

Pengaruh Variasi Komposisi BaM/PAni Matriks Cat Epoxy pada Pelapisan *Single Layer* dengan Metode *Spray Coating* untuk Aplikasi Material Penyerap Radar

Rifki Rachman Kholid, Widyastuti, dan Rindang Fajarin

Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: wiwid@mat-eng.its.ac.id

Abstrak—Penyerapan gelombang mikro dapat dilakukan melalui rekayasa material, menggunakan material RAM (*Radar Absorbing Material*) yang terdiri dari material resistif dan material magnetik untuk menyerap gelombang radar. Material magnetik yang digunakan adalah BaM (Barium Heksaferrit). Sintesis material BaM menggunakan metode *solid state*. Material BaM di doping dengan Zn^{2+} untuk meningkatkan nilai *Magnetic Saturation* (Ms) dari 58,97 emu/gr menjadi Ms 60,04 emu/gr dan menurunkan nilai koersivitas (Hc) dari 4743 Oe menjadi 833,17 Oe. PAni (Polianiline) merupakan material polimer konduktif yang digunakan pada penelitian ini. Material PAni didapatkan dengan proses polimerisasi oksidasi kimia. Penggunaan PAni dikarenakan memiliki stabilitas thermal dan konduktivitas listrik yang baik sebesar $1,579 \times 10^{-5}$ S/cm. Komposit BaM/PAni kemudian dicampurkan dengan cat epoxy dengan variasi persen berat 5,10,15 wt%. Kemudian dilapiskan pada material aluminium 2024 dengan metode *spray coating* dengan lapisan *single layer*. Untuk mengetahui nilai rugi refleksi dari material RAM yang telah dilapisi pada plat aluminium dilakukan pengujian VNA (*Vector Network Analyzer*) pada rentang frekuensi 8-12 GHz. Didapatkan nilai R_L maksimum sebesar -26,34 dB 9,33 GHz dengan ketebalan 59,1 micron pada komposisi BaM/PAni 15 wt%. Dari hasil penyerapan dan nilai ketebalan yang didapatkan, komposisi komposit BaM/PAni 15 wt% terhadap matriks cat epoxy sesuai untuk aplikasi RAM pada pesawat.

Kata Kunci—RAM, *Radar Absorbing Material*, Barium Heksaferrit, Polianilin, Matriks Cat Epoxy, *Spray Coating*, *Vector Network Analyzer*.

I. PENDAHULUAN

MATERIAL untuk menyerap gelombang elektromagnetik dinamakan *Radar Absorbing Material* (RAM). RAM terbuat dari dua bahan utama yaitu material resistif dan atau material magnetik [1]. Bahan magnetik yang digunakan yaitu

Barium M-Heksaferrit (BaM). Material BaM ini digunakan karena memiliki magnetisitas tinggi, temperatur curie tinggi dan dapat menyerap gelombang radar [2]. Untuk penyerapan medan listrik digunakan Polianilin (PAni) karena memiliki stabilitas thermal dan konduktivitas listrik yang baik. Penyerapan gelombang mikro dapat dilihat berdasarkan nilai rugi refleksinya. Semakin besar nilai negatif rugi refleksinya, maka semakin besar daya serap material tersebut terhadap gelombang mikro [3].

Meshram, dkk melakukan pelapisan plat aluminium sebagai material penyerap radar dengan perbandingan komposit RAM dan cat epoxy 60%: 40% dengan pelapisan *single layer* dan *two layer*, menghasilkan rugi refleksi terkecil 6 dB [4]. Efhana, dkk mensintesis BaM dengan doping ion Zn^{2+} dengan metode kopresipitasi kemudian mencampurkan BaM dengan cat epoxy dengan perbandingan 1:1 dan menghasilkan nilai rugi refleksi -16 dB pada 18 GHz [5].

