

PENGARUH VARIASI SUHU AKTIVASI FISIKA TERHADAP SIFAT FISIS DAN ELEKTROKIMIA ELEKTRODA KARBON SUPERKAPASITOR DARI LIMBAH KULIT PISANG

E. Taer^{1,a)}, S. D. Hartati^{1,b)}, Sugianto¹, R. Taslim²

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Pekanbaru 28293

Email: ^{a)}erman_t aer@yahoo.com, ^{b)}sitihartati16@yahoo.com

Abstrak

Pengaruh variasi suhu aktivasi fisika terhadap sifat fisis dan elektrokimia Elektroda Karbon Superkapasitor (EKS) dari limbah kulit pisang telah dianalisa. Sifat fisis yang dianalisa meliputi, panjang, lebar, tebal dan densitas, sedangkan sifat elektrokimia dilakukan pada nilai kapasitansi spesifik. Pembuatan EKS ini diawali dengan proses penggilingan, pencetakan yang berukuran 12 cm x 10 cm, pengeringan pada suhu 150°C dan kemudian dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil dengan dimensi 3 cm x 3 cm. Potongan yang lebih kecil ini dikarbonisasi pada suhu 600°C dalam lingkungan gas N₂ diikuti dengan aktivasi fisika menggunakan gas CO₂ untuk mendapatkan EKS. Pengukuran sifat fisis EKS seperti massa, panjang, lebar, dan ketebalan dilakukan untuk mendapatkan besaran densitas. Hasil pengukuran densitas EKS didapati menurun secara linear dengan kenaikan suhu aktivasi, nilai masing-masing sebesar 0,846 g/cm³, 0,766 g/cm³, dan 0,740 g/cm³ untuk suhu aktivasi 800°C, 850°C dan 900°C. Pengukuran sel superkapasitor dilakukan dengan metode *Cyclic Voltametry* (CV) pada potensial kerja 0 - 500 mV/s dengan laju scan 1 mV/s menggunakan elektrolit H₂SO₄ 1 M. Nilai kapasitansi spesifik didapati berkurang dengan peningkatan suhu aktivasi. Kapasitansi spesifik masing-masing sampel EKS adalah sebesar 55,2 F/g, 35,9 F/g, 10,8 F/g untuk masing-masing suhu aktivasi 800°C, 850°C dan 900°C.

Kata kunci: Kulit pisang, elektroda karbon superkapasitor, densitas, kapasitansi spesifik

Abstract

The effects of temperature variation on the physical activation to the physical and electrochemical properties of Carbon Electrodes Supercapacitor (CES) from banana peels waste has been analyzed. The physical characteristic such as length, width, thickness and density has been analyzed, while the electrochemical properties was subjected on specific capacitance values. The production of CES was begun by the milling, the printing with a size of 12 cm x 10 cm, drying at a temperature of 150°C and then cutting into smaller sizes with a dimensions of 3 cm x 3 cm. These smaller pieces were carbonized at a temperature of 600°C in N₂ gas atmosphere and followed by a physical activation using CO₂ gas to get CES. The physical properties of CES such as mass, length, width, and thickness were made to get the amount of density. The density of the CES were found decreases in linearly with the increasing of the activation temperature, the density value was 0.846 g / cm³, 0.766 g / cm³ and 0.740 g / cm³ for the activation temperature of 800°C, 850°C and 900°C, respectively. Supercapacitor cells were measured by *Cyclic Voltametry* (CV) method in the work potential of 0-500 mV / s with a scan rate of 1 mV / s using a 1 M H₂SO₄ electrolyte. The Specific capacitance value found decreased with an increasing the activation temperature. Specific capacitance of each sample CES were 55.2 F / g, 35.9 F / g, 10.8 F / g for each activation temperature of 800°C, 850°C and 900°C.

Keywords: Banana peels, carbon electrodes supercapacitor, density, specific capacitance

1. Pendahuluan

Superkapasitor merupakan salah satu produk inovasi teknologi terbaru yang mampu menyimpan energi dalam jumlah yang besar. Kemampuan penyimpanan energi pada superkapasitor dipengaruhi oleh ukuran pori dan bentuk partikel elektroda karbon [1]. Superkapasitor terdiri dari elektroda, elektrolit, pemisah (separator) dan pengumpul arus.

Elektroda karbon aktif dapat dibuat dari salah satu bahan biomassa yaitu limbah kulit pisang. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa “*Elektroda Carbon Paper* (ECP) dari limbah kulit pisang memiliki dimensi yang lebih besar dari elektroda karbon lainnya sehingga dapat menghasilkan jumlah karbon dan nilai kapasitansi yang lebih besar pula” [2].

Pembuatan ECP ada dua tahap, yaitu karbonisasi dan aktivasi [3]. Pada penelitian ini ECP diaktivasi dengan variasi temperatur yaitu, 800°C, 850°C, dan 900°C. Proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan gas CO₂ yang dialirkan kedalam *furnace*. Pemilihan gas CO₂ dikarenakan penggunaan gas CO₂ jauh lebih ekonomis dibandingkan menggunakan aktivasi kimia seperti, NaOH dan KOH. Selain itu, reaksi yang terjadi dengan penggunaan aktivator CO₂ merupakan reaksi endoterm sehingga lebih mudah dikontrol, bersih, dan cocok untuk penelitian berskala laboratorium [4]. ECP variasi temperatur aktivasi CO₂ dilakukan untuk menentukan suhu pengaktifan terbaik serta menghasilkan ECP dengan kapasitansi spesifik yang tinggi.

2. Metode Penelitian

a. Pembuatan Sampel

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah kulit pisang. Pembuatan ECP dari limbah kulit pisang ini merujuk pada penelitian sebelumnya yaitu pada laporan [1]. Bubur kulit pisang yang sudah dihaluskan dimasukkan kedalam cetakan ukuran 12 cm × 10 cm. Sampel tersebut ditimbang terlebih dahulu dengan massa 150 gr setiap satu cetakan kemudian dioven pada temperatur 150°C selama 3 jam. Selanjutnya sampel dilepas dari cetakan dan dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil dengan dimensi 3 cm x 3 cm serta dikeringkan kembali pada temperatur 110°C sampai massa konstan.

Potongan yang lebih kecil ini kemudian dikarbonisasi menggunakan *furnace* yang dialiri gas N₂ pada suhu 600°C selama ± 8 jam. Profil pemanasan dibuat bertingkat pada temperatur 285 °C yang ditahan selama 1 jam. Selanjutnya, ECP diaktivasi dengan menggunakan gas CO₂ yang dialirkan kedalam *furnace* dengan variasi temperatur yaitu, 800°C, 850°C, dan 900°C selama 2 jam. ECP yang sudah diaktivasi dipoles menggunakan kertas pasir P240 dan P1200. Proses selanjutnya adalah pencucian menggunakan air suling sehingga pH air

cucian menjadi netral. ECP yang telah netral selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama ± 24 jam. ECP selanjutnya dibuat sel superkapasitor menggunakan beberapa bahan, yaitu teflon, pengumpul arus (*Stainles Stell*), separator (membran kulit telur itik), elektroda (dari kulit pisang), dan elektrolit (H₂SO₄).

b. Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran densitas dan pengukuran *Cyclic Voltammetry* (CV).

1) Pengukuran Densitas

Untuk menentukan densitas sampel, ECP yang berbentuk lembaran diukur panjang, lebar, dan tebalnya menggunakan jangka sorong. Kemudian sampel ditimbang massanya dengan timbangan digital, sehingga dari data yang diperoleh dapat dihitung nilai densitas dari masing – masing sampel.

