

## PENGARUH PENAMBAHAN TiO<sub>2</sub> DAN KARBON AKTIF PADA PADUAN PANi/TiO<sub>2</sub>/KARBON AKTIF SEBAGAI BAHAN PENYERAP GELOMBANG MIKRO

Luluk Khoirul Lutfi

S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [lulukfie12@gmail.com](mailto:lulukfie12@gmail.com)

Diah Hari Kusumawati, M.Si<sup>1</sup>, Nugrahani Primary P. M.Si<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Dosen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

### Abstrak

Berbagai penelitian dalam rangka mengembangkan *Radar Absorbing Material* (RAM) semakin banyak dilakukan, terutama material paduan berbahan dasar polimer. Dalam hal ini polimer yang digunakan adalah PANi yang dipadukan dengan material lain yang bersifat magnetik dan dielektrik. Karena pada dasarnya material yang bisa digunakan sebagai material penyerap gelombang mikro (RAM) adalah material yang mempunyai sifat magnetik dan dielektrik. PANi disintesis menggunakan metode polimerisasi oksidasi dan karbon aktif dengan metode karbonasi, sedangkan TiO<sub>2</sub> dalam bentuk jadi. Metode pembuatan paduannya dilakukan dengan sistem mekanik pada tekanan 45 kN, dengan komposisi penambahan TiO<sub>2</sub> dan karbon aktif pada PANi yaitu 0,3 g, 0,4 g, dan 0,5 g. PANi dikarakterisasi menggunakan FTIR, dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sampel yang dibuat sesuai dengan gugus fungsi dari PANi. Kemudian TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif dikarakterisasi menggunakan XRD, dimana dari hasil puncak-puncak kristal tersebut sesuai dengan bidang kristal TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif. Untuk paduan PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon Aktif ini dilakukan beberapa pengujian diantaranya SEM, LCR Meter dan VNA. Hasil uji SEM EDS menunjukkan bahwa PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon Aktif tersebar merata setelah dilakukan dengan sistem mekanik. Hasil uji LCR Meter menunjukkan bahwa konduktivitas PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon Aktif meningkat berdasarkan penambahan TiO<sub>2</sub> dan Karbon Aktif. Sedangkan hasil pengujian VNA menunjukkan PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon Aktif dengan penambahan TiO<sub>2</sub> dan Karbon Aktif 0,3 gram merupakan sampel yang paling optimum menyerap gelombang mikro dengan nilai absorpsi 99,28% dan *reflection loss* -14,0 dB pada frekuensi 15,7 GHz, dengan nilai konduktivitas listriknya sebesar  $2 \times 10^{-3}$  S/cm pada frekuensi 1 kHz.

**Kata kunci:** PANi, Vector Network Analyzer, reflection loss, gelombang mikro, karbon aktif dan TiO<sub>2</sub>.

### Abstract

Many of research to develop a radar absorbing material (RAM) was more done, especially polymers materials. In this case PANi combined with several magnetic and dielectric materials. Because materials can be used to microwave absorbing materials are several magnetic and dielectric materials. PANi was synthesized by oxidative polymerization method and activated carbon with carbonation method, whereas TiO<sub>2</sub> already finished. The method of making composite made with mechanical systems at a pressure of 45 kN, with the addition of the composition of TiO<sub>2</sub> / activated carbon in PANi is 0.3 g, 0.4 g, 0.5 g. PANi characterized using FTIR, from the results of these tests show that the samples are prepared according with the functional groups of PANi. Then TiO<sub>2</sub> / activated carbon were characterized using XRD, where the results of the crystalline peaks according to the crystal plane of TiO<sub>2</sub> / activated carbon. PANi / TiO<sub>2</sub> / activated carbon composite is done some tests including SEM, LCR meters, and VNA. SEM EDS characterization showed that PANi / TiO<sub>2</sub> / activated carbon was distributed well after mechanical system was done. LCR meter test results show that the conductivity PANi / TiO<sub>2</sub> / activated carbon increased by addition of TiO<sub>2</sub> / activated carbon, and the VNA test results showed PANi / TiO<sub>2</sub> / activated carbon with the addition of TiO<sub>2</sub> / activated carbon 0.3 grams is the most optimum sample absorb microwaves with a value of 99.28% absorption and reflection loss -14.0 dB at a frequency of 15.7 GHz, the electrical conductivity value of  $2 \times 10^{-3}$  S / cm at a frequency of 1 kHz.

