

## PENGARUH SUHU AKTIVASI CO<sub>2</sub> PADA ELEKTRODA KARBON DARI BUNGA RUMPUT GAJAH

Erman Taer<sup>1)</sup>, Yesi Puspita Sari<sup>1)</sup>, Iwantono<sup>1)</sup>, Rika Taslim<sup>2)</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Email : [erman.taer@yahoo.com](mailto:erman.taer@yahoo.com)

<sup>2</sup> Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Email :

[Rikataslim@yahoo.com](mailto:Rikataslim@yahoo.com)

### Abstrak

Telah dianalisa pengaruh suhu pengaktifan CO<sub>2</sub> pada sifat fisis dan elektrokimia elektroda karbon superkapasitor dari bunga rumput gajah, variasi suhu pengaktifan gas CO<sub>2</sub> dipilih masing-masing yaitu pada suhu 800 °C, 850 °C dan 900 °C. Sifat fisika yang dianalisa meliputi nilai, ketebalan, diameter, massa dan densitas. Perhitungan nilai densitas dapat dilakukan dengan meninjau variabel ketebalan, diameter dan massa dimana didapati bahwa nilai densitas mengalami pengurangan seiring dengan penambahan suhu aktivasi. Sedangkan sifat elektrokimia ditentukan dengan cara membuat sel superkapasitor model koin. Pengukuran nilai kapasitansi spesifik (C<sub>sp</sub>) dilakukan dengan menggunakan metode Cyclic Voltammetry (CV) pada potensial 0-500 mV dengan laju scan 1 mV/s. Pengukuran CV dilakukan menggunakan elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M dan didapati bahwa nilai C<sub>sp</sub> meningkat seiring dengan peningkatan suhu aktivasi. Nilai C<sub>sp</sub> untuk setiap suhu aktivasi 800 °C, 850 °C dan 900 °C adalah 80,84 F/g, 86,92 F/g dan 92,81 F/g.

**Kata kunci:** Suhu aktivasi, Superkapasitor, Kapasitansi spesifik, Bunga rumput gajah, Densitas

### Abstract

*The effect of CO<sub>2</sub> activation temperature have been analyzed on the physical and electrochemical characteristic of carbon electrode supercapacitor from flower of elephant grass. The CO<sub>2</sub> activation temperature with variation of 800°C, 850°C and 900°C was chosen. The analyzing of physical properties include thickness, diameter, mass and density. The calculation of the density can be done by reviewing the variable thickness, diameter and mass. The density was found that decrease with the increasing of activation temperature. While the electrochemical properties was calculated by production of a supercapacitor cell with a coin cell type. The electrochemical measurements were performed using a Cyclic Voltammetry (CV) method at a potential window of 0-500 mV with a scan rate of 1mV/s. The CV measurements were performed in a 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> electrolytes. It was found that the Specific Capacitance (C<sub>sp</sub>) was increased with the increasing of activation temperatur. The C<sub>sp</sub> for varies activation temperature of 800°C, 850°C and 900°C were 80,84 F/g, 86,92 F/g and 92,81 F/g, respectively.*

**Keywords :** Activation temperature, Supercapacitor, Capacitance specific, Flower of elephant grass, Density

## 1. PENDAHULUAN

Rumput gajah merupakan salah satu spesies rumput yang banyak tumbuh di Indonesia. Pemilihan Bunga Rumput Gajah (BRG) didasari pada penelitian sebelumnya yang telah di laporkan tentang tumbuhan *Cattail* [1].

BRG memiliki kemiripan dengan *Cattail* sehingga diharapkan mempunyai struktur pori yang hampir sama. Struktur pori yang tertentu ini mempunyai keunggulan bila dijadikan karbon pada piranti superkapasitor.

