

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF MONOLIT DARI KAYU KARET DENGAN VARIASI KONSENTRASI KOH UNTUK APLIKASI SUPERKAPASITOR

Inrizky Domy Muchammadsam , Erman Taer , Rakhmawati Farma

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

Kampus Bina widya Pekanbaru, 28293, Indonesia

inrizky.domy.muchammadsyam@gmail.com

ABSTRACT

Development of monolithic carbon electrodes with a combination of physical and chemical activation process can improve performance of cell supercapacitor. Monolithic carbon electrodes were made from rubber wood cross-section of the printed form of pellets, then were carbonized at temperature of 600°C in N₂ gas atmosphere and followed by physical activation process at 900°C for 2 hours in a CO₂ gas atmosphere. KOH of 1 and 5 M and HNO₃ of 25% solutions were used as of the chemical activation in order to activate functional groups. Characterization of electrochemical supercapacitor cell utilized two-electrode of cyclic voltammetry with 1 M H₂SO₄ solution was used as electrolyte. Scanning electron microscope and X-ray diffraction were carried out to study the structure of surface morphology and crystalline properties of monolithic carbon electrodes. Specific capacitance for electrodes 1 M KOH and 5 M KOH was obtained as high as 71.08 and 115.38 F/g respectively. These results indicate that increasing the concentration of KOH can improve the performance of the electrode supercapacitor cells.

Keywords: *rubber wood, Activated carbon monolith, supercapacitors.*

ABSTRAK

Pengembangan elektroda karbon monolit dengan kombinasi aktivasi fisika dan aktivasi kimia dapat meningkatkan prestasi sel superkapasitor. Elektroda karbon monolit dibuat dari potongan melintang kayu karet yang dicetak membentuk pelet, kemudian dilakukan proses karbonisasi pada suhu 600°C dalam lingkungan gas N₂ dan diaktivasi pada suhu 900°C selama 2 jam dalam lingkungan gas CO₂. Konsentrasi KOH yang digunakan adalah 1 dan 5 M serta larutan HNO₃ 25% sebagai larutan aktivasi kimia untuk mengaktifkan gugus fungsi. Karakterisasi elektrokimia sel superkapasitor menggunakan metode *cyclic voltammetry* dua-elektroda dan larutan 1 M H₂SO₄ digunakan sebagai elektrolit. *Scanning electron microscope* dan difraksi sinar-X merupakan metode yang digunakan untuk melihat struktur morfologi permukaan dan sifat kristalin elektroda karbon monolit. Nilai kapasitansi spesifik untuk elektroda 1 M KOH dan 5 M KOH diperoleh hasil sebesar 71,08 dan 115,38 F/g. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi KOH dapat meningkatkan prestasi elektroda sel superkapasitor.

Kata kunci: kayu karet, karbon aktif monolit, superkapasitor.

PENDAHULUAN

Superkapasitor merupakan salah satu *device* penyimpanan energi yang telah menarik perhatian banyak peneliti dewasa ini. Kapasitor elektrokimia lapis ganda (EDLC) merupakan salah satu jenis superkapasitor yang lebih diminati karena bahan utama yang digunakan pada elektroda adalah karbon aktif. Karbon aktif mempunyai densitas yang rendah, memiliki pori-pori serta luas permukaan yang besar, disamping itu karbon juga mudah didapatkan.

Liu dkk (2012), telah menggunakan potongan kayu poplar dengan modifikasi permukaan karbon monolit menggunakan Asam Nitrat untuk aplikasi superkapasitor dan diperoleh kinerja elektrokimia yang baik, yaitu kapasitansi spesifik maksimum sebesar 234 F/g dan volume kapasitansi 36 F/cm³.

Karbon aktif sebagai elektroda sel superkapasitor dalam penelitian ini dibuat dari potongan kayu karet menggunakan aktivasi fisika dan kimia. Batang kayu karet dipilih karena mempunyai struktur pori alami yang tersusun teratur. Elektroda dengan struktur pori teratur akan memudahkan ion elektrolit untuk mengalir pada saat berlangsungnya proses *charge-discharge*.

