

## SINTESIS KOMPOSIT PANi/KARBON DARI TEMPURUNG KEMIRI (*Aleurites moluccana*) SEBAGAI ELEKTRODA KAPASITOR

Depi Nurdiati, Astuti

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis, Pauh Padang 25163  
e-mail: dhe\_vhy02@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu aktivasi karbon dan mengkarakterisasi sifat listrik serta struktur pori komposit PANi/karbon berbasis tempurung kemiri yang akan digunakan sebagai elektroda kapasitor. Karbon aktif disintesis menggunakan metode aktivasi kimia dengan variasi suhu aktivasi yaitu 300 °C, 400 °C, 500 °C dan 600 °C. Polianilin (PANi) disintesis dengan metode polimerisasi oksidasi kimia. Pengukuran konduktivitas dan kapasitansi komposit PANi/karbon menggunakan LCR meter. Membran PVA (Polyvinyl Alcohol) dipakai sebagai bahan dielektrik pada pengukuran kapasitansi. Ukuran pori karbon aktif ditentukan dari hasil foto SEM (Scanning Electron Microscopy). Ditinjau dari hasil SEM pada perbesaran 10.000 x, karbon aktif pada suhu aktivasi tertinggi (600 °C) memiliki pori yang lebih banyak dan lebih dalam, dengan ukuran pori terkecil 0,19 µm dan ukuran pori terbesar 4,72 µm. Konduktivitas listrik komposit PANi/karbon semakin besar seiring dengan meningkatnya suhu aktivasi karbon dengan nilai tertinggi  $5,7 \times 10^{-3}$  S/m. Nilai kapasitansi tertinggi pada sampel yaitu 10,52 µF.

Kata kunci: tempurung kemiri, PANi/karbon, konduktivitas, kapasitansi kapasitor

### ABSTRACT

*The purpose of this research is to analyze the effect of activation temperature of carbon and to characterize the electrical properties and the pore structure of PANi/carbon composite based on candlenut shell as a capacitor electrodes. Synthesis of activated carbon by using a chemical activation method with varies temperature about 300 °C, 400 °C, 500 °C and 600 °C. The polyanilines (PANi) were synthesized by using chemical oxidation polymerization method. Conductivity and capacitance of PANi/carbon composite was analyzed by using LCR meter and pore size by using SEM (Scanning Electron Microscopy). By reviewing from the results of SEM at 10.000 x magnification, activated carbon with highest activation temperature (600 °C) have more and deeper pores with the smallest pore size is 0.19 µm and 4.72 µm for the largest pore size. The electrical conductivity of PANi/carbon composite is greater with increasing of activation temperature of carbon with the highest value is  $5.7 \times 10^{-3}$  S/m. In Measurement of capacitor capacitance, dielectric material is PVA membrane (Polyvinyl Alcohol). The highest capacitance of the samples is 10.52 µF.*

*Keywords: candlenut shell, PANi/carbon, conductivity, capacitors capacitance*

### I. PENDAHULUAN

Tempurung kemiri adalah salah satu limbah organik yang dapat disintesis menjadi karbon aktif dengan kadar karbon terikat sebesar 75,79 % (Lempang dkk., 2009), lebih tinggi daripada bahan organik lainnya, seperti kayu pinus (71,93 %) (Komarayati dkk., 2004), tempurung kelapa sawit (66,79 %) (Purwanto, 2011) dan arang sekam (74,20 %) (Nugraha, 2010). Karbon aktif adalah karbon yang memiliki luas permukaan yang cukup tinggi berkisar antara 100 sampai dengan 2000 m<sup>2</sup>/g. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa luas permukaan karbon aktif yang dikembangkan mencapai 3000 m<sup>2</sup>/g (Pujiyanto, 2010). Material ini memiliki pori-pori sangat kompleks yang berkisar dari ukuran mikro (< 50 Å), ukuran meso (50 - 250) Å dan ukuran makro (> 250 Å), oleh karena memiliki luas permukaan yang sangat besar, maka karbon aktif sangat cocok digunakan pada aplikasi yang membutuhkan luas kontak yang besar seperti untuk media adsorpsi (penyerapan), media reaksi dan katalisis.

