

ANALISA SIKLIS VOLTAMETRI SUPERKAPASITOR MENGUNAKAN ELEKTRODA KARBON AKTIF DARI KAYU KARET BERDASARKAN VARIASI AKTIVATOR KOH

E. Taer^{1*)} Zulkifli^{1*)} Sugianto¹, 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 dan *) izul_jundi@yahoo.co.id

Abstrak

Telah berhasil dianalisa elektroda karbon superkapasitor dari kayu karet menggunakan metode siklus voltametri. Pembuatan sampel tahap awal melalui proses pemotongan, pengeringan, karbonisasi dan pemolesan membentuk pelet. Variasi aktivator KOH dan HNO₃ digunakan untuk meningkatkan luas permukaan elektroda. Variasi KOH yang digunakan adalah 1 M, 3 M, 5 M sedangkan larutan HNO₃ yang digunakan adalah sebesar 25%. Metode pengukuran siklus voltametri dilakukan menggunakan alat Solatron 1280 dengan jendela potensial dari 0 sd 1 Volt pada variasi laju imbasan 1 mV/s, 5 mV/s, 10 mV/s, 30 mV/s, 50 mV/s dan 100 mV/s. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai kapasitansi spesifik tertinggi terjadi pada laju imbasan 1 mV/s untuk semua variasi KOH. Nilai kapasitansi spesifik tertinggi pada laju imbasan 1 mV/s pada variasi KOH 1 M, 3 M, 5 M adalah sebesar 16,36 F/gram, 68,27 F/gram dan 63,24 F/gram. Pengujian tambahan juga dilakukan menggunakan alat difraksi sinar-X dan mikroskop pemindai elektron.

Kata Kunci : Siklis Voltametri, Superkapasitor, Elektroda Karbon, Kayu Karet.

Abstrak

Has successfully analyzed the carbon electrode supercapacitor from rubber wood using cyclic voltammetry method. Making the samples of early stage through the process of cutting, drying, carbonization and polishing to form pellets. Variations activator KOH and HNO₃ is used to increase the surface area of the electrode. Variations KOH used was 1 M, 3 M, 5 M HNO₃ solution while being used is 25%. Methods of measurement of cyclic voltammetry carried out using a Solatron 1280 with a potential window of 0 to 1 Volt at the scan rate variation 1 mV/s, 5 mV/s, 10 mV/s, 30 mV/s, 50 mV/s and 100 mV/s. From data analyzed has found that the highest specific capacitance values occur at the rate of induced 1 mV/s for all variations of KOH. The highest specific capacitance value at scan rate 1 mV/s in the variation of KOH 1 M, 3 M, 5 M is at 16,36 F /gram, 68,27 F/gram and 63,24 F/gram. Additional testing was also performed using X-ray diffraction instrument and electron scanning microscope.

Keywords : Cyclic Voltammetry, Supercapacitor, Carbon Electrode, Rubber Wood.

1. Pendahuluan

Siklis voltametri adalah salah satu metode pengukuran sifat elektrokimia superkapasitor yang menampilkan hubungan antara arus dan tegangan [1]. Pengukuran dengan metode siklus voltametri ini berdasarkan variasi tegangan awal dan tegangan akhir. Kurva yang dihasilkan pada metode siklus voltametri berbentuk hysteresis dimana semakin lebar bentuk kurvanya maka nilai kapasitansi yang dihasilkan akan semakin besar.

Superkapasitor merupakan devais penyimpan energi yang banyak diminati saat ini karena memiliki rapat energi yang besar dan rapat daya yang tinggi [2]. Bahan karbon berbasis biomasa

banyak dikembangkan untuk elektroda superkapasitor [3]. Keunggulan bahan biomassa ini memiliki kadar karbon yang tinggi, mudah didapat dan biaya produksi yang murah. Sampel karbon pada penelitian ini dibuat dari batang kayu karet yang dipotong secara melintang. Tujuan pemotongan melintang ini untuk mempertahankan struktur pori alami agar memudahkan elektrolit mengalir ketika dilakukan pengukuran dengan siklus voltametri. Perlakuan awal sampel melalui berbagai proses yaitu pemotongan, pengeringan, karbonisasi, aktivasi dan pemolesan membentuk pelet. Aktivasi fisika menggunakan gas CO₂, sedangkan aktivasi kimia dilakukan pada sampel elektroda menggunakan variasi KOH 1 M, 3 M, 5 M dan HNO₃ 25% pada semua variasi KOH.

