



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**INOVASI *RADAR ABSORBING MATERIAL* (RAM) PADA
BIDANG PERTAHANAN BERBASIS METAL FERIT
TERSUBSTITUSI KOBALT-NIKEL DALAM
MATRIKS POLIPIROLA**

ALYA HIJRIANISA NIM. 320210303002

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI KIMIA
BOGOR 2025**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Alya Hijrianisa
NIM : 320210303002
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Inovasi *Radar Absorbing Material* (RAM) pada Bidang Pertahanan Berbasis Metal Ferit Tersubstitusi Kobalt-Nikel dalam Matriks Polipirola

Dosen Pembimbing I,



Yusuf Bramastya A., S.Si., M.Sc.
NIDN. 4724049201

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

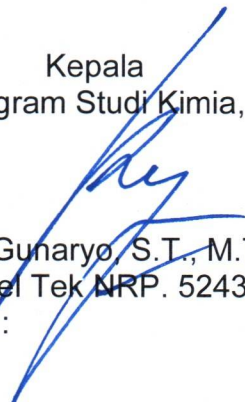


M. Sulthon N. P., S.Si., M.Sc.
NIDN. 4731109301

Tanggal :

Mengetahui,

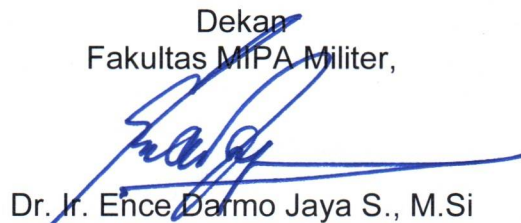
Kepala
Program Studi Kimia,



Dr. Gunaryo, S.T., M.T.
Kolonei Tek MRP. 524384

Tanggal :

Dekan
Fakultas MIPA Militer,

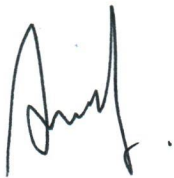


Dr. Ir. Ence Darmo Jaya S., M.Si
Pembina Utama Muda IV/c

Tanggal:

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Alya Hijrianisa
NIM : 320210303002
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Inovasi *Radar Absorbing Material* (RAM) pada Bidang Pertahanan Berbasis Metal Ferit Tersubstitusi Kobalt-Nikel dalam Matriks Polipirola

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I: Yusuf Bramastya Apriliyanto, S.Si., M. Sc. NIDN 4724049201		
2	Dosen Pembimbing II: M. Sulthon N. P., S.Si., M.Sc. NIDN 4731109301		
3	Dosen Penguji I : Azimatur Rahmi, M. Si. NIP. 198512292024212017		
4	Dosen Penguji II : Mentari Zikri Anty, M. Si. NIDK. 8987890024		

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan jenjang apapun di suatu perguruan tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang undang yang berlaku.

Bogor, Juli 2025



Alya Hijrianisa

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alya Hijrianisa
NIM : 320210303002
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan Ilmu Pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan, **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*)** atas Karya Ilmiah saya yang berjudul :

Inovasi *Radar Absorbing Material* (RAM) pada Bidang Pertahanan Berbasis Metal Ferit Tersubstitusi Kobalt-Nikel dalam Matriks Polipirola Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Pertahanan berhak menyimpan, mengalih media atau format, mengelola dalam bentuk Pangkalan Data (*Database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bogor
Pada Tanggal : 7 Juli 2025
Yang menyatakan



Alya Hijrianisa
NIM. 320210303002

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah SWT, puji syukur saya panjatkan ke hadirat-Nya atas segala rahmat, petunjuk, serta karunia-Nya yang telah senantiasa menyertai dalam setiap langkah perjalanan hidup saya sehingga saya dapat bertahan melanjutkan hidup dengan penuh rasa syukur. Skripsi ini disusun sebagai saksi perjuangan, kerja keras, semangat, keringat, dan air mata saya selama menempuh pendidikan kimia di Universitas Pertahanan ini. Tidak mudah hingga saya ada di titik sekarang ini namun, dengan banyak pihak yang telah membantu membangun fisik dan mental saya sehingga saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Kaprodi Kimia Kolonel Tek Dr. Gunaryo, S.T., M. T. yang selalu memberikan ilmu dan pandangan baru tentang kehidupan.
2. Bapak Yusuf Bramastya Apriliyanto, S.Si., M.Sc. dan Bapak M. Sulthon Nurharmansyah P., S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing I dan pembimbing II selama peneliti menjalani pendidikan di Universitas Pertahanan.
3. Seluruh dosen kimia UNHAN yang mau memberikan waktu dan jasanya untuk membantu peneliti melaksanakan penelitian hingga akhir dan selesai dengan baik.
4. Kedua orang tua yang selalu mengiringi langkah peneliti dalam setiap do'a nya.
5. Kedua adik, Naufal dan Nazriel, yang selalu menjadi motivasi peneliti untuk terus berusaha yang terbaik.
6. Sahabat-sahabat princes peneliti terutama Allodya dan Amadea yang selalu menemani dan mendukung peneliti disegala situasi apapun.
7. Sahabat SMA, Dila, Dhea, dan Fania, yang selalu ada kapanpun peneliti membutuhkan walaupun terpisah jarak.
8. Kepada *support system* yang sudah berperan di dalam hidup peneliti.

