

SINTESIS NANOKOMPOSIT PANi/TiO₂/KARBON SEBAGAI PENYERAP GELOMBANG MIKRO

Arasi Syamsir, Astuti

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas

E-mail: tuty_phys@yahoo.com

ABSTRAK

Nanokomposit PANi/TiO₂/Karbon sebagai penyerap gelombang mikro telah disintesis. *Polyaniline* (PANi) disintesis dengan metode polimerisasi oksidasi secara kimia, sedangkan serbuk karbon disintesis dari bahan baku tempurung kelapa. Karbon dan TiO₂ berperan sebagai pengisi magnetik dan pengisi dielektrik pada matriks PANi. Karakterisasi sifat listrik, sifat magnet dan daya serap material terhadap gelombang mikro berturut-turut dilakukan dengan alat LCR meter TH2820 dan *Vector Network Analyser* model Advantest. Hasil uji LCR meter menunjukkan bahwa konduktivitas PANi/TiO₂/Karbon meningkat berdasarkan penambahan TiO₂ dan karbon. PANi/TiO₂/Karbon dengan penambahan TiO₂/Karbon 40% merupakan sampel yang paling optimum menyerap gelombang mikro dengan nilai absorpsi 99,52% dan *reflection loss* -40,21 dB pada frekuensi 10 GHz. Kata kunci: PANi, *Vector Network Analyser*, *reflection loss*, gelombang mikro, karbon, TiO₂

ABSTRACT

PANi/TiO₂/carbon nanocomposites as microwave absorber has been done synthesis. The polyanilines (PANi) were synthesized by using oxidation polymerization method. The carbons were synthesized from coconut shell. Carbon are the magnetic filler. For the dielectric filler are used TiO₂. Characterization of electric, magnetic and microwave absorption properties were investigated by LCR meter and vector network analyzer, respectively. The LCR meter result showed that the conductivity of PANi/TiO₂/carbon were increased with the addition of TiO₂ and carbon. PANi/TiO₂/carbon with 40% TiO₂ and carbon exhibits the best microwave absorption property (99,52%) with reflection loss of -40,21 dB at 10 GHz.

Keywords: PANi, vector network analyzer, reflection loss, microwave, carbon, TiO₂

I. PENDAHULUAN

Teknologi penyerapan gelombang elektromagnetik merupakan salah satu teknologi yang sedang pesat dikembangkan untuk mengontrol masalah yang ditimbulkan oleh *elektromagnetik interference* (EMI). Teknologi ini juga telah melahirkan sebuah material baru yaitu *Radar Absorbing Material* (RAM), salah satu aplikasi material ini yaitu pada bidang militer. Material ini bersifat meredam pantulan atau menyerap gelombang mikro sehingga benda yang dilapisi dengan RAM tidak terdeteksi oleh *Radio Detection and Ranging* (RADAR). Penyerap gelombang mikro terdiri dari dua komponen, penyerap dielektrik dan penyerap magnetik untuk itu perlu dikembangkan material yang dapat menyerap dielektrik dan menyerap magnetik.

Berbagai penelitian dalam rangka mengembangkan *Radar Absorbing Material* (RAM) semakin banyak dilakukan. Salah satunya adalah penelitian tentang penggunaan polimer konduktif untuk meningkatkan kualitas RAM. Kaynak (1996) dalam Phang dkk. (2008) menyatakan polimer konduktif memiliki sifat khusus dibandingkan logam yaitu polimer ini bersifat lebih sedikit merefleksikan gelombang elektromagnetik dan daya serapnya lebih tinggi. Polianilin (PANi) merupakan salah satu polimer konduktif yang menarik karena PANi memiliki sifat yang unik antara lain memiliki stabilitas termal yang baik dan konduktivitas yang tinggi pada frekuensi gelombang mikro. Jika dibandingkan dengan polimer konduktif lainnya polianilin (PANi) lebih mudah disintesis baik secara elektrokimia maupun secara kimia. Chuang dalam Phang 2008 mengatakan kombinasi polianilin (PANi) dengan bahan organik atau anorganik lain dapat menghasilkan bahan fungsional baru yang tidak hanya meningkatkan sifat mekanik tetapi juga sifat lain tergantung material yang ditambahkan. Folgueras dkk. (2007) telah meneliti tentang efek impregnasi serat karbon dengan polimer konduktif PANi terhadap penyerapan gelombang mikro. Dari penelitian ini didapatkan bahwa kuantitas impregnasi material berpengaruh terhadap penyerapan gelombang mikro. Daya serap bahan terhadap radiasi

