

**EFEK VARIASI RASIO MASSA KOH TERHADAP DENSITAS DAN KAPASITANSI
SPESIFIK SUPERKAPASITOR BERBASIS KARBON AKTIF
SERBUK GERGAJI KAYU KARET**

Muhammad Paiszal*, Erman Taer, Zulkarnain

Jurusan Fisika

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia**

**mpaiszal@gmail.com*

ABSTRACT

Supercapacitor electrode material of Rubber Wood Saw Dust (RWSD) was fabricated by using an experimental method with variation RWSD and KOH mass ratio of 1:1, 1:3, 1:5 and 1:7. The RWSD was carbonized using N_2 gas at a temperature of $600\text{ }^\circ\text{C}$ for ± 8 hours to produce pellets with high carbon content. Carbon activation process was done by a combination of physical and chemical activation. Physical activation using CO_2 gas was performed at temperature of $900\text{ }^\circ\text{C}$ for 2 hours while the chemical activation was low temperature of $80\text{ }^\circ\text{C}$ for 2 hours in a solution of KOH. Results of density measurements indicated that the value of the carbon electrode density increased with increasing mass of KOH. The measurement of specific capacitance showed that the specific capacitance of the electrode increased with increasing mass ratio of KOH and reached the highest value at the mass ratio of 1:5, this is due to the activation of KOH caused the particle size become smaller and porous, The best sampel in fil reserch was 1:5 sampel being pesifik capacitance an high of 72,82 F/g.

Keywords : KOH Mass Variation, Supercapacitor, Rubber Wood Saw Dust

ABSTRAK

Elektroda superkapasitor dari bahan serbuk gergaji kayu karet (SGKK) telah difabrikasi menggunakan metode eksperimen dengan variasi rasio massa SGKK dan KOH adalah 1:1, 1:3, 1:5 dan 1:7. SGKK dikarbonisasi menggunakan gas N_2 pada suhu $600\text{ }^\circ\text{C}$ selama ± 8 jam untuk menghasilkan pelet dengan kandungan karbon yang tinggi. Proses aktivasi karbon dilakukan dengan kombinasi aktivasi fisika dan kimia. aktivasi fisika menggunakan gas CO_2 dengan temperatur $900\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam sedangkan aktivasi kimia menggunakan suhu rendah yaitu $80\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam dalam larutan KOH. Hasil pengukuran densitas menunjukkan bahwa nilai densitas elektroda karbon meningkat dengan bertambahnya rasio KOH. Nilai pengukuran kapasitansi spesifik menampilkan bahwa kapasitansi spesifik elektroda meningkat dengan bertambahnya rasio massa KOH dan mencapai puncak pada rasio massa KOH 1:5, hal ini disebabkan aktivasi KOH menyebabkan ukuran partikel lebih kecil dan berpori, tetapi KOH yang banyak akan menyebabkan kerusakan struktur pori elektroda. Elektroda superkapasitor berbasis SGKK terbaik pada penelitian ini dihasilkan dengan rasio massa SGKK terhadap KOH 1:5, nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan superkapasitor sebesar 72,82 F/g.

Kata kunci : Variasi Massa KOH, Superkapasitor, Serbuk Gergaji Kayu Karet

PENDAHULUAN

Piranti penyimpan energi yang banyak dikenal saat ini adalah kapasitor, superkapasitor, baterai dan *fuel cell*. Baterai memiliki kemampuan untuk menyimpan energi lebih tinggi dari kapasitor dan superkapasitor namun daya cukup kecil, *fuel cell* mampu menyimpan energi lebih tinggi namun mempunyai daya yang lebih kecil dari baterai. Kapasitor mempunyai energi yang sangat kecil namun dayanya sangat besar, sedangkan pada superkapasitor mempunyai energi besar dan daya yang tinggi. Diantara komponen penyusun superkapasitor, elektroda merupakan salah satu komponen yang mempengaruhi kapasitansi yang dihasilkan. Elektroda superkapasitor dapat dibuat dari karbon aktif menggunakan biomasa. Bahan biomasa pada penelitian yang telah dilakukan seperti tembakau (Xia et al, 2010), batang jagung (Zhang et al, 2008), ampas terbu (Manik, 2012), dan serbuk gergaji kayu karet (Sari, 2014). SGKK telah diteliti untuk pembuatan karbon aktif dengan efek variasi waktu *ball milling* untuk aplikasi superkapasitor, waktu 20 jam menghasilkan kapasitansi spesifik terbaik yaitu 50,630 F/g pada laju scan 1mV/s menggunakan *Cyclic Voltammogram* (Sari, 2014). Aktivator KOH dengan rasio massa yang sesuai dapat meningkatkan kapasitansi spesifik superkapasitor (Xia et al. 2008), agar bisa dilihat efek pemberian KOH terhadap densitas dan perubahan kapasitansi spesifik superkapasitor maka pada penelitian ini dilakukan variasi rasio massa SGKK terhadap KOH sebesar 1:1, 1:3, 1:5 dan 1:7.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium.