2) Pengukuran *Cyclic Voltammetry*

Pengukuran CV dilakukan untuk mengetahui nilai kapasitansi dari sel superkapasitor dengan menggunakan alat *Physic CV UR Rad-Er 5841*, pada potensial kerja 0 - 500 mV/s dan laju *scan* 1mV/s. Kapasitansi spesifik (*C_{sp}*) dari pengukuran CV dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [5] :

$$C_{sp} = \frac{2[(I_c - (-I_d))/2]}{s \times m} \quad (1)$$

dimana

C_{sp} = Kapasitansi spesifik (F/g)

I_c = Arus *charge* (A)

I_d = Arus *discharge* (A)

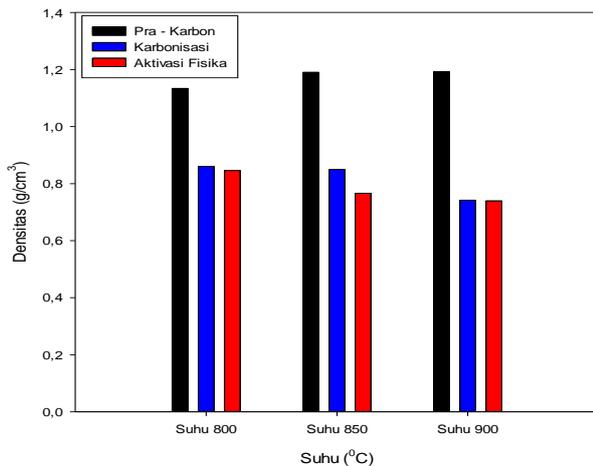
s = Laju scan (mV/s)

m = Massa (g)

3. Hasil dan Pembahasan

1) Densitas

Hasil pengukuran densitas saat pra – karbonisasi, karbonisasi dan aktivasi fisika dari ketiga sampel ECP limbah kulit pisang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik perubahan densitas ECP.

Gambar 1 memperlihatkan bahwa ECP memiliki densitas yang berbeda untuk masing-masing suhu. Densitas ECP setelah proses aktivasi fisika, mengalami penurunan secara linier. Penurunan densitas yang linear ini diakibatkan karena selama proses aktivasi fisika berlangsung, terjadi pengikisan karbon untuk pembentukan pori-pori baru pada permukaan karbon. Semakin tinggi temperatur aktivasi fisika yang digunakan maka akan menghasilkan penurunan densitas yang semakin tinggi pula. Temperatur yang tinggi akan menyebabkan karbon terdekomposisi. Proses dekomposisi menghasilkan senyawa yang mudah menguap dan terlepas dari unsur karbon, sehingga kandungan karbon dalam sampel cukup tinggi. Hal ini terlihat bahwa setiap kenaikan temperatur, maka semakin banyak reaksi antara karbon dan gas CO₂ yang terjadi sehingga penurunan densitasnya akan semakin besar.

Tabel 2. Data hasil pengukuran kapasitansi spesifik EKS dari limbah kulit pisang.

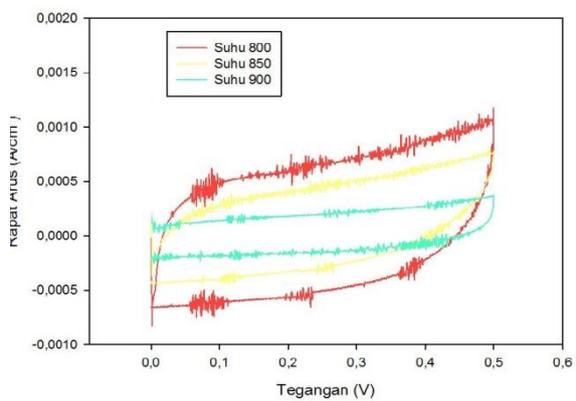
NO	Suhu Aktivasi (°C)	S (V/s)	m _{rata-rata} (g)	I _c (A)	I _d (A)	C _{sp} (F/g)
1	800	0,001	0,022	0,000712	- 0,000503	55,2
2	850	0,001	0,022	0,000465	- 0,000326	35,9
3	900	0,001	0,021	0,000121	- 0,000100	10,8