yaitu mencapai 87%. Phang dkk. (2008) juga melakukan penelitian tentang sintesis, karakterisasi dan penyerapan gelombang mikro nanokomposit PANi dengan *filler* nanopartikel TiO_2 dan *carbon nanotube* (CNT). TiO_2 sebagai *dielectric filler* dan *carbon nanotube* seperti *single-walled carbon nanotube* (SWNT) dan *multi-walled carbon nanotube* (MWNT) sebagai *magnetic filler*. Dari penelitian ini diperoleh bahwa penambahan SWNT berpengaruh terhadap magnetisasi, dielektrik dan konduktivitas PANi. PANi/HA/ TiO_2 /SWNT dengan komposisi SWNT 20% adalah penyerap gelombang mikro yang terbaik yaitu dengan serapan ~99,2%.

Pada penelitian ini polianilin (PANi) dikombinasikan dengan nanopartikel titanium dioksida (TiO_2) dan nanopartikel karbon dari tempurung kelapa. Titanium dioksida (TiO_2) berfungsi sebagai *dielectric filler* dan karbon sebagai *magnetic filler*. TiO_2 merupakan bahan keramik yang memiliki nilai kelistrikan yang rendah dan dapat berfungsi sebagai bahan anti korosi. Selain itu titanium dioksida (TiO_2) tidak beracun dan mudah disintesis. Sedangkan karbon adalah material semikonduktor yang cocok digunakan sebagai material yang dapat mengubah energi gelombang mikro menjadi energi panas karena hambatan yang terdapat pada karbon (Mustafa, 2007). Karbon yang berasal dari tempurung kelapa memiliki kualitas yang lebih baik dari bahan lain, salah satunya yaitu kadar abunya rendah. Selain itu bahan baku pembuatan karbon ini juga mudah didapatkan.

Nanokomposit PANi/ TiO_2 /Karbon didapatkan melalui beberapa tahap, tahap pertama yaitu pembuatan serbuk PANi, tahap kedua pembuatan serbuk karbon dari tempurung kelapa, selanjutnya PANi dicampur dengan bahan TiO_2 dan karbon sehingga diperoleh nanokomposit PANi/ TiO_2 /Karbon. Setelah itu nanokomposit PANi/ TiO_2 /Karbon akan dikarakterisasi yaitu sifat listrik, sifat magnet dan serapannya terhadap gelombang mikro berturut-turut menggunakan LCR meter, *magnetic susceptibility meter* dan *Vector Network Analyzer (VNA)*.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah: kertas saring *whatman*, gelas kimia, oven, *hot plate magnetic stirrer* IKA C-MAG HS 7, timbangan digital PGW 2502i, logam penjepit, pipet tetes, spatula, cawan, *alumina crucible* dan *furnace*. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian adalah: monomer anilin ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) sebanyak 50 ml, alkohol 70 % sebanyak 100 ml, asam klorida (HCL) 99 % sebanyak 70 ml, aseton 97 %, aquades 100 ml, methanol, amonium peroksidisulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) sebanyak 6 gram, serbuk TiO_2 , tempurung kelapa sebagai bahan dasar pembuatan serbuk karbon dan PEG-4000.

2.2 Prosedur Kerja

2.2.1 Pembuatan Serbuk PANi

Serbuk PANi dapat disintesis melalui metode polimerisasi oksidasi secara kimia. Metode oksidasi kimia merupakan metode sintesis yang sederhana pada suhu ruang dan menghasilkan PANi dalam skala besar. Sintesis PANi yang dilakukan berdasarkan penelitian Phang (2008) dan Prastiwi (2011) yaitu dengan cara mencampurkan 50 mL asam klorida (HCl) 1 M dengan 2 mL monomer anilin ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Sementara itu dalam waktu yang bersamaan 6 gr Ammonium Peroksidisulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) dilarutkan dalam 50 ml HCL 1 M dan diaduk selama 1 jam. Kedua larutan tersebut dicampurkan ke dalam satu wadah kimia, kemudian diaduk dan didiamkan selama 4 jam, setelah itu didinginkan selama 24 jam. Reaksi telah selesai ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna hijau, kemudian endapan tersebut disaring dan dicuci dengan aquades, aseton dan methanol masing-masing 3 kali. Hasil endapan tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 2 jam.