Salah satu aplikasi karbon aktif dalam pengembangan divais elektronika adalah sebagai elektroda kapasitor. Elektroda kapasitor merupakan konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan media nonlogam pada kapasitor. Proses penyerapan ion akan terjadi pada permukaan elektroda tersebut. Karbon aktif yang digunakan dalam pembentukan elektroda akan

menciptakan luas permukaan yang sangat besar sehingga memungkinkan untuk penyerapan sejumlah besar ion. Elektroda kapasitor dapat disintesis dari komposit karbon aktif. Material komposit adalah suatu jenis material baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih material dengan sifat berbeda satu sama lain baik sifat fisika maupun kimia dan tetap terpisah dalam hasil akhir.

Komposit karbon aktif dapat dibuat dengan menambahkan sejenis polimer konduktif dengan karbon aktif. Polimer konduktif merupakan polimer yang dapat menghantarkan arus listrik seperti halnya logam. Polimer dalam keadaan normal tidak bersifat konduktif, namun dapat ditingkatkan konduktivitasnya dengan menambahkan pembawa muatan. Kemampuan polimer ini menghantarkan listrik terjadi karena adanya elektron ikat terdelokalisasi yaitu kecenderungan elektron terluar untuk berpindah dari suatu tingkatan ke tingkatan energi lainnya. Salah satu polimer konduktif yang banyak dikembangkan saat ini adalah polianilin (PAni), karena mempunyai kestabilan lingkungan yang lebih tinggi dan kemudahan proses sintesis serta pendopongan jika dibandingkan dengan polimer konduktif lainnya (Maddu dkk., 2008). Berdasarkan hal tersebut diatas, maka pada penelitian ini dibuatlah komposit PAni/karbon berpori berbasis tempurung kemiri dan mengkarakterisasi sifat listrik dan struktur pori komposit PAni/karbon sebagai elektroda kapasitor.

## II. METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang, mulai dari bulan September 2013 hingga bulan Juli 2014. Penggilingan dan pengayakan arang tempurung kemiri dilakukan di Laboratorium Material dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang. Pembuatan tablet komposit PAni/karbon dilakukan di Laboatorium Formulasi Sediaan Tablet Fakultas Farmasi Universitas Andalas Padang. Karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat morfologi permukaan sampel dilakukan di Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang (UNP). Karakterisasi sifat listrik dilakukan menggunakan LCR meter TH2820 untuk menentukan nilai konduktivitas listrik dan kapasitansi kapasitor elektroda komposit PAni/karbon. Pengukuran kapasitansi menggunakan bahan dielektrik berupa membran PVA (*Polyvinyl Alcohol*) yang dibuat melalui proses polimerisasi.

### 2.1 Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kemiri

Pembuatan arang aktif berbahan dasar tempurung kemiri ini dilakukan dengan prosedur aktivasi secara kimia (Bukasa dkk., 2012). Tempurung kemiri sebanyak 100 gram dibersihkan lalu dikeringkan. Tempurung kemiri yang telah dikeringkan kemudian dikarbonisasi dalam furnace pada suhu 500 °C selama 30 menit hingga berubah menjadi arang. Arang hasil karbonisasi dihaluskan menggunakan *Ball Milling Los Angeles* (LA), kemudian disaring dengan ayakan 200 mesh untuk mendapatkan ukuran butir yang sama dan diperoleh hasil akhir berupa serbuk arang. Serbuk arang kemudian direndam dalam larutan dengan konsentrasi 2,5% selama 24 jam. Unsur-unsur mineral dari senyawa H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang ditambahkan akan meresap ke dalam arang dan dapat menyebabkan terdorongnya residu hidrokarbon sehingga meningkatkan pembentukan permukaan pori arang aktif. Serbuk arang yang telah direndam kemudian diaktivasi dengan cara dipanaskan menggunakan furnace selama 2 jam dengan variasi suhu 300 °C, 400 °C, 500 °C dan 600 °C dan menghasilkan arang aktif. Arang aktif dicuci dengan aquades hingga mencapai pH netral. Arang aktif yang telah dicuci kemudian dikeringkan dalam furnace selama 1 jam pada suhu 120 °C dan arang aktif siap digunakan.