Superkapasitor adalah salah satu piranti penyimpan energi yang baik, selain memiliki energi dan daya yang tinggi, superkapasitor bersifat ramah lingkungan [2]. Nilai

kapasitansi superkapasitor jauh lebih besar dibandingkan dengan kapasitor komersil. Ukuran pori dan bentuk partikel elektroda karbon merupakan hal yang mempengaruhi superkapasitor dalam menyimpan energi [3].

Penelitian ini bertujuan mengamati pengaruh densitas karbon untuk suhu aktivasi fisika menggunakan gas CO<sub>2</sub>, suhu aktivasi dipilih sebesar 800 °C, 850 °C dan 900 °C terhadap pembentukan karbon aktif sel superkapasitor dari rumput gajah. Proses aktivasi fisika ini dilakukan dengan tujuan untuk mengaktifkan dan memperbanyak pori yang telah ada dalam bahan karbon sehingga dapat meningkatkan kualitas superkapasitor.

## 2. KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS

### 2.1 Superkapasitor

*Electrochemical Double Layer Capacitor* (EDLC) yang kemudian biasa disebut super kapasitor merupakan kapasitor elektrokimia yang mempunyai densitas energi tinggi dibandingkan dengan kapasitor konvensional. Kapasitor biasa mempunyai kapasitansi dalam satuan mikro Farad ( $\mu\text{F}$ ) sedangkan superkapasitor dengan ukuran yang sama mempunyai nilai kapasitansi Farad. EDLC komersial dapat mencapai kapasitansi tinggi 5000 Farad [4]. Superkapasitor dibandingkan dengan kapasitor konvensional memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah waktu hidup lebih lama, prinsip dan model sederhana, kapasitas penyimpanan energi lebih besar, rapat daya tinggi, dan waktu *recharge* pendek serta aman dalam penggunaannya [2].

Besarnya muatan yang tersimpan di dalam kapasitor disebut kapasitansi. Kapasitansi tidak bergantung pada muatan maupun potensial kapasitor tetapi secara umum kapasitansi bergantung pada ukuran dan bentuk geometri dari konduktor.

### 2.2 Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika merupakan suatu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap, dan gas pengoksidasi seperti  $\text{CO}_2$  [5]. Gas pengoksidasi akan bereaksi dengan karbon sehingga melepaskan residu berupa gas  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ , ataupun  $\text{CO}_2$ . Proses aktivasi menggunakan gas  $\text{CO}_2$  membutuhkan suhu tinggi pada rentang 600 – 900 °C [6].

Tingginya suhu aktivasi mempengaruhi sifat karbon aktif yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu aktivasi maka karbon aktif yang dihasilkan semakin bersih dari pengotor dan semakin banyak ikatan organik yang terlepas. Semakin bersihnya suatu karbon aktif dari pengotor maka pori-porinya akan semakin banyak dan luas permukaannya akan semakin besar [7].

### 2.3 BRG

BRG (*Pennisetum polystachyon*) merupakan satu spesies rumput yang banyak tumbuh di lingkungan. Rumput ini berasal dari

bagian tropis Afrika dan daerah penyebarannya ke daerah tropis Asia dan Afrika termasuk Indonesia. BRG dapat hidup sepanjang tahun dan ada hampir di semua tempat di Indonesia. Rumput ini memiliki ciri-ciri seperti berwarna hijau, bercabang ramping, berakar serabut, dan tinggi antara 50 sampai 300 cm. Selain itu Rumput Gajah juga bisa dijadikan karbon karena selulosa pada Rumput Gajah mengandung atom karbon (C). BRG mengandung selulosa yang cukup besar (40,85 %) yang dapat diproduksi menjadi ethanol [8].

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Alat dan Bahan

Elektroda sel superkapasitor dibuat dari bahan dasar rumput gajah (BRG). Alat dan bahan yang digunakan adalah Oven, *Hard grinder*, *Ball milling*, ayakan 53  $\mu\text{m}$ , *Hydrolic press*, *furnace*, jangka sorong, kertas pasir P1500, air suling, HCl, pH indikator, elektrolit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan *Physics CV UR Rad-Er 5841*.