Dari data yang ditampilkan pada Tabel 2 diperoleh bahwa semakin tinggi suhu aktivasi fisika yang digunakan maka EKS dari limbah kulit pisang akan memiliki nilai kapasitansi spesifik yang semakin rendah. Dengan kata lain, suhu aktivasi fisika berbanding terbalik dengan nilai kapasitansi spesifik. Nilai kapasitansi spesifik terbesar dimiliki oleh EKS suhu aktivasi 800°C yaitu 55,2 F/g dan nilai kapasitansi spesifik terendah dimiliki oleh EKS suhu aktivasi 900°C yaitu 10,8 F/g. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

2) Cyclic Voltammetry

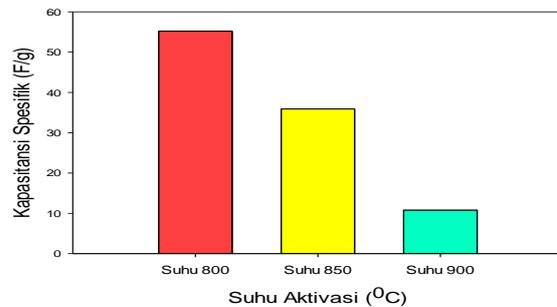
Hasil pengukuran CV Elektroda Karbon Superkapasitor (EKS) dari limbah kulit pisang suhu 800°C, 850°C, dan 900°C pada laju scan 1 mV/s dengan rentang tegangan 0 - 0,5 volt berupa kurva hubungan antara rapat arus dan tegangan superkapasitor. Pengukuran CV dilakukan menggunakan alat Physics CV UR Rad-Er 5841.

Besarnya arus charge (pengisian) dan arus discharge (pengosongan) pada saat pengukuran CV mempengaruhi bentuk kurva yang dihasilkan. Semakin lebar kurva maka akan semakin besar arus charge dan discharge yang menandakan semakin besarnya nilai kapasitansi yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva cyclic voltammogram pada laju scan 1mV/s.

Secara terperinci, perhitungan nilai kapasitansi spesifik masing – masing EKS dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Grafik nilai kapasitansi spesifik EKS pada laju scan 1mV/s.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

Efek variasi suhu aktivasi fisika menggunakan gas CO₂ menyebabkan nilai densitas dan kapasitansi yang berbeda. Semakin tinggi suhu aktivasi fisika yang digunakan maka akan menghasilkan penurunan nilai densitas serta kapasitansi secara linear.

Nilai densitas dan kapasitansi maksimum sebesar 0,846 g/cm³ dan 55,2 F/g diperoleh pada suhu 800^oC, sedangkan pada suhu 900^oC memperoleh nilai densitas dan kapasitansi minimum sebesar 0,740 g/cm³ dan 10,8 F/g.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada penyokong dana penelitian yaitu Proyek HIKOM tahun 2016 yang diberikan kepada Peneliti utama Dr. Erman Taer, M.Si.

Daftar Acuan

- [1] E. Taer., M. Deraman., I.A. Thalib., A. Awitdrus., S.A. Hasmi., A.A. Umar. 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 (2011), pp. 3301 – 3315.
- [2] E. Taer., Desmawati., Sugianto., R. Taslim. 2015. Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Fisika Green Karbon Paper Tanpa Menggunakan Perekat Menggunakan Limbah Biomassa. *Jurnal Seminar nasional Fisika* 15:1-5.
- [3] R. Kötz., and M. Bäertschi. 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.
- [4] T. Zhang., W.P. Walawender., L.T. Fan., M. Fan., D. Daugaard., R.C. Brown. Preparation of Activated Carbon from Forest and Agricultural Residues through CO₂ Activation, *Chemical Engineering Journal.* 105 (2004), pp. 53-59.
- [5] D. Kalpana., S.H. Cho., S.B. Lee., Y.S. Lee., R. Misra., N.G. Renganathan. Recycled Waste Paper—A New Source Of Raw Material For Electric Double-Layer Capacitors. *Journal of Power Sources* 190(2009), pp. 587-591.