2.2.2 Pembuatan Serbuk Karbon

Serbuk karbon yang digunakan pada penelitian ini berasal dari tempurung kelapa. Pembuatannya yaitu dengan cara karbonisasi, tempurung kelapa yang sudah tua dibersihkan dari serabut-serabutnya dan dikeringkan di bawah matahari selama 2 hari agar kandungan airnya berkurang. Setelah itu tempurung kelapa tersebut dipecahkan sampai terbentuk kepingan-

kepingan kecil. Kepingan-kepingan tersebut dibakar dalam oven pada suhu 400° C selama 3 jam. Karbon yang sudah terbentuk dihaluskan dengan lumpang, untuk mendapatkan serbuk karbon digunakan *polyethilen glicol* (PEG-4000). PEG-4000 yang berbentuk padat dipanaskan dan dilelehkan sebanyak 10 gram pada suhu 40°C selama 15 menit. PEG yang sudah mencair ditambahkan ke dalam karbon yang sudah dihaluskan dengan perbandingan komposisi antara PEG dan karbon yaitu 1 berbanding 5, kemudian diaduk sehingga berbentuk pasta. Pasta tersebut dikeringkan dalam *furnace* pada suhu 300° C selama 3 jam sehingga diperoleh serbuk karbon yang lebih halus.

2.2.3 Penambahan nanopartikel TiO₂ dan karbon pada *polyanilin* (PAni)

Setelah mendapatkan serbuk PAni dan serbuk karbon tahapan selanjutnya adalah menambahkan nanopartikel TiO₂ dan karbon pada *polyanilin* (PAni). Komposisi PAni, TiO₂ dan karbon pada masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi PAni, TiO₂ dan karbon pada masing-masing sampel

No	Sampel	Massa PAni (g)	Massa karbon (%)	Massa TiO ₂ (%)
1	A	1	10	10
2	B	1	20	20
3	C	1	30	30
4	D	1	40	40
5	E	1	50	50

Sebelum dikarakterisasi setiap sampel harus dikompaksi dengan menggunakan alat kompaksi di Laboratorium Formulasi Sediaan Tablet Fakultas Farmasi UNAND sehingga hasil akhir yang diperoleh berupa tablet dengan ketebalan 0,3 cm, jari-jari 0,6 cm dan luas penampang 1,1304 cm².

2.3 Karakterisasi

2.3.1 LCR Meter

Karakterisasi sifat listrik dilakukan dengan menggunakan alat LCR meter (model TH2820). LCR meter merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengukur induksi, kapasitansi dan resistansi dari suatu bahan. LCR Meter TH 2820 pada pengukuran menggunakan arus AC dengan tegangan masukan (V_{in}) 220 volt. Pada pengukuran ini frekuensi divariasikan dari 100 Hz, 120 Hz dan 1000 Hz. Pengukuran dilakukan dengan cara menjepitkan *port* HD-HS-LD-LS yang terdapat pada LCR meter ke sisi sampel. Dari pengukuran tersebut akan diperoleh nilai resistansi masing-masing sampel. Berdasarkan nilai resistansi, luas penampang dan ketebalan sampel maka dapat dihitung nilai konduktivitas listrik masing-masing sampel yaitu dengan menggunakan kaitan

$$\sigma = \frac{L}{RA} \tag{1}$$

Nilai konduktivitas sampel dinyatakan dalam S/cm, korelasi antara satuan Siemens (S) dengan ohm (Ω) dinyatakan dengan

$$S = \frac{1}{\Omega} \tag{2}$$

Karakterisasi menggunakan LCR Meter dilakukan di Laboratorium Fisika Material, FMIPA, UNAND. Alat LCR meter dapat dilihat pada Gambar 1.

