



## Analisis Pengaruh Ukuran Pori Terhadap Sifat Listrik Karbon Aktif Dari Limbah Tandan Sawit Pada Prototipe Baterai

Handoyo Margi Waluyo, Irfana Diah Faryuni\*, Abdul Muid

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak

\*Email korespondensi : Irfana@physics.untan.ac.id

**ABSTRACT**—The prototype batteries was successfully made by using activated carbon. This research aimed to examine the effect of pore size on the electrical properties of activated carbon which is used as a battery-making material. Activated carbon is synthesized using  $H_3PO_4$  activator with concentration variations (mass/volume) of 5%, 10%, 15%, 20%, and 25%. The carbonization was carried out at 400 °C for 1 hour, while activation at 700 °C for 1 hour. The result showed, the pore size effect on the electrical properties of the activated carbon in the battery prototype, especially for the capacitance and internal resistance of the material which has a correlation of 90% and 90.2%, respectively. The sample with 25%  $H_3PO_4$  has the best pore size of 5.43 $\mu$ m. As the pore size of the activated carbon increases, it has caused increased capacitance and decreased internal resistance of the material. With the pore size of 5.43 $\mu$ m, the capacitance is 5.88mF/g and the internal resistance of the material is 662.02 $\Omega$ .

**KEYWORD** : Activated Carbon, Battery, Capatitance, Internal Resistance, Palm Bunches

### I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Pada tahun 2016 luas lahan sawit di Indonesia mencapai 9,1 juta hektar yang tersebar di 21 propinsi di Indonesia. Salah satu propinsinya adalah Kalimantan Barat yang memiliki luas lahan terbesar kedua setelah Riau dengan luas lahan sebesar 1,2 juta hektar (BKPM 2013). Dengan seiringnya pertambahan perkebunan kelapa sawit maka akan berbanding lurus dengan bertambahnya limbah sawit. Limbah sawit terbesar berupa tandan kosong sawit yang mengandung unsur lignoselulosa yang terdiri dari lignin dan selulosa. Pada tandan sawit kandungan lignin mencapai 60%, selulosa 27% dan sisanya adalah kandungan lain (Hambali et al. 2007).

Bahan yang mengandung unsur lignoselulosa sangat baik untuk dijadikan karbon aktif. Karbon aktif merupakan karbon berpori hasil dari pirolisis bahan yang mengandung unsur karbon. Ukuran pori

yang dihasilkan beragam mulai dari makropori hingga mikropori (Taryana and Sarma 2003). Karbon aktif sangat banyak dimanfaatkan dalam bidang industri yaitu sebagai bahan filter, bahan penyerap, dan bahan penyimpan muatan. Karena memiliki sifat penyimpan muatan, karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti pada pasta baterai.

(Apriani et al. 2013), pernah mensintesis karbon aktif dengan memanfaatkan limbah kulit durian dengan memvariasikan konsentrasi larutan aktivator KOH sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Penelitian Apriani menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya konsentrasi aktivator maka akan bertambah juga ukuran pori karbon aktif tersebut. Asumsi ini hanya berlaku untuk rentang sampel yang digunakan. Ukuran pori terbaik berada pada konsentrasi 25% yaitu sebesar 8,27 $\mu$ m.

(Astuti and Taspika 2015), pernah memanfaatkan karbon aktif sebagai penyimpan muatan. Karbon aktif disintesis

dari tempurung kemiri menggunakan aktivator  $H_3PO_4$  dengan metode *simple heating* pada suhu  $700^\circ C$ . Dengan konsentrasi aktivator 2,5% didapat nilai kapasitansi spesifik sebesar 50,21mF/g.

Perlu dilakukan solusi untuk memanfaatkan limbah kelapa sawit yang menumpuk. Salah satu solusi untuk memanfaatkan limbah ini adalah dengan menjadikannya karbon aktif yang kemudian dimanfaatkan sebagai bahan penyimpan muatan berupa prototipe baterai. Karbon aktif disintesis dari limbah tandan sawit menggunakan aktivator  $H_3PO_4$  dengan metode pemanasan sederhana pada suhu  $700^\circ C$ . Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh ukuran pori terhadap sifat listrik karbon aktif yang dibuat. Untuk itu perlu memvariasikan ukuran pori karbon aktif yang diadopsi dari penelitian Apriani.