### 3.2 Pembuatan Elektroda

Pembuatan elektroda dimulai dengan proses prakarbonisasi BRG pada suhu 250 °C. Selanjutnya sampel di giling dengan *Hard Grinder* setelah itu di giling lagi dengan *Ball Milling* selama 20 jam. Sampel yang telah di *Ball Milling* selanjutnya di ayak menggunakan ayakan 53  $\mu\text{m}$  untuk mendapatkan partikel lebih kecil.

Setelah itu sampel ditimbang menjadi 0,7 gram lalu di cetak menjadi pellet menggunakan cetakan *Hydrolic Press*, lalu diukur densitasnya menggunakan jangka sorong dan karbonisasi pun dilakukan pada suhu 600 °C dengan mengalirkan gas  $\text{N}_2$  selang waktu 8-10 jam pada *furnace*. Densitas pelet diukur sebelum melakukan aktivasi fisika.

Aktivasi Fisika di lakukan pada suhu 800 °C, 850 °C dan 900 °C dengan menempatkan pelet yang telah di karbonisasi ke dalam *furnace* dan kemudian dilakukan pengaliran gas  $\text{CO}_2$ . Pengukuran densitas kembali dilakukan. Setelah itu Pelet di poles menggunakan kertas pasir *Hammer P1500* sampai ketebalan 0,2 mm lalu di netralkan dengan air suling hingga pH 7 lalu dikeringkan.

### 3.3 Pembuatan Sel Superkapasitor

Pembuatan sel superkapasitor terdiri dari komponen teflon, pengumpul arus (*stainless steel*), elektroda karbon dan separator dari membran telur itik. Sebelum elektroda digunakan, terlebih dahulu direndam dalam larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> selama 24 jam.

### 3.4 Pengujian Elektrokimia menggunakan *Cyclic Voltammogram (CV)*

Pengujian *CV* dilakukan di Laboratorium Nanoteknologi dan Material jurusan Fisika FMIPA UR dengan alat *Physics CV UR Rad-Er 5841*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan arus terhadap tegangan yang diberikan. *CV* di uji menggunakan potensial antara 0-500 mV terhadap elektroda karbon dengan laju scan 1mV/s.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan serangkaian prosedur penelitian diperoleh hasil meliputi data-data ketebalan, diameter, massa, densitas dan kapasitansi spesifik berupa tabel dan grafik sehingga dapat dianalisa untuk mendapatkan sebuah kesimpulan.

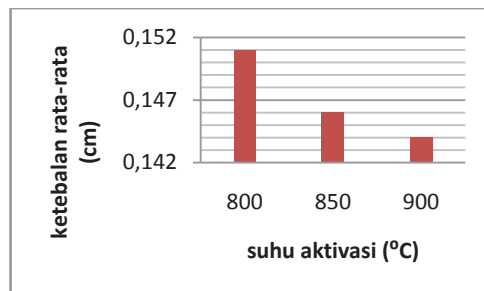
Perbandingan nilai ketebalan, diameter, massa, dan densitas elektroda sel superkapasitor dtunjukkan pada Tabel 1 dengan perlakuan sebelum karbonisasi, setelah karbonisasi dan setelah aktivasi fisika. Nilai penyusutan massa ketebalan, diameter, massa dan densitas paling tinggi terjadi pada saat setelah karbonisasi hal ini dikarenakan tingginya penyerapan kadar air pada proses karbonisasi.