Perlu dilakukannya pengembangan penelitian material penyerap radar. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan variasi komposisi komposit RAM (BaM/PAni) dan matriks cat epoxy metode pelapisan menggunakan *airspray* dengan lapisan *single layer* dan *two layer*. Dalam penelitian ini diharapkan menghasilkan nilai rugi refleksi RAM yang tinggi dengan ketebalan *coating* yang tipis. Pada penelitian ini variasi yang digunakan antara material RAM dan cat epoxy yaitu 5, 10, 15, wt%.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Material

Material yang digunakan dalam sintesis komposit RAM (BaM/PAni) antar lain: Barium karbonat ($BaCO_3$), Serbuk Besi (III) Oksida (Fe_2O_3), Serbuk Zn, Anilin ($C_6H_7NH_2$), *Dodecylbenzene Sulfonit Acid* ($C_{18}H_{30}O_3S$), Amonium Perokdisulfat ($(NH_4)_2S_2O_8$), Aseton (C_3H_6O).

Material tambahan yang digunakan antara lain : Cat Epoxy Primer 37035A, Hardener 92140, Thiner 96184, Methyl Ethyl Ketone. (C_4H_8O).

B. Sintesis Material BaM,

Sintesis komposit BaM/PAni diawali dengan mensintesis material BaM dengan metode *solid state*. Langkah yang dilakukan yaitu menimbang serbuk Fe_2O_3 , BaCO_3 , dan Zn sesuai perhitungan stoikiometri. Kemudian mencampurkan bahan dengan alkohol dan bola baja dengan perbandingan 1:5/3:5. Dilakukan proses milling dengan temperatur ruang selama 2 jam dengan kecepatan 150 rpm. Hasil proses *milling* kemudian dikalsinasi pada temperatur 1200°C , dan didapatkan serbuk BaM. Serbuk BaM yang didapatkan kemudian dikarakterisasi dengan pengujian XRD pert PANalytical, SEM-EDX FEI 850, FTIR Nicolet iS10, dan VSM 250 Dexing Magnet untuk mengetahui sifat magnetik dari BaM.

C. Sintesis Material PAni

Sintesis Material PAni menggunakan metode polimerisasi, dengan melarutkan Anilin dan DBSA (*Dodecylbenzene Sulfonit Acid*) dengan aquades selama 15 menit. Kemudian melarutkan larutan APS (Amonium Perokdisulfat) dengan aquades. Kemudian melakukan proses polimerisasi dengan mentitrasi larutan anilin dan DBSA menggunakan larutan APS selama 8 jam pada temperatur 0°C . Hasil polimerisasi kemudian disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan larutan aseton dan aquades. Prekursor PAni dikeringkan pada temperatur kamar. Serbuk PAni yang didapatkan kemudian dikarakterisasi dengan pengujian SEM-EDX FEI 850, FTIR Nicolet iS10, dan *Inductance Capacitance Resistance* hioki 3532-50 untuk mengetahui konduktivitas listrik dari material PAni.

D. Pembuatan Spesimen Material Penyerap Radar

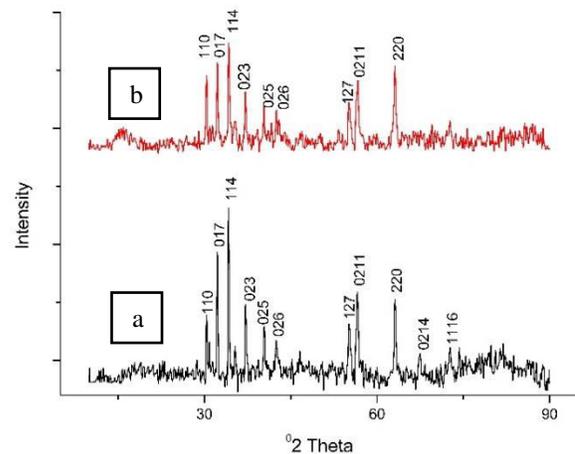
Pembuatan spesimen dimulai dengan menyiapkan plat Aluminium 2024 yang akan digunakan sebagai substrat. Aluminium 2024 yang akan dilapisi dengan komposit RAM dilakukan proses *surface treatment* menggunakan alodine 1200S. Kemudian menyapkan komposit RAM dengan mencampurkan material BaM dan PAni dengan perbandingan 1:2,5 menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 3 jam. Selanjutnya mencampur komposit RAM dengan cat epoxy dengan variasi berat komposit RAM : 0 wt%, 5wt%, 10wt%, dan 15 wt%. Proses pelapisan pada plat Aluminium menggunakan *spray gun*, tekanan yang digunakan sebesar 7 bar dan jarak semprot 300 mm. Hasil pelapisan dikeringkan pada temperatur 21°C selama 48 jam. Kemudian Spesimen yang telah jadi dilakukan pengujian mikroskopik untuk mengetahui persebaran butir komposit RAM dan pengujian VNA (*Vector Network Analyzer*) untuk mengetahui nilai rugi refleksi dari tiap variasi spesimen.

