

# Pengaruh Jumlah Lapisan Terhadap *Reflection Loss* pada Komposit Barium Heksaferit / Polianilin sebagai RAM (*Radar Absorbing Material*)

Lita Nurricha Wahyuni, Widyastuti dan Rindang Fajarin.

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: [wiwid@mat-eng.its.ac.id](mailto:wiwid@mat-eng.its.ac.id)

**Abstrak**—Penelitian Radar Absorbing Material (RAM) kali ini bertujuan untuk membuat *Polymer Matrix Composite (PMC)* dengan *reinforce* berupa Barium Heksaferit sebagai bahan magnetik dan matriks polimer PAni sebagai bahan dielektrik. Pembuatan komposit ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dari RAM. Komposit RAM disintesis dengan metode polimerisasi *in situ*. Komposit RAM tersebut dilapiskan pada baja kapal grade A tipe AH36 dengan metode *Dallenbach layer*, ketebalan 6mm dengan variasi jumlah lapisan *single layer*, *double layer* dan *multilayer*. Analisa terhadap ikatan kimia, sifat konduktivitas listrik, struktur mikro dan sifat *reflection loss* dari komposit RAM dilakukan dengan pengujian FTIR, LCR-meter, SEM dan VNA. Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa penyerapan paling optimal pada jumlah lapisan *multilayer* dengan *reflection loss* sebesar -49,028dB pada frekuensi penyerapan 8,2 GHz.

**Kata kunci**—*Dallenbach layer*, jumlah lapisan, Polianilin

## I. PENDAHULUAN

SALAH satu teknologi pertahanan yang dapat meningkatkan kemampuan armada kapal perang ialah kapal siluman. Teknologi kapal siluman merupakan teknologi yang membuat kapal tidak terdeteksi oleh Radar. Kapal siluman dikembangkan melalui dua cara, yakni RAS (*Radar Absorbing Structure*) dimana rekayasa terletak pada desain sudut kapal dan RAM (*Radar Absorbing Material*) dengan merekayasa material yang digunakan pada lapisan kapal.

Barium Heksaferit mempunyai sifat kemagnetan dengan tingkat kestabilan tinggi terhadap pengaruh medan magnet luar pada suhu *Barium Hexaferrite* banyak dipilih dalam berbagai aplikasi yang berhubungan dengan sifat kemagnetan terutama pada *Radar Absorbing Material (RAM)*. Dari aplikasi Barium Heksaferit, telah banyak pula dilakukan penelitian tentang penggunaan polimer konduktif pada aplikasi RAM. Berdasarkan penelitian [1] yang telah dilakukan, RAM terbuat dari 2 bahan utama yaitu material dielektrik dan material magnetik. Apabila dipadukan akan menghasilkan penyerapan yang paling optimum.

Polimer konduktif sendiri adalah material yang mempunyai konduktivitas tinggi dengan mengatur tingkat konsentrasi doping [2]. Jenis Polimer yang memiliki sifat termal yang baik dan konduktivitas yang tinggi antara lain

adalah Polianilin (PAni). Material polimer jenis ini jika dibandingkan dengan polimer konduktif lainnya adalah lebih mudah disintesis baik secara kimia maupun elektrokimia [3].

Jenis Polimer yang memiliki sifat termal yang baik dan konduktivitas yang tinggi antara lain adalah Polianilin (PAni). Sebelumnya telah ada beberapa penelitian yang telah dilakukan [4], telah mensintesis *Barium Hexaferrite* menggunakan metode sol-gel dan komposit BaM/PAni menggunakan metode polimerisasi *in situ* dengan variasi rasio berat (PAni/BaM = 1/2, 1/1, 2/1) yang menghasilkan *reflection loss* optimum pada 2/1 yaitu -12 dB dengan frekuensi 21.5 GHz.