METODE PENELITIAN

a. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace*, kertas pasir (P1200), *hydraulic press*, timbangan digital, jangka sorong, oven, cawan petri, kertas lakmus (pH 0-14), *hot plate stirrer*, dan karakterisasi SEM, XRD, serta CV di University Kebangsaan Malaysia.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang kayu karet, asam sulfat (H₂SO₄), asam nitrat (HNO₃), kalium hidroksida (KOH), membrane kulit telur itik, *aquades*, *stainless steel*, teflon, dan akrilik.

b. Pembuatan Elektroda

Karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini adalah karbon yang terbuat dari potongan melintang batang kayu karet dengan tebal $\pm 4-5$ mm dan diameter ± 90 mm, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C sampai ketebalan dan diameternya konstan. Kemudian kayu karet dibentuk elektroda menggunakan *hydraulic press* dengan tebal ± 4 mm dan diameter 20 mm. Selanjutnya dilakukan proses karbonisasi pada suhu 600°C dengan dialiri gas N₂ dan aktivasi fisika pada suhu 900°C dialiri gas CO₂.

Elektroda karbon dipoles hingga ketebalan ± 1 mm. Kemudian karbon aktif dicuci dengan *aquades* untuk menghilangkan partikel-partikel halus lalu dikeringkan dengan oven dengan suhu 100°C.

c. Aktivasi Kimia Elektroda Karbon

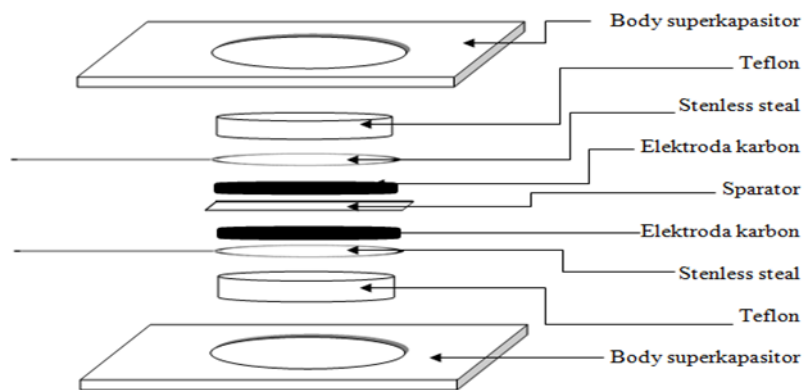
Proses aktivasi kimia terdiri dari dua jenis aktivator yaitu KOH dan HNO₃. Konsentrasi KOH divariasikan 1 dan 5 Molar. Terakhir kedua sampel diaktivasi dengan menggunakan larutan 25% HNO₃.

Pada proses aktivasi kimia, larutan KOH dengan variasi 1 dan 5 M dipanaskan dengan *hot plate* selama 1 jam pada suhu 80°. Kemudian sebanyak 7 elektroda karbon dicampurkan ke dalam larutan KOH dan tetap dipanaskan selama 2 jam. Setelah itu didiamkan sampai pada suhu kamar lalu dipisahkan dari larutan KOH.

Aktivasi menggunakan larutan 25% HNO₃ berfungsi untuk mengaktifkan gugus fungsi di dalam pori sehingga elektroda hanya direndam dalam larutan selama 2 jam. Setelah itu elektroda dipisahkan dari larutan asam nitrat.

d. Pembuatan Sel Superkapasitor

Pembuatan sel superkapasitor terdiri dari beberapa komponen utama yaitu elektroda, separator, pengumpul arus, dan elektrolit. Separator yang digunakan adalah



Gambar 1. Skema superkapasitor

separator alami dari membran kulit telur itik (MKTII) mengikuti metode **Sumantre, 2013**. Pengumpul arus dibuat dari *stainless steel*. Elektrodit yang digunakan adalah 1 M H_2SO_4 .

Sebelum elektroda dan separator digunakan, terlebih dahulu direndam di dalam larutan elektrolit selama 24 jam. Kemudian komponen superkapasitor digabung dalam *body* superkapasitor berbentuk persegi. Susunan komponen sel superkapasitor dapat dilihat pada Gambar 1.

e. Karakterisasi

Karakterisasi terdiri dari karakterisasi sifat fisis elektroda karbon dan karakterisasi sifat elektrokimia sel superkapasitor. Karakterisasi sifat fisis dilakukan menggunakan SEM dan XRD untuk melihat bentuk morfologi permukaan dan sifat kristalin elektroda. 1 buah elektroda dipatahkan menjadi 2 bagian, dimana 1 bagian akan diuji dengan SEM dan 1 bagian lagi diuji dengan XRD.