III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Struktur Komposit RAM

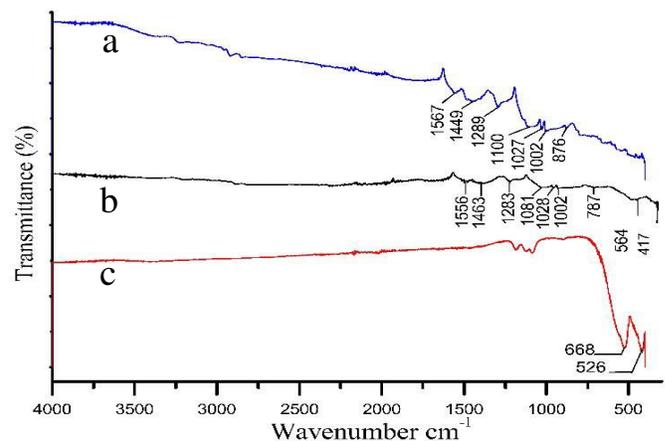
Pengujian XRD untuk material BaM dilakukan dengan rentang sudut $10^\circ - 90^\circ$ menggunakan panjang gelombang $\text{CuK}\alpha$ 1.54 Å. Data XRD diolah menggunakan software match untuk mendapatkan grafik yang lebih halus dan disatukan dengan software origin antara material BaM yang di doping

Zn 0,5 dengan BaM Non-dopping ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Pengujian XRD Material BaM : a) BaM Non doping b) BaM Dopping Zn.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa kedua grafik menunjukkan pola yang sama, dengan fase yang teridentifikasi adalah fase BaFe₁₂O₁₉. Material BaM Non Dopping terbentuk fasa tunggal BaFe₁₂O₁₉ dengan struktur kristal hexagonal JCPDS 96-100-9034. Analisis kurva XRD dengan doping ion Zn^{2+} juga menunjukkan terbentuknya fase BaFe₁₂O₁₉ JCPDS 96-100-9034. Terjadi pergeseran peak pada intensitas tertinggi dari 34.1620° menjadi 34.1546° . Hal ini menandakan terjadinya substitusi ion Zn^{2+} yang mengganggu struktur kristal dari material BaM [6].



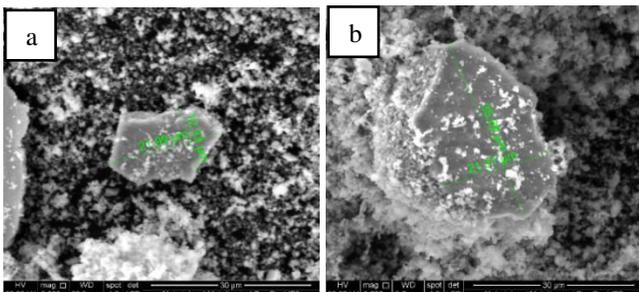
Gambar 2. Hasil Pengujian FTIR : a) Polianiline b) Komposit RAM c) BaM.

FTIR material RAM untuk mengetahui ikatan komposit BaM/PAni telah terbentuk ditunjukkan pada Gambar 2. Pada *wavenumbers* 1556 cm^{-1} terdapat C=C quinoid. C=C benzene terbentuk di nilai 1436 cm^{-1} [7]. Ikatan C-N terdapat pada peak 1283 cm^{-1} [8]. Pada komposit BaM/PAni terdapat juga ikatan S=O yang menandakan doppan DBSA pada polianilin berhasil dilakukan dan membentuk ikatan dengan material BaM pada bilangan gelombang 1081 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 1028 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ikatan N=Q=N pada PAni yang terdopping [9]. Terdapat ikatan M-O pada nilai 564 dan 417

cm⁻¹ yang menunjukkan ikatan antar logam yang disebabkan oleh material BaM dengan Material Polianiline yang ditunjukkan oleh gambar 4.13. Ikatan M-O terbentuk pada rentang 600-300 cm⁻¹ [10]. Dari hasil FTIR yang didapat dapat disimpulkan bahwa material komposit BaM/PAni berhasil terbentuk