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah tentang pemanfaatan limbah tandan sawit serta dapat mengurangi volume limbah yang menumpuk.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat – alat gelas, ayakan 200 mesh, furnace (*Carbolite*), neraca digital, dan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades, asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), baterai bekas, kalium klorida (KCl) dan tandan sawit.

### 2.2. Preparasi Karbon Aktif Tandan Sawit

Tandan sawit yang diperoleh dari pabrik dibersihkan dari material lain dengan cara mencuci tandan sawit menggunakan air bersih kemudian ditiriskan dan dicacah menjadi potongan kecil. Selanjutnya adalah proses dehidrasi yang dilakukan dengan cara penjemuran tandan sawit yang telah menjadi potongan kecil dibawah terik sinar matahari selama 6 hari. Setelah dikeringkan tandan

sawit kemudian dikarbonisasi dengan suhu  $400^\circ C$  selama 1 jam. Karbon hasil pirolisis ini kemudian diaktivasi menggunakan larutan  $H_3PO_4$  dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dengan waktu kontak perendaman selama 24 jam dan rasio perbandingan antara karbon dan aktivator adalah 1:2. Setelah itu dilakukan pencucian karbon menggunakan akuades hingga pH normal. Karbon yang telah dicuci dikeringkan kembali menggunakan furnace pada suhu  $105^\circ C$  selama 3 jam. Karbon aktif yang telah kering dikalsinasi kembali menggunakan furnace pada suhu  $700^\circ C$  selama 1 jam. Karbon aktif yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui ukuran pori yang terbentuk selama proses sintesis.

### 2.3. Preparasi Prototipe Baterai

Menyiapkan 5 buah baterai komersial bekas yang memiliki kapasitas 1,5 Volt. Kemudian tutup baterai dibuka dan dikeluarkan isi baterai dengan hati – hati agar tidak merusak komponen baterai. Setelah itu komponen baterai dicuci hingga bersih dan dikeringkan. Kelima sampel karbon aktif masing – masing ditambahkan garam KCl sebanyak 1 gram yang telah dilarutkan menggunakan 10 ml akuades untuk setiap 10 gram karbon aktif. Karbon aktif ini kemudian dimasukkan ke dalam wadah baterai.

### 2.4. Pengujian Prototipe Baterai

Prototipe baterai diuji dengan menggunakan voltameter untuk mengetahui potensial sel pada masing – masing sampel yang dibuat. Untuk mengetahui daya tahan prototipe baterai dilakukan uji pengosongan muatan dengan menggunakan resistor sebesar  $981\Omega$ . Tegangan minimum dibatasi hingga tegangan mencapai 0,5 Volt.

### 2.5. Uji Korelasi

Pada penelitian ini variabel yang digunakan dikelompokkan menjadi dua yaitu variabel terikat dan variabel bebas. Variabel

terikat melingkupi kapasitansi dan resistansi internal bahan, sedangkan variabel bebas melingkupi ukuran pori. Hipotesis awal yang digunakan adalah:

$H_0$  : Semakin besar ukuran pori karbon aktif maka semakin kecil kapasitansi dan semakin besar resistansi internal

$H_1$  : Semakin besar ukuran pori karbon aktif maka semakin besar kapasitansi dan semakin kecil resistansi internal

Dalam pengujian hipotesis perlu diketahui kriteria untuk mengetahui apakah hipotesis diterima atau ditolak. Kriteria untuk menerima atau menolak hipotesis adalah:

Jika nilai  $t_{hitung} < t_{tabel}$  maka  $H_0$  tidak ditolak, sedangkan jika nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak.

Untuk menguji hipotesis perlu dilakukan perbandingan antara  $t_{hitung}$  dan  $t_{tabel}$ .  $t_{hitung}$  dapat ditentukan dengan Persamaan (1).

$$t = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \quad (1)$$

Dengan  $t$  adalah  $t_{hitung}$ ,  $n$  adalah jumlah sampel, dan  $R$  adalah koefisien korelasi.

Untuk mengetahui korelasi antara variabel bebas dan variabel terikat memerlukan koefisien korelasi yang dapat ditentukan dengan Persamaan(2).