**Tabel 1** Data Nilai Ketebalan, Diameter, Massa dan Densitas Rata-Rata Elektroda Sel Superkapasitor

Kode/ Suhu	Ketebalan (cm)	Diameter (cm)	Massa (gr)	Densitas (gr/cm)
Sebelum Karbonisasi				
A	0,247	1,974	0,699	0,926
B	0,246	1,976	0,697	0,925
C	0,247	1,976	0,698	0,924
Setelah Karbonisasi				
A	0,166	1,585	0,299	0,925
B	0,164	1,579	0,289	0,900
C	0,158	1,577	0,277	0,865
Setelah Aktivasi				
800	0,151	1,496	0,235	0,885
850	0,146	1,486	0,219	0,865
900	0,144	1,484	0,206	0,827

#### 4.1 Ketebalan

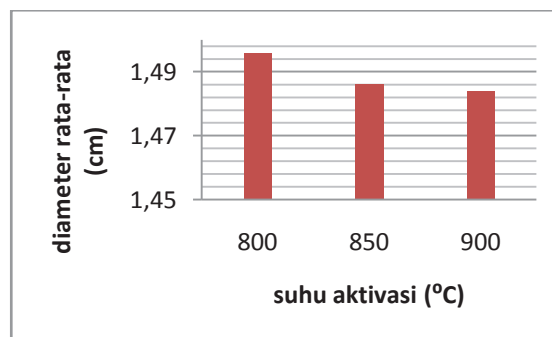
Gambar 1 memperlihatkan nilai rata-rata ketebalan elektroda pada perlakuan suhu aktivasi fisika berbeda-beda. Nilai rata-rata ketebalan berbanding terbalik dengan kenaikan suhu, semakin tinggi suhu maka ketebalan pun semakin berkurang. Tingginya suhu menyebabkan tingginya penyerapan kadar air dan menipisnya permukaan elektroda sehingga ketebalan berkurang.



**Gambar 1** Ketebalan rata-rata variasi suhu aktivasi fisika.

#### 4.2 Diameter

Gambar 2 memperlihatkan nilai rata-rata diameter elektroda pada perlakuan suhu aktivasi fisika 800°C, 850°C dan 900°C. Nilai rata-rata diameter berbanding terbalik dengan kenaikan suhu, semakin tinggi suhu semakin tinggi penyerapan kadar air dan menyebabkan menipisnya permukaan elektroda sehingga diameter berkurang.

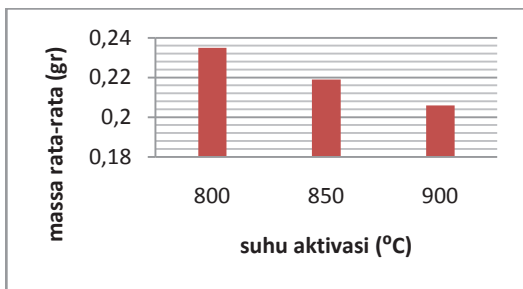


**Gambar 2** Diameter rata-rata variasi suhu aktivasi fisika

#### 4.3 Massa

Gambar 3 memperlihatkan nilai massa rata-rata elektroda pada perlakuan aktivasi fisika dengan variasi suhu 800°C, 850°C dan 900°C. Nilai massa rata-rata berbanding terbalik dengan kenaikan suhu, semakin tinggi suhu aktivasi semakin berkurang massanya. Massa mempengaruhi nilai densitas, karena massa berbanding lurus dengan densitas.

Semakin tinggi suhu maka berat elektroda semakin berkurang dan nilai densitas juga berkurang hal ini dikarenakan banyaknya zat pengotor yang terbang, penyerapan kadar air, komponen volatil dan mineral.