B. Karakterisasi Morfologi dan EDX Komposit RAM

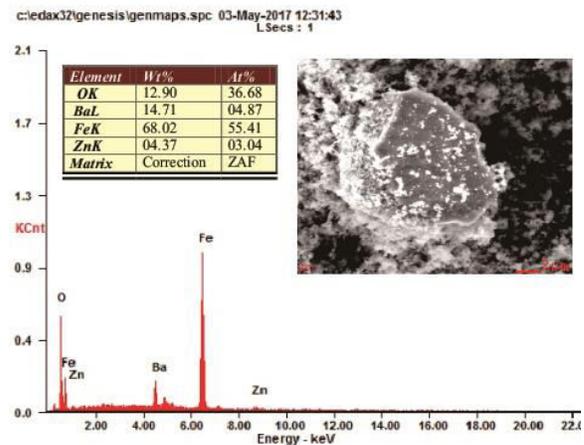
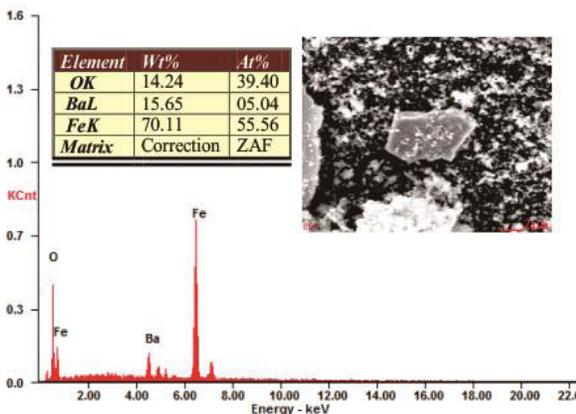
Pada pengujian secara morfologi material BaM menggunakan uji SEM seperti terlihat pada Gambar 3 menunjukkan bahwa material BaM yang tidak didopping dan didopping memiliki morfologi heksagonal. Pada material yang didopping dengan Zn memiliki morfologi heksagonal namun terdapat juga morfologi seperti agregat dikarenakan adanya interaksi antar partikel magneto dipol [9].



Gambar 3. Hasil Pengujian SEM Material BaM: a) Barium Non Dopping Perbesaran 5000x b) Barium Dopping Perbesaran 5000x

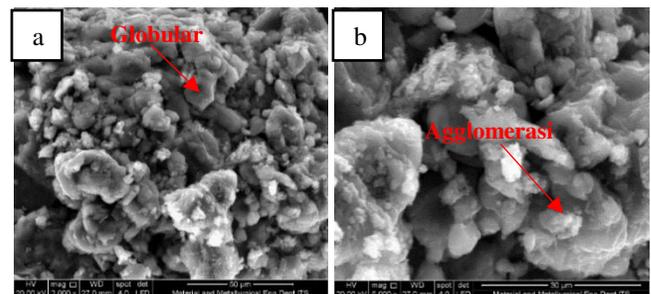
Ukuran partikel barium yang didopping memiliki nilai yang lebih besar yaitu 35,69µ x 21,31µ sedangkan material yang tanpa dopping memiliki ukuran butir 21,99µ x 12,33µ. Ukuran partikel yang berbeda disebabkan karena dopping ion Zn yang memiliki nilai jari-jari atom lebih besar dari ion Fe²⁺, yaitu dengan nilai jari Fe sebesar (0,645Å) dan Zn sebesar (0,74Å) [11].

Dari analisis EDX ditunjukkan pada Gambar 4 dilakukan untuk mengetahui komposisi element yang terdapat pada material BaM. Jika dibandingkan dari kedua hasil EDX yang didapatkan bahwa terjadi pengurangan unsur Fe dari 70,11% menjadi 68,02%. Pada material yang didopping didapatkan unsur Zn pada material BaM yang didopping sebesar 4,47 wt%, hal ini menunjukkan bahwa pendoppingan unsur Zn berhasil dilakukan.