### 2.2 Pembuatan Serbuk Pani

Serbuk PAni disintesis dengan metode polimerisasi oksidasi secara kimia pada suhu ruang (Phang, dkk., 2008). Pembuatan serbuk PAni dilakukan dengan cara melarutkan monomer anilin (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>) sebanyak 2 ml ke dalam 50 ml asam klorida (HCl) 1 M sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam, pada wadah lain dipersiapkan amonium peroksidisulfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) sebanyak 6 gram yang dilarutkan ke dalam 50 ml HCl 1 M dan

diaduk selama 3 jam. Kedua larutan tersebut dicampurkan ke dalam wadah kimia, diaduk selama 1 jam dan dibiarkan selama 2 jam, kemudian didinginkan selama 24 jam. Reaksi yang terjadi akibat pencampuran kedua larutan tersebut akan mengakibatkan terbentuknya endapan berwarna hijau (PAni). PAni kemudian disaring dan dicuci dengan aquades, aseton dan metanol hingga mencapai pH netral. Hasil pencucian PAni kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam hingga berbentuk serbuk PAni yang siap digunakan.

### 2.3 Pembuatan Komposit PAni/Karbon

Pembuatan komposit PAni/karbon dilakukan dengan cara mencampurkan PAni sebanyak 0,4 gram dengan arang aktif tempurung kemiri sebanyak 0,2 g. Setelah PAni dicampurkan dengan arang aktif, kemudian dikompaksi sehingga diperoleh hasil berbentuk tablet. Pembuatan komposit PAni/karbon menghasilkan empat tablet dengan suhu aktivasi karbon yang berbeda-beda, yaitu  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $400^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$  dan  $600^{\circ}\text{C}$ .

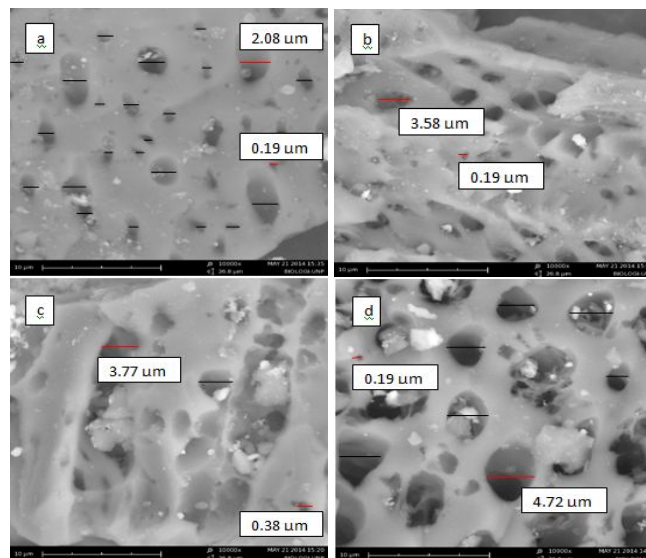
### 2.4 Pembuatan Membran (Separator)

Polyvinil Alkohol (PVA) sebanyak 2 gram dilarutkan ke dalam 25 ml aquades pada gelas kimia menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam hingga homogen. Larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  2,5% sebanyak 2 ml ditambahkan ke dalam larutan PVA dan aquades, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  selama 10 menit hingga homogen. Larutan PVA, aquades dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  2,5% tersebut kemudian dicetak ke dalam cawan petri dan dikeringkan di dalam oven pada suhu  $120^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Morfologi Permukaan

