

PENGARUH SUHU SINTERING PADA PENYERAPAN GELOMBANG MIKRO NANOKOMPOSIT NiFe_2O_4 / PVDF UNTUK MATERIAL PENYERAP RADAR

Moulia Fadhilah¹, Ramli Ramli², Gusnedi², Yohandri²

¹Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

mouliafadhilah170797@gmail.com¹, ramli@fmipa.unp.ac.id², fisika_edi@yahoo.co.id³, yohandri.unp@gmail.com⁴

ABSTRACT

Synthesis of NiFe_2O_4 /PVDF nanocomposite with sintering temperature variations of 250°C , 280°C , 300°C , 350°C , 450°C has been done with the solgel method for microwave absorbing material (RAM). This material is to reduce reflections or absorb microwaves, so objects coated with RAM are not detected by Radio Detection and Ranging (RADAR). In making nanocomposite NiFe_2O_4 / PVDF, it includes the making of Fe_3O_4 precursor solution using iron sand, making NiFe_2O_4 solution, making NiFe_2O_4 / PVDF nanocomposite, printing, and sintering. The samples were characterized by XRD, FTIR and VNA. For the analysis of microwave absorption ability as measured by the Vector Network Analyzer (VNA), and then maximum Reflection Loss (RL) number was obtained at the sintering temperature of 280°C at -27.5767 dB at a frequency of 11.20 GHz which the X-Band region with microwave absorption in coefficient amounting to 0.0417989142 . Nanocomposite NiFe_2O_4 / PVDF can absorb microwaves $\sim 96\%$ at a frequency of 11.20 GHz. So, NiFe_2O_4 /PVDF nanocomposite is suitable for Absorbing Radar Material

Keywords : Microwave absorption, Nanocomposite NiFe_2O_4 /PVDF, Sintering temperature, Solgel method, Reflection loss



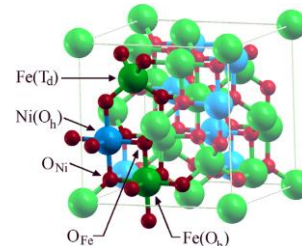
This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2018 by author and Universitas Negeri Padang.

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini sintesis dan karakterisasi bahan nano sedang banyak dikembangkan dalam penelitian. Jumlah perangkat komunikasi menyebabkan peningkatan sumber radiasi dalam bentuk paparan gelombang mikro. Teknologi penyerapan gelombang elektromagnetik adalah teknologi yang sedang dikembangkan tentang material penyerap radar (RAM), yang mana merupakan aplikasi di bidang militer [1]. Radar Absorber Material (RAM) merupakan material yang dapat mendeteksi posisi benda dengan menggunakan gelombang mikro. Bahan ini digunakan untuk mengurangi besarnya pemantulan atau penyerapan pada hal tersebut [2].

Material yang telah menjadi objek penelitian di bidang absorber salah satunya adalah nanokomposit ferit dengan polimer [3,4]. Spinel ferrite adalah salah satu bahan yang memiliki potensi untuk digunakan secara luas dalam rentang frekuensi X-band ($8,20$ - $12,4$ GHz). Bahan ferit dikategorikan dalam bahan yang sangat stabil serta karakteristik yang sangat baik, dan resistivitas bahan yang tinggi. Ferit memiliki resistivitas intrinsik yang tinggi. Partikel-partikel spinel nanosized dan sejenis bahan magnetik lunak dengan rumus struktur MFe_2O_4 (M = ion logam divalen, diantaranya Ni, Mn, Mg, Zn, Co, Cu, dll.), adalah kelas material yang paling menarik karena titik leleh rendah, pemanasan tinggi, suhu koalisi rendah, magnetisasi saturasi tinggi dan suhu

transisi magnetik rendah [5]. Banyak peneliti telah melaporkan permitivitas kompleks dan permeabilitas ferit spinel yang diolah dengan elemen yang berbeda seperti Ni, Co, Zn dapat menghasilkan peredam gelombang mikro yang baik untuk aplikasi yang berbeda, misalnya teknologi siluman atau perangkat medis pelindung dari gelombang mikro, dll. [6]. Nikel ferite (NiFe_2O_4) merupakan salah satu bagian dari spinel ferite. Nikel ferite memiliki struktur *inverse* [6]. Berikut ini adalah struktur kristal nikel ferit yang terlihat pada Gambar 1



Gambar 1. Struktur Kristal Nikel Ferit [7]

Untuk meningkatkan karakteristik peredam gelombang elektromagnetik, sintesis bahan magnetik berbasis NiFe_2O_4 telah banyak dibuat dengan metode secara kimia dan fisika [9]. Untuk pembuatan nanokomposit diperlukan polimer konduktif. Polimer konduktif telah menunjukkan sifat khusus dibandingkan dengan logam dalam arti bahwa polimer ini dapat mengurangi pantulan serta dapat menyerap radiasi elektromagnetik [2].

Komposit polimer konduktif telah banyak diteliti, karena penggunaannya dalam berbagai aplikasi teknologi termasuk perangkat elektronik, lapisan konduktif, penghambat gelombang elektromagnetik, dan sensor [10]. Teknologi komposit polimer membutuhkan polimer yang tepat untuk digunakan sebagai matriks yang menyusun komposit. Salah satu polimer yang aplikasinya sangat luas dalam biomedis, kimia, dan industri elektronik adalah PVDF karena memiliki sifat luar biasa seperti kekuatan mekanik yang cukup tinggi, tahan terhadap panas, ketahanan terhadap senyawa kimia, dan hidrofobisitas yang tinggi [11]. Dalam beberapa dekade terakhir, PVDF telah banyak digunakan sebagai sensor dan aktuator, PVDF memiliki domain feroelektrik yang tidak teratur. Melalui proses polarisasi tegangan tinggi, domain feroelektrik dari perubahan PVDF menjadi lebih tidak teratur [12]. Dari sifat-sifat yang dimiliki oleh PVDF, menunjukkan bahwa PVDF cocok sebagai matriks dalam komposit polimer.

Banyak metode telah dikembangkan untuk mensintesis partikel nano NiFe_2O_4 . Namun, teknik lainnya adalah kerugian dari biaya yang sangat mahal, dan membutuhkan instrumen yang canggih [31]. *Sol gel method* adalah metode yang di mudah digunakan diberbagai keadaan [14]. Metode sol gel yang digunakan dalam penelitian ini, karena cocok pada berbagai partikel atau serba guna, ukuran partikel yang sama, relatif mudah dan murah serta nanopartikel yang dihasilkan memiliki kristalinitas tinggi jika dibandingkan dengan metode sintesis lainnya [15].

METODE PENELITIAN

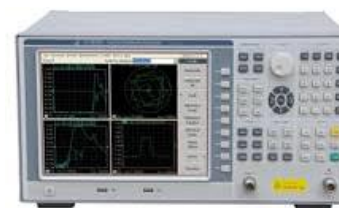
Penelitian nikel ferit (NiFe_2O_4) yang dibuat dari pasir besi dan polimer yang digunakan adalah polivinilidena fluorida. Pada penelitian ini digunakan HEM-E3D, gelas kimia, pengaduk magnetik yang dilengkapi dengan hot plate, magnet permanen, dan timbangan digital. Sementara bahan lain yang diperlukan untuk membuat ferit nikel nanokomposit - polivinilidena fluorida (NiFe_2O_4 - PVDF) adalah NiO , aquabidest, polyetien glicol, asam nitrat, asam sitrit, etilen glikol dan asam oksalat. Dengan instrumen karakterisasi : *X-Ray Diffraction*, *Fourier Transform infraRed* dan *Vector Network Analyser*. Untuk instrumen karakterisasi *Vector Analysis Network* (VNA) berada di Laboratorium Telekomunikasi Politeknik Negeri Padang.



Gambar 2. *X-Ray Diffraction*



Gambar 3. *Fourier Transform*



Gambar 4. *Vector Network Analyser*

Sebelum pasir besi disiapkan dengan metode sol-gel, pasir besi harus dimurnikan terlebih dahulu. Dalam penelitian ini, proses pemurnian pasir besi adalah dengan cara pasir besi dimurnikan dengan cara ditarik menggunakan magnet permanen 30 kali, untuk memisahkannya dari kotoran (residu). Kemudian pasir besi dicuci dengan aquabidest, dan dikeringkan. Setelah kering, pasir besi ditarik menggunakan magnet permanen. Kemudian pasir besi murni dibuat menjadi partikel nano menggunakan alat HEM-E3D selama 30 jam, karena pada penggilingan 30 jam menunjukkan hilangnya fase hematit, sehingga hanya satu fasa tersisa, fasa magnetit. Kemudian di cuci untuk menghilangkan kotoran atau campuran pada pasir besi dan kemudian dikeringkan lagi [16].

Prekursor yang digunakan untuk membuat sol gel magnetit adalah Prekursor ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), didahului dengan mereaksikan 17,4 g magnetit dalam 4,5 g asam oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$) dan 42 mL asam nitrat (HNO_3) pada 110°C . Kemudian tambahkan etilen

glikol ke dalam larutan. Aduk selama 2 jam pada suhu 80°C menggunakan pengaduk magnet [13]. (Larutan 1).

Kemudian, persiapan prekursor nikel dilakukan dengan metode kimia basah, yaitu metode sol-gel menggunakan prekursor $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. pembuatan prekursor dilakukan dengan memanaskan nikel murni dalam bentuk bubuk pada 650°C selama 3 jam [17], dari pemanasan ini diperoleh dalam bentuk NiO murni kehijauan. Timbangan untuk pembuatan prekursor yaitu menambahkan larutan 1, 1.25gr NiO dicampur dengan asam sitrat 5.55gr dan 11.1gr PEG 4000 dan diaduk selama 2 jam pada suhu 90°C. Setelah itu dibiarkan selama 5 menit di strirer untuk mengeringkan prekursor kemudian dicuci dengan aquabidest setelah dikeringkan pada suhu 110°C selama 24 jam. (Larutan 2)

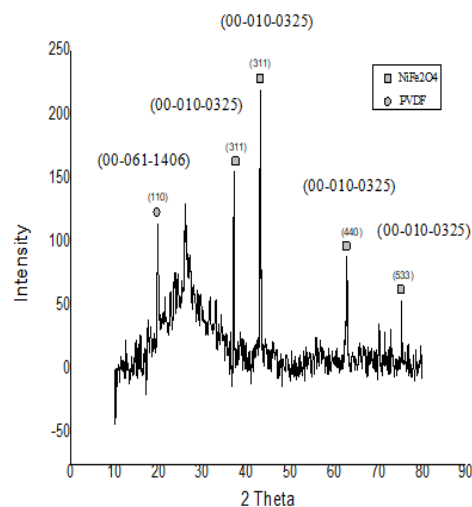
Selanjutnya buatlah prekursor polimer polivinilidena fluorida (PVDF) dengan melarutkan PVDF ke dalam Tetrahydrofuran (THF) dengan perbandingan (3:70). Campuran diaduk terus menerus menggunakan pengaduk magnetik sampai homogen pada 75°C (Larutan 3) [21].

Setelah itu, nanokomposit disiapkan dengan mencampurkan larutan 2 ke dalam larutan 3 dengan variasi komposisi ferit nikel: polivinilidena fluorida (NiFe_2O_4 : PVDF) dengan variasi 30:10 [11]. Proses pengeringan bubuk NiFe_2O_4 / PVDF yang terbentuk kemudian dilakukan dengan pengeringan menggunakan oven pada suhu 110°C sampai sampel menjadi gel. Selanjutnya proses *Sintering*. Ada beberapa unsur yang mempengaruhi proses *sintering* yaitu ukuran partikel, jenis bahan, komposisi. Penelitian ini melakukan variasi suhu *sintering* dengan *sintering* selama 3 jam dengan melakukan variasi suhu 250°C, 280°C, 300°C, 350°C, 450°C. Untuk karakterisasi dilakukan menggunakan VNA (*Vector Network Analyzer*). Sampel dimasukkan ke dalam tempat sampel yang terbuat dari akrilik dengan ukuran $\pm 3,5 \times 2,5$ cm dengan ketebalan 2 mm.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian nanokomposit NiFe_2O_4 / PVDF di dapatkan hasil dan pembahasan sebagai berikut:

1. Hasil karakterisasi nanokomposit NiFe_2O_4 / PVDF menggunakan XRD dengan komposisi 30:10 dilihat pada Gambar 5

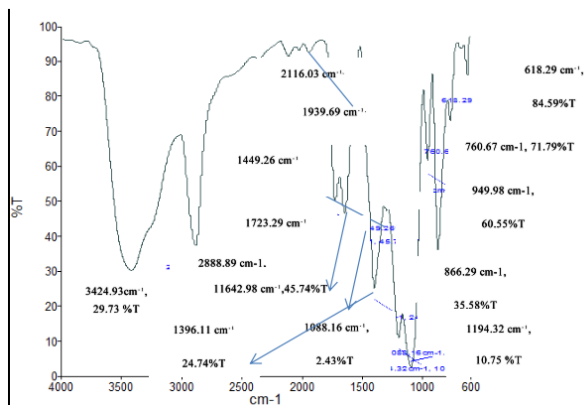


Gambar 5. Pola Difraksi Nanokomposit NiFe_2O_4 / PVDF dengan komposisi 30:10

Pola difraksi sinar-X yang dihasilkan dari nanokomposit NiFe_2O_4 /PVDF dengan komposisi 30:10 memberikan informasi struktur kristal. Hasil karakterisasi XRD yang telah diperoleh dibandingkan dengan database ICDD (00-010-0325) dan (00-061-1406). Pada komposisi 30:10 muncul fasa nanokomposit NiFe_2O_4 , dan PVDF. Hasil dari XRD dapat dilihat pada pola difraksi pada komposisi 30:10 pada Gambar 5.

Pada Gambar 5 bisa kita lihat bahwa ada beberapa puncak tertinggi. Puncak yang ada yaitu berupa lima buah puncak NiFe_2O_4 dan PVDF yang mana puncak paling tinggi yaitu NiFe_2O_4 . Hasil deposisi yang terbentuk adalah lima puncak yaitu pada sudut 2 theta 20.043°, 35.7°, 43.254°, 62.917°, 72.62°. Dengan bantuan *Software HighScore Plus* dapat diidentifikasi indeks miller puncak yang berkaitan dengan fasa yang muncul yaitu (110), (311), (311), (440), (533).

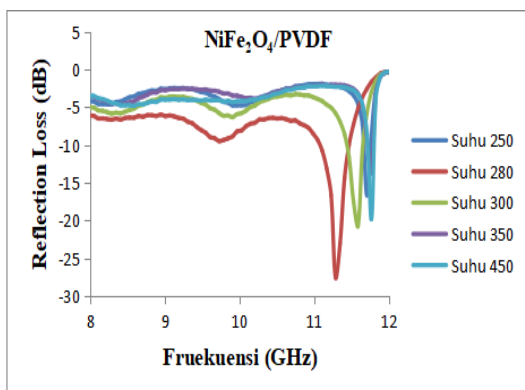
2. Hasil karakterisasi FTIR nanokomposit NiFe_2O_4 / PVDF dengan komposisi 30:10 dilihat pada Gambar 6.



Nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ dengan komposisi 30:10 di peroleh hasil pengamatan spektrum IR nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ yang disintesis dengan metode *sol gel* dengan instrumen *FT-IR* menggunakan metode KBr. Spektrum *IR* nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ diamati pada bilangan gelombang 600-4000 cm^{-1} , yang mana sudah terbentuknya gugus fungsi seperti Gambar 6. Untuk PVDF bilangan gelombang 1500 cm^{-1} dan 3500 cm^{-1} menunjukkan atom O-H dan C-N.