Sedangkan karakterisasi sifat elektrokimia bertujuan untuk menentukan nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor. Sel superkapasitor diuji dengan CV dua elektroda menggunakan alat *solartron interface 1286*. CV diukur dari potensial 0 sampai 1 V dengan variasi laju scan 1 mV/s yang dikontrol menggunakan *Coreware*.

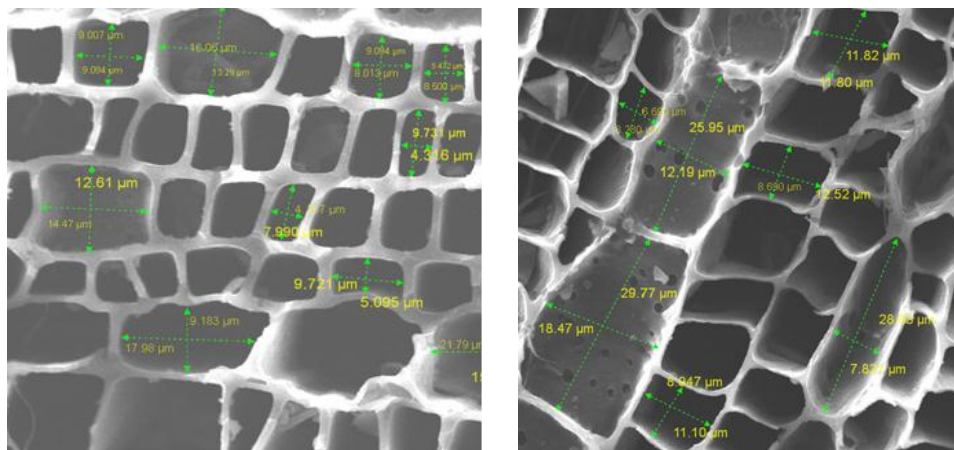
HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Sifat Fisis

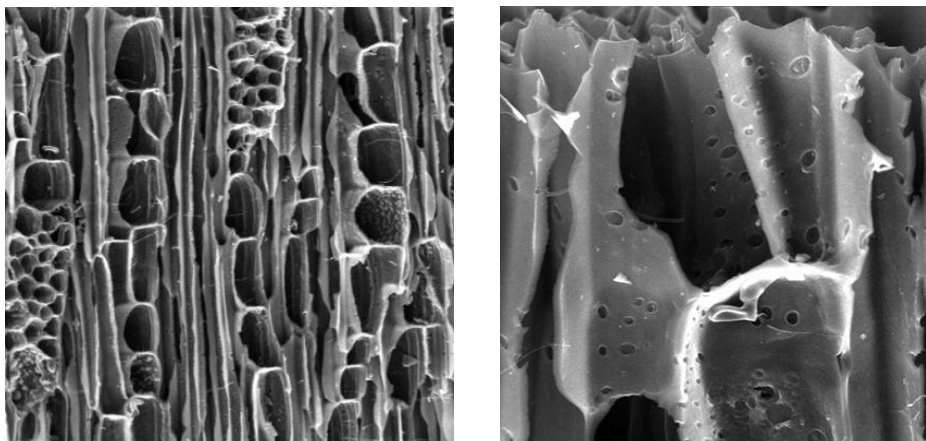
Hasil SEM permukaan elektroda karbon ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar 2a adalah elektroda 1 M KOH dan Gambar 2b adalah elektroda 5 M KOH. Dari Gambar 2a ditunjukkan dengan jelas bahwa struktur karbon yang dihasilkan memiliki pori yang berbentuk persegi panjang dengan susunan dinding pori yang rapi. Sedangkan Gambar 2b dapat diamati bahwa pori yang dihasilkan lebih besar dengan dinding pori yang lebih panjang dan lebih tipis dibandingkan elektroda 1 M KOH.

Berdasarkan perbesaran 1000 X dapat ditentukan luas pori pada konsentrasi 1 M KOH dan 5 M KOH dengan luas rata-rata sebesar $144,41 \mu m^2$ dan $189,21 \mu m^2$.