Karakterisasi sifat elektrokimia bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai kapasitansi superkapasitor menggunakan metode siklis voltametri. Pengukuran tambahan menggunakan SEM dan XRD bertujuan untuk mengetahui sifat fisik elektroda seperti bentuk morfologi, ukuran pori dan derajat kristalin. Penggunaan metode siklis voltametri ini diharapkan untuk mendapatkan variasi KOH terbaik sebagai elektroda superkapasitor.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Sampel yang berasal dari potongan batang kayu karet melalui berbagai proses, dimulai dari pemotongan, pengeringan, karbonisasi, pemolesan, aktivasi fisika dengan gas CO₂ dan aktivasi kimia dengan KOH dan HNO₃. Sebelum dilakukan aktivasi kimia massa dua elektroda karbon ditimbang dan didapatkan massa rata-rata 0,0335 gram, 0,0412 gram dan 0,0321 gram untuk variasi KOH 1 M, 3 M, 5 M. Tujuan aktivasi menggunakan KOH untuk memperbesar ukuran pori, memperluas permukaan elektroda dan aktivasi HNO₃ berfungsi untuk mengaktifkan gugus fungsi. Sel superkapasitor dibuat dengan urutan teflon, pengumpul arus, elektroda karbon dan

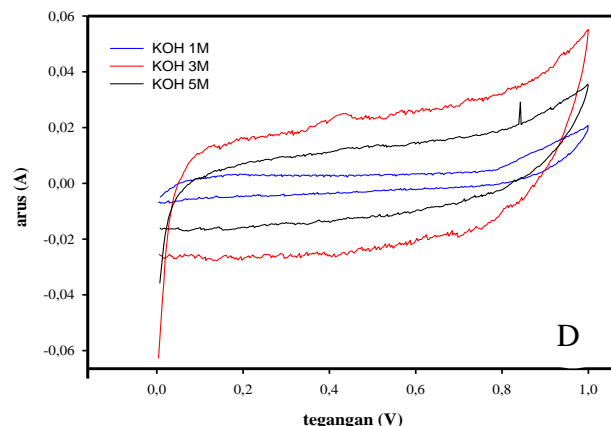
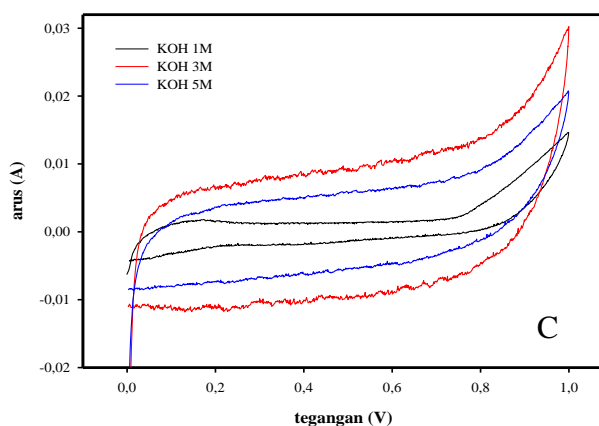
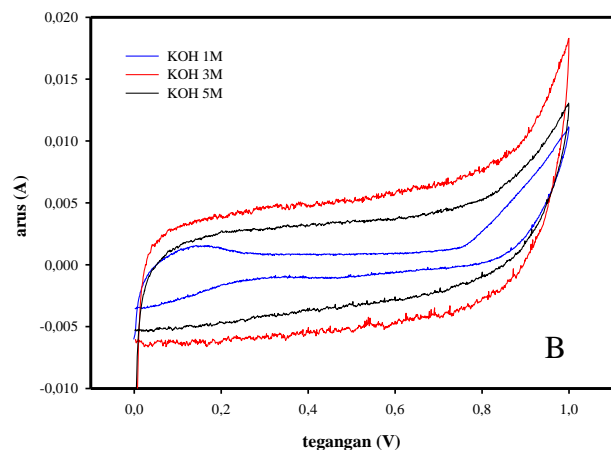
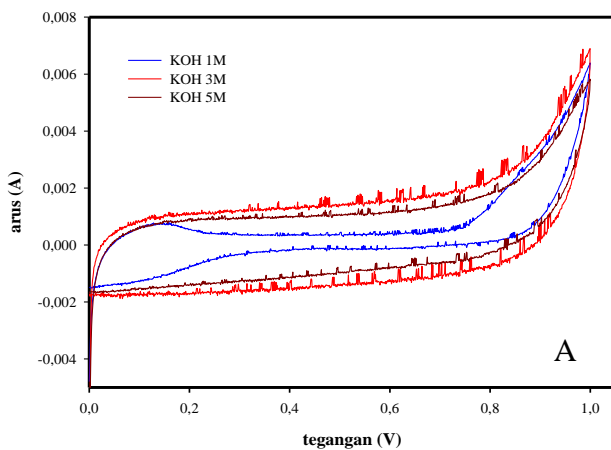
separator. Pengukuran superkapasitor menggunakan siklis voltametri dilakukan pada jendela potensial 0 – 1 V dengan variasi laju imbasan 1 mV/s, 5 mV/s, 10 mV/s, 30 mV/s, 50 mV/s dan 100 mV/s dalam larutan H₂SO₄ 1M. Untuk menentukan besarnya kapasitansi spesifik digunakan persamaan berikut [4].

