

SIFAT ELEKTROKIMIA SUPERKAPASITOR MENGGUNAKAN METODE CHARGE DISCHARGE UNTUK ELEKTRODA KARBON DARI KAYU KARET

E. Taer^{1*)}, Zulkifli^{1*)}, R. Syech¹, R. Taslim²

¹Jurusan Fisika, Universitas Riau, Simpang baru, Pekanbaru, 28293

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

*) Email: erman_taer@yahoo.com, izul_jundi@yahoo.co.id

Abstrak

Karakterisasi sifat elektrokimia superkapasitor dengan metode *charge discharge* (CDC) telah berhasil dilakukan. Superkapasitor dibangun menggunakan elektroda karbon dari kayu karet yang telah dimodifikasi membentuk pelet. Selanjutnya elektroda karbon diaktivasi menggunakan KOH dengan perbedaan molaritas yaitu 1M, 3M, 5M. Superkapasitor terdiri dari satu pasang teflon, pengumpul arus, elektroda karbon dan dipisahkan oleh separator. Pengukuran CDC dilakukan menggunakan alat solatron interface 1286 pada rapat arus konstan sebesar 0,01 mA/s dan tegangan antara 0 – 1 V. Sifat elektrokimia yang ditentukan dengan metode CDC antara lain kapasitansi spesifik, rapat energi dan daya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kapasitansi spesifik yang dihasilkan pada 1M, 3M, 5M adalah 27,39 F/g, 66,68 F/g dan 45,21 F/g. Rapat energi yang dihasilkan untuk setiap variasi adalah 0,192 Wh/kg, 1,587 Wh/kg dan 0,997 Wh/kg. Rapat daya sebesar 86,68 W/kg, 102,137 W/kg dan 116,608 W/kg. Luas permukaan pori elektroda yang dihasilkan semua variasi KOH 1M, 3M, 5M adalah 31,72 m²/gram, 29,02 m²/gram, dan 95,95 m²/gram. Pengujian mikroskop pemindai elektron juga dilakukan untuk meninjau morfologi elektroda karbon.

Kata kunci : superkapasitor, *charge discharge*, elektroda karbon

Abstrac

Characterization of the nature of the electrochemical supercapacitor with charge-discharge method (CDC) has been successfully performed. Supercapacitor were fabricated by using an carbon electrodes from rubber. Furthermore, carbon electrode has been activated using KOH with different molarity namely 1M, 3M, 5M. Supercapacitor consists of one pair of teflon, current collector, carbon electrodes separated by a separator. CDC measurements were performed using a Solartron Interface 1286 measurement at a constant current density of 0.01 mA/s and a voltage window between 0-1 V. Electrochemical properties such as the specific capacitance, energy density and power density were determined using the CDC method. The measurement results show that the specific capacitance for 1M, 3M, 5M KOH activating agent electrode were 27.39 F/g, 66.68 F/g and 45.21 F/g, respectively. The energy density produced for each variation was 0.192 Wh/kg, 1.587 Wh/kg and 0.997 Wh/kg and the power density of 86.68 W/kg, 102.137 W/kg and 116.608 W/kg. Pore surface area of the electrode resulting from all variation of KOH 1M, 3M, 5M is 31.72 m²/g, 29.02 m²/g, 95.95 m²/gram. The scanning electron microscopy measurements was also conducted to study the morphology of carbon electrodes.



Keyword : supercapacitor, charge discharge, carbon electrode

1. PENDAHULUAN

Superkapasitor adalah devais penyimpanan energi listrik yang memiliki keunggulan dibandingkan baterai, fuel cell, kapasitor karena dapat menyimpan energi yang besar dan daya yang tinggi (Arepalli et al, 2005). Superkapasitor memiliki beberapa keunggulan diantaranya waktu hidup yang lebih lama, modelnya sederhana, serta aman dalam penggunaannya (Kotz et al, 2000). Mekanisme penyimpanan energi pada superkapasitor menggunakan lapisan ganda yang terdapat pada pori elektroda (Wei et al 2012). Pengembangan superkapasitor menggunakan elektroda karbon aktif berbasis biomassa dapat dibuat pada kayu karet, kayu cemara, bambu, kulit kopi (Taer et al, 2011).