Untuk tujuan penyerapan dengan minimum refleksi dan pita penyerapan yang lebar, impedansi medium gelombang datang harus sesuai dengan impedansi material penyerap. Selain itu, gelombang elektromagnetik yang masuk ke dalam material dapat dilemahkan dan diserap material dengan ketebalan tertentu. Penyerap dengan jumlah lapisan *single layer* tidak dapat optimal dalam menghasilkan minimum refleksi dengan pita yang lebar. Oleh karena itu, perlu dikembangkan jumlah lapisan *double layer* dan *multilayer*. Penelitian sebelumnya [5] berhasil memperluas pita penyerapan dan meningkatkan rugi refleksi dengan jumlah lapisan *double layer* menggunakan material komposit BaM dari pasir besi/PAni. Sedangkan penelitian Nuraini [6] berhasil memperluas pita penyerapan dan meningkatkan rugi refleksi dengan jumlah lapisan *Multilayer* menggunakan material komposit Hematit/PAni. Pada penelitian kali ini, metode yang digunakan adalah polimerisasi *in situ*. Dengan menggunakan metode tersebut, terdapat beberapa kelebihan seperti reagen yang dipakai lebih mudah didapat dan lebih hemat energi. Perhatian utama pada penelitian ini ditujukan pada jumlah lapisan terhadap *reflection loss* dari gelombang mikro pada komposit RAM.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Material

Pada penelitian kali ini digunakan Barium Heksaferit sebagai material magnetik. Hal ini dikarenakan Barium Heksaferit mempunyai sifat magnetic yang tinggi dan stabil, sehingga cocok diaplikasikan sebagai penyerap radar. Sedangkan Polianilin dan Carbon black digunakan sebagai material dielektrik dikarenakan nilai konduktivitasnya yang cukup tinggi, sehingga dapat membantu penyerapan gelombang elektromagnetik dari radar. Barium Heksaferit

yang digunakan diperoleh dari sintesis dengan metode sol-gel. Untuk mensintesis komposit BaM/PAni dilakukan proses polimerisasi in situ dimana bahan-bahan yang digunakan adalah serbuk Barium Heksaferit, monomer (anilin), DBSA *Dodecylbenzene Sulfonic Acid* ( $C_{18}H_{30}O_3S$ ), Amonium Peroksidisulfa ( $(NH_4)_2S_2O_8$ ), Aseton, Aquades.

### B. Sintesis Barium Heksaferit/Polianilin

Proses sintesis komposit pada penelitian ini menggunakan metode polimerisasi in situ. Perbandingan yang digunakan antara Barium Heksaferit dengan Monomer (Anilin) adalah 3 : 7. Anilin yang diperoleh dalam bentuk monomer dengan wujud cair berwarna coklat bening ditambahkan dengan DBSA yang berwujud cair dengan warna bening sebagai dopan asam protonik sebanyak 2,3 gram yang kemudian dilarutkan menggunakan aquades, kemudian larutan tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit sampai warnanya menjadi putih keruh dan mengeluarkan busa. Setelah itu, ditambahkan serbuk Barium Heksaferit yang berwarna hitam dan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit hingga warnanya menjadi hitam keruh, dilanjutkan dengan penambahan APS yang berwujud cair bening dan telah diencerkan dengan aquades sebagai inisiator atau oksidator dalam proses polimerisasi sebanyak 2,8 gram. Penambahan APS tersebut dilakukan pada lingkungan dengan temperatur  $\sim 0^\circ C$ , selanjutnya proses pengadukan dilakukan selama 8 jam dengan temperatur  $\sim 0^\circ C$ . Setelah proses pengadukan selama 8 jam, akan terbentuk endapan berwarna hijau yang selanjutnya akan disaring menggunakan kertas penyaring. Kemudian, endapan tersebut akan dicuci menggunakan larutan acetone dan aquades. Setelah dicuci, endapan tersebut dikeringkan diatas permukaan kaca selama  $\pm 24$  jam. Selanjutnya, endapan yang kering dihaluskan dan terbentuk serbuk komposit RAM (BaM/PAni) yang berwarna hijau tua.

### C. Proses Pelapisan

Serbuk komposit berwarna hijau tua yang terbentuk, selanjutnya dicampurkan dengan cat epoxy berwarna abu-abu yang kemudian akan dilapiskan pada baja grade A tipe AH36. Sebelum dilapisi dengan material RAM, baja terlebih dahulu dipreparasi sesuai standar sampel pengujian VNA. Perbandingan massa komposit dengan cat epoxy sebesar 1 : 9. Sedangkan pada jumlah lapisan double layer dan multilayer ditambahkan serbuk carbon black yang berwarna hitam dengan komposisi 30wt% dari komposit RAM (BaM/PAni). Selanjutnya, cat, RAM dan carbon black yang sudah tercampur dilapiskan pada baja sesuai variasi ketebalan lapisan dan jumlah lapisan yang telah ditentukan. Setelah itu, proses pengeringan lapisan cat + komposit RAM selama  $\pm 3$  hari.

