA | : <i>Vector Network Analyzer</i> |
| HEM | : <i>High Energy Milling</i> |
| EDS | : <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> |
| ATR | : <i>Attenuated Total Reflectance</i> |
| DRIFT | : <i>Diffuse Reflectance Infrared</i> |
| Oc | : Derajat Celsius |
| gr | : Gram |
| EMI | : <i>Electromagnetic Interference</i> |
| RAM | : <i>Radar Absorbing Material</i> |
| UV | : <i>Ultraviolet</i> |
| RFI | : <i>Radio Frequency Interference</i> |
| FM | : <i>Frequency Modulation</i> |
| KHz | : <i>Kilohertz</i> |
| GHz | : <i>Gigahertz</i> |
| BTS | : <i>Base Transceiver Station</i> |
| RADAR | : <i>Radio Detection and Ranging.</i> |
| cm | : <i>Centimeter</i> |
| nm | : <i>Nanometer</i> |
| WiFi | : <i>Wireless Fidelity</i> |

| | |
|--------------------------------|--|
| PET | : <i>Polyethylene Terephthalate</i> |
| Ppy | : <i>Polypyrrole</i> |
| PAni | : <i>Polyaniline</i> |
| BaM | : <i>Barium Manganite</i> |
| mm | : <i>Milimeter</i> |
| Db | : <i>Desibel</i> |
| Mn | : <i>Mangan</i> |
| Fe | : <i>Ferum</i> |
| TiO ₂ | : <i>Titanium Dioxide</i> |
| BM | : <i>Ball Milling</i> |
| SS | : <i>Solid State</i> |
| ELF | : <i>Extremely Low Frequency</i> |
| IF | : <i>Intermediate Frequency</i> |
| RF | : <i>Radiofrequency</i> |
| IR | : <i>Infrared Radiation</i> |
| VIS | : <i>Visible</i> |
| Tx | : <i>Transmitter</i> |
| Rx | : <i>Receiver</i> |
| MHz | : <i>Megahertz</i> |
| LAN | : <i>Local Area Network</i> |
| ITS | : <i>Intelligent Transportation System</i> |
| MAM | : <i>Microwave Absorbing Material</i> |
| BHF | : <i>Barium Hexaferrite</i> |
| Ti | : <i>Titanium</i> |
| Mn | : <i>Manganese</i> |
| O ²⁻ | : <i>Oxide</i> |
| C ⁴⁻ | : <i>Carbide</i> |
| N ³⁻ | : <i>Nitride</i> |
| S ²⁻ | : <i>Sulfide</i> |
| Si ₃ N ₄ | : <i>Silicon Nitride</i> |
| pH | : <i>Power of Hydrogen</i> |

| | |
|--|--|
| CO ₂ | : <i>Carbon Dioxide</i> |
| H ₂ O | : <i>Water</i> |
| PEM | : <i>Polymer Electrolyte Membrane</i> |
| OH | : <i>Gugus Hidroksil</i> |
| VM | : <i>Vibrational Mills</i> |
| AD | : <i>Arc Discharge</i> |
| LA | : <i>Laser Ablation</i> |
| CNT | : <i>Carbon Nanotube</i> |
| CVD | : <i>Chemical Vapor Deposition</i> |
| ICDD | : <i>International Centre for Diffraction Data</i> |
| Ni _{1-x} La _x Fe ₂ O ₄ | : <i>Nickel-Lanthanum Ferrite, Oxide</i> |
| NiFeO ₄ | : <i>Nickel Ferrite, Oxide</i> |
| La ³⁺ | : <i>Lanthanum</i> |
| GSAS | : <i>General Structure Analysis System</i> |
| Ni _(0,5-x) Nd _x Fe _{2,5} O ₄ | : <i>Nickel-Neodymium Ferrite, Oxide</i> |
| Nd | : <i>Neodymium</i> |
| O | : <i>Oxygen</i> |
| HPMC-K4M | : <i>Hydroxypropyl Methylcellulose K4M</i> |
| KBr | : <i>Kalium Bromida</i> |
| VSWR | : <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> |
| WBAN | : <i>Wireless Body Area Network</i> |
| KST | : <i>Kawasan Sains dan Teknologi</i> |
| Ni _{0,5} Co _{0,5} TiO ₃ | : <i>Nickel-Cobalt-Titanium Oxide</i> |
| C ₂ H ₆ O | : <i>Ethanol</i> |
| NiO | : <i>Nickel Oxide</i> |
| Co ₃ O ₄ | : <i>Cobalt (II, III) Oxide</i> |
| ml | : <i>Mililiter</i> |
| HCES | : <i>Healifty Crystak Epoxy Silicone</i> |
| HPMS | : <i>Hot Plate Magnetic Stirrer</i> |
| Eb | : <i>Electron beam</i> |
| EDX | : <i>Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> |

| | |
|------|--|
| TP | : <i>Thought Power</i> |
| EM | : <i>Electromagnetic</i> |
| RSM | : <i>Rietveld Structural Model</i> |
| LCR | : <i>Inductance, Capacitance, Resistance</i> |
| FWHM | : <i>Full Width at Half Maximum</i> |
| PRFM | : <i>Pulsed Radio Frequency Magnetron</i> |
| eV | : <i>Electron Volt</i> |
| LIPI | : Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia |

DAFTAR LAMBANG

| | |
|---------------------------------|--|
| α (Alpha) | : Koefisien serapan gelombang elektromagnetik. |
| θ (Theta) | : Sudut difraksi dalam analisis XRD. |
| λ (Lambda) | : Panjang gelombang sinar-X dalam hukum Bragg. |
| ϵ' (Epsilon real) | : Permittivas dielektrik real. |
| ϵ'' (Epsilon imajiner) | : Permittivas dielektrik imajiner, terkait disipasi energi. |
| μ (Mu) | : Permeabilitas magnetik relatif. |
| ρ (Rho) | : Resistivitas listrik suatu bahan. |
| σ (Sigma) | : Konduktivitas listrik. |
| χ^2 (Chi-kuadrat) | : <i>Goodness of fit</i> dalam analisis <i>refinement</i> XRD. |
| d (Jarak antar bidang kristal) | : Digunakan dalam hukum Bragg dan kristalografi. |
| n (Indeks pembiasan) | : Digunakan dalam interaksi gelombang dengan material. |
| I (Intensitas) | : Intensitas gelombang yang melewati material. |
| I_0 (Intensitas awal) | : Sebelum interaksi dengan material. |
| RL (Reflection Loss) | : Tingkat penyerapan gelombang mikro dalam dB. |
| c (Kecepatan cahaya) | : $\approx 3 \times 10^8$ m/s dalam ruang hampa. |
| f (Frekuensi) | : Frekuensi gelombang elektromagnetik dalam GHz. |
| ω (Omega) | : Frekuensi sudut. |
| k (Konstanta gelombang) | : Parameter karakterisasi gelombang. |
| h (Konstanta Planck) | : 6.626×10^{-34} J·s. |
| eV (Elektron Volt) | : Satuan energi dalam karakterisasi |

| | |
|---|--|
| Δ (Delta) | : Selisih atau perubahan suatu parameter. |
| φ (Phi) | : Sudut fasa dalam interferensi gelombang. |
| σ_T (Konduktivitas Termal) | : Kemampuan bahan menghantarkan panas. |
| m (Massa) | : Dalam gram atau kilogram. |
| V (Volume) | : Satuan dalam cm^3 atau m^3 . |
| T (Temperatur) | : Dalam $^{\circ}\text{C}$ atau K. |
| g (Percepatan gravitasi) | : 9.81 m/s^2 di permukaan bumi. |
| E (Energi atau Medan Listrik) | : Medan listrik dalam interaksi gelombang elektromagnetik dengan material. |
| B (Induksi Magnetik) | : Digunakan dalam analisis material magnetik. |
| M (Magnetisasi) | : Respons bahan terhadap medan magnet eksternal. |
| Z_{in} (Impedansi bahan) | : Digunakan dalam pencocokan impedansi elektromagnetik. |
| Z_0 (Impedansi karakteristik ruang bebas) | : Impedansi ruang kosong. |
| $D \rightarrow$ (Perpindahan listrik) | : Besaran dalam teori elektromagnetik. |
| $H \rightarrow$ (Medan magnet) | : Medan magnet eksternal yang diterapkan. |
| $B \rightarrow$ (Medan induksi magnetik) | : Kepadatan fluks magnetik. |
| $P \rightarrow$ (Polarisasi listrik) | : Efek medan listrik terhadap distribusi muatan. |
| $M \rightarrow$ (Magnetisasi vektor) | : Respons material terhadap medan magnet. |
| ν_1 (Frekuensi vibrasi tetrahedral) | : FTIR deteksi vibrasi logam-oksigen. |