Sifat elektrokimia sangat berperan dalam menentukan kinerja superkapasitor. Pengukuran sifat elektrokimia menggunakan metode *charge discharge* (CDC) pada superkapasitor meliputi kapasitansi spesifik, energi dan daya. Metode CDC menampilkan hubungan antara beda potensial (V) dan waktu (s). Grafik yang dihasilkan pada pengukuran metode CDC berbentuk segitiga untuk elektroda berbasis karbon (Dongale et al, 2015). Pengukuran dengan metode CDC ini dilakukan dengan alat solatron interface 1286 pada tegangan antara 0 - 1 V dengan densitas arus konstan sebesar 0,01 mA/s. Penelitian ini telah berhasil membuat elektroda karbon monolit dari kayu karet sebagai elektroda superkapasitor. Sifat elektrokimia elektroda karbon monolit dari kayu karet telah di analisa menggunakan metode CDC. Pengujian tambahan untuk melihat morfologi permukaan sampel dan luas permukaan pori elektroda menggunakan mikroskop pemindai elektron dan instrument BET (Bruneur Emmet Teller).

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Sampel kayu karet dipotong melintang dengan tujuan mempertahankan pori alami kayu yang akan dipakai sebagai saluran elektrolit. Kayu karet dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C sampai ketebalan dan diameternya konstan. Kayu karet kemudian di cetak membentuk pelet dengan ketebalan 4 - 7 mm dan diameter 18 - 20 mm. Karbonisasi dan aktivasi dilakukan pada sampel dengan menggunakan gas N₂ pada suhu 600°C dan gas CO₂ pada suhu 800°C. Sampel kemudian dipoles menggunakan amplas sampai ketebalannya 1 mm dan diameter 12 mm. Pengaktifan KOH dan HNO₃ diberikan pada elektroda karbon yang bertujuan untuk memperbesar diameter pori dan meningkatkan luas permukaan elektroda. Pengaktifan KOH menggunakan variasi konsentrasi 1M, 3M, 5M dan pengaktifan dengan HNO₃ dilakukan pada konsentrasi 25%. Setelah elektroda karbon diaktivasi dilakukan pencucian dengan menggunakan air aquades. Pencucian dilakukan secara berulang - ulang sampai pH air cucian menjadi netral (pH = 7). Elektrolit yang digunakan ketika pengukuran sifat elektrokimia sel superkapasitor adalah H₂SO₄ 1M. Perakitan sel superkapasitor dibuat dalam bentuk dua elektroda dengan susunan yaitu teflon, pengumpul arus (*current collector*), separator (pemisah) dari membran kulit telur itik dan elektroda karbon. Elektroda dibuat dengan tiga variasi dengan kode KOH 1M, KOH 3M dan KOH 5M. Penentuan nilai kapasitansi spesifik pada elektroda karbon sel superkapasitor dengan metode CDC dihitung menggunakan persamaan (1) (Taer dkk, 2012).



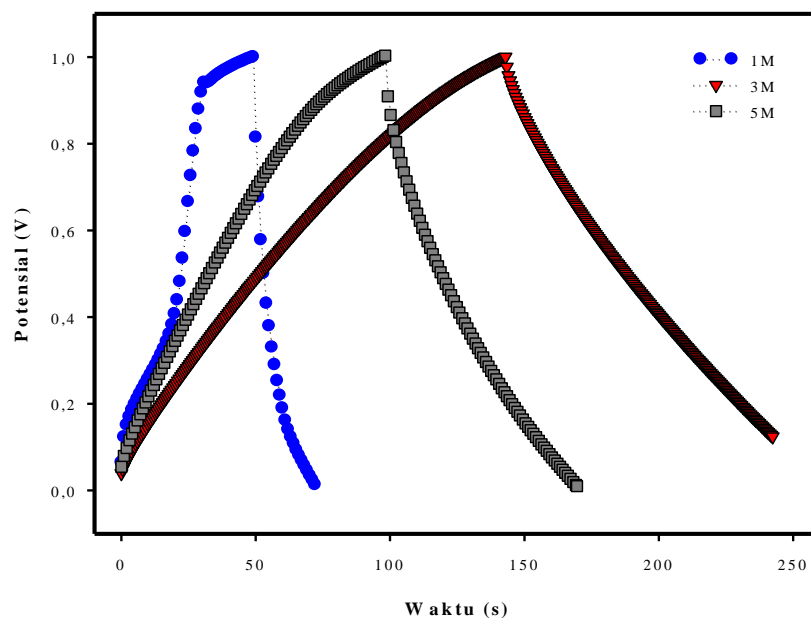
$$C_{sp} = \frac{2 \times I \times \Delta t}{m \times \Delta V} \quad (1)$$

Persamaan (1) menjelaskan hubungan antara variasi tegangan dan waktu pada arus konstan. Pengukuran sampel dengan metode CDC dilakukan pada rapat arus konstan sebesar $0,01 \text{ mA/cm}^2$, dengan variasi tegangan antara $0,01 \text{ V} - 1 \text{ V}$. Pengukuran CDC dilakukan menggunakan alat solartron interface 1286.