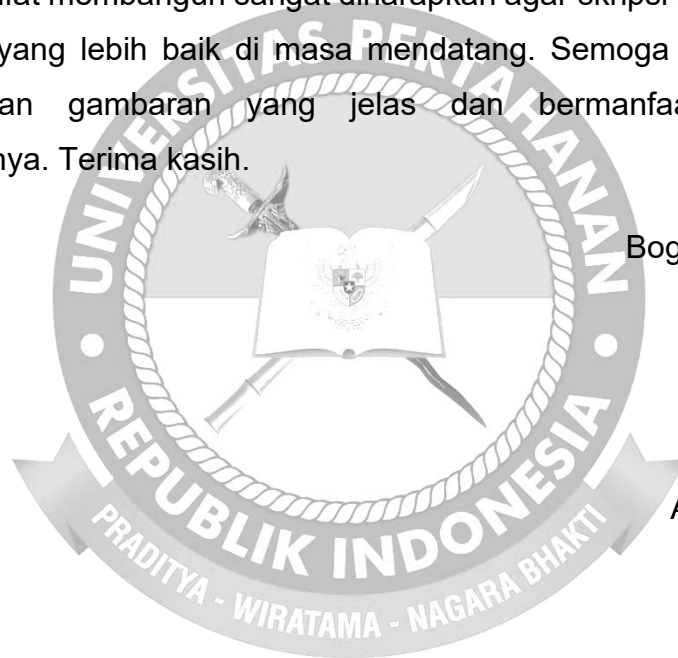
9. Seluruh teman-teman, adik-adik, kakak, yang sudah memberikan semangatnya kepada peneliti.

10. Kepada 24 anak Prodi Kimia cohort 2 yang sudah menemani peneliti selama 4 tahun dalam suka dan duka.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, peneliti menyadari bahwa masih banyak hal yang dapat ditingkatkan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan agar skripsi ini dapat menjadi referensi yang lebih baik di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan gambaran yang jelas dan bermanfaat bagi setiap pembacanya. Terima kasih.

Bogor, Juli 2025

Alya Hijrianisa



ABSTRAK

INOVASI RADAR ABSORBING MATERIAL (RAM) PADA BIDANG PERTAHANAN BERBASIS METAL FERIT TERSUBSTITUSI KOBALT-NIKEL DALAM MATRIKS POLIPIROLA

Perkembangan teknologi dalam bidang pertahanan, khususnya radar dan sistem deteksi, mendorong kebutuhan akan material yang mampu menyerap gelombang elektromagnetik untuk mengurangi deteksi objek oleh radar. *Radar Cross Section* (RCS) merupakan ukuran kemampuan suatu objek dalam memantulkan gelombang radar. Salah satu material yang potensial sebagai *Radar Absorbing Material* (RAM) adalah metal ferit berbasis kobalt (Co) dan nikel (Ni), dikompositkan dengan polimer konduktif seperti polipirola (PPy) karena sifat magnetiknya yang tinggi, stabilitas kimia, dan tahan terhadap oksidasi. Penelitian ini bertujuan untuk menyintesis dan mengkarakterisasi material $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x = 0; 0,25; 0,50; 0,75; 1$) menggunakan metode sol-gel dengan *auto-combustion*, kemudian membuat komposit dengan PPy dalam rasio 20:80%w/w dengan metode *in-situ*. Melalui uji VNA nilai *reflection loss* (RL) terbaik ditunjukkan oleh sampel NiFe_2O_4 ($x = 1$) sebesar -23,09 dB pada frekuensi 10,51 GHz. Setelah dikompositkan dengan PPy, nilai RL meningkat menjadi -30,19 dB pada frekuensi 8,68 GHz, dengan daya tembus mencapai 99,91%. Hal ini menunjukkan bahwa penggabungan antara material ferit dan polimer konduktif efektif dalam meningkatkan performa penyerap gelombang elektromagnetik. Hasil sintesis yang dikarakterisasi menggunakan beberapa instrumen seperti XRD, VSM, dan SEM juga menunjukkan bahwa sampel efektif untuk dijadikan sebagai bahan penyerap radar.