### D. Karakterisasi

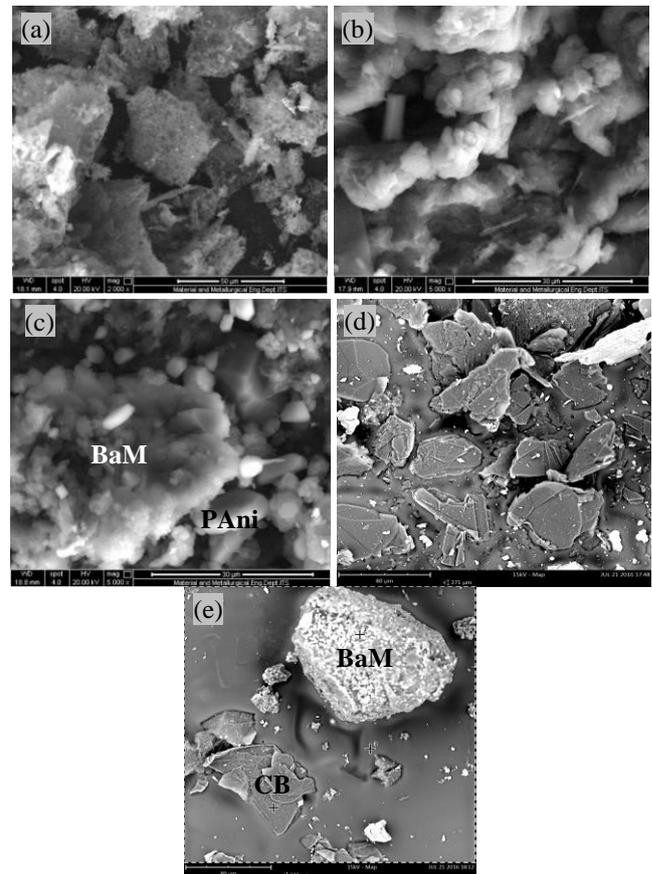
Untuk mengetahui karakteristik dari material komposit RAM, maka dilakukan beberapa karakterisasi, yakni pengujian SEM-EDX yang digunakan untuk mengetahui morfologi dan kandungan unsur yang ada pada BaM, PAni, CB, komposit BaM/PAni, Komposit BaM/PAni yang ditambahkan CB, dan hasil pelapisan (*single layer, double layer dan multilayer*), selanjutnya FTIR untuk mengetahui ikatan apa saja yang terbentuk pada polimer PAni, BaM, CB, komposit BaM/PAni dan komposit BaM/PAni yang

ditambahkan CB, lalu LCR-meter untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik dari masing-masing material (PAni, komposit BaM/PAni, Carbon black, Komposit + CB) dan VNA digunakan untuk mengetahui nilai reflection loss pada masing-masing spesimen.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### A. Hasil Pengujian SEM-EDX

