

DOI: doi.org/10.21009/03.1301.FA04

ANALISIS RESPONS PENYERAP SINYAL RADAR FE₃O₄ DAN CO₃O₄ PADA RENTANG FREKUENSI X BAND MELALUI PEMANTAUAN VECTOR NETWORK ANALYZER (VNA)

Zahra Sajidah Hariyawan^{1, a)}, Agus Setyo Budi^{1, b)}, Marzuki^{2, c)}

¹Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka No. 01, Rawamangun, Jakarta Timur, 13220, Indonesia

Email: ^{a)}zahrasajidah234@gmail.com, ^{b)}agusssb@unj.ac.id, ^{c)}marzukimarali@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan Fe₃O₄ dan Co₃O₄ sebagai material penyerap sinyal radar menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) pada rentang frekuensi X Band. Tujuan utamanya adalah untuk mengetahui karakterisasi bahan penyerap radar Fe₃O₄ dan Co₃O₄ dalam rentang frekuensi X Band, evaluasi efektivitas bahan penyerap radar, dan penerapan praktis dalam pengembangan sistem penyerapan radar. Melalui analisis respons penyerapan kedua bahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memahami seberapa efektif Fe₃O₄ dan Co₃O₄ dalam menyerap sinyal radar pada rentang frekuensi X-Band, serta mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik kinerja keduanya, seperti tingkat penyerapan, impedansi, dan respons material terhadap sinyal radar dalam rentang tersebut. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi parameter material yang perlu dioptimalkan guna meningkatkan efisiensi penyerapan sinyal radar. Dengan memahami respons material secara detail menggunakan VNA, diharapkan dapat diidentifikasi area di mana peningkatan dapat dilakukan untuk meningkatkan performa penyerapan radar, serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi penyerapan radar yang lebih efektif dalam aplikasi militer dan keamanan. Analisis respons menggunakan VNA menjadi kunci dalam merancang material penyerap radar yang dapat mengurangi pantulan sinyal radar dan meningkatkan kemampuan suatu objek dalam menyembunyikan atau melindungi diri.

Kata-kata kunci: *Vector Network Analyzer (VNA), Bumbung Gelombang (waveguide), Frekuensi X Band, Fe₃O₄, Co₃O₄*

Abstract

This research aims to analyze the capability of Fe₃O₄ and Co₃O₄ as radar signal absorbing materials using a Vector Network Analyzer (VNA) within the X-Band frequency range. The primary objective is to determine the characterization of Fe₃O₄ and Co₃O₄ radar absorbing materials within the X-Band frequency range, evaluate the effectiveness of these radar absorbing materials, and explore practical applications in the development of radar absorption systems. By analyzing the absorption response of these materials, this research seeks to understand how effectively Fe₃O₄ and Co₃O₄ absorb radar signals within the X-Band frequency range and to gain an in-depth understanding of their performance characteristics, such as absorption level, impedance, and material response to radar signals within this range. Additionally, the research aims to identify material parameters that need to be optimized to enhance radar signal absorption efficiency. By comprehensively understanding the material response

using VNA, the study hopes to identify areas for improvement to enhance radar absorption performance, contributing to the development of more effective radar absorption technology for military and security applications. The analysis of response using VNA is crucial in designing radar absorbing materials that can reduce radar signal reflection and enhance an object's ability to hide or protect itself.

Keywords: Vector Network Analyzer (VNA), Waveguide, X-Band Frequency, Fe₃O₄, Co₃O₄

PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan yang luas, dihadapkan pada tantangan yang kompleks dalam menjaga keamanan dan kedaulatan di perairan yang membentang luas. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi radar, terutama teknologi stealth seperti Radar Absorbing Material (RAM), menjadi sangat penting dalam upaya pengawasan dan perlindungan wilayah, membantu dalam mengawasi, mengontrol, dan mengatur wilayah udara dan laut di Indonesia [1].

Dalam dunia militer, teknologi yang terus berkembang adalah dalam hal penyerapan gelombang radar. Lapisan penyerap gelombang radar menggunakan kombinasi material magnetik dan dielektrik [2]. Teknologi yang dikenal sebagai teknologi stealth bertujuan untuk mengurangi tanggapan terhadap gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh radar dengan tujuannya adalah untuk mengurangi atau menghilangkan pantulan kembali sinyal radar dari objek yang dilapisi dengan bahan ini. Material yang mampu menyerap gelombang elektromagnetik disebut sebagai Radar Absorbing Material (RAM) [3].

Vector Network analyzer tipe vektor (VNA) menggunakan prinsip refleksi dan transmisi. VNA mengukur nilai transmisi dan refleksi sumber gelombang elektromagnetik pada frekuensi gelombang cahaya. Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan metode TRL (Transmission Reflection Line) dengan MUT (Material under test) [4]. Pengujian sampel bahan dengan VNA menggunakan sambungan yaitu waveguide [5]

Fe₃O₄ memiliki struktur spinel inversi, di mana ion Fe²⁺ dan Fe³⁺ berada dalam posisi oktahedral dan tetrahedral dalam sel satuan kubik [6][7]. Co₃O₄ memiliki struktur spinel, yang berarti ia memiliki sel satuan kubik dengan ion kobalt dan oksigen yang ditempatkan dalam susunan tetrahedral dan octahedral [8].