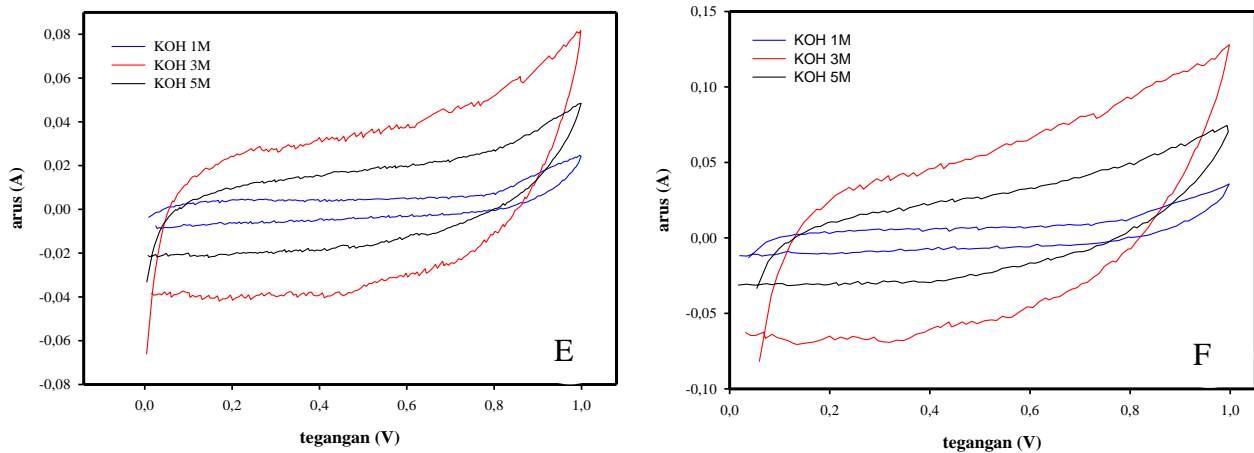
$$C_{sp} = \frac{(I_c - I_d)}{s \times m} \quad (1)$$

Dimana C_{sp} adalah kapasitansi spesifik, I_c adalah arus masuk, I_d arus keluar, s laju imbasan dan m adalah massa elektroda.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran nilai kapasitansi superkapasitor menggunakan metode siklis voltametri dengan variasi laju imbasan 1 mV/s, 5 mV/s, 10 mV/s, 30 mV/s, 50 mV/s dan 100 mV/s. Secara umum grafik yang dihasilkan mempunyai bentuk yang sama pada setiap variasi. Semakin besar arus yang dihasilkan maka nilai kapasitansi spesifik akan semakin besar. Dari hasil pengukuran didapatkan bahwa nilai kapasitansi terbesar ada pada pengukuran dengan laju imbasan 1 mV/s.