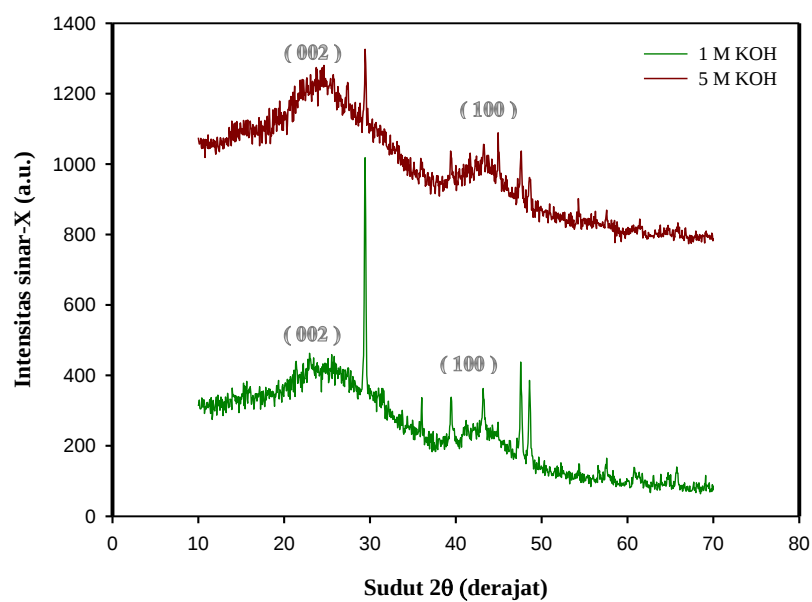
Hasil SEM tampak lintang elektroda 1 M KOH dan 5 M KOH memperlihatkan hasil yang hampir mirip. Gambar 3a menunjukkan pori yang dihasilkan berupa pipa yang panjang, bentuk ini memudahkan ion elektrolit mengalir pada saat berlangsungnya proses *charge-discharge*. Gambar 3b dapat diamati bahwa terdapat pori mikro yang cukup merata pada bagian dinding karbon. Sehingga diharapkan pori yang terbentuk ini dapat berperan dalam pengujian sifat elektrokimia sehingga mempunyai sifat kapasitif yang tinggi.



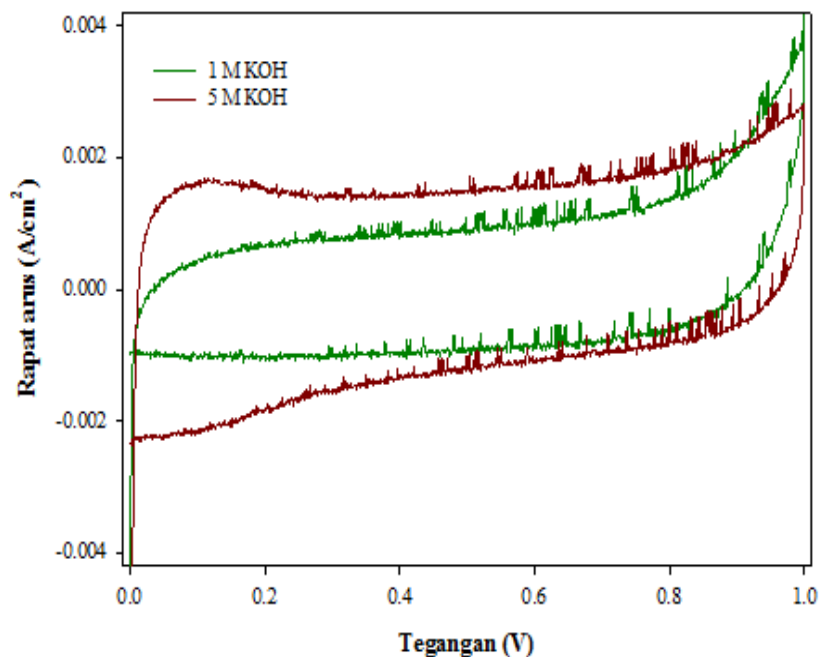
Gambar 2. SEM permukaan elektroda karbon dengan konsentrasi 1 M KOH (a) dan 5 M KOH (b) pada perbesaran 1000 X.