Gambar 4. Hasil Pengujian EDX ; a) Barium Non Dopping Perbesaran 2000x b) Barium Dopping Perbesaran 5000x

Pada Gambar 5.a terlihat partikel polianiline memiliki bentuk morfologi aglomerasi globular dan memiliki jarak antar molekul yang rapat. Pada perbesaran 5000x yang terdapat pada Gambar 5.b. terlihat lebih jelas aglomerasi atau penggumpalan dari serbuk polianilin yang dihasilkan. Penggumpalan pada serbuk polianiline disebabkan adanya sisa pelarut dalam proses polimerisasi. Penggumpalan yang terjadi dalam material polianiline mempengaruhi konduktivitas listrik yang dihasilkan menjadi lebih rendah [7].



Gambar 5. Hasil SEM Material Polianilin ; a) Perbesaran 2000x b) Perbesaran 5000x

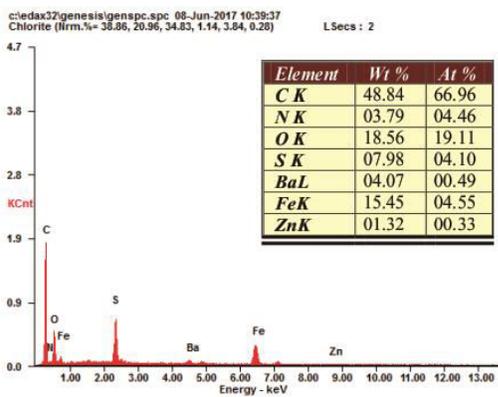
Distribusi komposisi partikel komposit BaM/PAni dianalisis menggunakan pengujian EDX ditampilkan pada Gambar 6, dari pengujian EDX didapatkan unsur penyusun PAni yaitu C,N,O,dan S [6]. Kemudian terdapat juga komposisi Ba, Fe, O, dan Zn sebagai unsur penyusun material BaM. Dari hasil EDX yang dihasilkan membuktikan bahwa komposit RAM telah terbentuk dengan lebih banyak komposisi dari PAni, berat yang dihasilkan oleh komponen PAni lebih dominan. Hasil EDX sesuai dengan komposisi PAni dan BaM yang digunakan yaitu 2,5:1 perbandingan berat komposit.

C. Sifat Kemagnetan

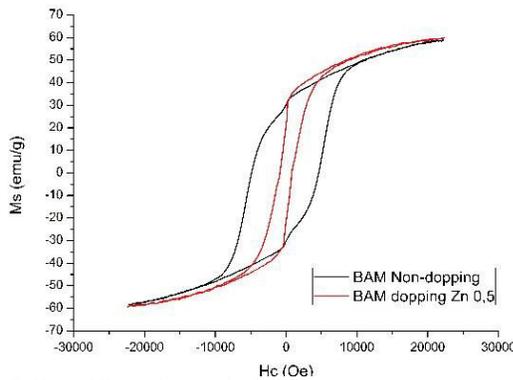
Dari Gambar 7 dapat diketahui nilai saturasi magnetik (Ms) dan nilai koersivitas (Hc) dari material BaM yang didopping dan tidak didopping. Nilai Magnetisasi BaM yang tidak didopping sebesar 58,97 emu/gr dan nilai koersivitas sebesar

4743 Oe, sedangkan untuk material yang didopping memiliki Ms 60,04 emu/gr dan Hc 833,17 Oe.

Ukuran partikel yang berbeda dari hasil SEM Gambar 3 menyebabkan karakteristik magnet dari BaM memiliki nilai yang [12]. Substitusi ion Zn membuat arah dipol menjadi random sehingga material BaM yang didopping memiliki nilai magnetisasi saturasinya lebih besar karena semakin banyak energi yang dibutuhkan untuk mencapai arah dipol yang seorientasi dengan medan H [13]. Jika dibandingkan dengan material BaM yang dopping dengan ion Zn terjadi penurunan nilai koersivitas yang menjadikan material BaM dengan dopping Zn lebih bersifat *softmagnetic*. Rendahnya nilai koersivitas dan tingginya nilai saturasi magnetik membuat sifat absorbsinya menjadi semakin kuat [14]. Sifat ini sangat dibutuhkan untuk aplikasi material penyerap radar.