Untuk meninjau struktur morfologi permukaan elektroda karbon, maka telah dilakukan pengujian mikroskop pemindai elektron. Pengujian mikroskop pemindai elektron menggunakan perbesaran 100 KX terhadap permukaan sampel. Pengujian serapan gas N_2 dan luas permukaan pori sampel juga telah dilakukan menggunakan instrument BET.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

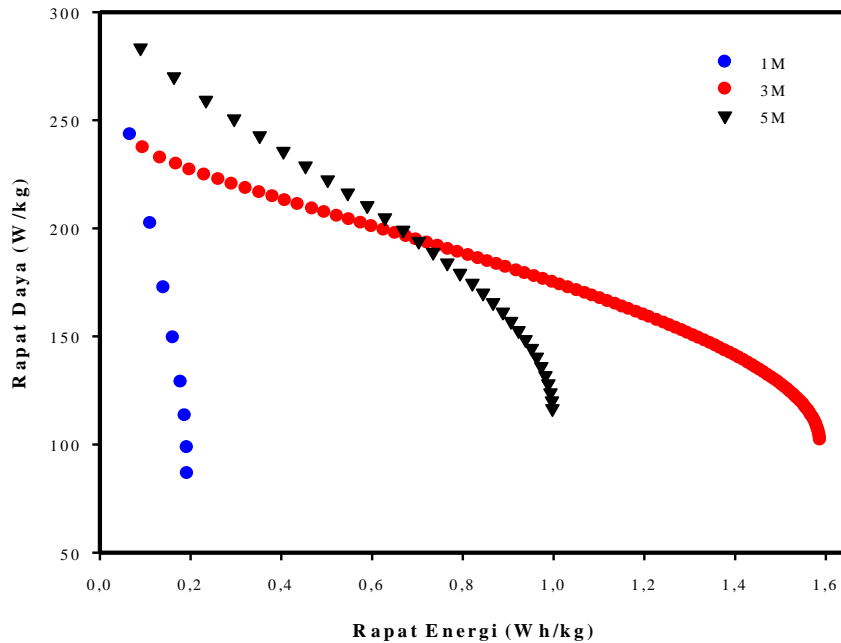
Pengujian sifat elektrokimia sel superkapasitor menggunakan metode CDC telah berhasil dilakukan. Hasil karakterisasi dengan metode CDC dapat dilihat pada Gambar 1.



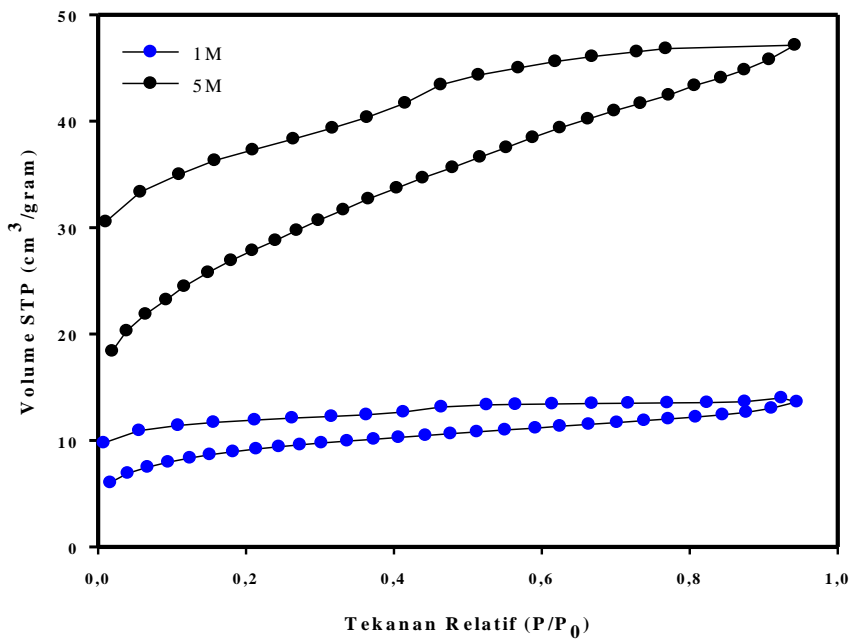
Gambar 1. Kurva *charge discharge* berdasarkan variasi konsentrasi KOH dengan rapat arus $0,01 \text{ mA/cm}^2$.