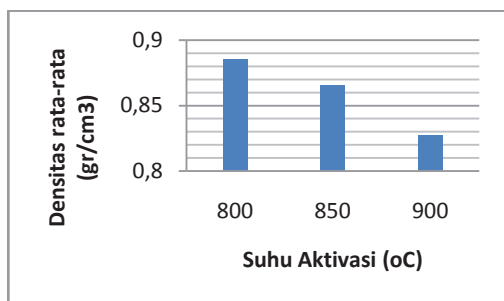


Gambar 3 Massa rata-rata variasi suhu aktivasi fisika

#### 4.4 Densitas

Gambar 4 menunjukkan nilai densitas berbanding terbalik seiring dengan kenaikan suhu, semakin tinggi suhu semakin rendah nilai densitas yang di dapat. Pada penelitian ini nilai densitas tertinggi berada pada suhu 800°C karena banyaknya kandungan abu yang menyumbat pori sedangkan nilai densitas terendah berada pada suhu 900°C. Semakin rendah nilai densitas maka semakin banyak pori yang terbentuk karena berkurangnya massa elektroda dan semakin banyak zat pengotor yang terbang.

Densitas menentukan kemampuan sel superkapasitor sebagai penyimpan muatan. Semakin tinggi densitas elektroda superkapasitor semakin kecil kemampuannya dalam menyimpan muatan. Kemampuan ini dipengaruhi oleh susunan partikel elektroda yang padat sehingga menyebabkan sedikitnya jumlah pori elektroda tersebut.



Gambar 4 Densitas rata-rata variasi suhu aktivasi fisika.

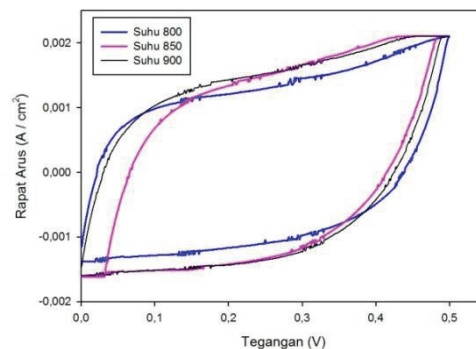
#### 4.5 Kapasitansi Spesifik

CV digunakan untuk mempelajari stabilitas dan reversibilitas (kedapatbalikan) kapasitor elektrokimia lapisan ganda (EDLC) [9]. Besarnya arus *charge* dan arus *discharge* pada saat pengukuran mempengaruhi bentuk kurva yang dihasilkan. Arus *charge* merupakan arus yang terukur ketika superkapasitor mengalami proses pengisian muatan (*charge*) yang ditandai dengan daerah kurva bagian atas. Arus *discharge* merupakan arus yang terukur ketika superkapasitor mengalami proses pengosongan muatan (*discharge*) yang ditandai dengan daerah kurva bagian bawah.

Gambar plot antara rapat arus dan tegangan pada Gambar 5 memperlihatkan bentuk kurva yang sedikit menyerupai bentuk daun. Luas daerah yang dibentuk oleh arus *charge* dan *discharge* mengindikasikan besar nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor yang diuji [10]. Semakin lebar bentuk kurva maka semakin besar arus *charge* dan *discharge* yang menandakan semakin besarnya nilai kapasitansi yang dihasilkan.

Arus *charge* dan *discharge* yang digunakan adalah arus pada potensial 0,25 V yang terdapat pada bagian tengah kurva. Besar kapasitansi spesifik berbanding lurus dengan besar kapasitansi sel superkapasitor.

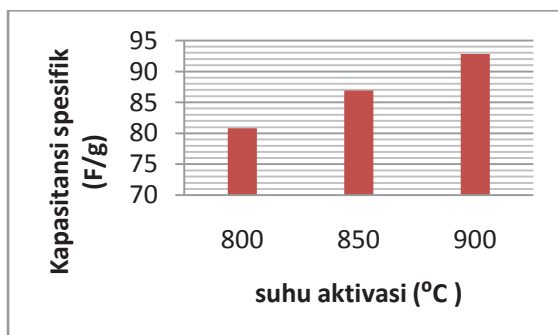
Kenaikan nilai ini dapat disebabkan oleh keadaan elektroda (densitas dan struktur pori) yang digunakan. Besar kapasitansi spesifik berbanding terbalik dengan massa elektroda dimana besarnya densitas dipengaruhi oleh massa elektroda tersebut. Semakin besar densitas maka kapasitansi spesifik akan semakin kecil.