a. Prosedur Pembuatan Sampel

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah SGKK. SGKK diprakarbonisasi selama 1 jam 30 menit pada suhu 250 °C menghasilkan SGKK berwarna coklat kehitam-hitaman dan bersifat rapuh, kemudian dihancurkan menggunakan mesin *Ball milling* selama 20 jam. SGKK yang sudah halus di ayak dengan ayakan 100 µm untuk memperoleh serbuk dengan ukuran ≤ 100 µm, kemudian dilakukan aktivasi kimia dengan menggunakan aktivator KOH. Rasio perbandingan massa SGKK, massa KOH dan volume aquades adalah 1:1:5, 1:3:5, 1:5:5 dan 1:7:5.

Sampel SGKK yang sudah diaktivasi kimia kemudian dicetak menggunakan *hydrolic press* pada tekanan 8 ton. Pelet hasil pencetakan dikarbonisasi menggunakan *furnace* dengan mengalirkan gas N₂ pada suhu kamar sampai 600 °C selama ± 8 jam, selanjutnya dilakukan aktivasi fisika dengan mengalirkan gas CO₂ pada suhu 900 °C selama 2 jam. Pelet karbon yang sudah diaktivasi dipoles dengan menggunakan kertas pasir P1500 sampai ketebalan 0.4 mm.

b. Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran densitas dan pengukuran *cyclic voltammetry* (CV).

1. Pengukuran Densitas.

Elektroda karbon yang berbentuk silinder diukur diameter dan tebalnya menggunakan jangka sorong, massa sampel diukur menggunakan timbangan digital, dari data diameter, tebal dan massa yang diperoleh dapat dihitung nilai densitas elektroda.

2. Cyclic Voltammogram (CV)

Pengukuran CV dilakukan untuk mengetahui nilai kapasitansi dari superkaasitor, menggunakan alat Physics CV UR Rad-Er 5841, Lebar potensial dari 0 V sampai 0,5 V dan laju *scan* 1 mV/s.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Densitas

Menurut Pandolfo and Hollenkamp (2006), penambahan molaritas KOH menyebabkan partikel-partikel menjadi lebih kecil dan pori lebih banyak sehingga menyebabkan pembentukan mikropori yang lebih dominan. Elektroda dengan rasio massa aktivator KOH tinggi menghasilkan ukuran partikel kecil, proses pencetakan membuat partikel menjadi lebih teratur dan lebih padat sehingga

menghasilkan nilai densitas yang tinggi sedangkan elektroda dengan rasio massa aktivator KOH rendah memiliki ukuran partikel lebih besar, proses pencetakan membuat partikel lebih teratur tetapi kurang padat sehingga densitas lebih rendah. Kepadatan partikel berpori pada elektroda akan menghasilkan luas permukaan yang tinggi. Luas permukaan tinggi akan menghasilkan sel superkapasitor dengan kapasitansi tinggi, hal ini memiliki kesesuaian dengan hasil pengukuran *cyclic voltametry* yang menunjukkan bahwa partikel SK5 dan SK7 sebagai elektroda dengan massa KOH yang lebih tinggi memiliki kapasitansi terbaik. Data densitas elektroda setelah pencetakan, karbonisasi dan aktivasi fisika disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Densitas Elektroda Karbon

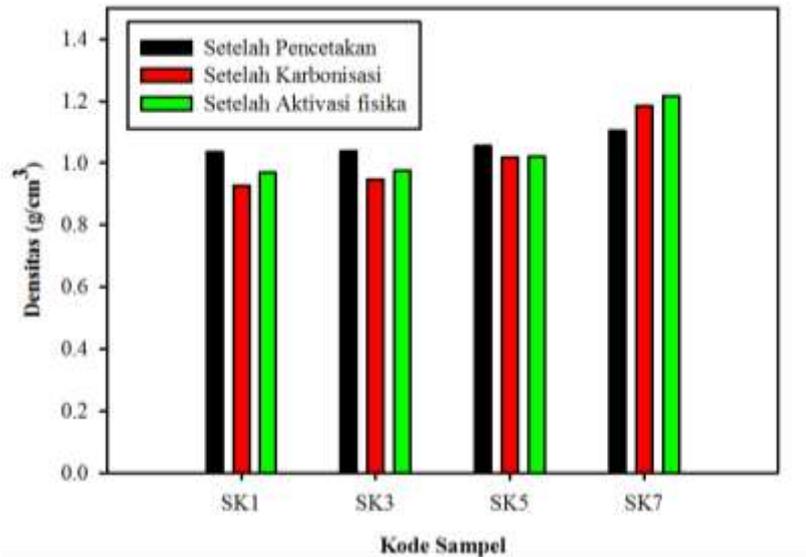
Kode Elektroda	Pencetakan (g/cm^3)	Karbonisasi (g/cm^3)	Aktivasi Fisika (g/cm^3)
SK1	1,035	0,927	0,968
SK3	1,039	0,948	0,975
SK5	1,055	1,018	1,022
SK7	1,104	1,184	1,217