Gambar 6. Hasil Pengujian EDX Komposit BaM/PANI.

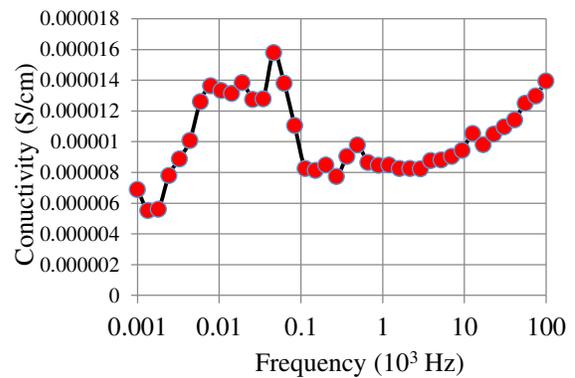


Gambar 7. Kurva Histeresis material BaM.

D. Sifat Kelistrikan

Dari hasil pengujian LCR meter pada Gambar 8 didapatkan nilai konduktivitas minimum sebesar $9,7 \times 10^{-6}$ S/cm dan nilai maksimum pada $1,579 \times 10^{-5}$ S/cm. Pada rentang tersebut material polianilin yang dihasilkan termasuk dalam kategori material semikonduktor. Seperti yang disebutkan oleh MacrDiamird (2001) bahwa material semikonduktor memiliki rentang 10^2 sampai 10^{-7} S/cm, material konduktor lebih kecil dari 10^{-7} S/cm. Proses dopping pembentukan PANi dalam percobaan ini mengekspos polimer yang berupa isolator dengan agen transfer (DBSA) dalam fasa

larutan melalui oksidasi kimia. Dengan proses ini menyebabkan PANi yang dihasilkan memiliki kemampuan menghantarkan listrik yang lebih tinggi karena peningkatan konsentrasi pembawa muatan didalam polimer [15].

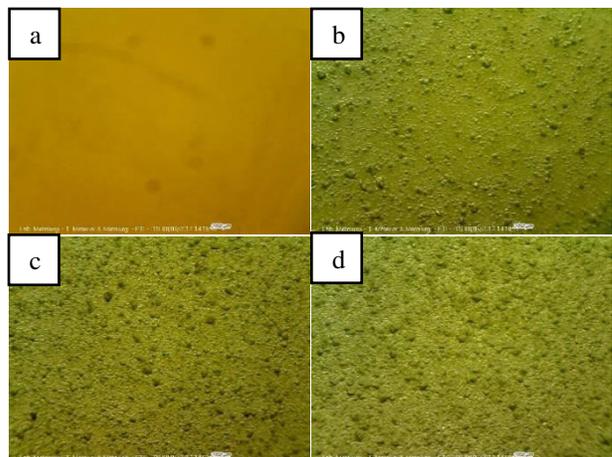


Gambar 8 Grafik Hasil Pengujian Konduktivitas PANi.

Nilai konduktivitas PANi yang tidak di dopping rendah yaitu sebesar $8,798 \times 10^{-8}$ S/cm. Pada proses dopping, proton-proton ditambahkan ke situs-situs imina (-N=) sehingga terdapatnya vibrasi ikatan imina berpengaruh terhadap nilai konduktivitas PANi [16]. Kemudian dopping dengan DBSA akan meningkatkan muatan PANi akibat delokalisasi muatan yang meningkat karena terbentuknya struktur polaron/bipolaron [17].

E. Pengujian Mikroskopik

Untuk mengetahui lebih jelas persebaran komposit RAM pada lapisan *coating* dilakukan pengujian makroskopik menggunakan *stereomicroscope* dengan menggunakan perbesaran 8x. Hasil pengamatan pengujian ini ditampilkan pada Gambar 9.