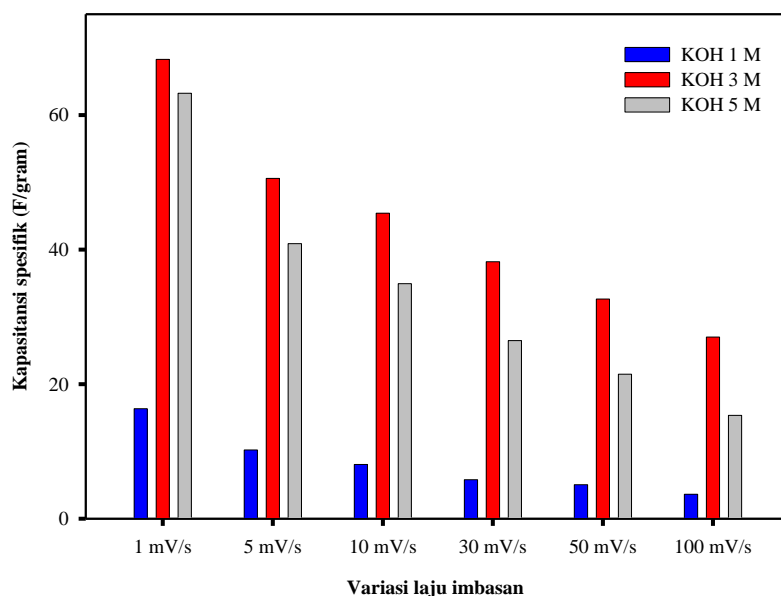


Gambar 1. Grafik hysteresis siklis voltametri variasi aktivator KOH berdasarkan perbedaan laju imbasan (A) 1 mV/s (B) 5 mV/s (C) 10 mV/s (D) 30 mV/s (E) 50 mV/s (F) 100 mV/s.

Nilai kapasitansi yang diperoleh dengan variasi KOH 1 M, 3 M, 5 M pada laju imbasan 1 mV/s yaitu sebesar 16,36 F/gram, 68,27 F/gram dan 63,24 F/gram. Hasil pengukuran siklis voltametri superkapasitor dengan laju imbasan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1 memperlihatkan bahwa grafik KOH 3 M memiliki kurva I_c dan I_d yang paling luas dibandingkan grafik KOH 1 M dan 5 M. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai kapasitansi spesifik terbesar ada pada KOH 3 M untuk semua variasi laju imbasan.

Gambar 2 menunjukkan hasil pengukuran kapasitansi spesifik superkapasitor dengan metode siklis voltametri. Gambar 2 menunjukkan bahwa

nilai kapasitansi spesifik mengalami penurunan pada pertambahan laju imbasan. Pada laju imbasan rendah, ion mempunyai waktu yang lama untuk dapat berdifusi kedalam pori. Ion dan elektron yang berasal dari pengumpul arus akan berdifusi secara merata ke permukaan elektroda sampai pori meso. Hal ini mengakibatkan peningkatan lebar kurva arus *charge* dan *discharge* yang mengindikasikan nilai kapasitansi yang besar. Sebaliknya pada laju imbasan yang tinggi, ion bisa berdifusi dengan cepat tetapi hanya sampai pada permukaan elektroda. Ion hanya mampu masuk ke pori makro. Pori - pori elektroda karbon yang tidak terisi ion menghasilkan kurva arus *charge* dan *discharge* yang kecil yang mengindikasikan nilai kapasitansi yang rendah.



Gambar 2. Nilai kapasitansi spesifik superkapasitor berdasarkan variasi laju imbasan