Kata kunci: $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$, Polipirola, RAM, *Reflection loss*

ABSTRACT

INNOVATION OF RADAR ABSORBING MATERIAL (RAM) IN DEFENSE FIELD BASED ON COBALT-NICKEL SUBSTITUTED METAL FERRITE IN POLYPYRROLE MATRIX

The development of technology in the field of defense, especially radars and detection systems, drives the need for materials that are able to absorb electromagnetic waves to reduce the detection of objects by radars. Radar Cross Section (RCS) is a measure of an object's ability to reflect radar waves. One of the potential materials as Radar Absorbing Material (RAM) is cobalt (Co) and nickel (Ni) based metal ferrite, composited with conductive polymers such as polypyrrole (PPy) due to its high magnetic properties, chemical stability, and oxidation resistance. This study aims to synthesize and characterize $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x = 0; 0.25; 0.50; 0.75; 1$) using the sol-gel method with auto-combustion, then make composites with PPy in a ratio of 20:80%w/w by the in-situ method. Through the VNA test, the best reflection loss (RL) value was shown by the NiFe_2O_4 ($x = 1$) sample of -23.09 dB at a frequency of 10.51 GHz. After compositing with PPy, the RL value increased to -30.19 dB at a frequency of 8.68 GHz, with a through power of 99.91%. This demonstrates that the combination of ferrite material and conductive polymer is effective in enhancing the performance of electromagnetic wave absorbers. The synthesis results, characterized using several instruments such as XRD, VSM, and SEM, also show that the samples are effective for use as radar absorbing materials.

Keyword: $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$, Polypyrrole, RAM, Reflection loss

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Manfaat Teoritis	4
1.4.2 Manfaat Praktis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Radar	5
2.1.2 <i>Radar Cross Section (RCS)</i>	6
2.1.3 <i>Radar Absorbing Material (RAM)</i>	7
2.1.4 Metal Ferit (MFe_2O_4)	8
2.1.5 Kobalt	9
2.1.6 Nikel	9
2.1.7 Polipirola	10
2.1.8 Metode <i>sol-gel</i>	11

2.1.9	<i>X-Ray Diffractometer (XRD)</i>	12
2.1.10	<i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	13
2.1.11	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	14
2.1.12	<i>Vector Network Analyzer (VNA)</i>	15
2.1	Hasil Penelitian Terdahulu	15
2.2	Kerangka Berpikir.....	18
2.3.1	Kerangka Berpikir 1.....	18
2.3.2	Kerangka Berpikir 2.....	19
2.3.3	Kerangka Berpikir 3.....	19
2.3	Hipotesis	19
2.4.1	Hipotesis 1	19
2.4.2	Hipotesis 2	19
2.4.3	Hipotesis 3	20
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1	Metode dan Desain Penelitian.....	21
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.3	Alat dan Bahan.....	23
3.3.1	Alat.....	23
3.3.2	Bahan.....	23
3.4	Prosedur Penelitian.....	23
3.4.1	Sintesis $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$	23
3.4.2	Sintesis Polipirola dan Komposit $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{PPy}$	24
3.4.3	Karakterisasi $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ dan $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{PPy}$	24
3.5	Metode Analisis	25
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1	Sintesis $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$	26
4.2	Komposit $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{PPy}$	29

4.3	Karakterisasi $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ dan $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{PPy}$	30
4.3.1	Karakterisasi XRD $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$	30
4.3.2	Karakterisasi VSM $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$	33
4.3.3	Karakterisasi VNA	35
4.3.4	Karakterisasi SEM	38
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		42
DAFTAR PUSTAKA		44
LAMPIRAN		51