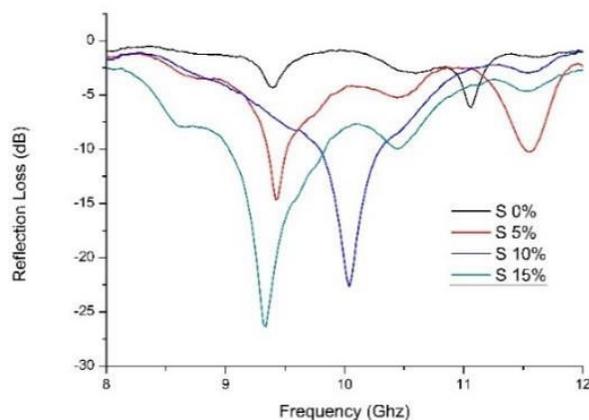
Gambar 9. Hasil Pengamatan Mikroskopik dengan Perbesaran 8x: : a) 0%S b) 5%S c) 10%S d) 15%S.

Spesimen tanpa dopping *single layer* Gambar 9.a mempunyai warna kuning keemasan, dikarenakan lapisan cat epoxy mempunyai ketebalan yang lebih tipis sehingga ketika dilakukan pengamatan terlihat juga warna dari plat aluminium hasil *alodining*. Penambahan komposisi komposit RAM

menyebabkan meningkatnya jumlah partikel pada spesimen. Pada Gambar 9.d terdapat jumlah partikel komposit RAM yang paling banyak dikarenakan memiliki persentase penambahan yang paling besar. Banyaknya jumlah partikel komposit RAM meningkatkan nilai penyerapan gelombang elektromagnetik.

F. Pengujian Vector Network Analyzer

Pengukuran penyerapan gelombang elektromagnetik dilakukan dengan rentang 8-12 GHz yang merupakan operasi gelombang mikro untuk teknologi militer. Pada pengujian ini menggunakan parameter S11 yang merupakan parameter absorpsi pada material dengan perantara adapter. Gambar 10 merupakan hasil pengujian VNA dari pelapisan *single layer* Hasil pengujian VNA setiap spesimen dengan nilai rugi refleksi maksimum ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 10. Hasil Pengujian VNA.

Tabel 1. Nilai Rugi Refleksi Maksimum Spesimen RAM

Spesimen	Ketebalan (micron)	Rugi Refleksi (dB)	Frekuensi (GHz)
0 % single layer	20,9	-5,872	11,075
5% single layer	29	-14,659	9,422
10% single layer	44,1	-22,441	10,032
15% single layer	59,1	-26,344	9,337

Ketebalan lapisan juga merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi sifat penyerapan, bahwa semakin meningkat ketebalan maka partikel penyerapan dan luas penyerapan didalam lapisan juga akan bertambah sehingga nilai absorpsi akan meningkat [18]. Dari Tabel 1 diketahui penambahan persen berat komposit RAM meningkatkan ketebalan dan nilai rugi refleksi. Penyerapan maksimum didapatkan dari spesimen penambahan 15 wt% komposit RAM sebesar -26,334 dB . Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan dengan mikroskop optik, bahwa semakin banyak partikel komposit RAM dengan persebaran partikel yang merata maka proses penyerapan akan semakin meningkat. Perbedaan nilai rugi refleksi dari setiap spesimen berbeda beda berdasarkan dengan penambahan serbuk komposit RAM yang menyebabkan bertambahnya nilai ketebalan lapisan. Saat penambahan komposit RAM meningkat maka partikel-partikel menjadi semakin rapat dan luas penyerapan bertambah seperti

yang terlihat pada Gambar 9, dan menyebabkan penyerapan gelombang elektromagnetik menjadi semakin tinggi.