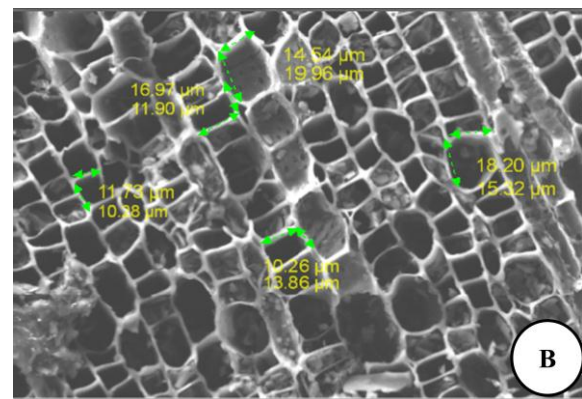
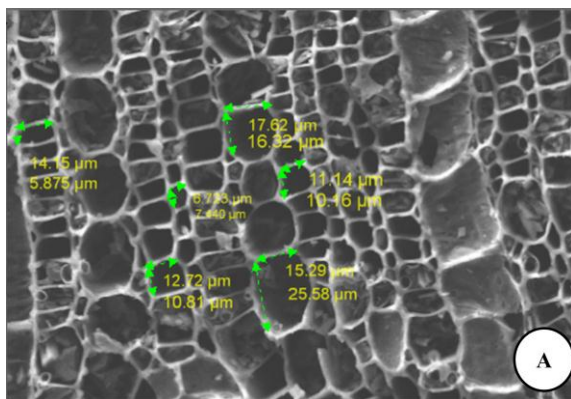
Tabel 1. Data hasil siklus voltametri pada laju imbasan 1 mV/s

| KOH (M) | Ic (A) | Id (A) | s (V/s) | m (gr) | Csp (F/gr) |
|---------|--------|---------|---------|--------|------------|
| 1 | 0,0004 | -0,0001 | 0,0010 | 0,0335 | 16,3582 |
| 3 | 0,0013 | -0,0014 | 0,0010 | 0,0412 | 68,2694 |
| 5 | 0,0010 | -0,0009 | 0,0010 | 0,0321 | 63,2380 |

Tabel 1 memperlihatkan data hasil pengujian siklus voltametri dengan laju imbasan 1 mV/s untuk semua variasi KOH. Dengan menggunakan persamaan 1 didapatkan kapasitansi spesifik tertinggi ada pada KOH 3 M. Nilai Ic dan Id dihitung ketika tegangan sel mencapai 0,5 V pada jendela potensial antara 0 – 1 V. Pada KOH 3 M terlihat jelas arus Ic dan Id memiliki rentang arus yang lebih besar dari pada KOH 1 M dan KOH 3 M yaitu antara 0,0013 A sampai -0,0014 A.

Gambar 3 menjelaskan hasil karakterisasi elektroda karbon kayu karet menggunakan

mikroskop pemindai elektron. Gambar 3 memperlihatkan bentuk morfologi permukaan elektroda dengan perbesaran 500 X. Pori yang terlihat pada kedua variasi berbentuk seperti terowongan memanjang yang berfungsi sebagai saluran elektrolit. Distribusi pori tersebar secara merata dipermukaan elektroda karbon. Gambar 3A merupakan hasil karakterisasi pada KOH 1 M. Terlihat bahwa Gambar 3A memiliki ukuran pori yang berbeda – beda. Hasil hitung luas dari lima pori yang diukur di dapatkan luas rata – rata sebesar 902,49 μm^2 .



Gambar 3. Hasil karakterisasi elektroda karbon menggunakan mikroskop pemindai elektron berdasarkan variasi aktivator KOH (A) KOH 1 M (B) KOH 5 M