| | |
|--|---|
| ν_2 (Frekuensi vibrasi oktahedral) | : FTIR, vibrasi ikatan logam-oksigen. |
| S | : <i>Surface</i> area, luas permukaan material. |
| d_0 | : Diameter rata-rata partikel dalam nm atau μm . |
| t (Ketebalan lapisan material) | : Dalam mm atau μm . |
| %T (Persentase Transmittansi FTIR) | : Intensitas gelombang yang diteruskan |
| FWHM (Full Width at Half Maximum) | : Lebar puncak pada setengah intensitas maksimal dalam |
| Rp (%) (Residual parameter) | : Parameter kecocokan dalam <i>Refinement</i> XRD. |
| wRp (%) | : <i>Weighted</i> residual parameter dalam <i>Refinement</i> XRD. |
| X^2 (<i>Chi-square</i>) | : Parameter kesesuaian model dalam <i>Refinement</i> XRD. |
| γ (Gamma) | : Sudut kisi kristal. |
| d_x (Ukuran kristalit) | : Diameter kristalit hasil refinemen XRD. |
| a, b, c (Parameter kisi kristal) | : Panjang sisi sel satuan dalam kristalografi. |
| V (Volume sel satuan kristal) | : Volume satu sel satuan dalam \AA^3 (\AA ngström kubik). |
| \AA (\AA ngström) | : Satuan panjang yang setara dengan 10^{-10} meter (0,1 nm), digunakan dalam kristalografi dan karakterisasi XRD. |
| RL_min (Minimum <i>Reflection Loss</i>) | : Nilai RL terendah dalam karakterisasi gelombang mikro. |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam penyerapan gelombang elektromagnetik berkembang dengan cepat untuk memerangi interferensi elektromagnetik (EMI). Penerapan material magnetik cerdas yang berfungsi sebagai *Radar Absorbing Materials* (RAM) merupakan salah satu inovasi di bidang ini. Radar tidak dapat mendeteksi bahan RAM karena kapasitasnya untuk menyerap atau mengurangi radiasi frekuensi radio. Penciptaan bahan yang dapat menyerap komponen dielektrik dan magnetik sangat penting karena kedua jenis komponen ini biasanya terlibat dalam penyerapan gelombang mikro. Seiring perkembangan teknologi, orang terpapar lebih banyak medan elektrostatis dan magnet yang menghasilkan radiasi elektromagnetik. Medan ini dapat berasal dari sumber alami seperti radiasi gamma, sinar-X, ultraviolet, cahaya tampak, inframerah, gelombang radio, dan gelombang mikro, atau dari sumber buatan manusia seperti konduktor listrik dan gadget elektronik (Munawaroh, 2022).

Gangguan elektromagnetik (EMI) dikenal sebagai gangguan frekuensi radio (RFI), adalah gangguan pada sirkuit yang disebabkan oleh konduksi atau radiasi elektromagnetik dari sumber eksternal. Perkembangan sistem elektronik bergerak, komunikasi nirkabel, dan jaringan komputer telah memperburuk masalah ini. EMI terjadi ketika medan listrik dan magnet dari perangkat elektronik mengganggu perangkat lain, mengakibatkan gangguan yang dapat merusak kinerja sirkuit atau menyebabkan kegagalan total, seperti peningkatan kesalahan atau kehilangan data. Sumber EMI bisa berasal dari buatan manusia maupun alam, seperti sistem pengapian, jaringan telepon seluler, petir, semburan matahari, dan aurora. EMI dapat pengaruh ponsel, radio FM, televisi, serta observasi astronomi dan *sains* atmosfer. Selain itu, EMI dapat digunakan secara khusus dalam peperangan elektronik untuk mengganggu sinyal radio (Hossain KA, 2023). Dalam jaringan komunikasi, data ditransmisikan dari satu lokasi ke lokasi lain melalui gelombang elektromagnetik yang dikenal sebagai sinyal frekuensi radio. Frekuensi ini berkisar

antara 3 KHz hingga 3 GHz dan setara dengan frekuensi gelombang radio dan arus bolak-balik yang membawa komunikasi radio. Sinyal frekuensi radio dapat dihasilkan oleh berbagai perangkat, seperti ponsel, radio amatir, pemancar radio, pemancar televisi, BTS, pemancar internet nirkabel, radar, sistem navigasi, komunikasi satelit, jaringan komputer, dan banyak lagi (Rahajoeningroem & Vilandika, 2017).

Gelombang radio yang memiliki frekuensi maksimum di atas 3 GHz, disebut gelombang mikro. Suatu benda akan dipanaskan ketika menyerap radiasi gelombang mikro. Makanan yang terpapar radiasi gelombang mikro akan memanaskan dengan cepat. *Oven microwave* menggunakan metode ini untuk memasak makanan dengan cepat dan efektif. Selanjutnya, teknik yang dikenal sebagai RADAR (*Radio Detection and Ranging*) menggunakan gelombang mikro untuk mendeteksi dan menemukan objek (Enny, 2015). Gelombang mikro menarik untuk diselidiki karena EMI adalah alat yang berguna untuk menangani bahan penyerap yang kompleks. Bahan penyerap radar (RAM) dan interferensi gelombang elektromagnetik (EMI) adalah bidang utama yang menarik dalam pengembangan bahan elektromagnetik. Agar memenuhi syarat sebagai penyerap gelombang mikro, bahan harus listrik dan magnetik, dengan nanopartikel magnetik bertindak sebagai katalis untuk resonansi terbaik. Karena mereka termasuk dalam spektrum elektromagnetik, seperti gelombang radio, dan memiliki panjang gelombang yang lebih pendek (antara 1 dan 30 cm) daripada gelombang lain (antara 400 dan 700 nm), gelombang mikro tidak terlihat oleh mata manusia (Kurnia & Sudarti, 2021).