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad (2)$$

Dengan  $R$  adalah koefisien korelasi,  $n$  adalah jumlah sampel,  $x$  adalah variabel bebas, dan  $y$  adalah variabel terikat (Uyanto. 2009).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

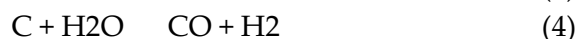
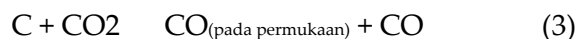
#### 3.1. Preparasi Karbon Aktif Tandan Sawit

Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentuk ukuran pori karbon aktif adalah jenis bahan yang digunakan. Limbah tandan sawit mengandung kandungan lignoselulosa yang cocok untuk dijadikan karbon aktif.

Selain itu pemilihan bahan ini juga dikarenakan untuk mengurangi limbah tandan sawit.

Preparasi karbon aktif limbah tandan sawit diawali dengan proses karbonisasi. Karbonisasi pada suhu 400°C membuat unsur nonkarbon yang terkandung dalam lignin akan terurai dan diubah kedalam bentuk tar, sedangkan unsur nonkarbon yang terkandung dalam selulosa akan terurai dan diubah kedalam bentuk gas metana, gas karbon monoksida, dan gas hidrogen (Tutik and Fauziah 2001). Pada umumnya karbon yang terbentuk dari hasil pirolisis memiliki struktur pori yang kecil sehingga harus diminimalisir terkena kontak langsung dengan udara yang memiliki unsur oksigen. Adanya oksigen menyebabkan terbentuknya abu yang menutupi pori karbon tersebut sehingga mengurangi kualitas dari hasil karbonisasi.

Untuk lebih membuka ukuran pori karbon maka perlu dilakukan aktivasi. Aktivasi dilakukan melalui dua tahap yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam karbon pada larutan  $H_3PO_4$  dengan variasi konsentrasi 5% hingga 25% selama 24 jam. Hal ini bertujuan untuk merusak unsur nonkarbon yang masih tersisa pada saat karbonisasi. Karbon aktif yang telah diaktivasi kimia kemudian aktivasi fisika pada suhu 700°C selama 1 jam. Pada proses ini rantai karbon akan diputuskan dari unsur lain yang tersisa dengan bantuan panas dan uap seperti pada Persamaan (3) dan Persamaan (4).

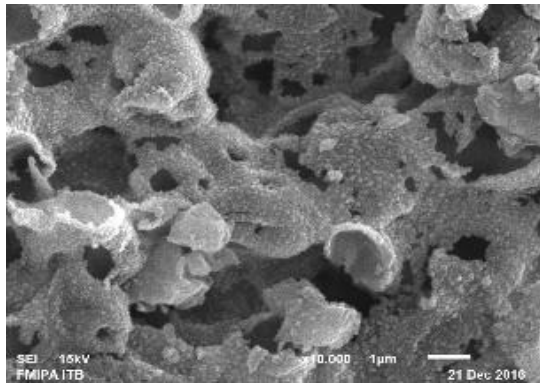


#### 3.2. Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)

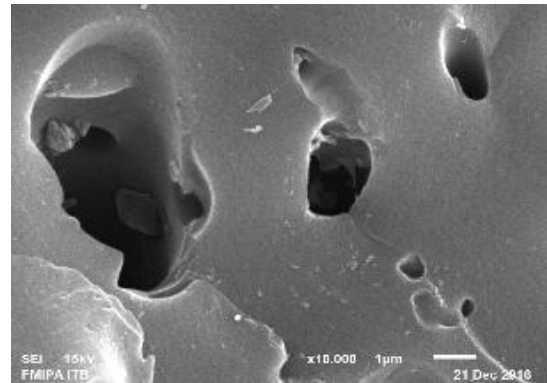
Karakterisasi SEM bertujuan untuk mengetahui struktur pori permukaan karbon aktif. Hasil SEM dengan variasi konsentrasi 0% hingga 25% dapat dilihat pada (a).