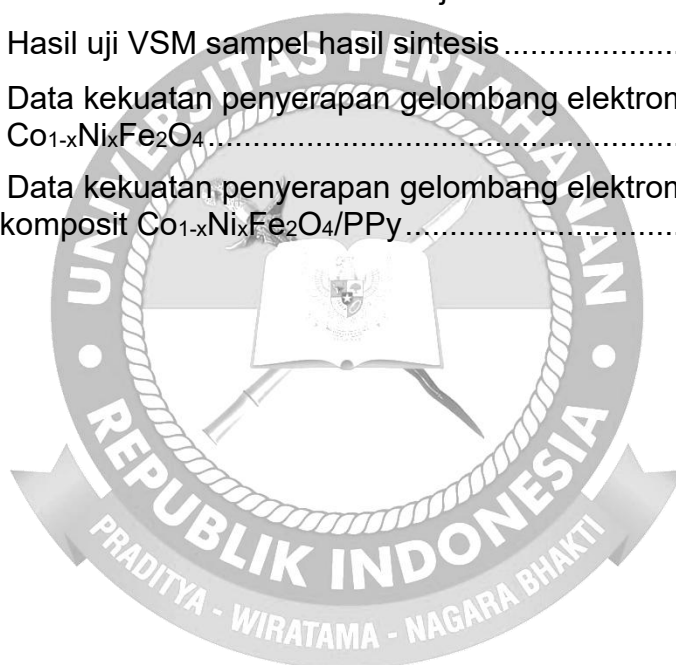


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cara kerja radar	5
Gambar 2. 2 Rangkaian sistem radar	6
Gambar 2. 3 Cara kerja RAM.....	7
Gambar 2. 4 Struktur spinel metal ferit	9
Gambar 2. 5 Struktur PPy	10
Gambar 2. 6 Instrumen XRD	12
Gambar 2. 7 Instrumen VSM	13
Gambar 2. 8 Instrumen SEM	14
Gambar 2. 9 Instrumen VNA.....	15
Gambar 3. 1 Alur desain peneitian.....	21
Gambar 4. 1 Hasil akhir metal ferit dengan komposisi a) $x = 0$; b) $x = 0,25$; c) $x = 0,5$; d) $x = 0,75$; e) $x = 1$	27
Gambar 4. 2 Kemampuan seluruh sampel pada berbagai variasi x dengan volume yang sama tertarik oleh magnet menggunakan magnet eksternal	28
Gambar 4. 3 Perbandingan hasil akhir sintesis NiFe_2O_4 (a) dengan (b) komposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PPy}$	29
Gambar 4. 4 Mekanisme reaksi pembentukan polipirola	30
Gambar 4. 5 Difraktogram sintesis $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$	31
Gambar 4. 6 Kurva histerisis magnetik sintesis $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_3$	34
Gambar 4. 7 <i>Reflection loss</i> sintesis $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$	36
Gambar 4. 8 <i>Reflection loss</i> komposit $\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4/\text{PPy}$	37
Gambar 4. 9 Morfologi NiFe_2O_4 oleh karakterisasi SEM pada perbesaran a) x2500 dan b) x5000	39
Gambar 4. 10 Morfologi PPy oleh karakterisasi SEM pada perbesaran a) x2500 dan b) x5000	40
Gambar 4. 11 Morfologi $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PPy}$ oleh karakterisasi SEM pada perbesaran a) x2500 dan b) x5000	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu	16
Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan penelitian.....	22
Tabel 3. 2 Massa sampel berdasarkan variasi variabel x	23
Tabel 4. 1 Hasil akhir sintesis.....	28
Tabel 4. 2 Identifikasi fase berdasarkan uji XRD	32
Tabel 4. 3 Hasil uji VSM sampel hasil sintesis	34
Tabel 4. 4 Data kekuatan penyerapan gelombang elektromagnetik sintesis Co _{1-x} Ni _x Fe ₂ O ₄	37
Tabel 4. 5 Data kekuatan penyerapan gelombang elektromagnetik komposit Co _{1-x} Ni _x Fe ₂ O ₄ /PPy.....	38



DAFTAR SINGKATAN



RCS	: <i>Radar Cross Section</i>
RADAR	: <i>Radio Detection and Ranging</i>
RAM	: <i>Radar Absorbing Material</i>
RL	: <i>Reflection Loss</i>
TR	: <i>Transmit-receive</i>
SEM	: <i>Scanning Electron Microscopy</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>
VNA	: <i>Vector Network Analyzer</i>
VSM	: <i>Vibrating Sample Magnetometer</i>
PPy	: Polipirola
SDS	: <i>Sodium dodecyl sulfate</i>
APS	: Amonium persulfat
Ms	: <i>Saturation Magnetization</i>
Mr	: <i>Remanent Magnetization</i>
Hc	: <i>Coercivity</i>
CV	: Koefisien Variasi
FWHM	: Full Width Half Maximum