Gelombang mikro yang digunakan dalam radar, *oven microwave*, dan *WiFi*, dapat mentransmisikan sinyal dengan kecepatan tinggi dan menyebabkan paparan radiasi di sekitarnya. Bahan yang tidak menyerap gelombang mikro rentan terhadap gangguan dan kerusakan. Radiasi ini memiliki efek *thermal* (seperti hipertermia yang membahayakan mata dan testis) dan *non-thermal* (seperti kelelahan, iritasi, dan sakit kepala) pada pekerja yang terpapar. Teknologi *stealth* menggunakan *Radar Absorbing Material* (RAM) yang dibuat dari material *magnetic* dan dielektrik untuk mengurangi deteksi oleh radar. Penelitian ini menggunakan material magnetik komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dan polimer konduktif

karena mudah disintesis, stabil secara kimia, dan memiliki konduktivitas tinggi. Beberapa penelitian menunjukkan hasil beragam dalam pengurangan refleksi gelombang elektromagnetik: Pada 8,4 GHz, komposit BaM/PET setebal 6 mm menghasilkan kehilangan pantulan -13,507dB; pada 7.8 GHz, komposit BaM/PAni menggunakan proses polimerisasi in-situ menghasilkan kehilangan pantulan -12.5dB; dan pada 11,3 GHz, komposit MnFe₂O₄/PPy setebal 1,5 mm menghasilkan kehilangan pantulan -12 dB. (Aini et al., 2016).

Bahan magnetik berdasarkan Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO₃ sering dibuat secara kimia dan fisik untuk meningkatkan sifat penekanan gelombang elektromagnetiknya. TiO₂ berperan sebagai pengisi dielektrik dengan sifat anti korosi, tidak beracun, dan mudah disintesis, sementara karbon untuk pengisi magnetik dapat mengonversi energi gelombang mikro menjadi panas. Karbon dari tempurung kelapa dipilih karena kualitasnya yang tinggi dan ketersediaannya. Nanokomposit PAni/TiO₂/Carbon disintesis melalui sejumlah tahapan yaitu dapat diubah menjadi produksi serbuk Polianilin (PAni), produksi serbuk karbon yang berasal dari tempurung kelapa, dan pencampuran nanokomposit yang terdiri dari PAni, TiO₂, dan karbon yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi untuk listrik, magnetik dan kemampuan menyerap gelombang mikro alat *Vector Network Analyzer* (VNA) (Syamsir & Astuti, 2012). Dengan rumus kimia [CH₂CH(OH)]_n-, polivinil alkohol (PVA) adalah polimer hidrofilik dan tidak beracun. Pada suhu kamar, bahan kimia ini tidak larut dalam air; namun demikian, pada batas konsentrasi tertentu, dapat larut dalam air panas yang di atas 80°C. Karagenan dan PVA (polivinil alkohol) dapat dikombinasikan untuk membuat polimer hidrogel, yang berguna di banyak industri, terutama bidang medis. Hidrogel adalah salah satu jenis makromolekul polimer hidrofilik yang memiliki struktur jaringan ikatan silang. Polimer ini dapat membengkak dalam air dan memiliki tingkat difusi air yang tinggi (Fransiska et al., 2020).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penulis terdorong untuk melakukan penelitian mengenai sintesis material penyerap gelombang mikro Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO₃ menggunakan metode reaksi padatan (*solid state*). Beberapa teknik karakterisasi akan digunakan dalam penelitian ini, antara lain FTIR (*Fourier Transform*

Infrared) untuk mempelajari gugus fungsi pada bahan padat, SEM untuk mengamati struktur mikro, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk menganalisis susunan kristal, dan *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk menilai seberapa baik suatu material menyerap gelombang mikro.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana tahapan sintesis komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dengan Polivinil Alkohol dengan metode reaksi padatan menggunakan Teknik penggilingan mekanis dengan alat HEM (*High Energy Milling*)?
2. Bagaimana fasa dan struktur kristal komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dengan Polivinil Alkohol yang disintesis melalui reaksi padatan menggunakan teknik penggilingan mekanis, serta bagaimana hasil analisis XRD dalam mengidentifikasi struktur kristal dan fasa yang terbentuk, dan SEM dalam mengamati distribusi partikel serta morfologi komposit?
3. Bagaimana komposisi kimia dan interaksi komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ Polivinil Alkohol diperiksa menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsional dan perubahan kimia yang terjadi selama sintesis, dan bagaimana kapasitas komposit untuk menyerap gelombang mikro dinilai menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk memastikan efisiensi penyerapan gelombang mikro.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis material komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dengan Polivinil Alkohol metode reaksi padatan (*solid state*) menggunakan teknik *Mechanical Milling* dengan alat HEM (*High Energy Milling*)
2. Menganalisis fasa, struktur kristal, serta morfologi komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dengan Polivinil Alkohol hasil sintesis menggunakan metode reaksi padatan dan teknik *Mechanical Milling*, dengan karakterisasi XRD untuk fasa kristal dan SEM untuk struktur mikro serta morfologi material.
3. Menganalisis kemampuan penyerapan gelombang mikro oleh komposit $\text{Ni}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{TiO}_3$ dengan Polivinil Alkohol hasil sintesis menggunakan metode