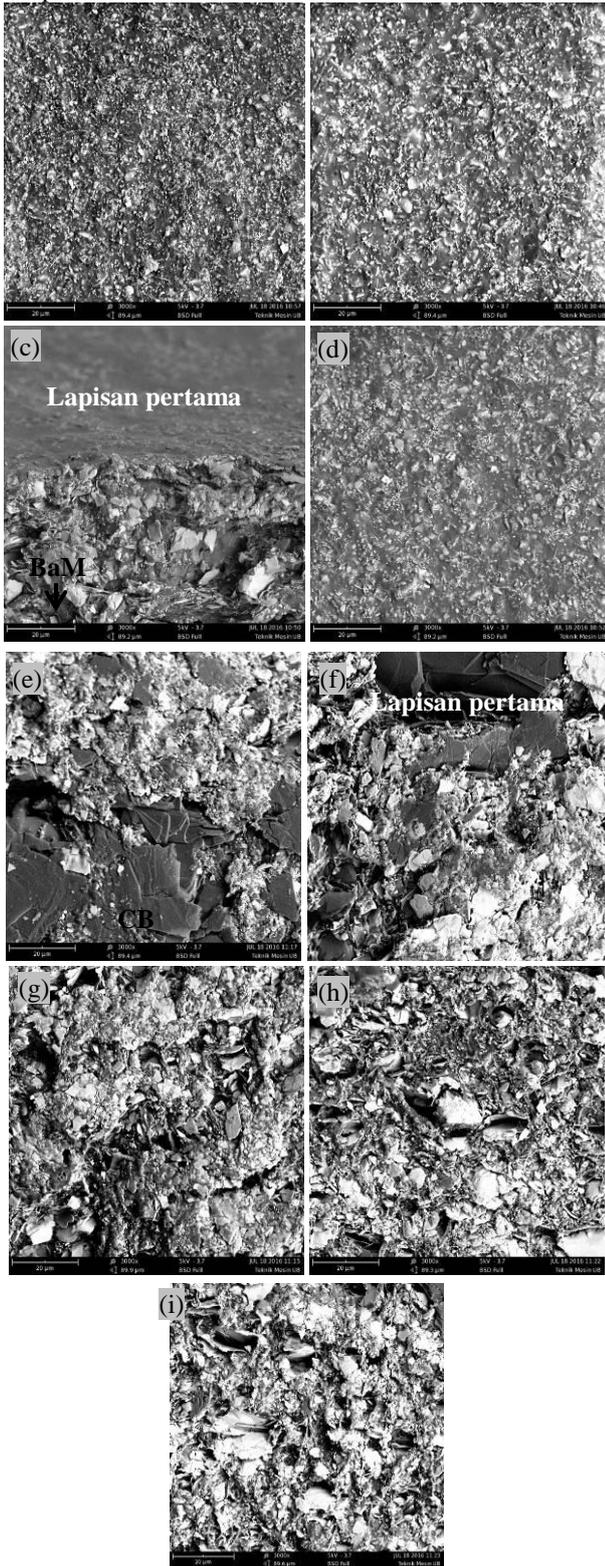
Pengujian SEM kali ini dilakukan pada 5 sampel untuk karakterisasi awal, yakni BaM, PAni, komposit BaM/PAni (Barium Heksaferit/Polianilin), Carbon black dan Komposit BaM/PAni + CB. Pada Gambar 1 menampilkan hasil dari pengujian SEM dengan beberapa perbesaran. Gambar 1c menunjukkan morfologi dari komposit BaM/PAni, pada gambar tersebut memperlihatkan bentuk morfologi dari BaM/PAni yang berupa globular. Partikel BaM terlihat pada morfologi komposit BaM/PAni yaitu berbentuk heksagonal dan poligonal. Sementara itu, terdapat beberapa kabut yang merupakan aglomerasi pada permukaan komposit BaM/PAni Hal ini disebabkan adanya sisa pelarut saat proses polimerisasi [7]. Pada **Gambar 1c** dan **Gambar 1d** menunjukkan bahwa CB mempunyai morfologi berbentuk serpih atau flake.



Gambar 1. Hasil Pengujian SEM (a) BaM Perbesaran 2000x, (b) PAni perbesaran 5000x, (c) BaM/PAni perbesaran 5000x, (d) Carbon black perbesaran 1000x dan (e) BaM/PAni + CB perbesaran 3000x.