2.3.2 Vector Network Analyzer (VNA)

Daya serap bahan terhadap gelombang mikro diukur dengan menggunakan alat *Vector Network Analyzer* (model Advantest) dengan frekuensi 5,01 GHz sampai 10 GHz. Pengukuran ini menggunakan pandu gelombang (*waveguide*) yang berukuran 3,5 cm x 1,75 cm. Dari *Vector*

Network Analyzer akan diperoleh nilai parameter hambur (*scattering parameter*) S_{11} dan S_{21} . Parameter S_{11} menunjukkan koefisien pantul yang digunakan untuk menghitung nilai *reflection loss*. *Reflection loss* dihitung menggunakan persamaan (3).

$$RL \text{ (dB)} = 20 \text{ Log } |S_{11}| \tag{3}$$

Parameter S_{21} menunjukkan koefisien transmisi yang akan digunakan untuk menghitung nilai absorpsi. Nilai absorpsi dihitung menggunakan persamaan (4).

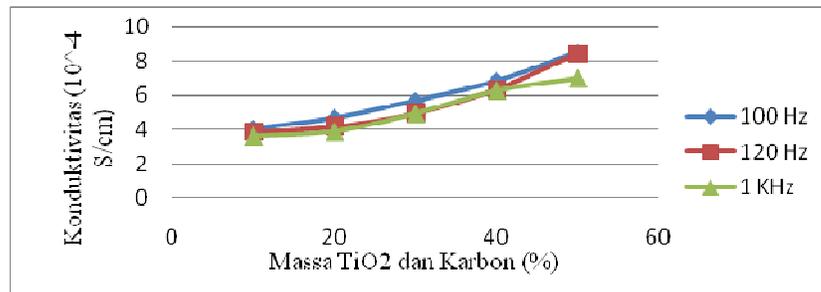
$$A = 1 - S_{11}^2 - S_{21}^2 \tag{4}$$

Karakterisasi daya serap bahan terhadap gelombang mikro ini dilakukan di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bandung.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi Sifat Listrik dengan LCR Meter

Nilai konduktivitas PANi murni berdasarkan variasi frekuensi berkisar antara $85,03 \times 10^{-4}$ S/cm sampai $745,5 \times 10^{-4}$ S/cm. Sedangkan menurut teori nilai konduktivitas PANi murni yaitu berkisar antara 10^{-10} S/cm sampai 100 S/cm (Mihardi, 2008). Hal ini berarti PANi yang diperoleh pada penelitian cukup konduktif. Nilai konduktivitas PANi murni meningkat berdasarkan penambahan frekuensi, semakin tinggi frekuensi yang diberikan nilai konduktivitas PANi juga semakin naik. Kenaikan frekuensi akan meningkatkan energi kinetik pada material sehingga terjadi transfer muatan yang tinggi pada daerah antar muka. Kondisi ini menjelaskan terjadinya aliran elektron dari kondisi HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) ke kondisi LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) semakin besar. Sehingga semakin besar frekuensi yang diberikan pada material maka akan meningkatkan aliran muatan atau konduktivitas material tersebut (Sitorus, 2011). Hubungan konduktivitas terhadap penambahan TiO_2 dan karbon dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan konduktivitas terhadap penambahan TiO_2 dan karbon

Gambar 1 menunjukkan bahwa konduktivitas sampel lebih tinggi yaitu pada frekuensi 100 Hz. Dalam hal ini konduktivitas PANi/ TiO_2 /Karbon dipengaruhi oleh persentase penambahan TiO_2 dan karbon. Semakin banyak TiO_2 dan karbon yang ditambahkan, nilai konduktivitas sampel juga semakin meningkat. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Phang dkk. (2008) diperoleh konduktivitas sampel PANi/HA/ TiO_2 /SWNT meningkat pada setiap penambahan SWNT 10%, 20% dan 60% yaitu $6,60 \times 10^{-2}$ S/cm, $1,27 \times 10^{-1}$ S/cm dan $7,15 \times 10^0$ S/cm. Namun, jika dibandingkan dengan PANi murni nilai konduktivitas PANi yang ditambah TiO_2 dan karbon jauh lebih rendah. Hal ini terjadi karena TiO_2 memiliki energi gap yang besar yaitu 3,2 eV, sehingga energi gap matriks PANi yang ditambahkan TiO_2 juga semakin besar. Sifat konduktif sampel yang meningkat berdasarkan penambahan TiO_2 dan karbon disebabkan karena kehadiran karbon. 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).