reaksi padatan dan teknik *Mechanical Milling*, dengan FTIR untuk analisis gugus fungsional dan VNA untuk pengukuran efisiensi penyerapan gelombang mikro.

1.4 Batasan Masalah

1. Material yang dipakai adalah NiO, TiO₃, Co₃O₄ dan PVA untuk membentuk komposisi Ni_{0,5}Co_{0,5}TiO₃ dengan Polivinil Alkohol.
2. Sintesis dilakukan menggunakan metode reaksi padatan dengan memanfaatkan pendekatan penggilingan berbasis mekanisme menggunakan perangkat *High Energy Milling* (HEM)
3. Berbagai teknik digunakan dalam karakterisasi sampel, termasuk Difraksi Sinar-X (XRD) untuk mengidentifikasi struktur kristal, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengamati struktur kristal, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengidentifikasi *cluster* fungsional, dan *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk menguji kemampuan penyerapan gelombang mikro.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk mengembangkan teknologi di bidang komunikasi nirkabel, sensor, dan perangkat mikro gelombang, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi komunikasi modern.
2. Saat mengembangkan perangkat penyerap gelombang mikro, temuan penelitian ini dapat menjadi acuan untuk pemilihan material dan optimalisasi desain, sehingga menghasilkan perangkat yang lebih efektif dan efisien.
3. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang komposisi dan struktur material, penelitian ini membuka peluang untuk mengembangkan bahan penyerap gelombang mikro yang lebih efisien dan berkinerja tinggi, yang bermanfaat bagi berbagai aplikasi teknologi sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Mohammed, & A. Abdullah. (2018). Scanning Electron Microscopy (SEM): A review. *Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics - HERVEX*, 77–85.
- Aini, N. N., Widyastuti, W., & Fajarin, R. (2016). Pengaruh Jenis Polimer Terhadap Reflection Loss Pada Polymer Matrix Composite (Pmc) Barium Heksaferrit Sebagai Radar Absorbing Material(Ram). *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 125–129. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17710>
- Al-Jubouri, S. M., Waisi, B. I., & Holmes, S. M. (2018). Rietveld Texture Refinement Analysis of Linde Type a Zeolite. *Journal of Engineering Science and Technology*, 13(12), 4066–4077.
- Ali, A., Chiang, Y. W., & Santos, R. M. (2022). X-Ray Diffraction Techniques for Mineral Characterization: A Review for Engineers of the Fundamentals, Applications, and Research Directions. *Minerals*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/min12020205>
- Alkarni, A. U., Yusuf, M., & Minarti. (2021). Jurnal Sains Fisika. *Jurnal Sains Fisika*, 1(1), 42–52. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis>
- Aparicio, G. M., Vargas, R. A., & Bueno, P. R. (2019). Protonic conductivity and thermal properties of cross-linked PVA/TiO₂ nanocomposite polymer membranes. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 522. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2019.119520>
- Ari Adi, W., Yunasfi, Y., Mashadi, M., Sahidin Winatapura, D., Mulyawan, A., Sarwanto, Y., Edi Gunanto, Y., & Taryana, Y. (2019). Metamaterial: Smart Magnetic Material for Microwave Absorbing Material. *Electromagnetic Fields and Waves*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84471>
- Bambang Yudono. (2017). *SPEKTROMETRI*.
- Capua, R., Offi, F., & Fontana, F. (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>
- Chen, Y., Zou, C., Mastalerz, M., Hu, S., Gasaway, C., & Tao, X. (2015). Applications of micro-fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) in the geological sciences—A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(12), 30223–30250. <https://doi.org/10.3390/ijms161226227>
- Dewi, I. K., & Wulan, A. J. (2015). Efek Paparan Gelombang Elektromagnetik Handphone terhadap Kadar Glukosa Darah Effects of Handphone Electromagnetic Wave Exposure on Blood Glucose Level. *Jurnal Kedokteran Universitas Kristen Krida Wacana*, 17(3), 31–38.
- Dewi, L. R., Widanarto, W., & Effendi, M. (2019). Pengaruh temperatur sintering terhadap komposisi, sifat magnetik dan absorpsi gelombang mikro komposit nano zinc-ferit. *Jurnal Teras Fisika*, 2(1), 18