Gambar 1 adalah hasil karakterisasi dengan metode CDC yang menunjukkan hubungan antara tegangan terhadap waktu pada arus konstan yaitu $0,01 \text{ mA/s}$. Secara umum bentuk grafik yang dihasilkan pada pengukuran metode CDC ini menyerupai bentuk segitiga. Bentuk segitiga ini sama dengan hasil yang telah diperoleh pada penelitian sebelumnya yang menggunakan elektroda karbon dari ampas tebu (Taer, 2014). Rapat arus yang kecil menghasilkan waktu *charge* dan *discharge* yang lebih panjang. Sampel elektroda karbon dengan konsentrasi KOH 3M memiliki waktu *charge discharge* terbesar dari semua variasi yang mengindikasikan nilai kapasitansi spesifik

tertinggi. Nilai kapasitansi spesifik dapat dihitung menggunakan persamaan (1). Nilai kapasitansi spesifik yang diperoleh pada masing-masing sampel dengan KOH 1M, KOH 3M dan KOH 5M yaitu 27,39 F/gram, 66,68 F/gram dan 45,21 F/gram. Metode CDC juga menjelaskan hubungan nilai rapat daya terhadap rapat energi yang ditampilkan pada Gambar 2.



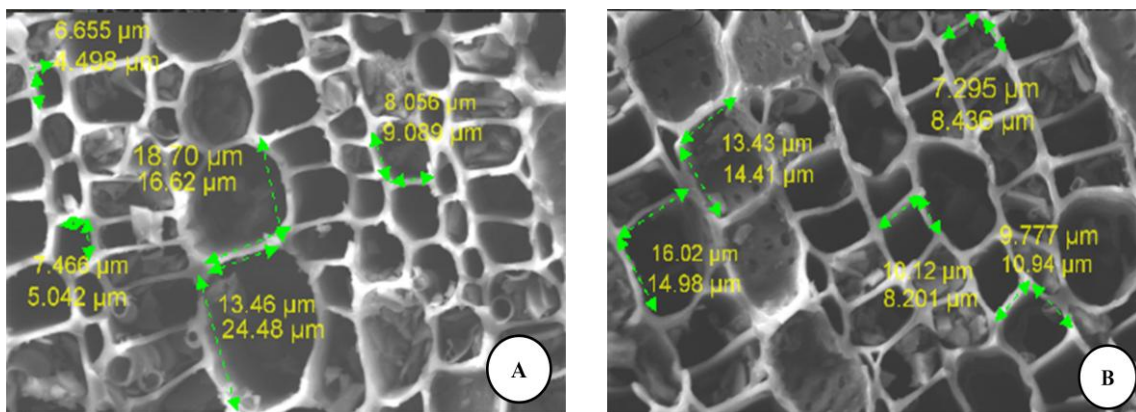
Gambar 2. Kurva rapat energi dan rapat daya dengan rapat arus 0,01 mA/s



Gambar 3. Hubungan volume serapan terhadap perubahan tekanan gas N₂ untuk karbon aktif monolit dari kayu karet

Gambar 2 secara umum menjelaskan terjadi pengurangan daya diikuti peningkatan energi. Energi yang dihasilkan besar maka daya yang dihasilkan kecil sebaliknya jika energi yang dihasilkan kecil maka daya yang dihasilkan besar. Berdasarkan hasil grafik terlihat bahwa sampel dengan aktivator KOH 3M menunjukkan hubungan rapat energi dan rapat daya yang terbaik dibandingkan sampel dengan aktivator KOH variasi lainnya. Rapat energi terbesar dari sampel dengan variasi KOH 1M, 3M dan 5M yaitu 0,192 Wh/kg, 1,587 Wh/kg dan 0,997 Wh/kg. Sedangkan rapat daya terkecil dari sampel dengan variasi aktivator KOH 1M, 3M dan 5M yaitu 86,68 W/kg, 102,137 W/kg dan 116,608 W/kg.

Gambar 3 menampilkan hubungan volume serapan gas N₂ terhadap perubahan tekanan gas P/P₀ untuk elektroda pada KOH 1M dan KOH 5M. Serapan gas adsorpsi isothermal gas N₂ terlihat pada tekanan diatas 0,1 yang menunjukkan pola serapan gas tipe I, dimana pola serapan tipe I menunjukkan bahwa pada tekanan rendah mengalami peningkatan penyerapan dan pada tekanan yang lebih tinggi tampak tidak menunjukkan penyerapan yang berarti. Hasil karakterisasi menggunakan instrument BET menunjukkan luas permukaan pori dengan variasi KOH 1M dan KOH 5M yaitu sebesar 31,72 m²/gram dan 95,95 m²/gram.