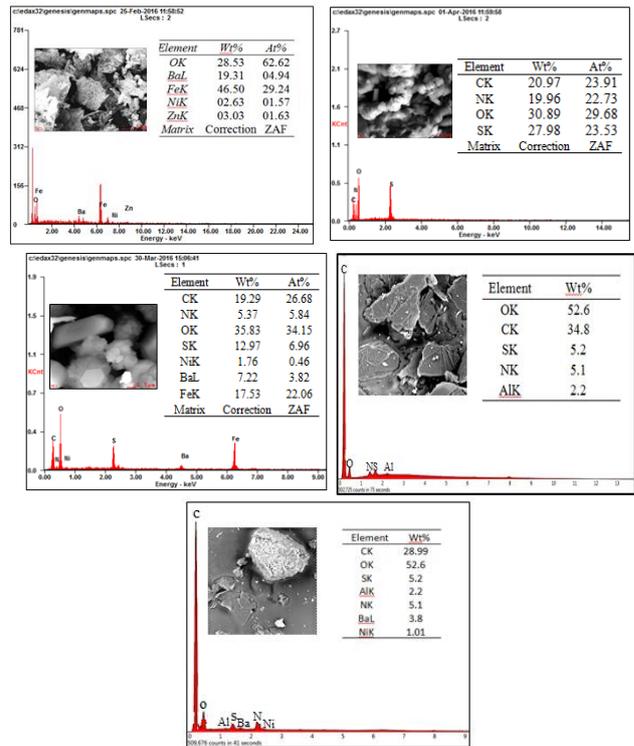
Pengujian SEM dengan perbesaran 3000X juga dilakukan pada masing-masing material yang telah dicampur dengan cat epoxy dan kemudian dilapiskan pada baja kapal. Gambar 4.4a merupakan morfologi pada lapisan single layer dimana pengujian SEM dilakukan pada satu titik, **Gambar 2b** sampai **Gambar 2d** menunjukkan morfologi dari lapisan double layer dimana dilakukan pengujian SEM pada 3 titik. Dan pada **Gambar 2e** sampai **Gambar 2i** menunjukkan

morfologi dari lapisan multilayer yang dilakukan pengujian SEM pada 5 titik.



Gambar 2. Hasil Pengujian SEM Perbesaran 3000x (a) Single layer, (b) lapisan pertama double layer, (c) batas lapisan pertama dan lapisan kedua double layer (d) lapisan kedua double layer, (e) lapisan pertama multilayer, (f) batas lapisan pertama dan lapisan kedua multilayer, (g) lapisan kedua multilayer, (h) batas lapisan kedua dan ketiga multilayer dan (i) lapisan ketiga multilayer.

Distribusi komposisi partikel yang terdapat pada komposit BaM/PAni dianalisa menggunakan EDX. Analisa ini dilakukan pada area tertentu sehingga didapatkan komposisi secara umum. Hasil EDX ditunjukkan pada Gambar 3.

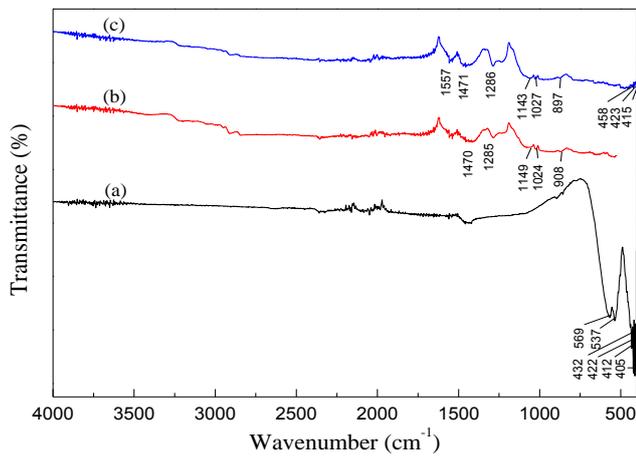


Gambar 3. Hasil Pengujian EDX (a) BaM perbesaran 2000x, (b) PANi perbesaran 2000x (c) BaM/PANi perbesaran 20000x (d)Carbon black perbesaran 2000x dan (e) BaM/PANi + CB perbesaran 1000x.

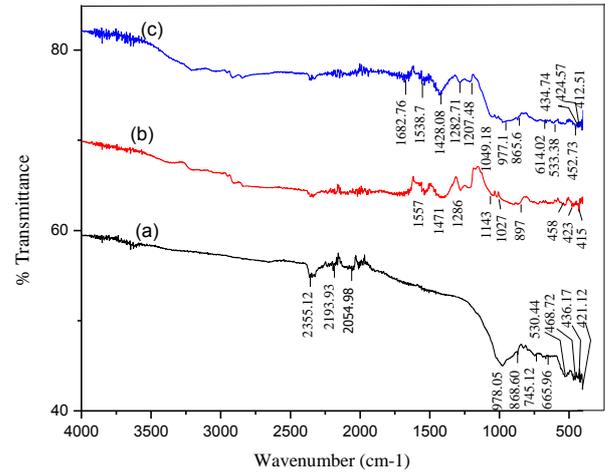
Pada hasil pengujian EDX tersebut, muncul unsur C, O, N, Ba, Fe, Ni dan Zn pada pengujian sampel BaM/PANi. Dimana hal ini menunjukkan bahwa telah terbentuknya komposit BaM/PANi, dimana unsur C, O dan N merupakan unsur yang terbentuk pada polimer PANi. Dan pada Gambar 3e muncul unsur C, O, S, Al, N, Ba, Ni.