- <https://doi.org/10.20884/1.jtf.2019.2.1.1514>
- Diah Hari Kusumawati, M. S., & Lydia Rohmawati, M. S. (2015). *GELOMBANG MIKRO Deriyana Tri Rahmawati Abstrak. 04*, 1–5.
- Diana, L., Ghani Safitra, A., & Nabel Ariansyah, M. (2020). Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 4(2), 59–67.
- Drasih, N. F., Jhora, F. U., & Dwiridal, L. (2025). Analisis Struktur Mikro Nanokomposit Fe₃O₄ / Karbon Aktif dari Limbah Tongkol Jagung. *Pendidikan Tambusai*, 8(2), 20862–20870.
- Dwi Setiyo Utami, R., Kalimantan Tegalboto No, J., Timur, K., Sumbersari, K., Jember, K., & Timur, J. (2023). Analisis Pemanfaatan Gelombang Elektromagnetik pada WX Radar System untuk Mrnghindari Loss off Aircraft Control. *Journal of Creative Student Research (JCSR)*, 1(6), 384–394. <https://doi.org/10.55606/jcsrpolitama.v1i6.2997>
- Enny, E. (2015). Efek Samping Penggunaan Ponsel. *Gema Teknologi*, 17(4), 178–183. <https://doi.org/10.14710/gt.v17i4.8938>
- Fardhiyansyah, M. A., Hendranto, G., Elektro, D. T., & Elektro, F. T. (2019). *Pengukuran dan Karakterisasi Kanal Propagasi Radio untuk Aplikasi Wireless Body Area Network dari Tubuh Pasien ke Data Collector Device di ICU Rumah Sakit*. 8(2).
- Firma, C. M., Pramudita, A. A., & Arseno, D. (2021). *PEMODELAN ESTIMASI KANDUNGAN AIR PADA TANAH BERBASIS GROUND PENETRATING RADAR (GPR) DENGAN VECTOR NETWORK ANALYZER MODELLING OF WATER CONTENT ESTIMATION IN LAND BASED ON GROUND PENETRATING RADAR (GPR) WITH VECTOR*. 8(6), 11629–11639.
- Fransiska, D., Reynaldi, A., Besar, B., Pengolahan, R., Kelautan, B., Tubun, J. K., & Pusat, J. (2020). *KARAKTERISTIK HIDROGEL DARI IOTA KARAGINAN DAN PVA (POLY-VINYL ALCOHOL) DENGAN METODE FREEZING-THAWING CYCLE*. 1(1).
- Gupta, A. K., Bajpai, R., & Keller, J. M. (2008). PVDF: PI nano composite films: Mechanical, FT-IR, XRD, AFM and hydraulic study. *Journal of Polymer Research*, 15(4), 275–283. <https://doi.org/10.1007/s10965-007-9168-9>
- Hossain KA, P. (2023). *Studi tentang Interferensi Elektromagnetik (EMI) dan kompatibilitas Elektromagnetik (EMC): Sumber dan Konsep Desain Mitigasi EMI / EMC*. 2023, 68–96. <https://doi.org/10.48150/jlah.v4no8.2023.a3>
- Kurnia, A., & 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.
- Lidia, I., Mursal, P., & Microscopy, S. E. (n.d.). *KARAKTERISASI XRD DAN SEM PADA MATERIAL NANOPARTIKEL SERTA PERAN MATERIAL NANOPARTIKEL Abstrak. 1*, 214–221.
- Marhaendrajaya dan Priyono, I. (2012). Sintesis Dan Karakterisasi Material Magnetik Barium Hexaferrite Tersubstitusi Menggunakan Teori Sol-Gel Untuk Aplikasi Serapan Gelombang Mikro Pada Frekuensi X-Band. *Berkala Fisika* , 15(2), 63–68.
- Marin, E., Rojas, J., & Ciro, Y. (2014). A review of polyvinilalcohol derivatives:

- Promising materials for pharmaceutical and biomedical applications. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 8(24), 674–684. <https://doi.org/10.5897/AJPP2013.3906>
- Marti, E., Ibrahim, R., Terhadap, M., Kristal, S., Struktur, D. A. N., Senyawa, M., & Telah, L. (2015). *Jurnal Sains Materi Indonesia ANALISIS PENGARUH MECHANICAL MILLING MENGGUNAKAN PLANETARY BALL MILLING TERHADAP STRUKTUR KRISTAL DAN STRUKTUR MIKRO SENYAWA LiBOB*. 16(3).
- Mashadi, R. Andriyani Putri, B. S. a dan Y. (2019). SINTESIS BAHAN MAGNETIK $Zn_x Fe_{(3-x)} O_4$ DENGAN METODE KO-PRESIPITASI SEBAGAI PENYERAP GELOMBANG MIKRO SYNTHESIS OF THE $Zn_x Fe_{(3-x)} O_4$ MAGNETIC MATERIALS AS MICROWAVE ABSORBER BY CO-PRECIPIATION METHODS. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri (MIPI)*, 13(2), 179–186.
- Mashadi, Yunasfi, & Adi, W. A. (2016). Analisis Struktur Kristal dan Gugus Fungsi $NiFe_2O_4$ Hasil Sintesis dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 17(3), 131–135.
- Mashuri, M., Ningsih, L., Asrori, M. Z., Triwikantoro, T., & Darminto, D. (2020). Sintesis dan Sifat Penyerapan Gelombang Mikro Grafena Alam (reduced graphene oxide) Berbahan Dasar Arang Bambu Kuning (*Bambusa Vulgaris*), Ori (*Bambusa Bambos Miq*) dan Petung (*Dendrocalamus Asper*). *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 16(3), 173. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v16i3.6973>
- Mos, Yvonne M, A. C., Vermeulen, Buisman, C. J. N. B. &, & Weijma, J. (2018). X-Ray Diffraction of Iron Containing Samples: The Importance of a Suitable Configuration. *Geomicrobiology Journal*, 35(6), 511–517. <https://doi.org/10.1080/01490451.2017.1401183>
- Mulia, I., Away, Y., & Rahman, A. (2019). Desain Purwarupa Peralatan Pembatas Kecepatan Kendaraan Secara Adaptif Menggunakan Sensor Radar HB100 Berbasis Mikrokontroler ATMega328P. *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, 4(3), 38–43.
- Munawaroh, W. (2022). Potensi Paparan Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF) Dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 17(2), 23. <https://doi.org/10.26623/jtphp.v17i2.5096>
- Muttaqin, R., Sakti, W., Prayitno, W., Nurbaiti, U., Mipa, F. F., Gedung, D., & Unnes, K. (2023). *Pengembangan Buku Panduan Teknik Karakterisasi Material : X-ray Diffractometer (XRD) Panalytical Xpert3 Powder*. 6(1), 9–16.
- Nurfirzatulloh, I., Suherti, I., Insani, M., Shafira, R. A., Abriyani, E., Universitas Buana, M., Karawang, P., Universitas, D., Perjuangan, B., & Abstract, K. (2023). Literature Review Article: Identifikasi Gugus Fungsi Tanin Pada Beberapa Tumbuhan Dengan Instrumen Ftir. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(4), 201–209. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7678425>
- Nurfitriyana, Najma Annuria Fithri , Fitria, R. Y. (2022). *IONTech ANALISIS INTERAKSI KIMIA FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR) TABLET*

- GASTRORENTIF EKSTRAK DAUN ION* *Tech.* 03(02), 27–33.
- Nursanni, B. (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>
- Oktamuliani, S. (2016). *IDENTIFIKASI MINERAL PADA BATUAN GRANIT DI GEOPARK MERANGIN PROVINSI JAMBI MENGGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION (XRD) DAN*. 1(November 2015), 12–17.
- Prayudha, H., Suryani, O., Kimia, D., Matematika, F., Alam, P., & Padang, U. N. (2024). *MODIFIED TITANIUM OXIDE WITH METAL DOPING AS PHOTOCATALYST IN PHOTOCHEMICAL WATER SPLITTING*. 14, 1–12.
- Priyono, Abidin, N., & Nurhasanah, I. (2019). Pengukuran permitivitas kompleks material magnetik menggunakan metode S-parameter dengan pendekatan Nicolson Rose-Weir. *Berkala Fisika*, 22(2), 56–61.
- Purbalisa, W., & Dewi, T. (2019). *REMEDIASI TANAH TERCEMAR KOBALT (Co) MENGGUNAKAN BIOREMEDIATOR DAN AMELIORAN* *Remediation of Cobalt (Co) Contaminated Soil Using Bioremediator and Ameliorant*. 6(2), 1237–1242. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2019.006.2.4>
- Purwanto, S., & Sukirman, E. (2007). The Structural and Microstructural Characteristics in the Milled Fe50c50 Magnetic Composites. *Indonesian Journal of Materials Science*, 9(1).
- Rahajoeningroem, T., & Vilandika, H. (2017). Rancang Bangun Alat Pengisi Baterai Telepon Genggam Memanfaatkan Sinyal Radio Frekuensi Design of the Mobile Phone Charger in Using of the Radio *Ojs.Unikom.Ac.Id*, 5(2), 145–148. <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/telekontran/article/view/1016>
- Rahman, D. K., Budi, E., & Nasbey, H. (2020). *LAPISAN KOMPOSIT NIKEL. IX*, 119–124.
- Rifka Adya Shafira⁴, E. A. I. N. I. S. M. I. (2023). Literature Review Article: Identifikasi Gugus Fungsi Tanin Pada Beberapa Tumbuhan Dengan Instrumen Ftir. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(4), 201–209. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7678425>
- Rohmad, S., Agus, S. A., Auring, R., & S, A. N. (2021). *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia , Vol . 5 No . 1 (Januari 2021) ISSN 2549 – 0699 SYNTHESIS OF SHIELDING RADIATION NEUTRON MATERIALS MADE FROM WOOD POWDER WITH VARIATION OF BORAX CONTENT* *Pembuatan Bahan Shielding Radiasi Neutron Berbahan Serbuk Kayu dengan va*. 5(1), 1–7.
- Rosadi, M. R., Budi, E., & Prayitno, T. B. (2024). *ANALISIS MORFOLOGI DAN KOMPOSISI LAPISAN KOMPOSIT NI-ALN MENGGUNAKAN METODE. XII*, 201–206.
- Sarwanto, Y., Anggraini, T., Adi, W. A., & Yunasfi, Y. (2019). PENGARUH PENAMBAHAN La TERHADAP STRUKTUR DAN REFLECTION LOSS GELOMBANG MIKRO PADA PSEUDOBROOKITE Fe_{2-x}La_xTiO₅. *Jurnal Sains Dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 20(2), 79. <https://doi.org/10.17146/jstni.2019.20.2.5381>
- SB. Widia Rezaly Biharu Hayat. (2023). *Struktur dan Sifat Korosi Paduan Kobalt Akibat Penambahan Kromium (Cr) dengan Metode Metalurgi Serbuk*. 6(9),

- 1149–1156. <https://doi.org/10.56338/jks.v6i9.4006>
- Septiano, A. F., & Setyaningsih, N. E. (2021). *Analisis Citra Hasil Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray (SEM EDX) Komposit Resin Timbal dengan Metode Contrast to Noise Ratio (CNR)*. *44*(2), 81–85.
- Sinaga, E. S., Handayani, F., Hutagalung, N. Y., Rifandha, S. A., & Lubis, R. H. (2023). Literature Study on the Utilization of Electromagnetic Waves in the Health Sector. *Enrichment: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, *1*(2), 56–61. <https://doi.org/10.55324/enrichment.v1i2.6>
- Suzana, A. et al. (2024). *Pengolahan Air Limbah Batik Jambi Menggunakan Filtrasi dan Fotokatalisis TiO₂ (Titanium Dioksida)*. *24*(1), 578–582. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v24i1.4958>
- Syamsir, A., & Astuti. (2012). Sintesis Nanokomposit PANi/TiO₂/karbon sebagai penyerap gelombang mikro. *Jurnal Fisika Unand*, *1*(1), 45–52.
- Wardiyati, S., & , Wisnu Ari Adi, dan D. S. W. (2018). *Jurnal Fisika Sintesis dan Karakterisasi Microwave Absorbing Material Berbasis Ni-SiO₂ dengan*. *8*(2), 51–59.
- Wigayati, E. M., Purawiardi, I., & Sabrina, Q. (2018). Karakteristik Morfologi Permukaan Pada Polimer PVdF-LiBOB-ZrO₂ dan Potensinya untuk Elektrolit Baterai Litium. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, *40*(1), 1. <https://doi.org/10.24817/jkk.v0i0.3028>
- Yunasfi, Maspin Apit, Wisnu A A, & Emriadi. (2018). Analisis Fasa dan Sifat Magnetik Bahan Absorber Ni(0,5-x)Nd_xFe_{2,5}O₄ (Yunasfi, Maspin Apit, Wisnu, Emriadi) ANALISIS FASA DAN SIFAT MAGNETIK BAHAN ABSORBER Ni (0,5-x) Nd_x Fe_{2,5} O₄ PHASE ANALYSIS AND MAGNETIC PROPERTIES OF Ni (0.5-x) Nd_x Fe_{2.5} O₄ ABSO. *M.I.P.I*, *12*(1), 25–32.
- Yunasfi, Y., Mashadi, M., Mulyawan, A., & Adi, W. A. (2020). Synthesis of NiLaxFe(2-x)O₄ System as Microwave Absorber Materials by Milling Technique. *Journal of Electronic Materials*, *49*(12), 7272–7278. <https://doi.org/10.1007/s11664-020-08489-w>
- Yustanti, E., Trisdian, A., & Noviyanto, A. (2024). JURNAL INTEGRASI PROSES Website: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>. *Jurnal Integrasi Proses*, *13*(1), 13–20. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>