IV. KESIMPULAN

Penambahan komposisi komposit RAM meningkatkan nilai absorpsi gelombang elektromagnetik. Hal ini dikarenakan semakin tinggi komposisi komposit RAM maka semakin meningkat jumlah partikel komposit RAM dan mempengaruhi nilai rugi refleksi. Didapatkan nilai rugi refleksi pada variasi komposisi komposit RAM 0, 5, 10, dan 15 wt% dengan pelapisan single layer, senilai : -5,872 dB, -14,659 dB, -22,441dB, dan -26,344 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Saville, "Review of Radar Absorbing Materials," Atlantic, 2005.
- [2] L. Li, K. Chen, G. Liu, H. Tong, H. Qian, and B. Hao, "Attractive Microwave-Absorbing Properties of M-BaFe12O19 Ferrite," *J. Alloys Compd.*, vol. 557, pp. 11–17, 2013.
- [3] K. Y. Park, C.-G. Lee, S.-E. Kim, and J.-H. Han, "Fabrication and Electromagnetic Characteristics of Electromagnetic Wave Absorbing Sandwich Structures," *Compos. Sci. Technol.*, vol. 66, pp. 576–584, 2006.
- [4] M. R. Meshram, K. A. Nawal, S. Bharoti, and P. S. Misra, "A Study on the behavior of M-type barium hexagonal ferrite based microwave absorbing paints," *Bull. Mater. Sci.*, vol. 25, pp. 169–173, 2002.
- [5] E. D. Putri, E. S. A. Devi, V. Dita, S. A., and M. Zainuri, "Pembuatan Pelapisan Penyerapan Gelombang Mikro Berbasis M-Hexaferrite BaFe12-2xZnxO19 dari Pasir Alam Pada Kabin Pesawat," *J. Fis. FMIPA*, 2012.
- [6] N. Sasria and Widyastuti, "Pengaruh Metode Pelapisan dan Ketebalan Lapisan terhadap Rugi Refleksi pada Barium M-Hexaferrit/Poly(aniline,pyrrole,ethylene terephthalate) sebagai Material Penyerap Radar," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [7] J. Jiang and L. Ai, L.-H. Lin-Y, "Poly(aniline-co-otoluidine)/BaFe12O19 Composite: Preparation and Characterization," *Mater. Lett.*, vol. 64, pp. 888–890, 2010.
- [8] B. D. Mistry, *A Handbook of Spectroscopic Data Chemistry*. Jaipur: Oxford Book Company, 2009.
- [9] A. G. MacDiarmid, "Nobel Lecture: Synthetic Metals: a Novel Role for Organic Polymers," *Rev. Mod. Phys.*, vol. 73, pp. 701–712, 2001.
- [10] G. Socrates, *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies*, 3rd ed. London: John Wiley & Sons, 2001.
- [11] R. Agustianto, F. R. M. Dwi, R. D. Kristiputra, A. A. Marsha, and Widyastuti, "Magnetic Properties of Ni-Zn Doped M-Tipe Barium Hexaferrite Prepared by Sol-Gel Method," in *Proceeding Basic Science International Conference*, 2015, pp. 8–11.
- [12] S. Kanagesan, M. Hashim, S. Jesurani, T. Kalaivani, and I. Ismail, *Influence of Zn-Nb on the Magnetic Properties of Barium Hexaferrite*. Springer, 2013.
- [13] E. L. . Nasution and Astuti, "Sintesis Nanokomposit PAni/Fe3O4 sebagai Penyerap Magnetik pada Gelombang Mikro," *J. Fis. Unand*, vol. 1, no. 1, pp. 37–44, 2012.
- [14] L. Silvia, "Pelapisan Komposit PAni/BaM-SiO2 Berbasis Material Alam sebagai Penyerap Gelombang Mikro dan Pelapis Anti Korosi pada Baja Grade A Tipe AH-36," Surabaya, 2013.
- [15] N. A. K. Umiati, K. Triyanta, and K. Abraha, "Studi Pengaruh Konsentrasi Dopan pada Polianilin Nanofiber: Sintesis dan Karakterisasi Spektroskopi Infra-Red," in *Seminar Nasional 2nd Lontar Physics Forum*, 2013, pp. 1–5.
- [16] J. Fernando and C. Vedhi, "Synthesis, Spectral and Electrochemical Characterization of Adipic Acid Doped Polyaniline," *internatinal J. Sci. Technoledge*, pp. 166–173, 2015.
- [17] Z. Wang, H. Bi, J. Liu, T. Sun, and X. Wu, "Magnetic and Microwave Absorbing Properties of Polyaniline/ -Fe2O3 Nanocomposite," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 320, pp. 2132–2139, 2008.

- [18] H. Kaur and G. D. Aul, "A Review Based on Effects of Change in Thickness and Number of Layers on Microwave Absorbing Materials," *Int. J. Sci. Res.*, vol. 3, pp. 1141–1145, 2014.