3.2 Karakterisasi Absorpsi Bahan Terhadap Gelombang Mikro dengan *Vector Network Analyzer* (VNA)

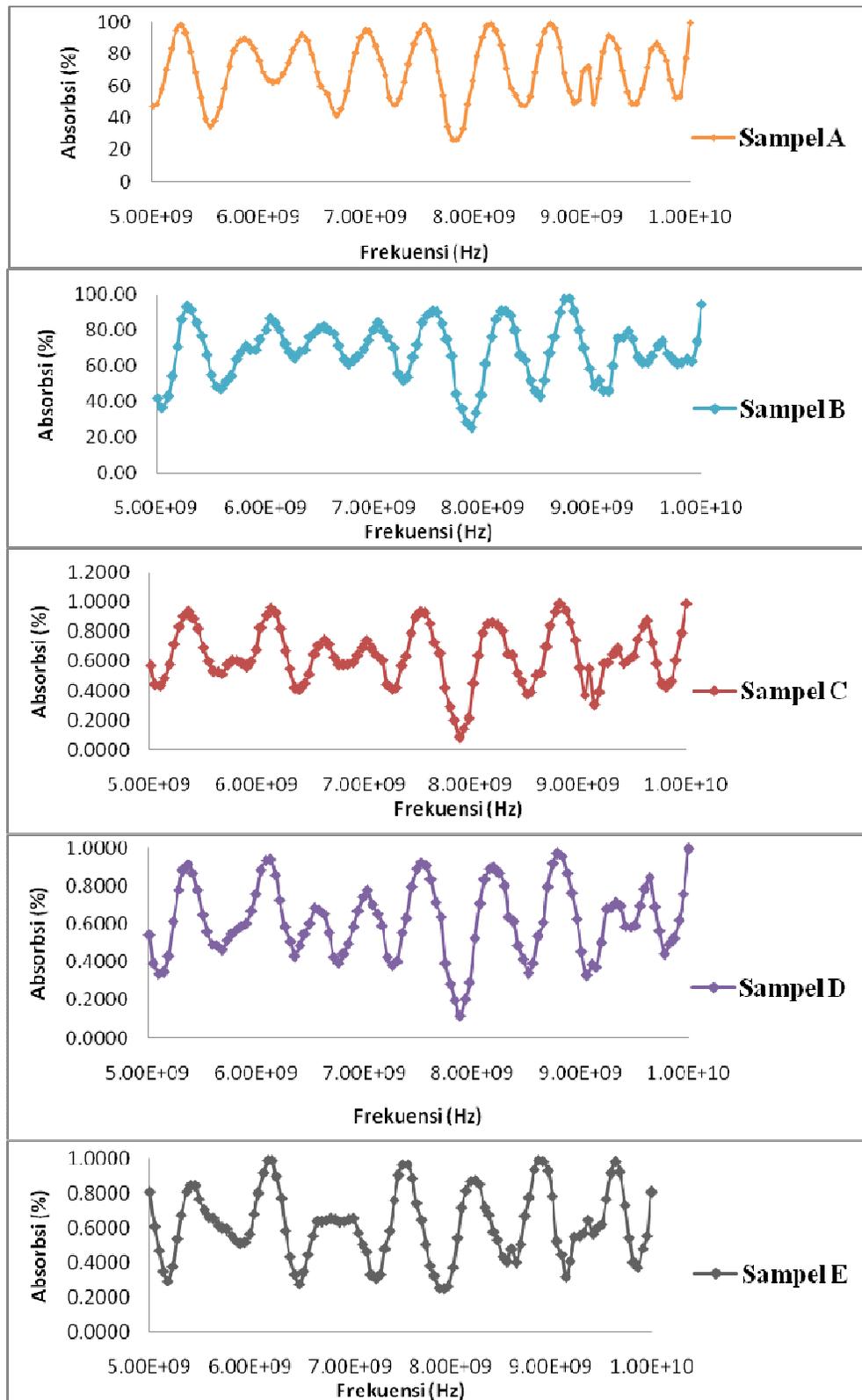
Nilai Absorpsi dan *reflection loss* maksimum pada masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Absorpsi dan *Reflection Loss* Maksimum Pada masing-masing Sampel

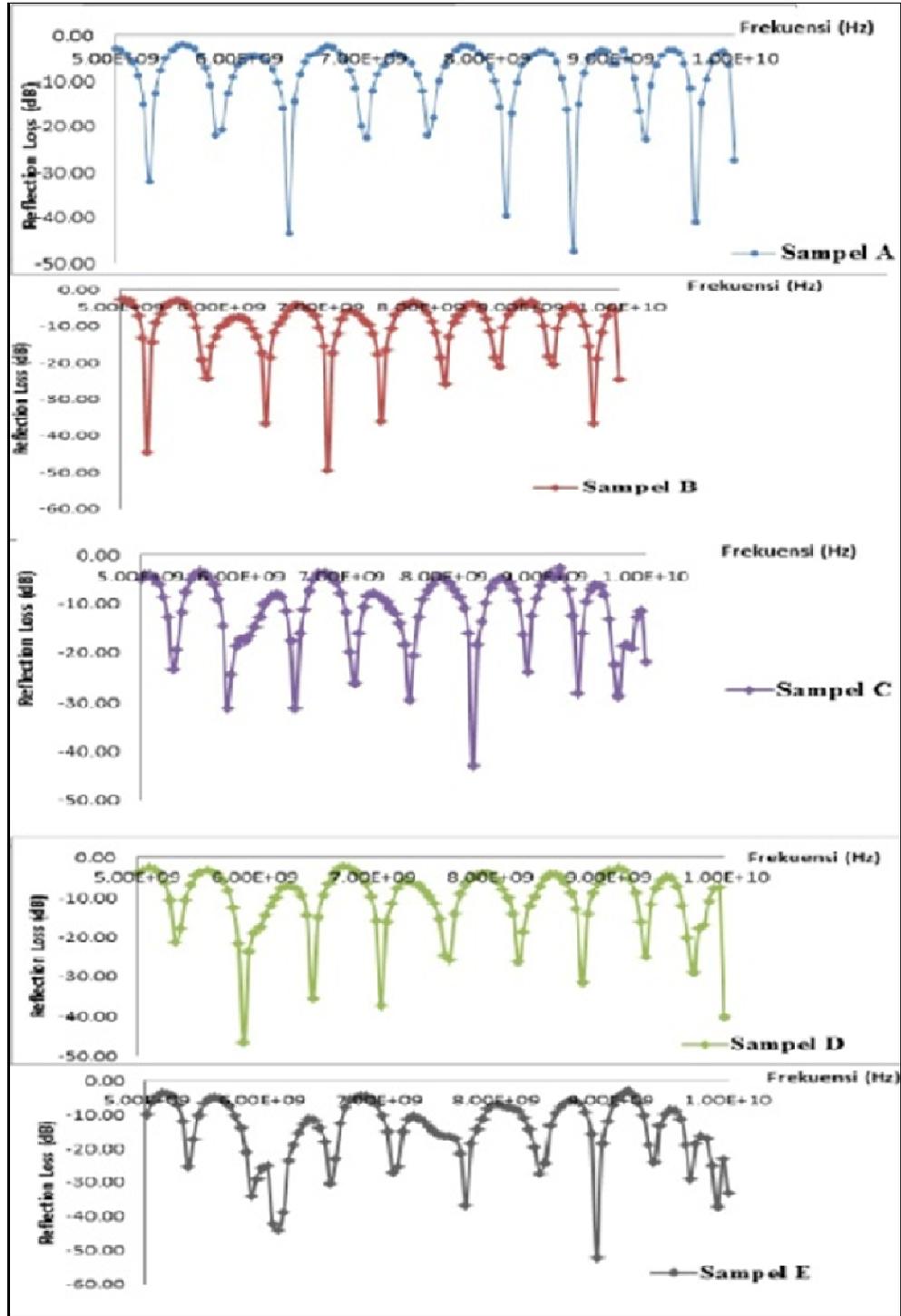
No	Sampel	Frekuensi (GHz)	Absorpsi (%)	<i>Reflection Loss</i> (dB)
1	A	10	99,44	-27,17
2	B	8,74	97,24	-18,49
3	C	10	99,17	-21,94
4	D	10	99,52	-40,21
5	E	6,18	99,18	-38,74

Sampel D merupakan sampel yang memiliki nilai absorpsi paling tinggi yaitu 99,52 % yang terjadi pada frekuensi 10 GHz. Sampel D merupakan material diamagnetik yang lebih kuat dari sampel lain yaitu dengan nilai suseptibilitas sebesar $-2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Kg}$. Sedangkan nilai konduktivitasnya yaitu $6,83 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$ pada frekuensi 100 Hz, nilai ini lebih kecil dari nilai konduktivitas sampel E. Berdasarkan nilai *reflection loss* dan nilai absorpsi, didapatkan bahwa nanokomposit dengan penambahan 40% TiO_2 /Karbon adalah material yang paling optimum menyerap gelombang mikro dibandingkan empat sampel yang lain. Dengan kata lain penyerapan optimum gelombang mikro tidak mutlak terjadi pada penambahan TiO_2 /karbon dengan persentase massa lebih tinggi dan konduktivitas paling tinggi. Pada penelitian sebelumnya PAni/HA/ TiO_2 /SWNT 20% yang memiliki konduktivitas $1,27 \times 10^{-1} \text{ S/cm}$ merupakan material yang paling bagus menyerap gelombang mikro dibandingkan dengan PAni/HA/ TiO_2 /SWNT 60% yang memiliki konduktivitas $7,15 \times 10^0 \text{ S/cm}$ (Phang dkk., 2008).

Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa tidak terdapat hubungan antara penambahan TiO_2 dan karbon terhadap absorpsi. Perbandingan grafik *reflection loss* dan absorpsi untuk semua sampel dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Grafik hubungan absorpsi dan frekuensi



Gambar 3. Grafik hubungan *reflection loss* dan frekuensi

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 mengizinkan gelombang elektromagnetik

menembus 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 kelima sampel pada penelitian ini cocok digunakan sebagai material penyerap gelombang mikro. Namun, pengaplikasiannya berbeda-beda karena masing-masing sampel memiliki absorpsi maksimum pada frekuensi tertentu dalam rentang frekuensi gelombang mikro. Hal ini terjadi karena nilai permeabilitas kompleks dan permitivitas kompleks berbeda pada setiap rentang frekuensi (Hosseini dkk., 2012).

IV. KESIMPULAN

1. Nilai konduktivitas sampel A sampai sampel D berada pada rentang material semikonduktor sehingga material ini dapat diaplikasikan sebagai penyerap dielektrik pada gelombang mikro.
2. Absorpsi maksimum terjadi pada sampel D yaitu 99,52 % pada frekuensi 10 GHz dengan nilai *reflection loss* sebesar -40,21 dB. Sedangkan nilai konduktivitasnya $6,83 \times 10^{-4}$ S/cm.
3. Berdasarkan nilai *reflection loss* dan absorpsi sampel secara keseluruhan, PANi dengan penambahan TiO₂ dan karbon dapat diaplikasikan sebagai material anti radar. Namun, pengaplikasiannya tergantung pada frekuensi tertentu dalam rentang frekuensi gelombang mikro, karena nilai absorpsi maksimum yang didapatkan pada rentang frekuensi 5,01 GHz sampai 10 GHz berbeda untuk setiap sampel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Bapak Dr. Dahyunir Dahlan atas izin pemakaian laboratorium Fisika Material dan alat LCR meter. Terimakasih kepada kepala laboratorium Sediaan Tablet Fakultas Farmasi UNAND untuk pengkompaksian sampel dan kepada kepala bidang sarana Telekomunikasi PPET LIPI Bandung untuk pengambilan data *vector network analyzer*.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- 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.
- Hosseini, S.H., Hossein, S., dan Asadnia, A., 2012, Synthesis, Characterization, and Microwave-Absorbing Properties of Polypyrrole/MnFe₂O₄ Nanocomposite, *Jurnal of Nanomaterial*, Volume 2012
- Mihardi, I., 2008, Karakteristik Optik dan Listrik Polianilin yang di-Doped HCL, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- 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 TiO₂ Nanoparticles and Carbon Nanotubes, *Synthetic Metals*, No.158, hal.251-258.
- Prastiwi, H., 2012, Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Tembaga Terhadap Sifat Listrik Dan Sifat Optik Polianilin (PANi), *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.
- Sitorus, B., Suendo, V. dan Hidayat, F., 2011, Sintesis Polimer Konduktif sebagai Bahan Baku untuk Penyimpan Perangkat Energi Listrik, *ELKHA*, Vol.3, No.1.