Gambar 3. SEM tampak lintang elektroda karbon 5 M KOH pada perbesaran 200 X (a) dan 1000 X (b).



Gambar 4. Pola difraksi sinar-X elektroda karbon dengan variasi konsentrasi KOH



Gambar 5. Grafik hubungan arus dan tegangan untuk sel superkapasitor pada konsentrasi 1 M KOH dan 5 M KOH dengan laju *scan* 1 mV/s.

Gambar 4 menunjukkan difraktogram untuk semua elektroda yang menunjukkan keberadaan dua puncak lebar dan landai dengan struktur karbon adalah amorf. Dua puncak pada sudut $2\theta = 25,75^\circ$ dan $43,65^\circ$ yang memiliki nilai hkl (002) dan (100), sedangkan pada sudut $2\theta = \sim 29^\circ$ terdapat puncak tajam dimana puncak ini menunjukkan bahan silika yang biasa terdapat dalam karbon dari bahan biomassa. Hasil yang hampir sama juga dilaporkan dari penelitian sebelumnya untuk karbon aktif monolit dari serbuk gergaji kayu karet (Sugeng, 2010).

b. Sifat Elektrokimia

Grafik voltammogram untuk elektroda 1 M KOH dan 5 M KOH dengan laju 1 mV/s dapat dilihat pada Gambar 5. Grafik memperlihatkan bentuk kedua lengkung pada elektroda 5 M KOH terdapat sedikit kurang simetri bila dibandingkan dengan elektroda 1 M KOH. Hal ini disebabkan oleh perbedaan proses kinetik

yang lebih cepat untuk ion yang meresap pada pori yang lebih besar.

Rapat arus elektroda 5 M KOH lebih tinggi daripada elektroda 1 M KOH seperti yang ditunjukkan hubungan antara rapat arus dan tegangan, ini menyatakan bahwa peningkatan yang terjadi adalah akibat dari peningkatan luas permukaan elektroda sehingga meningkatkan penyebaran ion dan penyerapan ion dalam elektroda (Taer dkk, 2010).

Nilai kapasitansi spesifik diperoleh berdasarkan persamaan $C = (I_{\text{charge}} - I_{\text{discharge}}) / (s \times m)$, dimana I , s dan m adalah rapat arus, laju *scan* dan massa efektif elektroda. Nilai kapasitansi spesifik untuk elektroda 1 M KOH dan 5 M KOH adalah 71,08 dan 115,38 F/g.

KESIMPULAN

Pembuatan / fabrikasi superkapasitor menggunakan elektroda karbon dari kayu karet dengan metode aktivasi fisika dan kimia telah berhasil dilakukan. Struktur sel yang digunakan elektroda karbon dengan

tipe koin, larutan 1 M H_2SO_4 sebagai elektrolit, pengumpul arus menggunakan stainless steel, dan separator menggunakan membran kulit telur itik. Hasil karakterisasi fisis dan elektrokimia menunjukkan elektroda 5 M KOH lebih baik daripada elektroda 1 M KOH. Dimana hasil SEM menunjukkan pori yang lebih lebar dan kapasitansi spesifik sel maksimum yang dicapai dengan metode CV adalah sebesar 115,38 F/g. Sel superkapasitor yang dihasilkan dari elektroda 5 M KOH ini cukup potensial untuk dikembangkan sebagai elektroda superkapasitor.

DAFTAR PUSTAKA

- Liu M.C., Kong L.B., Zhang P., Luo Y.C., Kang L. 2012. Porous wood carbon monolith for high-performance supercapacitors. *Electrochimica Acta* 60, 443-448.
- Sugeng. 2010. Fabrikasi dan karakterisasi nanopartikel platinum pada elektroda karbon dari bahan serbuk kayu karet sebagai bahan sel superkapasitor. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru.
- Sumantre, M.A. 2013. Membran dari kulit telur sebagai separator superkapasitor. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru.
- Taer, E., Deraman, M., Talib, A.I., Umar, A.A., Oyama, M., Yunus, M.R. 2010. Preparation of highly porous carbon pellet from rubber wood sadust via optimization of carbonization temperature for supercapacitor application, submitted paper to, Materials chemistry and physics.