**B. Hasil Pengujian FTIR**

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ikatan-ikatan yang ada pada polimer (PANi), BaM, CB, untuk mengetahui adanya kandungan BaM pada komposit BaM/PANi yang telah dibuat dan ikatan pada komposit BaM/PANi yang telah ditambahkan CB. Hasil pengujian FTIR untuk sampel PANi dan komposit BaM/PANi ditunjukkan oleh Gambar 3. Dari grafik tersebut diperoleh sejumlah peak yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi ikatan-ikatan apa saja yang terdapat pada PANi (Gambar 3a) dan adanya ikatan lain pada komposit BaM/PANi (Gambar 4b) . Untuk mengkonversikan peak-peak pada grafik hasil pengujian FTIR menjadi keterangan ikatan, dapat diperoleh dari data tabel yang terdapat di Handbook FTIR, sehingga diperoleh Tabel 1. Jumlah dan ketinggian peak pada grafik pengujian FTIR kedua sampel tidak jauh berbeda, namun pada komposit PANi/BaM ditemukan adanya ikatan M-O pada 532, 478, 466, 429 cm<sup>-1</sup>, dimana ikatan tersebut menunjukkan bahwa adanya ikatan logam pada sampel yang diuji. Ikatan logam tersebut merupakan ikatan dari BaM dengan oksigen dari polimer. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan komposit berhasil dengan adanya ikatan antara BaM dengan PANi pada komposit BaM/PANi.



Gambar 4. Hasil FTIR pada (a) BaM (b) PANi dan (c) Komposit BaM/PAni.



Gambar 5. Hasil FTIR pada (a) Carbon Black (b) Komposit BaM/PAni dan (c) Komposit BaM/PAni + CB.

Tabel 1  
Gugus Ikatan Hasil FTIR pada PANi dan Komposit BaM/PAni

Jenis Gugus Fungsi	Bilangan gelombang cm <sup>-1</sup>	
	PAni	BaM/PAni
C=C quinoid stretching	1557	1557
C=C benzene stretching	1285	1286
C-N vibrasi	1149	1143
S=O stretching		
N=Q=N (Q adalah quinoid)	1024	1027
C-H benzene deformasi	908	897
M-O	-	453, 423, 415

C. Hasil Pengujian LCR-meter

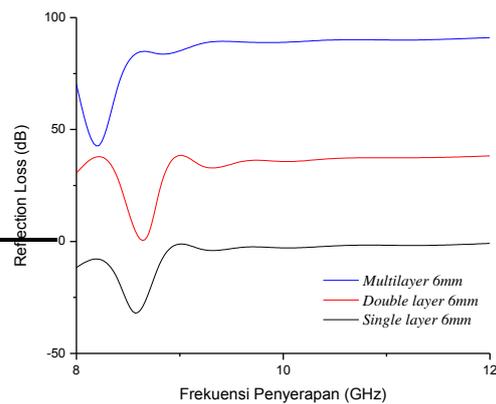
Hasil dari pengujian LCR-meter ini ditunjukkan oleh Tabel 2, dari tabel tersebut diketahui nilai konduktivitas listrik PANi sebesar  $8.79809 \times 10^{-8}$  S/cm, konduktivitas listrik komposit BaM/PAni sebesar  $1.77744 \times 10^{-5}$  S/m, konduktivitas listrik CB sebesar  $3.89051 \times 10^{-3}$  S/cm dan konduktivitas listrik komposit + CB sebesar  $2.99134 \times 10^{-2}$  S/cm.

Tabel 2  
Konduktivitas Listrik material RAM.