METODOLOGI

Metodologi pengujian ini menggunakan metode eksperimen, dimulai dengan persiapan sampel secara teliti. Kemudian, melakukan pengaturan kalibrasi pada alat yang digunakan untuk mengukur. Setelah itu, ruang pengujian akan disiapkan dengan memastikan kondisi yang optimal untuk pengukuran. Selanjutnya, melakukan serangkaian pengukuran pada rentang frekuensi X

Band yang telah ditetapkan, mencatat data yang diperoleh dari VNA dengan cermat. Data ini kemudian akan dianalisis untuk mengevaluasi respons dari sampel penyerap sinyal radar Fe₃O₄ dan Co₃O₄. Setelah analisis data, menginterpretasikan hasil pengujian untuk menarik kesimpulan tentang kinerja relatif dari kedua sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

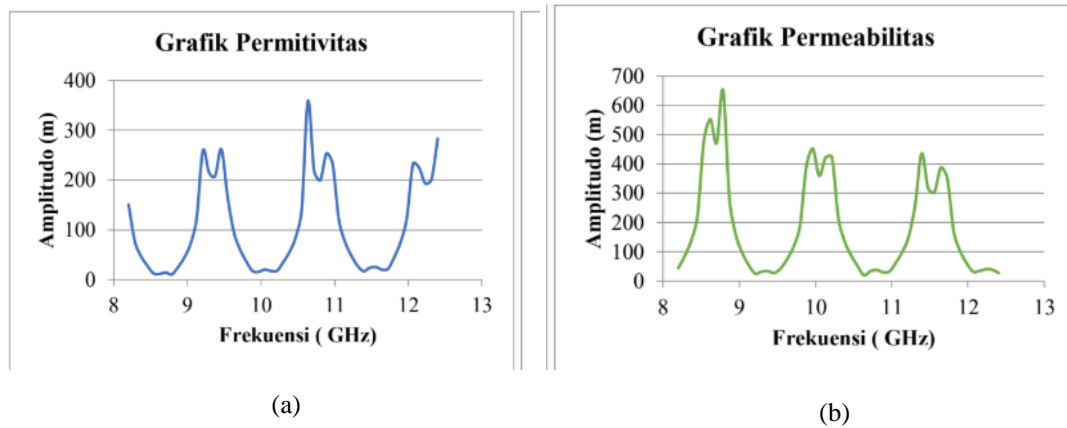
Pada penelitian yang dilakukan, pengujian melakukan pengujian sampel dua bahan material yaitu Fe₃O₄ dan Co₃O₄ untuk menganalisis karakteristik bahan penyerap radar dalam rentang frekuensi X-Band, melakukan evaluasi efektivitas bahan penyerap radar, dan mengkaji penerapan praktis dalam pengembangan sistem penyerapan radar.

TABEL 1. Hasil Perhitungan Relative Permeativity Fe3O4

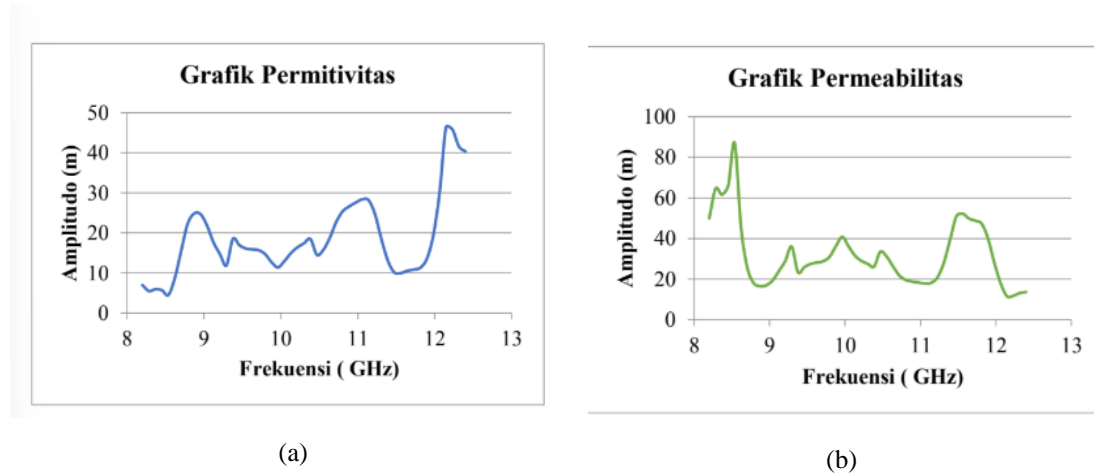
Amplitudo Permittivitas	Amplitudo Permeabilitas	Relative Permittivity
150.8407	44.3794	17036081557542.3000
77.3554	85.3657	87365915931459.6500
47.3907	136.9748	5352343796893.3100
28.6948	222.2187	3240820996054.0400
13.1441	478.1446	1484507272733.8000
11.8482	552.8115	1338150680104.2400
14.4216	471.5905	1628790150841.5700
10.8509	651.1640	1225508878571.8300
25.3055	279.4523	2858027177395.4800
44.3508	157.3435	5009015049202.0800

TABEL 2. Hasil Perhitungan Relative Permeativity Co3O4

Amplitudo Permittivitas	Amplitudo Permeabilitas	Relative Permittivity
6.9402	49.9982	783830013265.3940
5.4803	64.5915	618948891359.0170
5.9258	61.6256	669267540227.2790
5.6957	66.1559	643281206543.7310
4.4934	87.0264	507484921593.9050
8.6504	45.9631	976979738121.7420
15.5681	25.6029	1758276822491.6000
22.3017	18.0394	2518779395516.1800
24.8299	16.5049	2804312691832.9700
24.6601	16.9322	2785136890824.9800



GRAFIK 1. Hasil (a) Permittivitas (b) Permeabilitas FE3O4



GRAFIK 2. Hasil (a) Permittivitas (b) Permeabilitas Co3O4

Fe₃O₄ memiliki kemampuan dapat memantulkan dan menghalangi sebagian besar sinyal radar yang meengenainya dan bahan tersebut memiliki kemampuan penyerapan dan penghambatan sinyal radar secara keseluruhan. Sedangkan Co₃O₄ memiliki nilai amplitudo parameter S₁₁ yang rendah hal ini menunjukkan bahwa material tersebut dapat menyerap sinyal radar dengan baik. Bahan Co₃O₄ memiliki sifat dielektrik dan magnetik yang tinggi sehingga cocok digunakan menjadi bahan penyerap sinyal radar.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, Fe₃O₄ menunjukkan kemampuan yang signifikan dalam memantulkan sinyal radar, sebagaimana ditunjukkan oleh tabel dan grafik yang telah dianalisis. Baik Co₃O₄ maupun Fe₃O₄ memiliki potensi sebagai penyerap sinyal radar yang efektif pada rentang frekuensi X-Band. Parameter S₁₁ dan S₂₁ mengindikasikan kemampuan material untuk menyerap dan menghambat sinyal radar, dengan nilai kerugian refleksi dan kerugian transmisi yang menunjukkan efektivitas material dalam memantulkan dan menghambat transmisi sinyal radar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Dr. Agus Setyo Budi, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing PKL dari Fisika UNJ dan pembimbing lapangan saya Kolonel Laut (E) Marzuki, S.Si., M.Tr. Hanla., M.M. dan Maulana Randa, S.T., M.T., Ph.D di BALITBANG KEMHAN RI.

Serta orang tua dan rekan-rekan yang telah mendukung saya dalam penyusunan jurnal ini. Semoga jurnal ini dapat memberikan manfaat dan menginspirasi para pembaca. Mohon maaf apabila terdapat kekurangan dan kesalahan pada penulisan jurnal ini.

REFERENSI

- [1] Oktavian, Adhyaksa Dwi (2021). Perbandingan Profil Teknis Bahan Arang Kelapa dan Aluminium Sebagai Radar Absorbing Material Untuk Pesawat Tanpa Awak Siluman.
- [2] Aryani Rombekila (2021). Menentukan Permittivitas dan Permbialitas Eceng Gondok dengan Metode Free Space Measurment. *Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, vol. 4, nol. 1.
- [3] Nia Sasria (2016). Pengaruh Metode Pelapisan dan Ketebalan Lapisan terhadap Rugi Refleksi pada Barium M Heksaferrit/Poly(aniline,pyrrole,ethylene terephthalate) sebagai Material Penyerap Radar.
- [4] Cindy Mutia Firma, Aloysius Adya Pramudita, Dharu Arseno (2021). Pemodelan Estimasi Kandungan Air Pada Tanah Berbasis Ground Penetrating RADAR (GPR) Dengan Vector Network Analyzer. *e-Proceeding of Engineering* : Vol.8, No.6.
- [6] Sri Hardiati, Yuyu Wahyu, Hanindya Permatasari, dan Budi Prasetya R (2016). Antena Slot Waveguide Segi Empat Segala Arah pada Frekuensi 2.4 GHz. *Jurnal ELEktronika dan Telekomunikasi*, Vol. 16, No. 2.
- [8] Cornell, R. M., & Schwertmann, U. (2003). *The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences, and Uses* (2nd ed.). Wiley-VCH. ISBN 978-3527302745.
- [9] Dey, S., & Roy, S. (2010). Magnetic and Transport Properties of Fe₃O₄ Nanoparticles. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 10(7), 4365-4371. DOI: 10.1166/jnn.2010.2331.
- [10] Wells, A. F. (1984). *Structural Inorganic Chemistry* (5th ed.). Oxford University Press. ISBN. 978- 0198553704.