Densitas elektroda setelah proses karbonisasi mengalami perubahan dari kondisi awalnya. Elektroda SK1, SK3 dan SK5 mengalami penurunan densitas sedangkan elektroda SK7 mengalami kenaikan densitas. Penurunan densitas elektroda setelah karbonisasi paling tinggi pada elektroda dengan massa KOH terendah yaitu SK1 dan penurunan densitas terendah terjadi pada elektroda dengan massa KOH lebih tinggi yaitu pada sampel SK5, sedangkan sampel dengan kode SK3 mengalami penurunan densitas diantara SK1 dan SK5. Penurunan densitas yang linear ini memberikan gambaran bahwa massa KOH yang lebih tinggi pada saat aktivasi kimia menyebabkan

penguapan komponen-komponen selain karbon pada serbuk gergaji kayu karet penyusun elektroda semangkin tinggi sehingga pada saat karbonisasi tidak mengalami pengurangan densitas signifikan. Elektroda SK7 mengalami perubahan densitas karbonisasi yang berbeda dari elektroda SK1, SK3 dan SK5. Elektroda SK7 mengalami kenaikan densitas, hal ini disebabkan oleh kurangnya laju penurunan massa terhadap volume elektroda karena pada proses karbonisasi ini elektroda SK7 tidak mengalami penguapan komponen-komponen bukan karbon yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan dimensi ketebalan dan lebar elektroda.

Aktivasi fisika menyebabkan densitas semua variasi sampel meningkat, hal ini disebabkan oleh elektroda karbon setelah dikarbonisasi kondisi karbon sudah baik (komponen-komponen bukan karbon telah menguap dari pori-pori karbon), sehingga pada proses aktivasi ini hanya terjadi perbaikan struktur pori (zat

pengotor pada permukaan akan menguap dan pori-pori karbon akan terbuka). Grafik perubahan densitas dalam setiap perlakuan bisa dilihat pada Gambar 1.

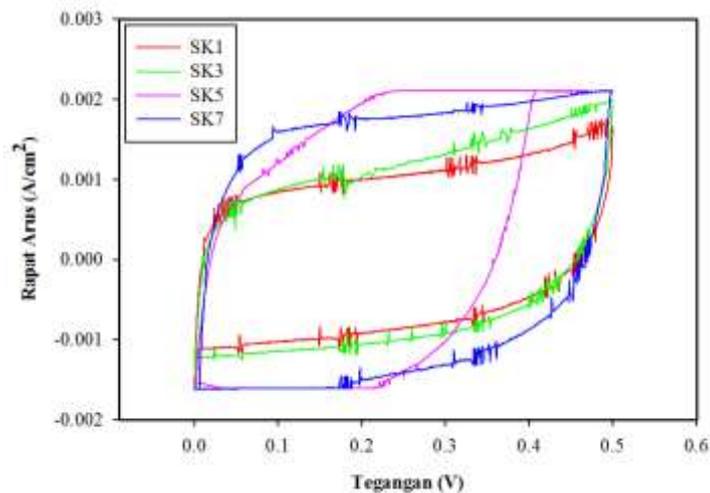


Gambar 1. Grafik perubahan densitas elektroda

2. Cyclic Voltammogram (CV)

Hasil pengukuran menggunakan alat Physics CV UR Rad-Er 5841 didapat

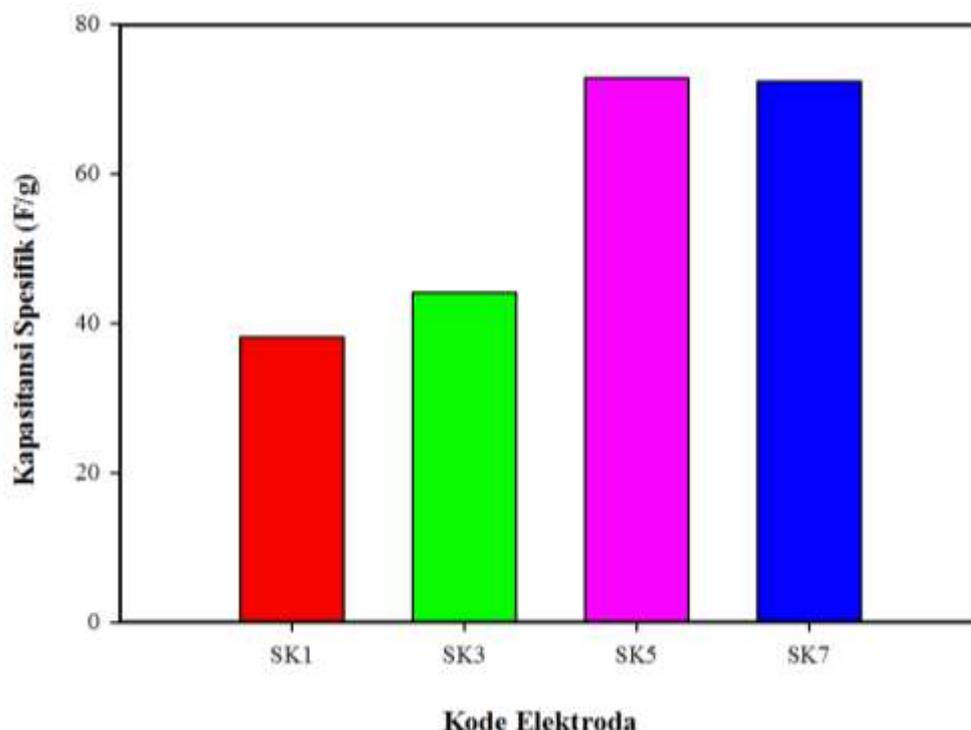
kurva *cyclic voltammogram* yaitu hubungan antara rapat arus dan tegangan superkapasitor pada Gambar 2.



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

Gambar 2 menunjukkan laju kenaikan kurva *charge* pada elektroda SK5 berbeda dengan laju kenaikan kurva *charge* pada elektroda SK1, SK3 dan SK7. Elektroda SK5 mengindikasikan adanya kombinasi mesopori dan mikropori dalam jumlah banyak, sehingga ada dua bentuk kemiringan pada proses pengisian, kemiringan pertama memberikan gambaran terjadi pengisian mesopori pada elektroda ditandai dengan adanya pengisian yang cepat pada tegangan yang rendah antara 0 V-0,05 V karna ion-ion mudah masuk kedalam pori. kemiringan kedua mengindikasikan pengisian mikropori sehingga membutuhkan tegangan yang lebih tinggi agar ion-ion bisa masuk ke dalam pori elektroda. Elektroda SK1, SK3 dan SK7 memberikan gambaran bahwa ukuran pori elektroda berada dalam rentang mesopori lebih dominan, karna ion-ion sudah masuk kedalam pori elektroda superkapasitor pada tegangan 0 V-0,05 V, sedangkan pada 0,05 V-0,5 V terjadi pengisian dalam jumlah yang sedikit.

Besarnya arus *charge* dan arus *discharge* pada saat pengukuran CV 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. Plot antara rapat arus dan tegangan bentuk kurva menyerupai persegi panjang. Semakin lebar kurva maka semakin besar arus *charge* dan *discharge* yang menandakan semakin besarnya nilai kapasitansi yang dihasilkan. Gambar 2 mengindikasikan urutan kapasitansi spesifik dari terbesar sampai yang terkecil adalah SK5, SK7, SK3 dan SK1. Prediksi ini bersesuaian dengan hasil perhitungan kapasitansi spesifik yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai kapasitansi spesifik superkapasitor pada laju *scan* 1 mV/s

KESIMPULAN

Semakin tinggi rasio massa KOH akan menyebabkan kenaikan nilai densitas, hal ini menandakan partikel semakin padat dan menghasilkan luas permukaan yang tinggi. KOH yang terlalu banyak tidak baik untuk elektroda karena akan merusak struktur pori sehingga luas permukaan dan kapasitansi berkurang. Elektroda terbaik didapatkan dengan rasio SGKK terhadap KOH 1:5 dengan nilai kapasitansi spesifik diperoleh 72,82 F/g

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada penyokong dana penelitian yaitu Proyek INSINAS tahun 2015 yang diberikan kepada Peneliti utama Dr. Erman Taer, M.Si.

DAFTAR PUSTAKA

Manik, T.S. 2013. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Melalui Aktivasi Fisika dan Kimia Untuk Aplikasi Superkapasitor*. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru.

Pandolfo, A. G, Hollenkamp A. F. 2006. *Carbon properties and their role in supercapacitors*. Journal of Power Sources 157:11–27.

Sari, F.P. 2014. *Efekvariasi Waktu Ball Milling Terhadap Karakteristik Elektrokimia Sel Superkapasitor Berbasis Karbon*. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru.

Xia, X., Liu, H., Shi, L, He. Y. 2011. *Tobacco Stem-Based Activated Carbons for High Performance Supercapacitors*. ASM International 21:1956–1961

Zhang, F.H, Ma, Chen J. 2008. *Preparation and Gas Storage of High Surface Area Microporous Carbon Derived from Biomass Source Cornstalks*. Bioresour Technol, 99, p 4803–4808