Material	Konduktivitas Listrik (S/cm)
PAni	$8.79809 \times 10^{-8}$
BaM/PAni	$1.77744 \times 10^{-5}$
CB	$3.89051 \times 10^{-3}$
BaM/PAni + CB	$2.99134 \times 10^{-2}$

Dari grafik tersebut diketahui bahwa CB memiliki peak pada wave number 978, 868, 745, 665, 530, 468, 436 dan 421cm<sup>-1</sup>. Jumlah dan ketinggian peak pada grafik pengujian FTIR sampel komposit BaM/PAni dan sampel Komposit BaM/PAni + CB tidak jauh berbeda,

D. Hasil Pengujian VNA



Gambar 6. Hasil Pengujian VNA Single Layer Double Layer dan Multilayer pada ketebalan 6mm.

Tabel 3  
Rugi refleksi Radar Absorbing Material (RAM).

Jumlah lapisan	Reflection Loss (dB)	Absorption band (GHz)
Cat epoxy	-2,977	8
Single layer	-32,029	8,57
Double layer	-35,352	8,7
Multilayer	-49,028	8,2

Dari hasil pengujian VNA diketahui nilai reflection loss dari 3 sampel yang telah diuji (Tabel 3.), berdasarkan tabel tersebut nilai reflection loss terendah diperoleh dari sampel lapisan multilayer dengan ketebalan 6mm sebesar -49,028 dB pada pita penyerapan 8,2 GHz, sedangkan nilai reflection loss tertinggi berasal dari sampel lapisan single layer dengan ketebalan 6mm sebesar -32,029 dB pada pita penyerapan 8,57 GHz. Dimana semakin negatif atau besar nilai reflection loss maka semakin besar pula daya serap material terhadap gelombang mikro [8].

### III. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan, bahwa:

Penyerapan optimum akibat pengaruh variasi jumlah lapisan dimiliki oleh jumlah lapisan *multilayer* dengan *reflection loss* sebesar -49,028dB pada frekuensi 8,2GHz, diikuti dengan lapisan *double layer* dengan *reflection loss* sebesar -35,352dB pada frekuensi 8,7GHz dan terakhir lapisan *single layer* dengan *reflection loss* sebesar -32,029dB pada frekuensi 8,57GHz. Hal ini disebabkan oleh pengaruh adanya *carbon black* yang mempunyai nilai konduktivitas yang tinggi.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]Park, K.Y., Sang-Eui Lee, Chun-Gon Kim, Jae-Hung Han, (2006), "Fabrication and Electromagnetic Characteristics of Electromagnetic Wave Absorbing Sandwich Structures", *Composites Science and Technology*, Vol.66, hal.576–584.
- [2]Wan, M., (2008), "Conducting polymers with micro or nanometer structure", Tsinghua University Press, Beijing.
- [3]Nasution, E.L.Y., dan Astuti, (2012), "Sintesis Nanokomposit PAni/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Sebagai Penyerap Magnetik Pada Gelombang Mikro", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 1, No. 1, hal.37-44.
- [4]HaoTing, T., and Kuo-Hui, Wu., (2010), "Synthesis, characterization of polyaniline/BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> composites with microwave-absorbing properties", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.322, hal.2160–2166.
- [5]Amalia, L., (2014), *Pelapisan Double Layer dengan Metode Dallenbach Layer Menggunakan Polianilin dan Barium M-Heksaferit Sebagai Radar Absorbing Material (RAM)*. Tesis S2 Jurusan Fisika FMIPA, ITS, Surabaya
- [6]Nuraini, U., (2015), *Pelapisan Multilayer dengan Menggunakan Polianilin dan Hematit sebagai Radar Absorbing Material (RAM)*", Tesis S2 Jurusan Fisika FMIPA, ITS, Surabaya.
- [7]Jiang J., L-Hong Ai, Lin-Y.L., (2010), "Poly(aniline-co-otoluidine)/BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> composite: Preparation and characterization", *Materials Letters*, Vol.64, hal.888–890.
- [8]Phang, S.W., Tadakoro, M., Watanabe, J,dan Kuramoto, N. 2008. "Synthesis, Characterization and Microwave Absorbtion Property of Doped Polyaniline Nanocomposite Containing TiO<sub>2</sub> Nanoparticles and Carbon Nanotube,"*Synthetic Metals*, No.158, hal. 251-258.