3. Hasil karakterisasi nanokomposit NiFe_2O_4 / PVDF menggunakan *Vector Network Analyzer*

Karakterisasi menggunakan Vector Network Analyzer menghasilkan data dalam bentuk parameter hamburan yang kemudian menghasilkan output dalam bentuk kurva Rugi Refleksi (RL) sebagai fungsi frekuensi. Kurva ini berarti menjelaskan sampel memiliki penyerap gel elektromagnetik yang baik maupun tidak. Gambar 7 menunjukkan kurva kehilangan refleksi dari nanokomposit NiFe_2O_4 / PVDF dengan variasi suhu *sintering*, ditunjukkan pada Gambar 7



Gambar 7. Kurva Pengaruh Suhu *Sintering* dengan *Reflection Loss* pada nanokomposit $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$

Sampel dengan ketebalan 2 mm dan komposisi fase NiFe_2O_4 / PVDF dengan variasi suhu

sintering telah diuji dengan rentang frekuensi yang sama, yaitu di daerah X-Band menghasilkan daya serap yang berbeda serta nilai kehilangan refleksi yang berbeda pula. Penyerapan yang baik ditandai dengan nilai refleksi yang rendah. Dari lima variasi suhu *sintering* 250°C, 280°C, 300°C, 350°C, 450°C, nilai-nilai kerugian refleksi adalah - 16,657 dB, - 27,58 dB, - 20,73 dB, -13,69 dB, -19,79 dB. Kita dapat melihat dari grafik, nilai kehilangan refleksi terendah oleh suhu *sintering* 300°C . Berdasarkan penelitian sebelumnya, semakin dalam dan lebih luas lembah penyerapan terbentuk, semakin baik kemampuan untuk mennjadi bahan penyerap radar [18].

Selain memiliki daya serap yang baik, karakteristik bahan penyerap gelombang mikro yang baik adalah memiliki pita serapan lebar atau interval frekuensi yang besar karena bahan tersebut akan mampu menyerap mikrostruktur dalam berbagai rentang frekuensi [19]. Berdasarkan nanokomposit NiFe_2O_4 / PVDF dengan suhu *sintering* 280°C , pita serapan terluas berada pada pelebaran pita 0,36 GHz dan memiliki frekuensi serapan maksimum pada frekuensi 11,28 GHz.

Tabel 1. Nilai *Reflection Loss* NiFe₂O₄ / PVDF

Sintering Temperature (°C)	Frekuensi (GHz)	Reflection Loss (dB)	Absorption Coefficient (%)
250	11.70	- 16.654	85.30%
280	11.28	-27.5767	95.82%
300	11.58	- 20.73	90.80%
350	11.76	-13.6892	79 %
450	11.76	-19.7901	89.75 %

Hasil karakterisasi pelebaran pita serapan nanokomposit NiFe_2O_4 / PVDF dapat diamati pada Tabel 1. Dari Gambar 7, kita dapat mengamati secara langsung perbedaan pita serapan dalam variasi suhu *sintering* 250 ° C, 300 ° C, 450 ° C. Tabel 2 menjelaskan hasil analisis pelebaran pita serapan.

Tabel 2. Data Lebar Pita Penyerapan pada nanokomposit NiFe₂O₄ / PVDF

<i>Sintering Temperature</i> (°C)	<i>Reflection Loss</i> (dB)	<i>Absorption band</i> (GHz)	<i>Bandwidth absorbs</i> (GHz)
250	- 16.6547	11.70-11.76	0.06
280	-27.5767	11.1-11.46	0.36
300	- 20.7315	11.46-11.64	0.18
350	-13.6892	11.76-11.82	0.06
450	-19.7901	11.76-11.82	0.06

Berdasarkan hasil yang diperoleh, nanokomposit NiFe₂O₄/PVDF suhu *sintering* 280°C memiliki nilai *reflection loss* maximum dan rentang frekuensi yang paling besar. Hal ini bersesuaian dengan penelitian[1] bahwasannya perubahan suhu *sintering* berpengaruh karena *Sintering* merupakan proses pemadatan dari sekumpulan serbuk pada suhu tinggi di bawah titik leburnya sehingga terjadi perubahan struktur mikro. Ketika *sintering* dilakukan maka akan terjadi pemadatan pada nanokomposit Sehingga menyebabkan perubahan bentuk struktur kristal dan semakin cepat proses pembentukan kristal tersebut maka semakin besar suhu *sintering* digunakan. Pada tahapan ini bertujuan untuk memadat-kompakkan bahan yang sudah dicetak dengan suhu tinggi^[20].

Pada penelitian ini bersesuaian dengan teori yang mana pengaruh suhu *sintering* terhadap pergeseran puncak pada frekuensi tertentu yang mana semakin tinggi suhu *sintering* tidak menentukan penyerapan gelombang mikro semakin baik pula. Selain itu nilai *reflection loss* yang tinggi akan mempunyai lebar pita penyerapan yang besar dan apabila hal ini terjadi maka material tersebut bisa dikatakan untuk penyerapan gelombang mikro yang baik.

KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat nanokomposit NiFe₂O₄ / PVDF dengan metode sol-gel dengan variasi suhu *sintering* pada komposisi NiFe₂O₄ / PVDF 30:10 yaitu 250° C, 280° C, 300° C, 300° C, 350° C, 450° C dengan nilai kerugian refleksi tertinggi -27,5767 dB pada 280° C dengan frekuensi 11,28 GHz. Berdasarkan analisis ditemukan bahwa variasi suhu *sintering* nanokomposit NiFe₂O₄ / PVDF mempengaruhi sifat penyerapan gelombang mikro dari nanokomposit NiFe₂O₄ / PVDF dan nanokomposit NiFe₂O₄ / PVDF dapat digunakan sebagai RAM di area X-band.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramadhan, Muhammad Iqbal, Wahyu Widanarto, Sunardi. *Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Struktur dan Sifat Magnetik Ni²⁺- Barium Ferit sebagai Penyerap Gelombang Mikro*. Jurnal Teras Fisika Volume 1, Nomor 1 Februari 2018.
- [2] Nasution Erika Linda Yani, Astuti. *Sintesis Nanokomposit Pani/Fe₃O₄ Sebagai Penyerap Magnetik Pada Gelombang Mikro*. Jurnal Fisika Unand Vol. 1, No. 1, Oktober 2012 ISSN 2302-8491
- [3] Chakraborty, H., S. Chabri, & N. Bhowmik. 2013. Electromagnetic Interference Reflectivity of Nanostructured Manganese Ferrite Reinforced Polypyrrole Composites. *Transactions on Electrical and Electronic Materials*. Dec, 14(6): 295-298
- [4] Hosseini, S. H. & A. Asadnia. 2012. Synthesis, Characterization, and Microwave-Absorbing Properties of Polypyrrole / MnFe₂O₄ Nanocomposite. *Journal of Nanomaterials*.
- [5] Joshi, S., Kumar, M., Choker, S., Srivastava, G., Jawariya, M., and Singh, V. N. 2014. *Structural, Magnetic, Dielectric, and Optical Properties of Nickel Ferrite Nanoparticles Synthesized by Co-presipitation Method*. Journal of Molecular Structure. Vol. 1076.
- [6] Maensiri S, C Masingboon, B Boonchom, S Seraphin. 2007. A simple Route To Synthesize Nickel Ferrite (NiFe₂O₄) Nanoparticles using Egg White. *Script Materialia* Volume 56, issue 9, pages 797-800
- [7] H. Perron, T Miller, C domain, J Roquest, E Simoni, R Drot, H Catalette. 2007. Structural investigation and electronic properties of the nickel ferrite NiFe₂O₄: Periodic Density Functional Theory Approach; *Journal Of Physics; Condens Matter* 346219
- [8] Hossein Hosseini, Seyed, and A Asadnia, "Polyaniline/Fe₃O₄ Coated on MnFe₂O₄ Nanocomposite: Preparation, Characterization, and Applications in Microwave Absorption." *International Journal of Physical Sciences*, Vol. 8 (22), Jun 2013, p. 1209-17. doi:10.5897/IJPS12.576

- [9] Hüseyin Kavas, Nermin Kasapoğlu, Abdülhadi Baykal, Yüksel Köseoğlu, "Characterization of NiFe₂O₄ Nanoparticles Synthesized by Various Methods," Chemical Papers, vol. 63, pp. 450–55, 2009.
- [10] Dong XM, Fu RW, Zhang MQ, Zang B, Rong MZ. 2004. *Electrical Resistance Response Of Carbon Black Filled Amorphous Polymer Composite Sensors To Organic At Low Vapor Concentrations*. Carbon 42(12-13);2551-9
- [11] F.Liu, N.A.Hashim, Y.Liu, M.R.Mo.Abed, K.Li. *Reviw-Progres In The Production In The Production And Modification Of PVDF Membrane*. J. Membr.Sci.375:1-27(2011)
- [12] Aditya ,Nugraha,dkk. *Karakterisasi Material Polimer PvdF Dengan Polarisasi Permukaan* . Jurnal Rekayasa Mesin Vol.8, No.3 Tahun 2017: 135-139 ISSN 2477-6041
- [13] Yulfriska N, DarvinaY, Yulkifli, Ramli. *Microstructure of magnetite-polyvinil flouuride (Fe₃O₄/PVDF) nanocomposite prepared by spin coating method*. Jurnal of Physics,conference series,volume 1185
- [14] Mashadi,Yunasfi Danwisnuariadi.*Analisis Struktur Kristal Dan Gugus Fungsi Nife2o4 Hasil Sintesis Dengan Metode Sol Gel*.Jurnal Sains Materi Indonesia Vol. 17, No. 3, April 2016
- [15] Yunasfi, Mia Adha, Nurhasni.*Magnetic and Microwave Absorbing of Mn(1-x)NdxFe2O4 Synthesized withCo-Precipitation Method*. Jurnal ILMU DASAR, Vol.19 No. 1, Januari 2018 :17-22
- [16] Yulfriska, N., D. Rianto., F. Murti., Y. Darvina and R. Ramli. *Optical Properties of Fe₃O₄ Thin Films Prepared from the Iro Sand by Spin Coating Method*. Materials Science and Engineering 335 (2018) 012010 DOI:10.1088/1757-899X/335/1/012010.
- [17] Cao Yan Chang, Wei Guo, Zhi Min Cui, Wei Guo Song dan Wei Cai. 2011. *Microwave-Assisted Gas/Liquid Interfacial Synthesis Of Flowerlike Nio Hollow Nanosphere Precursors And Their Aplication As Supercapacitor Electrodest*, *Journal Of Material Chemistry* Vol 21 hal 3204-3209
- [18] Awalin ,Ni'matul.. *Studi Penyerapan Gelombang Elektromagnetik Rentang X-Band Dengan Menggunakan Penyerap Pani Konduktif Dan Barium M-Heksaferrit Terdoping Ion Zn (0,3≤X≤0,9)* . Skripsi.Surabaya: Institute Sepuluh November
- [19] Mu'minin, Nisa Ul. *Pengaruh Lama Sintering Terhadap Karakteristik Zinc Ferrite (Znfe2o4) Untuk Aplikasi Penyerap Gelombang Mikro*.Skripsi. KENDARI: Universitas Haluoleo
- [20] Sulyanti, M.M.,*Pembuatan Rf Absorber Berbasis Karbon Lokal Untuk Aplikasi Radar*. Prosidings InsiNas 2012
- [21] Rahmi, Ramli, Yenni Darvina. *Analisis Sifat Listrik Nanokomposit Fe3o4/Pvdf yang Disintesis Dengan Metode Sol Gel Untuk Aplikasi Elektroda Baterai Lithium Ion*.Pillar Of Physics, Vol. 11 No. 2, Oktober 2018, 73 – 80