Gambar 4. SEM mikrograf elektroda karbon berdasarkan variasi KOH dengan perbesaran 100 KX (A) 1M KOH (B) 5M KOH

Gambar 4 memperlihatkan hasil mikroskop pemindai elektron dari permukaan elektroda karbon dengan variasi konsentrasi 1 M KOH dan 5 M KOH. Gambar 4A adalah elektroda dengan konsentrasi 1 M KOH dan Gambar 4B elektroda dengan konsentrasi 5 M KOH dengan perbesaran 100 KX. Secara umum gambar yang dihasilkan memperlihatkan pori yang berbentuk seperti rongga persegi panjang dan didalam rongga tersebut juga terdapat pori-pori yang ukurannya lebih kecil. Gambar 4A terlihat elektroda yang dihasilkan memiliki banyak rongga dengan susunan dinding rongga yang rapi. Hasil mikroskop pemindai elektron menunjukkan bahwa pori yang dihasilkan adalah pori makro seragam pada semua variasi aktivator KOH. Hasil yang sama telah di publikasikan sebelumnya oleh (Liu, 2012) yang menggunakan kayu poplar sebagai elektroda superkapasitor.

4. KESIMPULAN

Pembuatan elektroda karbon superkapasitor dari kayu karet telah berhasil dilakukan. Analisa sifat elektrokimia superkapasitor telah dilakukan dengan menggunakan metode CDC. Hasil karakterisasi menggunakan metode CDC di dapatkan bahwa nilai kapasitansi terbesar ada pada variasi KOH 3M sebesar 66,68 F/gram. Rapat energi terbesar didapatkan pada KOH 3M yaitu sebesar 0,192 Wh/kg sedangkan rapat daya terkecil didapatkan pada KOH 1M yaitu sebesar 86,68 W/kg. Karakterisasi serapan gas N₂ menggunakan BET didapatkan luas permukaan terbesar ada pada variasi KOH 5M yaitu sebesar 95,95 m²/gram. Foto SEM menunjukkan permukaan elektroda karbon kayu karet terdiri dari pori makro yang seragam dengan luas permukaan pori yang berbeda – beda.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementrian Riset dan Teknologi atas bantuan pendanaan melalui project penelitian Insinas Ristek tahun 2015 dengan judul “SUPERKAPASITOR UNGGUL BERBASIS MESOKARBON DARI LIMBAH KAYU KARET”.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arepalli, S., Fireman, H., Huffman, C., Moloney, P., Nikolaev, P., Yowell, L., Higgins, C. D., Kim, K., Kohl, P. A., Turano, S. P. and Ready W. J. 2005. Carbon nanotube based electrochemical double layer capacitor technologies for spacefligh applications. *Journal of The Minerals, Metals and Materials Society*, 57:26-31.
- Dongale, T.D., P.R. Jadhav, G.J. Navathe, J.H. Kim, M.M. Karanjkar, P.S. Patil, *Material Science in Semiconductor Processing*. 36, 43-48 (2015).
- Kotz, R., Carlen M. 2000. Principles and Applications of Electrochemical Capacitors. *Electrochimica Acta* 45 (15-16):2483-2498.
- Liu, M. C., Kong B., Zhang, P., Luo Y. C., Kang, L. 2012. Porous wood carbon monolith for high-performance supercapacitors. *Electrochimica Acta* 60, 443-448.
- Taer, E., Deraman, M., Talib, I. A., Awitdrus, A., Hashmi, S. A., Umar, A. A. 2011. Preparation of a Highly Porous Binderless Activated Carbon Monolith from Rubber Wood Sawdust by a Multi-Step Activation Process for Application in Supercapacitors. *International Journal of Electrochemical Science*. 6:3301-3315.
- Taer, E., Iwantono, Manik, S. T., Taslim, R., Dahlan, D., Deraman, M. 2014. Preparation of Activated Carbon Monolith Electrodes from Sugarcane Bagasse by Physical and Physical-chemical Activation Process for Supercapacitor Application. *Advanced Material Research* 896, 179-182.
- Wei, L., Yushin, G. 2012. Nanostructured activated carbons from natural precursors for electrical double layer capacitors. *Nano Energy* (2012) 1, 552-565.