Hasil karakterisasi menggunakan SEM menunjukkan morfologi permukaan karbon aktif dengan variasi suhu aktivasi  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $400^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$  dan  $600^{\circ}\text{C}$  dengan perbesaran 10.000 x dan skala  $10\ \mu\text{m}$  dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Morfologi permukaan karbon aktif dengan perbesaran 10.000 x dengan variasi suhu aktivasi a).  $300^{\circ}\text{C}$ , b).  $400^{\circ}\text{C}$ , c).  $500^{\circ}\text{C}$  dan d).  $600^{\circ}\text{C}$

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat perbedaan bentuk, jumlah dan ukuran pori untuk setiap variasi suhu aktivasi karbon. Gambar 1.a merupakan sampel karbon dengan waktu aktivasi  $300^{\circ}\text{C}$  mempunyai jumlah pori yang sedikit dan dangkal, sedangkan karbon aktif dengan suhu aktivasi  $400^{\circ}\text{C}$  dan  $500^{\circ}\text{C}$  menunjukkan jumlah pori-pori yang lebih banyak dibandingkan dengan karbon dengan suhu aktivasi  $300^{\circ}\text{C}$ . Lain halnya dengan Gambar 1.d karbon yang diaktivasi dengan suhu  $600^{\circ}\text{C}$  dimana terlihat jumlah pori lebih banyak dan

dengan pori yang dalam. Ukuran pori terkecil yang diperoleh dari hasil pengukuran secara manual yaitu 0,19  $\mu\text{m}$  dan ukuran pori terbesar 4,72  $\mu\text{m}$ .

Secara umum semakin tinggi suhu aktivasi, maka jumlah pori yang dihasilkan semakin banyak. Jumlah pori yang lebih banyak menyebabkan luas permukaan karbon aktif menjadi lebih besar, hal ini menunjukkan bahwasanya pada suhu aktivasi yang lebih tinggi unsur-unsur mineral dari senyawa  $\text{H}_3\text{PO}_4$  yang telah ditambahkan ke dalam arang meresap dengan baik dan membuka pori-pori yang mula-mula tertutup (Ketaren, 1986). Selain itu meningkatnya suhu aktivasi menyebabkan terjadinya perubahan struktur, hal ini terjadi karena adanya dekomposisi senyawa hidrokarbon dan terbentuknya senyawa aromatik yang merupakan dasar penyusun struktur kristalin heksagonal arang aktif (Darmawan,dkk., 2009, Pari, 1996).

### 3.2 Analisis Sifat Listrik

#### 3.2.1 Konduktivitas Listrik

Nilai konduktivitas listrik diperoleh dari hasil pengukuran resistansi, pengukuran menggunakan variasi frekuensi, yaitu 100 Hz, 120 Hz dan 1000 Hz. Hasil pengukuran resistansi dan perhitungan nilai konduktivitas PAni murni dan karbon aktif dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai konduktivitas PAni murni dan karbon aktif dengan variasi suhu aktivasi pada frekuensi 100 Hz, 120 Hz dan 1000 Hz

Frekuensi (Hz)	Sampel	Resistansi ( $\Omega$ )	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Konduktivitas (S/m)
100	PAni	$3.13 \times 10^3$	88.4	$1.13 \times 10^{-2}$
	A	$91.24 \times 10^6$	$257.75 \times 10^4$	$3.88 \times 10^{-7}$
	B	$57.65 \times 10^6$	$162.86 \times 10^4$	$6.14 \times 10^{-7}$
	C	$41.79 \times 10^6$	$118.06 \times 10^4$	$8.47 \times 10^{-7}$
	D	$31.92 \times 10^6$	$90.17 \times 10^4$	$1.11 \times 10^{-6}$
120	PAni	$3.03 \times 10^3$	58.6	$1.16 \times 10^{-2}$
	A	$22.68 \times 10^6$	$64.07 \times 10^4$	$1.56 \times 10^{-6}$
	B	$20.66 \times 10^6$	$58.36 \times 10^4$	$1.71 \times 10^{-6}$
	C	$13.04 \times 10^6$	$36.84 \times 10^4$	$2.71 \times 10^{-6}$
	D	$13.23 \times 10^6$	$37.37 \times 10^4$	$2.68 \times 10^{-6}$
1000	PAni	$1.6 \times 10^3$	45.2	$2.21 \times 10^{-2}$
	A	$11.92 \times 10^6$	$33.67 \times 10^4$	$2.97 \times 10^{-6}$
	B	$11.25 \times 10^6$	$31.78 \times 10^4$	$3.15 \times 10^{-6}$
	C	$12.09 \times 10^6$	$34.15 \times 10^4$	$2.93 \times 10^{-6}$
	D	$10.46 \times 10^6$	$29.55 \times 10^4$	$3.38 \times 10^{-6}$

Keterangan :

A = karbon aktif dengan suhu aktivasi 300  $^{\circ}\text{C}$

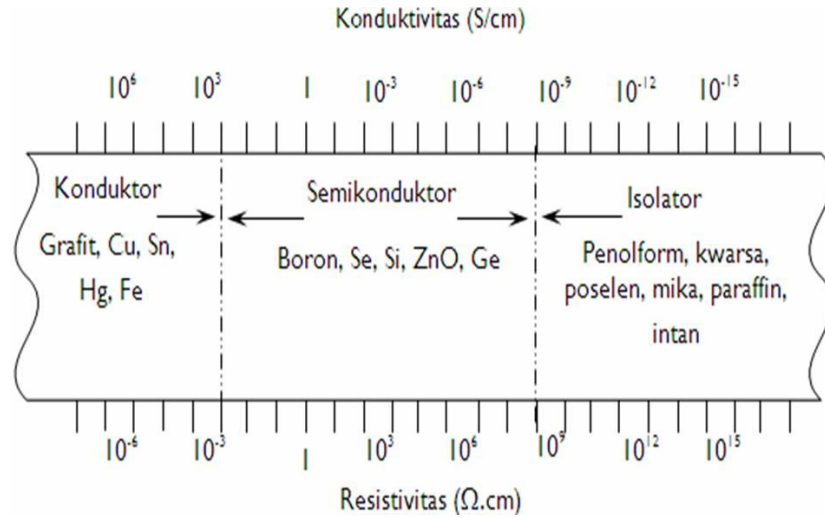
B = karbon aktif dengan suhu aktivasi 400  $^{\circ}\text{C}$

C = karbon aktif dengan suhu aktivasi 500  $^{\circ}\text{C}$

D = karbon aktif dengan suhu aktivasi 600  $^{\circ}\text{C}$

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa nilai konduktivitas PAni murni berkisar antara  $1,13 \times 10^{-2}$  S/m sampai  $2,21 \times 10^{-2}$  S/m. Menurut teori nilai konduktivitas PAni murni berkisar

antara  $10^{-10}$  S/cm hingga  $10^2$  S/cm (Mihardi, 2008). Berdasarkan teori tersebut, maka dapat diketahui bahwa PANi yang diperoleh pada penelitian cukup konduktif.

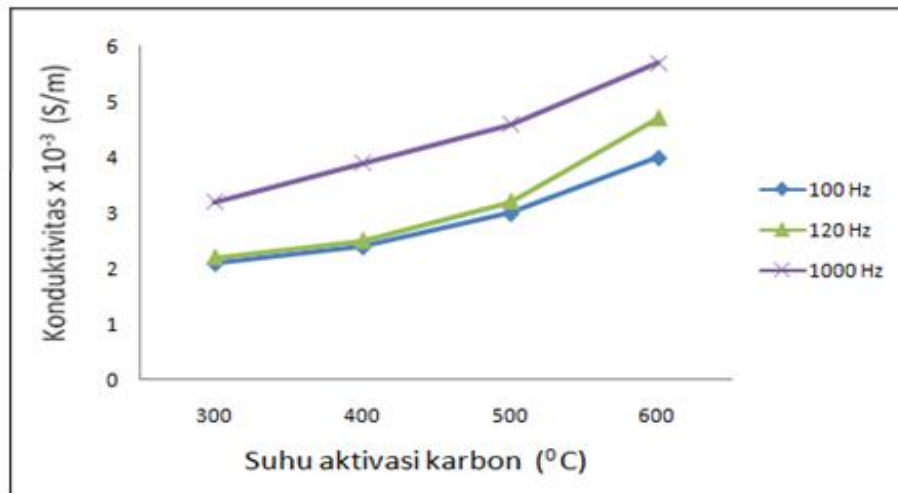


Gambar 2 Spektrum konduktivitas listrik dan resistivitas  
 Sumber: (Irzaman,dkk., 2010)

Berdasarkan Gambar 2 spektrum konduktivitas listrik dan resistivitas, nilai konduktivitas PANi yang diperoleh pada penelitian ini berada antara rentang nilai  $10^{-8}$  -  $10^3$  S/cm yang merupakan rentang material semikonduktor. Nilai konduktivitas PANi sebanding dengan besarnya frekuensi yang diberikan. Semakin tinggi frekuensi maka nilai konduktivitas yang terukur semakin tinggi. Kenaikan frekuensi akan meningkatkan jumlah pembawa muatan pada material sehingga terjadi transfer muatan yang tinggi pada daerah antar muka yang berakibat pada meningkatnya konduktivitas.

Berdasarkan Tabel 1 nilai konduktivitas karbon aktif tertinggi yang diperoleh adalah  $3,38 \times 10^{-6}$  S/m pada suhu aktivasi  $600$  °C. Secara keseluruhan pengukuran konduktivitas PANi yang mengalami pendopingan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu konsentrasi dopan yang ditambahkan, homogenitas dopan dalam PANi dan morfologi polimer serta reaksi kimia yang terjadi antara dopan dengan polimer tersebut (Bhullar, 2009).

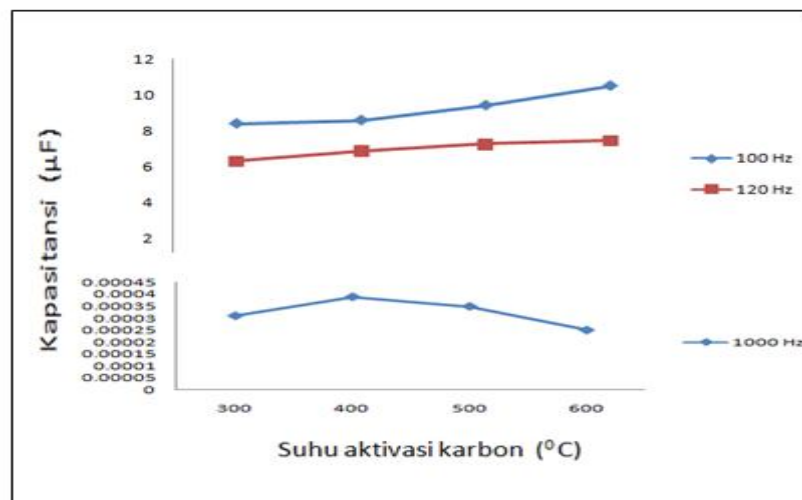
Nilai konduktivitas komposit PANi/karbon dapat dilihat pada Gambar 3 grafik nilai konduktivitas komposit PANi/karbon terhadap suhu aktivasi karbon. Dari Gambar 3 dapat diketahui nilai konduktivitas komposit PANi/karbon terendah pada suhu aktivasi karbon  $300$  °C sebesar  $2,1 \times 10^{-3}$  S/m dan konduktivitas tertinggi pada suhu aktivasi karbon  $600$  °C sebesar  $5,7 \times 10^{-3}$  S/m. Peningkatan konduktivitas sebanding dengan tingginya suhu aktivasi karbon, jika dikaitkan dengan hasil SEM pada Gambar 1.d yaitu karbon dengan suhu aktivasi  $600$  °C, terdapat jumlah pori yang lebih banyak. Hal ini menjelaskan bahwa pemanasan pada proses aktivasi akan mempengaruhi struktur, ukuran dan jumlah pori karbon, serta mendorong atau membebaskan residu hidrokarbon yang menyumbat pori sehingga jumlah pori karbon semakin besar. Semakin banyak jumlah pori karbon maka semakin luas permukaannya, sehingga semakin banyak pula difusi PANi pada permukaan pori karbon tersebut.



Gambar 3 Grafik nilai konduktivitas komposit PAni/karbon terhadap suhu aktivasi karbon

### 3.2.2 Kapasitansi

Perbandingan nilai kapasitansi terhadap tingginya suhu aktivasi karbon dapat dilihat pada Gambar 4 grafik nilai kapasitansi kapasitor plat sejajar terhadap suhu aktivasi karbon.



Gambar 4 Grafik nilai kapasitansi kapasitor plat sejajar elektroda komposit PAni/karbon dengan membran PVA/H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> terhadap suhu aktivasi karbon

Dari Gambar 4 diketahui bahwa nilai kapasitansi yang diperoleh berkisar antara 6,3 µF hingga 10,52 µF. Nilai kapasitansi meningkat seiring dengan tingginya suhu aktivasi karbon. Kapasitansi terbaik dimiliki oleh komposit PAni/karbon dengan suhu aktivasi 600 °C yaitu sebesar 10,52 µF. Jika dihubungkan dengan hasil SEM, luas permukaan pori karbon aktif terbesar diperoleh pada suhu aktivasi 600 °C karena jumlah pori karbon lebih banyak dan terdapat pori internal di dalamnya. Meningkatnya luas dari permukaan karbon akan menyebabkan semakin banyak ion baik kation maupun anion yang mampu terserap dalam elektroda, sehingga meningkatkan kapasitansi kapasitor elektroda komposit PAni/karbon (Ariyanto,dkk., 2012).

Ditinjau dari frekuensi pengukurannya, yaitu pada rentang 100 Hz hingga 1000 Hz, nilai kapasitansi akan menurun seiring tingginya frekuensi yang digunakan. Nilai kapasitansi tertinggi diperoleh pada pengukuran dengan frekuensi 100 Hz yaitu sebesar 10,52 µF dan nilai kapasitansi terendah pada frekuensi 1000 Hz yaitu 254,28 x 10<sup>-3</sup> µF. Hal ini dipengaruhi oleh penggunaan bahan dielektrik yang memisahkan elektroda kapasitor. Pada frekuensi rendah, maka elektron dapat beresilasi mengikuti medan aplikasi sehingga mekanisme polarisasi dapat

mengikuti medan aplikasi, namun pada frekuensi tinggi, osilasi elektron tidak dapat mengikuti fluktuasi medan aplikasi dan menyebabkan mekanisme polarisasi tidak dapat mengikuti medan aplikasi sehingga nilai dielektrisitas bahan menurun secara eksponensial seiring dengan bertambahnya frekuensi pengukuran (Mansour, 2005).

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai konduktivitas listrik komposit PAni/karbon meningkat seiring dengan meningkatnya suhu aktivasi karbon. Nilai konduktivitas listrik komposit PAni/karbon tertinggi yang diperoleh mencapai  $5,7 \times 10^{-3}$  S/m. Nilai kapasitansi kapasitor elektroda komposit PAni/karbon meningkat seiring dengan meningkatnya suhu aktivasi karbon dan menurun seiring dengan bertambahnya frekuensi. Kapasitansi kapasitor tertinggi yang diperoleh mencapai 10,52  $\mu$ F pada suhu 600 °C dan frekuensi 100 Hz. Pengukuran kapasitansi menggunakan bahan dielektrik berupa membran PVA (*Polyvinyl Alcohol*).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, T., Prasetyo, I. dan Rochmadi, Pengaruh Struktur Pori terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor yang Dibuat dari Karbon Nanopori, *Jurnal Ilmiah Sains Reaktor*, Vol. 14, No. 1, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, hal. 25-32.
- Irzaman, Erviansyah, R., Syafutra, H., Maddu dan Siswadi, 2010, Studi Konduktivitas Listrik Film Tipis Ba<sub>0,25</sub>Sr<sub>0,75</sub>TiO<sub>3</sub> yang Didadah Ferium Oksida (BFST) Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition, *Jurnal Berkala Fisika*, Departemen Fisika FMIPA Institut Pertanian Bogor, ISSN : 1410 – 9662 Vol 13, No.1, hal. 33 -38.
- Bhullar, G. K., 2009, Synthesis and Characterization of Conducting Polymer Polyaniline, India: School of Physics and Material Science Thapar University.
- Darmawan, S., Pari, G. dan Sofyan, K., 2009, Optimasi Suhu dan Lama Aktivasi dengan Asam Fosfat dalam Produksi Arang Aktif Tempurung Kemiri, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, Bogor, hal. 51-56.
- Ketaren, S., 1986, Minyak dan lemak pangan, Universitas Indonesia Press, Jakarta. Komarayati, S., Setiawan, D. dan Mahpudin, 2004, Beberapa Sifat dan Pemanfaatan Arang dari Serasah Kayu Pinus, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Bogor, Vol. 22 No. 1, , hal. 17-22.
- Komarayati, S., Setiawan, D. dan Mahpudin, 2004, Beberapa Sifat dan Pemanfaatan Arang dari Serasah Kayu Pinus, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Bogor, Vol. 22 No. 1, hal. 17-22.
- Lempang, M., Syafii, W. dan Pari, G., 2009, Sifat dan Mutu Arang Aktif Tempurung Kemiri, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Vol. 30, No. 2, ISSN: 0216-4329 , Balai Penelitian Kehutanan Makassar, hal. 100-113.
- Maddu, A., 2008, Sintesis dan Nanoserat Polianilin, *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, Vol.1, No.2, Jurusan Fisika Institut Pertanian Bogor, hal.74-78.
- Mansour, 2005, Frequency and Composition Dependence on the Dielectric Properties for Mg-Zn Ferrite, *Jurnal*, Vol.28, Egypt, J. Solid. hal. 263-273.
- Mihardi, 2008, Sifat Optik dan Listrik PANi yang Didoped HCl, *Skripsi*, FMIPA IPB, Bogor.
- Nugraha, S., 2010, Pemanfaatan Sekam pada Sistem Agroindustri Padi Terpadu, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian* , Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Pari, G., 1996, Pembuatan Arang Aktif dari Serbuk Gergajian Sengon dengan cara kimia, *Bulletin Puslitbang Hasil Hutan*, Bogor , 14(8): 308-320.
- Phang, S.W., Tadakoro, M., Wanatabe, J. dan Kuramoto, N., 2008, Synthesis, Characterization and Microwave Absorption Property of Doped Polyaniline Nanocomposites Containing TiO<sub>2</sub> Nanoparticles and Carbon Nanotubes, No.158, hal. 251-258.
- Pujiyanto, 2010, Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa, *Tesis*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Purwanto, J., 2011, Arang dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq), *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, vol. 29, No.1, Balai Riset dan Standardisasi Industri, Banjarbaru.