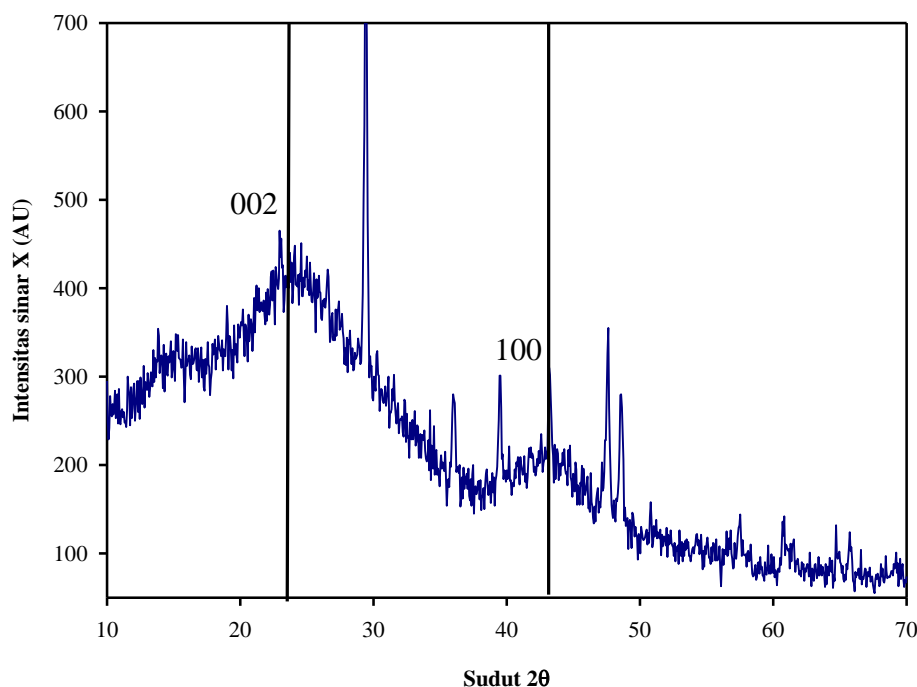
Gambar 3B memperlihatkan distribusi pori pada permukaan elektroda. Pori yang terlihat memiliki bentuk yang hampir sama tetapi memiliki ukuran yang berbeda – beda. Hasil hitung pori rata – rata dari 5 pori yang dipilih didapatkan luasnya sebesar 937,31 μm^2 . Perbedaan ukuran pori menentukan banyak tidaknya ion yang masuk kedalam pori dan berpengaruh terhadap nilai kapasitansi yang dihasilkan. Gambar 4 memperlihatkan hasil karakterisasi difraksi sinar X pada sampel elektroda karbon kayu karet. Hasil XRD dapat diketahui bahwa struktur karbon kayu karet adalah amorf. Hal ini dibuktikan dengan terbentuknya dua puncak yang landai pada Gambar 4. Setelah data XRD didapatkan maka digunakan metode fitting menggunakan *microsoft origin*. Tujuannya adalah memperbaiki susunan data sehingga didapatkan bentuk kurva yang datar dan memudahkan memperoleh data yang bagus. Setelah dilakukan fitting didapatkan nilai sudut 2θ yang

menggambarkan puncak karbon. Sudut 2θ yang dihasilkan yaitu 25,45° dan 43,39° mengindikasikan nilai d_{hkl} 002 dan 100.

4. Kesimpulan

Pengujian sifat elektrokimia superkapasitor menggunakan metode siklus voltametri telah berhasil dilakukan. Sampel elektroda karbon berasal dari kayu karet berbentuk pelet. Setelah dilakukan pengujian didapatkan nilai kapasitansi tertinggi ada KOH 3 M dengan laju imbasan 1 mV/s sebesar 68,27 F/gram. Pengujian tambahan juga dilakukan menggunakan SEM dan XRD. Foto hasil SEM memperlihatkan distribusi pori yang tersebar merata pada permukaan elektroda. Hasil XRD menunjukkan sifat kristalin elektroda karbon kayu karet adalah amorf. Ini dibuktikan dengan

terbentuknya dua puncak yang landai dengan sudut 2θ 25,45° dan 43,39°.



Gambar 4. Hasil difraksi sinar X elektroda karbon kayu karet

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi atas dana bantuan proyek INSINAS-RISTEK tahun 2015. Proyek penelitian yang didanai berjudul SUPERKAPASITOR UNGGUL BERBASIS MESOKARBON DARI LIMBAH KAYU KARET dengan peneliti utama Dr. Erman Taer, M.Si.

- [3] Wei, L., Yushin, G. 2012. Nanostructured activated carbons from natural precursors for electrical double layer capacitors. *Nano Energy* (2012) 1, 552-565.
- [4] Kalpana, D., Cho, S. H., Lee, S.B., Lee, Y.S., Misra, R., Renganathan, N. G. 2009. Recycled waste paper – A new source of raw material for electric double-layer capacitors. *Journal Power Sources*; 190: 587.

Daftar Acuan

Jurnal

- [1] 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.
- [2] Liu, M. C., Kong, B., Zhang, P., Luo, Y. C., Kong, L. 2011. Porous wood carbon monolith for high-performance supercapacitors. *Electrochimica Acta*; 60:443.