Karakterisasi SEM dilakukan dengan perbesaran 10000 kali. Hasil rata – rata

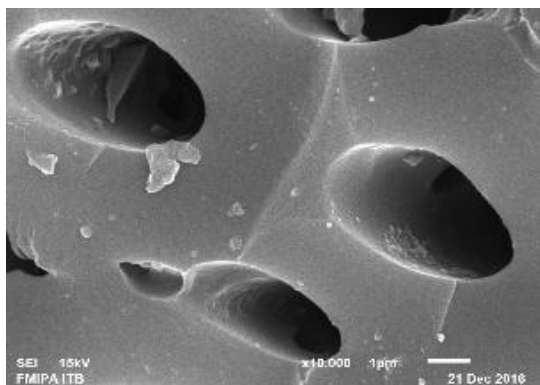
ukuran pori karbon aktif dapat dilihat pada Tabel 1.



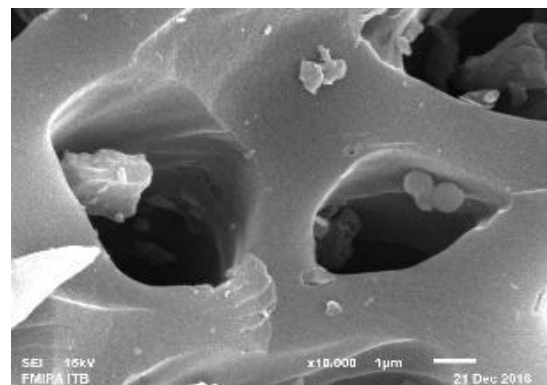
(a)



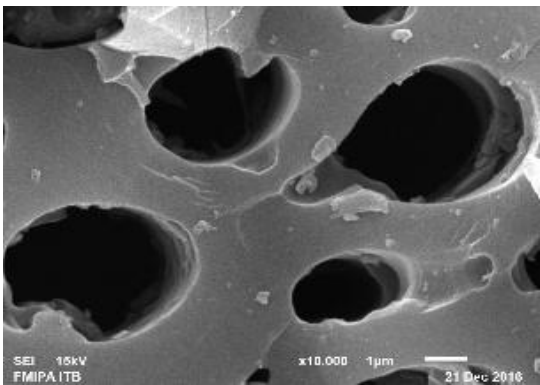
(b)



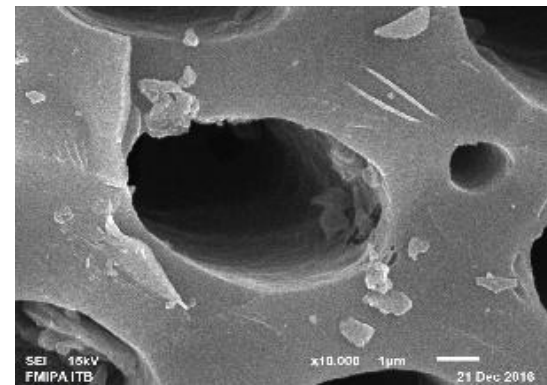
(c)



(d)



(e)



(f)

**Gambar 1.** Mikrograf SEM karbon aktif dengan konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>: (a) 0%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15%, (e) 20%, dan (f) 25%

**Tabel 1.** Ukuran pori karbon aktif

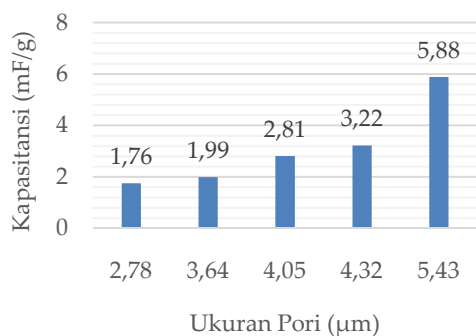
Sampel (%)	Ukuran Pori (µm)
0	-
5	2,78
10	3,64
15	4,05
20	4,32
25	5,43

Berdasarkan Tabel 1 setiap kenaikan konsentrasi larutan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> maka ukuran pori juga akan meningkat. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi aktivator maka semakin banyak zat hidrokarbon atau zat pengotor yang dapat terangkat sehingga akan meningkatkan ukuran pori karbon aktif. Asumsi ini hanya

dapat digunakan pada rentang sampel yang digunakan.

### 3.3. Pengaruh Pori Terhadap Kapasitansi

Berdasarkan analisis dengan uji korelasi antara ukuran pori dan kapasitansi didapat nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,949. Angka ini menunjukkan bahwa korelasi antara kedua variabel ini berada pada rentang hubungan yang sangat kuat (0 hingga 1). Kekuatan korelasi dapat diketahui dengan menghitung nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu sebesar 0,90 artinya kekuatan korelasi antara kedua variabel ini sebesar 90%. Untuk menguji hipotesis awal, perlu membandingkan antara  $t_{hitung}$  yang dapat diperoleh dari Persamaan (1) dan  $t_{tabel}$  yang dapat diperoleh dari tabel distribusi t.  $t_{hitung}$  sebesar 5,20 dan  $t_{tabel}$  sebesar 3,18. Dengan membandingkan kedua angka ini terlihat bahwa  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  ditolak yang artinya semakin besar ukuran pori karbon aktif maka semakin besar kapasitansi. Terlihat pada Gambar 2 bahwa semakin besar ukuran pori karbon aktif maka semakin besar kapasitansi.



**Gambar 2. Hubungan antara ukuran pori karbon aktif terhadap kapasitansi**

Besarnya kapasitansi dipengaruhi oleh besarnya adsorpsi pada ion – ion  $K^+$  dan  $Cl^-$  ke permukaan pori karbon aktif. Semakin besar ukuran pori menyebabkan semakin bertambahnya kekuatan adsorpsi (Apriani et al. 2013). Dapat diasumsikan ukuran ion  $K^+$  dan  $Cl^-$  lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori karbon aktif karena proses adsorpsi akan terjadi apabila ukuran adsorbat yang diadsorpsi harus lebih kecil dari ukuran

pori adsorben. Besarnya adsorbat yang diadsorpsi ini akan mempengaruhi waktu uji dari pengosongan prototipe baterai sehingga mempengaruhi kapasitansi seperti terlihat pada Persamaan (5).

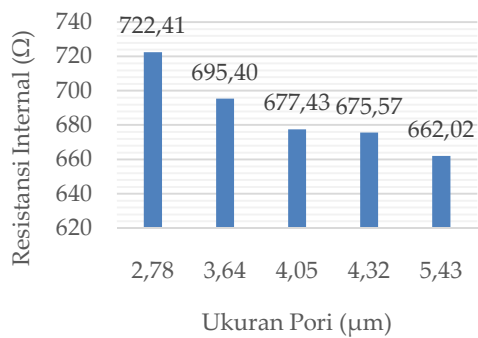
$$I = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt} \quad (5)$$

dengan I adalah arus, Q adalah muatan, t adalah waktu, dan V adalah tegangan. Pada Persamaan(5) terlihat bahwa besarnya kapasitansi akan berbanding lurus dengan lamanya waktu pengosongan prototipe baterai. Semakin banyak adsorbat yang diadsorpsi oleh adsorben akan membuat waktu pengosongan akan bertahan sedikit lebih lama. Pada Gambar 2 terlihat bahwa kapasitansi terbaik dari rentang sampel yang dibuat berada pada ukuran pori sebesar  $5,43\mu\text{m}$  dengan kapasitansi sebesar  $5,88\text{mF/g}$ .

### 3.4. Pengaruh Pori Terhadap Resistansi Internal

Berdasarkan analisis dengan uji korelasi antara ukuran pori dan resistansi internal didapat nilai koefisien korelasi (R) sebesar -0,95. Angka ini menunjukkan bahwa korelasi antara kedua variabel ini berada pada rentang hubungan yang sangat kuat (0 hingga 1). Kekuatan korelasi dapat diketahui dengan menghitung nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yaitu sebesar 0,902 artinya kekuatan korelasi antara kedua variabel ini sebesar 90,2%. Untuk menguji hipotesis awal, perlu membandingkan antara  $t_{hitung}$  yang dapat diperoleh dari Persamaan(1) dan  $t_{tabel}$  yang dapat diperoleh dari tabel distribusi t.  $t_{hitung}$  sebesar -5,267 dan  $t_{tabel}$  sebesar 3,18. Tanda negatif (-) pada koefisien korelasi (R) dan pada nilai  $t_{hitung}$  menunjukkan bahwa korelasi antara kedua variabel ini berbanding terbalik. Dengan membandingkan kedua angka ini terlihat bahwa  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  ditolak yang artinya semakin besar ukuran pori karbon aktif maka semakin kecil resistansi internal. Terlihat pada Gambar 3 bahwa semakin besar ukuran pori karbon aktif maka semakin kecil resistansi internal.





**Gambar 3. Hubungan antara ukuran pori karbon aktif terhadap resistansi internal**

Besarnya nilai resistansi internal bahan dipengaruhi oleh besarnya nilai resistivitas bahan. Karbon merupakan konduktor yang buruk, sehingga memiliki nilai resistivitas yang tinggi. Karbon aktif memiliki pori – pori sehingga karbon aktif akan bersifat poros. Apabila pori – pori ini terisi oleh fluida berupa larutan elektrolit (KCl), maka karbon aktif bisa dijadikan konduktor secara elektrolitik. Resistivitas bahan akan bergantung pada porositasnya. Semakin besar nilai porositas suatu bahan maka nilai resistivitasnya akan semakin kecil seperti terlihat pada Persamaan (6).

$$\rho = \frac{a \cdot w}{w^m S^n} \quad (6)$$

dengan  $\rho$  adalah resistivitas bahan,  $a$  adalah porositas,  $S$  adalah fraksi pori yang berisi fluida, dan  $w$  adalah resistivitas fluida. Porositas merupakan perbandingan antara volume rongga per volume total. Semakin besar ukuran pori artinya volume rongga akan bertambah dan akan meningkatkan nilai porositas. Dengan meningkatnya nilai porositas, ini akan menyebabkan nilai resistivitas semakin kecil. Resistivitas berbeda dengan resistansi, dimana resistivitas tidak dipengaruhi oleh geometri bahan sedangkan resistansi akan dipengaruhi oleh geometri bahan. Namun nilai resistivitas akan berbanding lurus dengan resistansi seperti pada Persamaan (7).

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (7)$$

dengan  $R$  adalah resistansi,  $\rho$  adalah resistivitas bahan,  $L$  adalah panjang, dan  $A$  adalah luas penampang. Hal ini lah yang menyebabkan semakin besar ukuran pori maka nilai resistansi internalnya akan semakin kecil. Pada Gambar 3 nilai resistansi terkecil dari rentang sampel yang dibuat berada pada ukuran pori sebesar 5,43 μm dengan nilai resistansi sebesar 662,02 Ω.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa karbon aktif dari tandan sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyimpan muatan. Ukuran pori karbon aktif berpengaruh terhadap sifat listrik karbon aktif pada prototipe baterai yang dibuat, terutama berpengaruh terhadap kapasitansi dengan korelasi sebesar 90% dan resistansi internal dengan korelasi sebesar 90,2%.

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIPA FMIPA Untan tahun 2017 dan kepada Comdev & Outreaching UNTAN karena telah membantu membiayai penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berlangsung.

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, R., Faryuni, I.D., and Wahyuni, D., 2013. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) Terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian Sebagai Adsorben Logam Fe Pada Air Gambut. *Jurnal Prisma Fisika*, 1 (2), 82–86.
- Astuti., and Taspika, M., 2015. Pembuatan Elektroda Karbon Berpori dari Tempurung Kemiri dan Perancangan Prototipe Sistem Capacitive Deionization (CDI) Untuk Desalinasi Air Payau. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11 (1), 100–107.
- BKPM, Badan Koordinasi Penanaman Modal, <http://regionalinvestment.bkpm.go.id/new/sipid/commodity.php?ic=2> (accessed 19 April 2016).
- Hambali, E., Mujdalifah, S., Tambunan, A.H.,

- Pattiwiri, A.W., and Hendroko, R., 2007. *Teknologi Bioenergi*. 1st. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.
- Taryana, M., and Sarma, T., 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan.
- Tutik, M., and Fauziah, H., 2001. *Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Secara Kimia dengan Larutan Kimia  $ZnCl_2$ , Kcl, dan  $HNO_3$* . Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Negeri Yogyakarta.
- Uyanto, S.S., 2009. *Pedoman Analisis Data dengan SPSS*. 3rd. Yogyakarta: Graha Ilmu.