**Keyword:** PANi, Vector Network Analyzer, reflection loss, microwave, activated carbon and TiO<sub>2</sub>.

### PENDAHULUAN

Teknologi penyerapan gelombang elektromagnetik merupakan salah satu teknologi yang sedang pesat dikembangkan untuk mengontrol masalah yang ditimbulkan oleh *electromagnetic interference* (EMI). Gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik dengan medan listrik dan magnetik yang saling terkait. Salah satu faktor yang mempengaruhi interaksi gelombang mikro dengan material adalah sifat

dielektrik, dimana besarnya dapat ditunjukkan melalui nilai permitivitas (Syamsir dkk, 2012). Frekuensi gelombang mikro yaitu antara 300 MHz-300 GHz serta mempunyai panjang gelombang dari 1-300 mm (Wijaya dkk, 2012). Mekanisme tak terdeteksinya suatu obyek oleh radar didasarkan pada dua aspek: (1) Obyek/pesawat dirancang dengan geometri bersudut *radar absorbing structure* (RAS), sehingga pantulan gelombang elektromagnetik tidak dapat ditangkap kembali oleh receiver, (2) Badan pesawat dilapisi oleh bahan penyerap

gelombang radar (*radar absorbing materials*) sehingga jika masih terjadi pantulan pun akan sangat lemah (Ramprecht J, 2007).

Berbagai penelitian dalam rangka mengembangkan *Radar Absorbing Material* (RAM) semakin banyak dilakukan, salah satunya adalah penelitian tentang penggunaan polimer konduktif untuk meningkatkan kualitas RAM. Polimer konduktif memiliki sifat khusus dibandingkan logam yaitu polimer ini bersifat lebih sedikit merefleksikan gelombang elektromagnetik dan daya serapnya lebih tinggi (Phank dkk. 2008). Polianilin (PANi) merupakan salah satu bahan polimer yang sering diteliti karena merupakan polimer konduktif yang mudah disintesis dan *didoping* (Wang, 2007). Polianilin memiliki sifat yang sangat unik yaitu dapat mengalami perubahan sifat optik dan listrik yang dapat balik (*reversible*) melalui reaksi redoks dan *doping-dedoping* atau protonasi-deprotonasi (Maddu, 2008). Folgueras dkk. (2007) telah meneliti tentang efek impregnasi yaitu proses pengisian pori serat karbon dengan polimer konduktif PANi terhadap penyerapan gelombang mikro. Dari penelitian ini didapatkan bahwa kuantitas impregnasi material berpengaruh terhadap penyerapan gelombang mikro. Selain itu karbon juga merupakan material semikonduktor yang cocok digunakan sebagai material yang dapat mengubah energi gelombang mikro menjadi energi panas karena hambatan yang terdapat pada karbon (Mustafa, 2007).

Banyak penelitian tentang penyerapan gelombang mikro, salah satu seperti yang telah dilakukan oleh Syamsir dkk. (2008) yang meneliti tentang sintesis nanokomposit PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon sebagai penyerap gelombang mikro dengan *filler* nanopartikel TiO<sub>2</sub> dan karbon. TiO<sub>2</sub> berfungsi sebagai *dielectric filler* dan karbon berfungsi sebagai *magnetic filler*.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini akan dikembangkan material paduan berbasis PANi dengan titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) dan karbon aktif yang berasal dari tempurung kelapa. Pada sampel diberikan variasi penambahan TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif pada paduan PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif untuk mengetahui pengaruh penambahan TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif pada karakteristik penyerapan gelombang mikro. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan judul “**Pengaruh Penambahan TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif pada paduan PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif Sebagai Bahan Penyerap Gelombang Mikro**”.

## METODE

Pada penelitian kali ini melalui 3 tahap, dimana tahap pertama yaitu sintesis polianilin dengan menggunakan metode polimerisasi oksidasi. Pembuatan polianilin merujuk pada penelitian sebelumnya (Chomari, 2011).

Tahap kedua yaitu pembuatan karbon aktif dengan menggunakan metode karbonasi yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Nurhasni, 2012 dan Izahyanti, 2013).

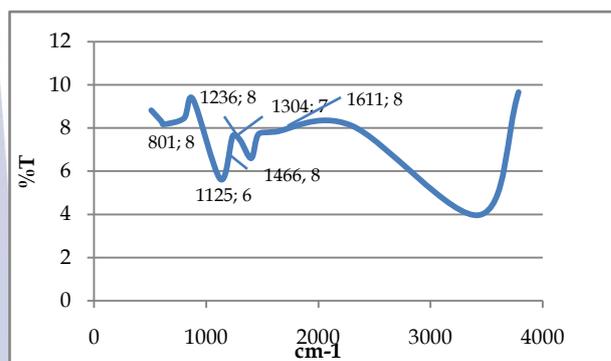
Tahap yang ketiga yaitu pembuatan paduan. Pembuatan paduan berdasarkan penelitian sebelumnya

(Syamsir, dkk, 2012). Adapun langkah yang dilakukan yaitu Paduan PANi/TiO<sub>2</sub>/karbon aktif diperoleh dengan cara menambahkan TiO<sub>2</sub> dan karbon aktif dengan variasi range antara 0,3-0,5 gram ke dalam serbuk PANi. Setelah PANi dicampurkan dengan TiO<sub>2</sub> dan karbon aktif kemudian dikompaksi dengan tekanan 45 kN sehingga hasil akhir yang diperoleh berupa tablet dengan ketebalan 0,3 cm dan diameter 1,2 cm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Karakterisasi Polianilin (PANi) dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Karakterisasi spektroskopi FTIR bertujuan untuk mengetahui pola serapan gelombang pada sampel. Hasil FTIR ditunjukkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Hasil Pengujian FTIR dari Polianilin (PANi)

Pencocokan gugus fungsi hasil FTIR sintesis dengan penelitian sebelumnya ditunjukkan pada tabel 1.

Pola serapan (absorpsi) pada sebuah bilangan gelombang mengidentifikasi jenis ikatan (gugus fungsi) yang dimilikinya, ikatan C-H pada PANi terjadi pada bilangan gelombang 900-675 cm<sup>-1</sup>, terlihat bahwa PANi hasil sintesis mempunyai pola serapan yang berada pada rentang tersebut yaitu 801,8 cm<sup>-1</sup>. Serapan pada bilangan gelombang 1125,6 cm<sup>-1</sup> merupakan ikatan C-N *Stretch of benzenoid ring* dan pada gelombang 1304,7 cm<sup>-1</sup> merupakan ikatan C-N *Stretch of Q-B-Q*. Munculnya penyerapan kuat pada 1125,6 cm<sup>-1</sup> ini merupakan salah satu khas PANi pada kondisi konduktif berupa garam emeraldin (*emeraldine salt*) (Wahyuni, 2012) juga terjadi pergeseran yang relatif rendah yaitu 2 cm<sup>-1</sup>. Pada bilangan gelombang 1466,8 cm<sup>-1</sup> merupakan ikatan C=C *Benzenoid ring stretch (N-B-N)*. Pada bilangan gelombang 1611,8 cm<sup>-1</sup> merupakan ikatan C=N *Stretch of quinoid ring (N=Q=N)*. Sehingga dengan demikian secara kualitatif PANi hasil sintesis berupa garam emeraldin relatif sama.

**Tabel 1.** Pencocokan gugus fungsi hasil FTIR PANi dengan referensi

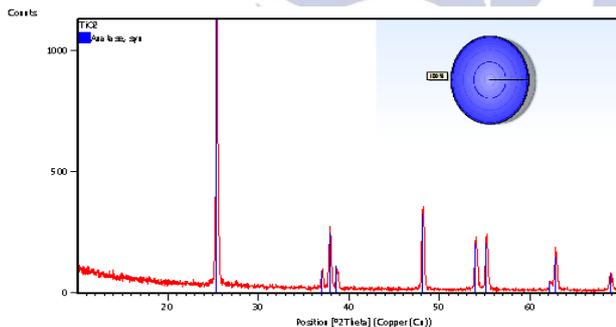
Eksperimen (cm <sup>-1</sup> )	Referensi (cm <sup>-1</sup> )	Database (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Ikatan	Gugus Fungsi
801,8	805	900 – 675	C - H Bending	Aromatics
1125,6	1131	1250– 1020	C - N stretch of benzoid ring	aliphatic amines
1236,8	*1239,8			
1304,7	1302	1335– 1250	C - N stretch of Q - B - Q	aromatic amines
1466,8	1474	1500 - 1400	C = C benzoid ring stretch (N - B - N)	aromatics
1611,8	1613	1600– 1585	C = N stretch of quinoid ring (N=Q=N)	

**Keterangan :** \*data sheet, \*ref, \*Jenis Ikatan = (Wahyuni, 2012)

## B. Pengujian sampel dengan X-Ray Powder Diffraction (XRD)

### 1. Hasil Karakterisasi dengan X-Ray Powder Diffraction (XRD) Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>)

Karakterisasi XRD pada sampel dilakukan untuk mengetahui pola difraksi dari Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>). Pengujian dilakukan dengan sudut 2 tetha sebesar 10<sup>0</sup> sampai 60<sup>0</sup>.

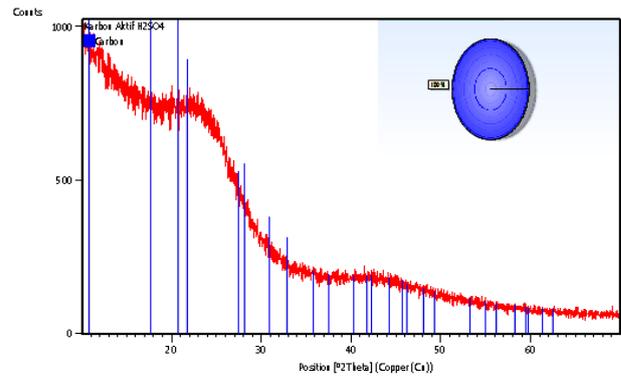


**Gambar 2.** Pola difraksi sinar-X dari Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>)

Dari gambar tersebut sesuai dengan data XRD TiO<sub>2</sub> standard TiO<sub>2</sub> yang mana nanopartikel TiO<sub>2</sub> teridentifikasi memiliki struktur tetragonal dan merupakan fase anatase. Puncak-puncak karakterisasi terjadi pada 2 θ = 25.38<sup>0</sup>, 38.56<sup>0</sup>, 48.03<sup>0</sup>, 55.06<sup>0</sup>, 62.68<sup>0</sup>, dan 68.76<sup>0</sup> yang masing-masing sesuai dengan bidang kristal (101), (004), (200), (105), (211), (204), berdasarkan penelitian dari (Maltesepalazeo, 2000).

### 2. Hasil Karakterisasi dengan X-Ray Powder Diffraction (XRD) Karbon aktif (Aktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Karakterisasi XRD pada sampel dilakukan untuk mengetahui pola difraksi dari Karbon aktif dengan aktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Pengujian dilakukan dengan sudut 2 tetha sebesar 10<sup>0</sup> sampai 60<sup>0</sup>.

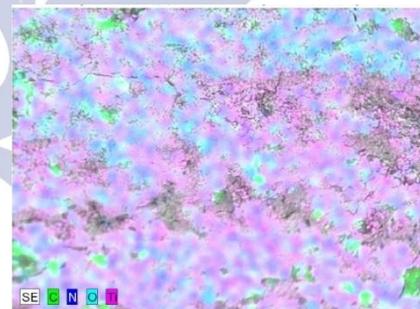


**Gambar 3.** Pola difraksi sinar-X dari Karbon aktif dengan aktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Pada karbon aktif Pola difraksi yang dihasilkan memperlihatkan dua puncak pada sudut 2θ = 21,71<sup>0</sup> dan 42,30<sup>0</sup>. Pola difraksi ini mengindikasikan struktur kristal parsial atau semikristalin dari karbon aktif. Pola difraksi nanokomposit PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif memperlihatkan puncak-puncak yang identik dengan polianilin. Terjadi pergeseran puncak yaitu 2θ = 21,71<sup>0</sup> dengan penurunan intensitas pada sudut 23<sup>0</sup> dan peningkatan intensitas pada sudut 22<sup>0</sup>.

## C. Analisa Mikrostruktur dari PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif

Hasil foto SEM backscatter pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui struktur morfologi dari PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif. Pengamatan mikrofografi dari sampel ditunjukkan pada gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil SEM PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif

Berdasarkan hasil SEM warna merah muda diyakini sebagai titanium, warna hijau diyakini sebagai anilin, warna hitam diyakini sebagai karbon aktif. Persebaran warna relatif merata dengan dominasi warna merah muda, menunjukkan komposit tersebut sudah homogen.

Dari SEM terlihat adanya aglomerisasi atau penimbunan dari filler. Hal ini karena tidak ada treatment atau perlakuan khusus selama fabrikasi komposit, sehingga antara filler dengan matrik kurang menyatu. Meskipun sebagian besar material tersebar merata.

Kerapatan pada sampel PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif sudah relatif baik dengan pemberian tekanan sebesar 45 kN. Selain itu pada foto SEM juga terlihat adanya sedikit retakan atau rongga, retakan tersebut timbul akibat proses pemotongan sampel pada saat preparasi sampel saat akan diuji.

#### D. Hasil Karakterisasi Sifat Listrik dengan LCR Meter

Pengukuran nilai konduktivitas PANi dengan penambahan TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif dilakukan dengan LCR Meter pada tegangan 1 Volt dan suhu ruang. Perhitungan nilai konduktivitas listrik diperoleh menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{L}{AR} \quad (1)$$

Nilai konduktivitas listrik pada masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 2

**Tabel 2.** Nilai konduktivitas listrik

Massa TiO <sub>2</sub> /Karbon aktif (g)	Resistivitas (Ω)	Konduktivitas Listrik (S/cm)
0,3	131,9	20 x 10 <sup>-4</sup>
0,4	57,3	46 x 10 <sup>-4</sup>
0,5	49,7	53 x 10 <sup>-4</sup>

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa konduktivitas PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif dipengaruhi oleh persentase penambahan TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif. Semakin banyak TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif yang ditambahkan, nilai konduktivitas sampel juga semakin meningkat. Namun, jika dibandingkan dengan PANi murni nilai konduktivitas PANi yang ditambahkan TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif jauh lebih rendah. Menurut teori nilai konduktivitas PANi murni berkisar antara 10<sup>-10</sup> S/cm sampai 100 S/cm (Mihardi 2008). Sedangkan pada penelitian yang dilakukan nilai konduktivitas PANi yang ditambahkan TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif berkisar antara 20 x 10<sup>-4</sup> S/cm sampai 53 x 10<sup>-4</sup> S/cm. Sifat konduktif sampel yang meningkat berdasarkan penambahan TiO<sub>2</sub> dan Karbon aktif disebabkan karena kehadiran karbon aktif. Karbon dapat menghubungkan antara satu rantai PANi dengan rantai PANi yang lain, hal ini akan memudahkan pergerakan aliran arus antar rantai PANi (Phang dkk, 2008).

Berdasarkan spektrum konduktivitas listrik diketahui bahwa data konduktivitas listrik sampel berada pada rentang sifat semikonduktor. Bahan semikonduktor sangat baik digunakan sebagai penyerap gelombang mikro karena bahan ini dapat mengubah energi gelombang mikro menjadi energi panas. Ketika gelombang mikro mengenai material yang dilapisi dengan material penyerap gelombang mikro, maka akan terbentuk medan listrik pada permukaan penyerap. Setelah itu arus akan mengalir sebagai arus permukaan. Ketika arus permukaan mengalir pada penyerap, energi gelombang mikro akan diubah dalam bentuk energi panas (Mustafa, 2007).

#### E. Hasil Karakterisasi dengan Vector Network Analyzer (VNA)

Karakterisasi penyerapan gelombang mikro dilakukan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) Advantest R3770 dengan frekuensi 300 KHz-20 GHz serta menggunakan waveguide pada range frekuensi 7 sampai 18 GHz. Penggunaan Vektor Network Analyzer (VNA) ini bertujuan untuk mengukur nilai absorpsi material dan juga nilai reflection loss (RL). Dari data

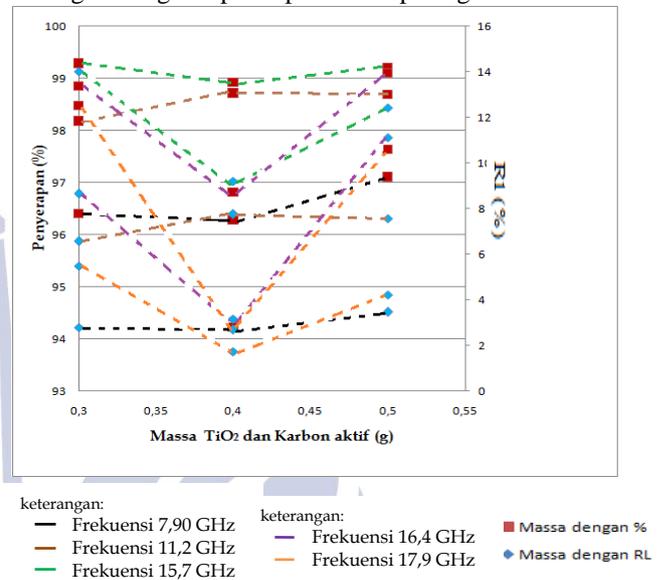
yang diperoleh dapat dihitung nilai RL dengan menggunakan persamaan:

$$RL = S_{11}(\text{dB}) = 20 \log_{10} \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \quad (2)$$

Untuk menentukan prosentase daya yang terserap umumnya dengan menggunakan persamaan :

$$RL(\text{dB}) = 10 \log_{10} \frac{P_i}{P_r} \quad (3)$$

Nilai Absorpsi dan reflection loss maksimum pada masing-masing sampel dapat dilihat pada grafik 7.

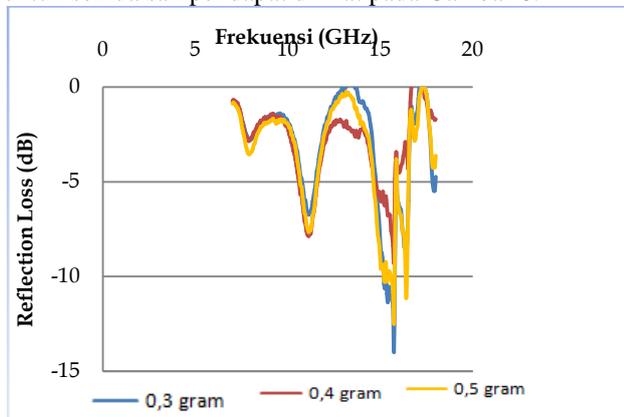


**Gambar 7.** Grafik Hubungan antara Nilai RL dan hasil Penyerapan dengan Variasi Penambahan Massa TiO<sub>2</sub> dan karbon aktif.

Sampel dengan komposisi TiO<sub>2</sub> dan Karbon 0,3 gram merupakan sampel yang memiliki nilai absorpsi paling tinggi yaitu 99,28 % yang terjadi pada frekuensi 15,7 GHz. Sampel dengan komposisi TiO<sub>2</sub> dan Karbon 0,3 gram memiliki konduktivitas 20 x 10<sup>-4</sup> S/cm pada frekuensi 1 kHz, nilai ini merupakan nilai konduktivitas yang paling kecil diantara ke tiga sampel. Berdasarkan nilai reflection loss dan nilai absorpsi, didapatkan bahwa paduan dengan penambahan 0,3 gram TiO<sub>2</sub> dan Karbon adalah material yang paling optimum menyerap gelombang mikro dibandingkan dua sampel yang lain. Dengan kata lain penyerapan optimum gelombang mikro tidak mutlak terjadi pada penambahan TiO<sub>2</sub> dan karbon dengan persentase massa lebih tinggi dan konduktivitas paling tinggi, tetapi pada penambahan 0,5 gram TiO<sub>2</sub> dan karbon memiliki penyerapan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan 0,4 gram TiO<sub>2</sub> dan karbon. Pada penelitian sebelumnya PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon 40% yang memiliki konduktivitas 6,83 x 10<sup>-4</sup> S/cm merupakan material yang paling bagus menyerap gelombang mikro dibandingkan dengan PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon 50% yang memiliki konduktivitas 8,50 x 10<sup>-4</sup> S/cm (Syamsir dkk., 2012). Sehingga diketahui bahwa tidak terdapat hubungan antara penambahan TiO<sub>2</sub> dan karbon terhadap absorpsi. Pada penelitian ini juga tidak terdapat hubungan antara penambahan TiO<sub>2</sub> dan karbon terhadap absorpsi dan konduktivitasnya, meskipun pada penambahan 0,5 gram TiO<sub>2</sub> dan karbon memiliki penyerapan yang lebih tinggi

dibandingkan pada penambahan 0,4 gram TiO<sub>2</sub> dan karbon, tetapi yang paling optimum justru pada prosentase massa yang paling kecil. Daya serap gelombang juga dipengaruhi oleh komponen penyusunnya, jika pada komposit hanya terdapat satu filler saja maka daya serap gelombang juga berkurang, hal ini karena material penyerap gelombang harus terdiri dari bahan penyerap dielektrik dan penyerap magnetik.

Perbandingan grafik *reflection loss* dan absorpsi untuk semua sampel dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik hubungan *reflection loss* terhadap frekuensi

Nilai *reflection loss* menunjukkan bahwa material tersebut mampu menyerap gelombang mikro. Penyerapan gelombang mikro dapat dilihat berdasarkan nilai *reflection loss*, semakin besar nilai negatif *reflection loss* maka semakin besar daya serap bahan terhadap gelombang mikro (Phang, dkk., 2008). Dari data *reflection loss* pada setiap sampel, dapat dilihat bahwa *reflection loss* yang besar tidak selalu menunjukkan absorpsi yang tinggi. Hal ini terjadi karena gelombang mikro yang mengenai material tersebut tidak semuanya diserap namun ada yang ditransmisikan. Setiap gelombang elektromagnetik yang mengenai material akan dipantulkan, diserap atau ditransmisikan (Folgueras dkk., 2007). Pada dasarnya, struktur material penyerap gelombang mikro terdiri dari bagian dengan sifat yang dapat ditembus gelombang elektromagnetik yaitu daerah dimana medan listrik dan medan magnetik mengalami *loss* energi. Jika gelombang elektromagnetik menembus permukaan material konduktif, medan listrik akan berinteraksi dengan elektron bebas sehingga akan menghasilkan arus (Phang dkk., 2008).

Secara umum dilihat dari nilai absorpsinya ketiga sampel pada penelitian ini cocok digunakan sebagai material penyerap gelombang mikro. Namun, pengaplikasiannya berbeda-beda karena masing-masing sampel memiliki absorpsi maksimum dalam rentang frekuensi gelombang mikro (Hosseini dkk., 2012).

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih pada pengelola Lab. Material UNESA, Lab. Terpadu UNESA, LPPM ITS, Lab. Instrumen ITS dan LIPI Bandung yang telah mengizinkan penulis dalam melakukan penelitian serta teman-teman material yang telah membantu dalam penelitian.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan bahwapenambahan massa antara TiO<sub>2</sub> dan karbon aktif yang besar tidak selalu menunjukkan koefisien absorpsi yang besar pula, dengan kata lain tidak terdapat hubungan linier antara penambahan massa TiO<sub>2</sub> dan karbon aktif terhadap koefisien absorpsi. Dari data terlihat bahwa *reflection loss* yang besar tidak selalu menunjukkan koefisien absorpsi yang tinggi. Absorpsi maksimum terjadi pada penambahan TiO<sub>2</sub>/Karbon aktif 0.3 gram yaitu 99,28 % yang terjadi pada frekuensi 15,7 GHz dengan nilai *reflection loss* -14,0 dB. Sedangkan nilai konduktivitasnya  $20 \times 10^{-4}$  S/cm pada frekuensi 1 KHz.

### DAFTAR PUSTAKA

- Chomari. 2011. Sintesis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan Metode Kopresipitasi dan PANi. *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya.
- Folgueras, L.C, Noharab, E.L., Faez, R., Rezended, M.C., 2007. Dielectric Microwave Absorbing Material Processed by Impregnation of Carbon Fiber Fabric with Polyaniline. *Materials Research*, Vol. 10, No. 1, 95-99
- Khoiril Lutfi L, Hari K Diah, Primary Putri N. 2014. Karakterisasi komposit PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon Aktif Sebagai Bahan Dasar Penyerap Gelombang Mikro. *Seminar dan Lokakarya Nasional Fisika*, 2014.22 November 2014. ISBN:978-979-028-666-5.
- Mustafa, M.F, 2007. A Study and Development on Microwave Absorber Using Agriculture Waste Material. *Thesis*, Fakulti Kejuruteraan Elektronik & Kejuruteraan Komputer, Universiti Teknikal Malaysia Melaka.
- Phang, S.W., Tadakoro, M., Watanabe, J. dan Kuramoto, N., 2008. Synthesis, Characterization and Microwave Absorption Property of Doped Polyaniline Nanocomposites Containing TiO<sub>2</sub> Nanoparticles and Carbon Nanotubes. *Synthetic Metals*, No.158, hal.251-258.
- Ramprucht J, D. Sjöberg. 2007. Biased Magnetic Materials In RAM. *In Electromagnetics Research*, PIER 75, Vol. 75, 85-117.
- Ria Dwi Izahyanti. 2013. Pengaruh Suhu dan Holding Time pada Proses *Pack Carburizing* dengan menggunakan Media Arang Aktif Tempurung Kelapa terhadap Sifat Mekanik, Sifat Korosif, Sifat Fisis dan Komposisi Baja JIS SCM 415. *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya.
- Syamsir, A, Astuti. 2012. Sintesis Nanokomposit PANi/TiO<sub>2</sub>/Karbon Sebagai Penyerap Gelombang Mikro. *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 1, No. 1.