Gambar 5 Data arus dan tegangan hasil pengukuran CV

Gambar 5 memperlihatkan gambar kapasitansi spesifik pada program CV dengan

grafik tiga variasi suhu yaitu 800°C, 850°C dan 900°C. Grafik suhu 800 ditandai dengan warna biru, grafik suhu 850 ditandai dengan warna pink dan grafik suhu 900 ditandai dengan grafik warna hijau.



**Gambar 6** Kapasitansi spesifik (Csp) rata-rata variasi aktivasi fisika

Gambar 6 memperlihatkan bahwa besarnya nilai kapasitansi spesifik elektroda berbanding lurus terhadap kenaikan suhu, semakin tinggi suhu maka semakin tinggi pula nilai kapasitansi. Nilai kapasitansi terendah berada pada suhu 800°C dan nilai kapasitansi paling tinggi berada pada suhu 900°C.

## 5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai densitas dari elektroda berbahan dasar BRG berbanding terbalik dengan peningkatan suhu sedangkan nilai kapasitansi spesifik berbanding lurus seiring dengan meningkatnya suhu. Nilai densitas dengan kapasitansi spesifik berbanding terbalik. Ini dipengaruhi dengan variabel massa, ketebalan dan diameter.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan ucapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Tinggi dan Universitas Riau yang telah membiayai penelitian ini, melalui Hibah Kompetensi tahun 2016, dengan Ketua Tim Peneliti Dr. Erman Taer, M.Si.

## 7. REFERENSI

- [1]Fan, Zhuangjun. Dongping, Qi. Ying, Xiao. Jun, Yan. Tong, Wei. 2013. One-step synthesis of biomass-derived porous carbon foam for high performance supercapacitors. *Elsevier* 101 : 29-32.
- [2] Kötz, R. and Bartschi, M. 2002. *Hy.Power - A Fuel Cell Car Boosted with Supercapacitors*. The 12th International Seminar on Double Layer Capacitors and Similar Energy Storage Devices. Deerfield Beach, USA
- [3]Taer,E., Deraman, M., Thalib, I. A., Awitrus, A., Hasmi, S. A., Umar A., A. 2011. Preparation of a Highly Prous Binderless Activated Carbon Monolith from Rubber Wood Saw Dust by a Multi Step Activation Process for Application in Supercapacitors. *Int. Journal Electrochem. Sci*; 6:3301.
- [4]Namisnyk, A. M. 2003. *A Survey of Electrochemical Supercapacitor Technology*. Faculty of Engineering, University of Technology, Sydney.
- [5]Sembiring, MT & Sinaga, T.S. 2003. Arang Aktif, Pengenalan dan Proses Pembuatannya. *FT USU*, 1-9.
- [6]Abioye, A, M. dan Farid, N, A. 2015. Recent development in the production of activated carbon electrodes from agricultural waste biomass for supercapacitors: A review. *Elsevier* 52 : 1282-1293.
- [7]Nurdiansah, H., Susanti, D. 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (EDLC). *Jurnal Teknik POMITS, Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)*, Vol. 2, No. 1, ISSN: 2337-3539.
- [8]Ketut sari, Ni. 2009. Produksi Bioethanol dari Rumput Gajah Secara Kimia. *Jurnal Teknik Kimia* Vol.4,No.1. Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Surabaya.
- [9]Ismanto, A. E., Wang, S., Soetardjo,F. E. & Ismadji. S. 2010. *Preparation of Capacitor's Electrode from Cassava Peel Waste*. *Bioresource Technology* 101: 3534-3540.
- [10]Yanti, Sri. 2014. *Efek Modifikasi Permukaan Karbon Aktif Monolit terhadap Sifat Fisis dan Elektrokimia Sel Superkapasitor*. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru.