

DOI: doi.org/10.21009/0305020215

PENGARUH JENIS AKTIVATOR KIMIA TERHADAP DENSITAS DAN KAPASITANSI SPESIFIK ELEKTRODA KARBON AKTIF DARI SERBUK GERGAJI KAYU KARET

E. Taer^{1,a)}, A. Ira^{1,b)}, Sugianto¹, R. Taslim²

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

²Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Jl. HR. Soebrantas No 155, Pekanbaru 28293

Email: ^{a)}erman_taer@yahoo.com, ^{b)}ade.ira1624@gmail.com

Abstrak

Elektroda sel superkapasitor dari bahan serbuk gergaji kayu karet (SGKK) berdasarkan variasi aktivator kimia yaitu KOH, NaOH dan ZnCl₂ dengan konsentrasi 0,4 M telah dianalisa. Pembuatan elektroda karbon aktif (EKA) diawali dengan proses pra-karbonisasi dan dilanjutkan dengan proses penggilingan. Sampel di karbonisasi pada suhu 600 °C dan diikuti oleh aktivasi fisika menggunakan gas CO₂ dengan suhu konstan 900 °C. Data pengukuran seperti massa, diameter dan tebal dicatat pada setiap langkah seperti: (i) sebelum karbonisasi, (ii) setelah karbonisasi dan (iii) setelah aktivasi fisika diolah untuk mendapatkan nilai densitas. Nilai densitas EKA dari ketiga jenis aktivator kimia yaitu KOH, NaOH dan ZnCl₂ adalah 0,813 g/cm³, 0,737 g/cm³ dan 0,870 g/cm³. Sifat elektrokimia EKA dianalisis dengan menggunakan metode *Cyclic Voltamogram* (CV) untuk berbagai jenis aktivator KOH, NaOH dan ZnCl₂ yaitu 60,650 F/g, 59,619 F/g dan 103,570 F/g. Sebagai kesimpulan, EKA dengan aktivator ZnCl₂ mempunyai nilai densitas dan kapasitansi spesifik tertinggi. Sebagai tambahan analisis termogravimetri diberikan informasi untuk hasil dari proses pemanasan.

Kata Kunci : Serbuk Gergaji Kayu Karet, Kapasitansi Spesifik, Densitas, Aktivasi Kimia

Abstract

Supercapacitor electrodes from rubber wood sawdust based on various of chemical activation agent of KOH, NaOH and ZnCl₂ by a concentration of 0.4 M has been analyzed. The production of activated carbon electrodes was started with the process of pre-carbonization and continued with milling process. Sampel were carbonized at temperature 600 °C and followed by physical activation process in CO₂ gas atmosphere at the constant temperature of 900 °C. Measurement data of mass, diameter and thickness were collected at a every step such as: (i) before carbonization, (ii) after carbonization and (iii) after physical activation processed to obtained the density values. The density of activated carbon electrodes with different of activating agent of KOH, NaOH and ZnCl₂ were 0.813 g/cm³, 0.737 g/cm³ and 0.870 g/cm³, respectively. The electrochemical properties of activated carbon electrodes were analyzed by using cyclic voltammetry (CV) method for various of activating agent of KOH, NaOH and ZnCl₂ were 60.650 F/g, 59.619 F/g and 103.570 F/g, respectively. As a conclusion, the activated carbon with ZnCl₂ activating agent has the highest of density and specific capacitance value. As a addition the termogravimetri analysis given the information in the produce of the heating process.

Keywords: Sawdust Wood Rubber, Specific Capacitance, Density, Chemical Activation

1. Pendahuluan

Berkembangnya bidang industri di Indonesia mengakibatkan meningkatnya permintaan akan kebutuhan sehari-hari. Pemanfaatan biomassa yang ada di alam menghasilkan produk - produk unggulan. Salah satu produk yang dapat dihasilkan dari biomassa adalah karbon aktif. Biomassa yang sering digunakan sebagai bahan asal pembuatan karbon aktif antara lain batang kayu karet, kulit ubi kayu, kulit pisang, ampas tebu, sisa kertas, serbuk gergaji kayu karet (SGKK) [1].

Data *Food and Agricultural Organization* (FAO) menyebutkan bahwa kayu karet mengandung material karbon yang sangat baik untuk di gunakan sebagai bahan pembuatan karbon aktif [2]. Kandungan karbon pada kayu karet sekitar 79%, oleh karena itu limbah dari kayu karet berupa SGKK baik untuk di jadikan karbon aktif.

Karbon aktif dari SGKK mempunyai sifat fisis dan elektrokimia yang stabil baik secara kimia ataupun fisika. Proses aktivasi karbon dari SGKK dapat dilakukan menggunakan aktivasi kimia, fisika dan kombinasi kimia – fisika. Aktivasi bertujuan untuk meningkatkan volume pori dan memperbesar diameter pori setelah proses karbonisasi. Aktivasi kimia dilakukan menggunakan senyawa kalium hidroksida (KOH), natrium klorida (NaOH) dan seng klorida ($ZnCl_2$) sedangkan aktivasi fisika dapat dilakukan menggunakan gas CO_2 pada temperatur 900 °C selama 2 jam.

Variasi aktivasi kimia menggunakan senyawa KOH, NaOH, $ZnCl_2$ menghasilkan data berupa nilai densitas dan kapasitansi. Nilai densitas dari masing-masing sampel berpengaruh pada nilai kapasitansi yang di hasilkan, dimana semakin besar nilai densitas maka semakin besar nilai kapasitansi.

2. Metode Penelitian

2.1 Persiapan Serbuk Gergaji Kayu Karet

Serbuk gergaji kayu karet di prakarbonisasi dalam oven dengan suhu 250°C selama 2 jam. Proses pra-karbonisasi menjadikan serbuk gergaji kayu karet secara perlahan menjadi karbon berwarna coklat gelap.

2.2 Penggilingan dengan ball milling

Penggilingan menggunakan *ball milling* selama 20 jam berfungsi untuk menghancurkan sampel serbuk gergaji kayu karet menjadi serbuk yang lebih

halus. Proses *ball milling* yaitu dengan memasukan sampel dalam botol sebanyak 30 gr dan bola-bola besi sebanyak 20 buah. Bola-bola besi berfungsi untuk menghancurkan sampel. Setelah itu dilanjutkan dengan pengayakan ukuran 53 μm , ayakan ini berfungsi untuk menghasilkan partikel-partikel karbon yang ukurannya $\leq 53 \mu m$.

2.3 Aktivasi Kimia

Aktivasi di lakukan dengan tiga senyawa kimia yaitu KOH, NaOH dan $ZnCl_2$ dengan konsenrtasi yang sama yaitu 0.4 M. Massa sampel untuk masing-masing variasi adalah 20 g. Sampel dipanaskan dalam gelas beker di atas *Hot Plate* selama 2 jam. Aktivasi kimia dilakukan pada suhu konstan 80°C dan kecepatan pengadukan 200 rpm, setelah selesai aktivasi kimia sampel di dinginkan hingga suhu kamar dan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C – 110 °C.

2.4 Pembuatan Eletroda Karbon

2.4.1 Pencetakan Pelet Karbon

Sebelum pencetakan pelet sampel di timbang dulu dengan massa 0.70 g, kemudian di cetak dengan menggunakan alat *Hydraulic Jack* dengan pemberian tekanan 8 ton. Tekanan 8 ton merupakan tekanan ideal untuk memampatkan serbuk di dalam cetakan sehingga pelet yang dihasilkan padat, kuat, dan tidak mudah pecah. Pelet yang dihasilkan pada proses ini berbentuk kepingan seperti cakram.

2.4.2 Karbonisasi dan Aktivasi Fisika

Proses karbonisasi dilakukan menggunakan gas N_2 pada suhu 600°C. Proses karbonisasi dan aktivasi fisika dilakukan dengan menempatkan pelet karbon kedalam *furnace*. Aktivasi fisika dilakukan setelah karbonisasi dengan menggunakan gas CO_2 pada suhu 900°C, proses ini bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan, memperbesar diameter pori dan meningkatkan konduktivitas pelet karbon yang dihasilkan [3]. Proses selanjutnya pemolesan menggunakan kertas amplas P1200 hingga ketebalan pelet mencapai 0.3 mm dan selanjutnya dicuci dengan aqua DM sampai PH netral, setelah netral pelet karbon di keringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam.

2.4.3 Pembuatan Sel Superkapasitor

Sel superkapasitor dibuat dengan struktur yaitu teflon, pengumpul arus dari *Stainless Steel*, separator membran kulit telur itik, elektroda pelet karbon SGKK, dan elektrolit H₂SO₄ 1 M. Elektroda yang diaktivasi dengan bahan aktivator berbeda masing-masing diberi kode KA untuk aktivator KOH, NA untuk aktivator NaOH dan ZA untuk ZnCl₂.

2.5 Pengukuran Sifat Fisis dan Elektrokimia Elektroda Karbon

2.5.1 Pengukuran Densitas

Nilai densitas ditentukan dari pengukuran tebal, diameter dan massa. Densitas dihitung dengan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Dimana :

- m = Massa sampel (g)
- V = Volume total sampel (cm³)
- ρ = Densitas pelet karbon (g/cm³)

2.5.2 Pengukuran *Cyclic Voltammetri*

Pengukuran *Cyclic Voltammetri* (CV) dilakukan menggunakan alat Physics CV UR Rad-Er 5841. Potensial diukur dari 0 V sampai 500 mV dan laju *scan* 1 mV/s. Nilai kapasitansi spesifik dapat dihitung dengan persamaan berikut [4]:

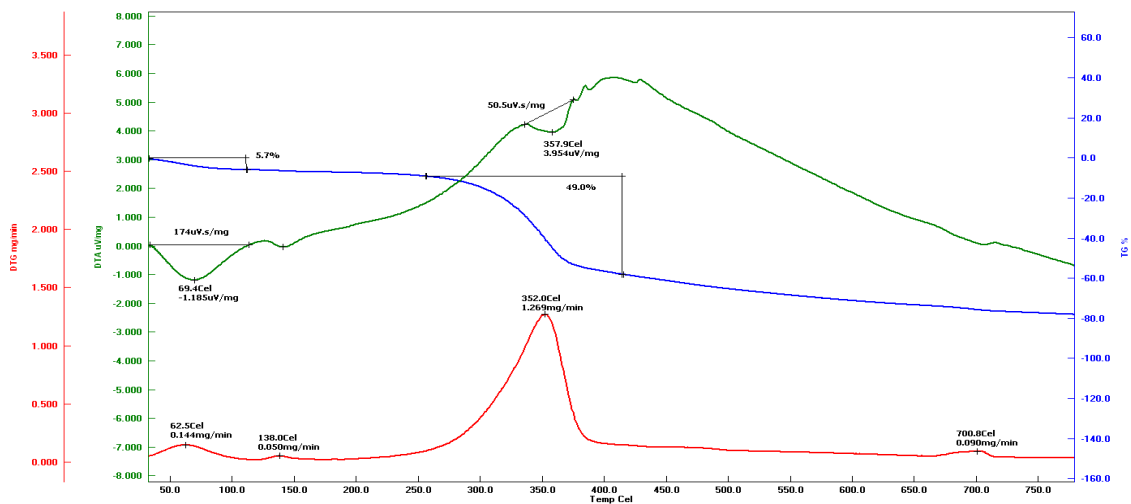
$$C_{sp} = \frac{2[I_c - I_d]/2}{s \times m} \quad (2)$$

Dimana :

- C_{sp} = Kapasitansi spesifik F/g
- s = Laju Scan (mV/s)
- m = Massa total karbon (kg)
- I_c = Arus *charge* (A)
- I_d = Arus *discharge* (A)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa *Termogravimetri*



Gambar 1. Grafik hasil TGA serbuk gergaji kayu karet

Hasil pengujian *Thermogravimetri* (TGA) pada Gambar 1 menunjukkan ada 4 fase pengurangan massa yang terjadi. Fase pertama pada temperatur 62,5 °C terjadi susut massa sebesar 0,144 mg/min, untuk temperatur 138 °C mengalami penurunan sebesar 0,050 mg/min. Temperatur 325 °C mengalami susut massa lebih besar dari pada kedua temperatur di atas yaitu sebesar 1,269 mg/min dan

untuk temperatur 700,8 °C mengalami susut massa sebesar 0,090 mg/min. Grafik berwarna biru menunjukkan adanya pengurangan persen massa sampel. Massa sampel mengalami penurunan dari temperatur kamar 30 °C sampai 110 °C sebesar 5,7 %, sedangkan pada temperatur 250 °C sampai temperatur 425 °C mengalami susut massa sebesar 49 %. Pengurangan sampel ini terjadi dikarenakan

proses penguapan air yang terikat pada sampel, dan pelepasan gas yang terjadi karena dekomposisi lignin, selulosa dan hemiselulosa menjadi bahan karbon

3.2 Analisa Densitas

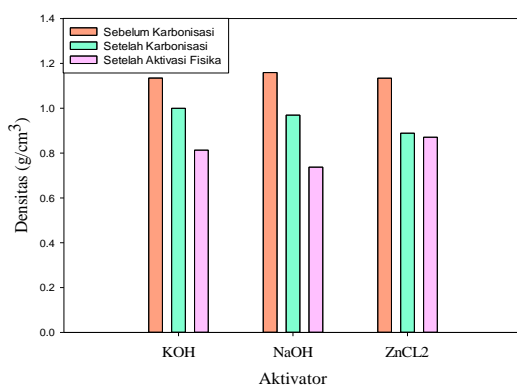
Pengukuran data densitas sebelum karbonisasi, setelah karbonisasi dan setelah aktivasi fisika dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Data densitas elektroda karbon aktif SGKK

No	Kode Elektroda	Sebelum Karbonisasi (g/cm ³)	Setelah Karbonisasi (g/cm ³)	Setelah Aktivasi Fisika (g/cm ³)
1	KA	1,134	0,999	0,813
2	NA	1,159	0,969	0,737
3	ZA	1,134	0,888	0,870

Nilai densitas elektroda sel superkapasitor elektroda karbon sangat berperan penting untuk mendapatkan nilai kapasitansi yang baik. Pada Tabel 1 dapat dianalisa bahwa nilai densitas sebelum karbonisasi, setelah karbonisasi dan setelah aktivasi fisika mengalami penurunan secara linier, untuk ketiga elektroda diatas. Elektroda NA menunjukkan nilai densitas terendah, sedangkan elektroda ZA memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan nilai densitas dari elektroda lainnya.

Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai densitas elektroda karbon setelah proses aktivasi kimia, karbonisasi dan aktivasi fisika. Aktivator kimia dapat bereaksi secara langsung dengan butiran-butiran karbon, sementara itu aktivasi fisika bereaksi dengan permukaan elektroda. Aktivasi fisika mengakibatkan nilai densitas dari semua variasi sampel mengalami penurunan. Grafik perubahan densitas dengan tiga aktivator yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik perubahan densitas elektroda karbon aktif SGKK.

3.3 Cyclic Voltametri (CV)

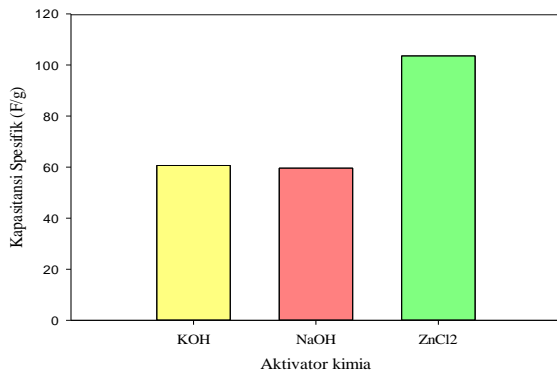
Cyclic voltammogram merupakan hubungan antara rapat arus dan tegangan yang dihasilkan oleh elektroda sel superkapasitor, untuk perhitungan nilai kapasitansi spesifik pada masing-masing elektroda karbon dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Data hasil pengukuran kapasitansi spesifik (Csp) sel superkapasitor sampel SGKK KA,NA dan ZA.

No	Kode	Csp (F/g)
1	KA	60,650
2	NA	59,619
3	ZA	103,570

Tabel 2 menunjukkan hasil dari pengolahan data arus dan massa untuk mendapatkan nilai kapasitansi pelet karbon yang digunakan dalam pengujian. Elektrolit yang dipakai untuk pengukuran kapasitansi adalah H₂SO₄ 1 M.

Nilai kapasitansi spesifik tertinggi di peroleh pada sampel ZA yaitu sebesar 103,57 F/g dan untuk nilai kapasitansi terendah pada sel superkapasitor NA sebesar 59,61 F/g. Nilai densitas yang tinggi berpengaruh pada nilai kapasitansi, dimana pada sampel ZA nilai densitas yang didapat lebih besar sehingga nilai kapasitansi yang diperoleh tinggi. Berbeda dengan elektroda NA mempunyai nilai densitas lebih rendah di banding ZA dan KA sehingga nilai kapasitansi yang diperolehnya lebih rendah dari kedua elektroda lainnya. Perolehan nilai kapasitansi dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Grafik perbandingan elektroda SGKK dengan kapasitansi spesifik.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas, variasi tiga aktivator seperti KOH, NaOH dan ZnCl₂ menghasilkan nilai densitas dan kapasitansi spesifik yang berbeda. Nilai kapasitansi spesifik elektroda karbon tertinggi dipengaruhi oleh nilai densitas dari ketiga variasi aktivator, dimana nilai densitas dari ZA sebesar 0,870 g/cm³. Selain nilai densitas yang tinggi ZA juga menghasilkan nilai kapasitansi spesifik yang tinggi sebesar 103,570 F/g dibandingkan elektroda KA dan NA.

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 Application in Supercapacitors. *Int. Journal Electrochem. Sci*; 6 (2011), p. 3301-3315.
- [2] Yanuar, Iwantono, E. Taer, R. Andriani, Pengaruh Ketebalan Elektroda Karbon Terhadap Nilai Kapasitansi Spesifik dan Retained Ratio Serbuk Gergaji Kayu Karet untuk Pembuatan Superkapasitor. *Prosiding Seminar Seminar Nasional Fisika* (2010), p. 72-78.

- [3] J. Guo, and A. C. Lua, Textural and chemical properties of adsorbent prepared from palm shell by phosphoric acid activation. *Materials Chemistry and Physics* 80 (2003), p. 114-119.
- [4] D. S. H. Kalpana, S. B. Cho, Y. S. Lee, R. Lee, N. G. Misra, Renganathan, Recycled Waste Paper-A New Source Of Raw Material For Electric Double-Layer Capacitors. *Journal of Power Sources* 190 (2009), p. 587-591.

