

PEMBUATAN KARBON AKTIF MONOLIT DARI KAYU KARET MENGUNAKAN AKTIVATOR KOH DAN HNO₃ UNTUK APLIKASI SUPERKAPASITOR

Zulkifli, Erman Taer, Sugianto

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
izul_jundi@yahoo.co.id

ABSTRACT

Activated carbon monolith (ACM) was made from rubber wood for supercapacitor applications by using two activators, namely KOH and HNO₃. Carbonized sample were by N₂ gas at a temperature of 600° C and were physically activated by CO₂ gas at 800° C for 2 hours. KOH solution of 1, 3 and 5M was used as chemical activation solution. ACM electrodes were tested in a two-electrode system, which was stainless steel as a current collector and a 1M H₂SO₄ solution as an electrolyte solution. Electrochemical characterization results by impedance spectroscopy methods showed an increase in the capacitive properties, followed by a decrease in cells resistance. The measurements obtained the best capacitance of 55.46 F/g. XRD patterns of the samples showed amorphous structure and SEM images showed that the addition of KOH solution resulted in the pore structure of macroporous and mesoporous combination. In conclusion, this current result showed that the activator of KOH and HNO₃ have improved the performance of the ACM rubber wood electrode.

Keywords: *supercapacitor, rubber wood, activated carbon monolith*

ABSTRAK

Karbon aktif monolit (KAM) dibuat dari kayu karet untuk aplikasi superkapasitor dengan menggunakan dua aktivator, yaitu KOH dan HNO₃. Sampel dikarbonisasi dengan gas N₂ pada suhu 600°C dan diaktivasi fisika dengan gas CO₂ pada suhu 800°C selama 2 jam. Larutan KOH 1, 3 dan 5M digunakan sebagai aktivator kimia. Elektroda KAM diuji dalam sistem dua elektroda, *stainless steel* dipilih sebagai *current collector* dan larutan H₂SO₄ 1M digunakan sebagai elektrolit. Hasil karakterisasi sifat elektrokimia dengan metode impedansi spektroskopi menunjukkan peningkatan pada sifat kapasitif diikuti penurunan tahanan sel. Nilai kapasitansi terbaik adalah sebesar 55,46 F/g. Pola XRD sampel menunjukkan struktur amorf dan foto SEM menggambarkan bahwa penambahan larutan KOH menghasilkan struktur pori yang merupakan kombinasi makropori dan mesopori. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivator KOH dan HNO₃ telah berhasil meningkatkan kinerja elektroda KAM kayu karet.

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

PENDAHULUAN

Penyimpanan energi listrik dapat dilakukan oleh kapasitor, baterai, *fuel cell* dan superkapasitor. Baterai memiliki kemampuan untuk menyimpan energi tinggi namun dayanya cukup kecil, *fuel cell* mampu menyimpan energi tinggi dibandingkan baterai namun daya *fuel cell* lebih kecil dari baterai, kapasitor dapat menyimpan energi yang sangat kecil namun dayanya sangat besar, sedangkan pada superkapasitor mempunyai energi besar dan daya yang tinggi (Arepalli et al, 2005).

Penggunaan bahan karbon sebagai elektroda pada superkapasitor menggunakan bahan-bahan yang terdapat di alam seperti bahan biomasa. Beberapa contoh bahan biomasa yang dapat di jadikan karbon sebagai elektroda superkapasitor adalah kayu karet, kayu cemara, bambu, kulit kopi (E. Taer et al, 2011).

Salah satu cara untuk menghasilkan elektroda superkapasitor dapat dibuat secara langsung dengan menggunakan potongan batang kayu (M.-C. Liu et al, 2012). Keunggulan batang kayu karet untuk elektroda karbon dibandingkan dengan dalam bentuk serbuk antara lain mudah di aktivasi dan tidak mengalami proses penggilingan dan pengayakan.

Penggunaan KOH sebagai aktivator karbon aktif memiliki keunggulan yaitu mampu meningkatkan jumlah pori dalam elektroda karbon sehingga mengakibatkan luas permukaannya semakin besar (Hartanto, 2012). Aktivasi HNO₃ (asam nitrat) memiliki kelebihan mampu memperluas porositas karbon aktif dan menyebabkan masuknya sebagian besar nitrat kedalam struktur karbon sehingga mampu meningkatkan perpindahan kation pada aktivasi HNO₃ (Puzy et al, 2008).

Karbon aktif monolit diaktivasi secara fisika pada suhu 800°C menggunakan gas CO₂. Aktivasi kimia menggunakan variasi konsentrasi KOH sebesar 1M, 3M, 5M dan aktivasi kimia menggunakan HNO₃ dengan konsentrasi 25%. Sifat fisis elektroda seperti morfologi, struktur kristalin dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* dan *X-Ray Diffraction*. Sedangkan sifat elektrokimia dengan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy*.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, dengan tahapan sebagai berikut.

1. Persiapan Kayu Karet

Pemotongan melintang kayu karet dengan ketebalan 4 - 7 mm dan diameter 80 – 90 mm. Tujuannya untuk mempertahankan pori kapiler alamiah kayu yang nantinya dipakai sebagai saluran elektrolit. Kayu karet dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C sampai ketebalan dan diameternya konstan. Selanjutnya kayu karet di cetak membentuk bulatan dengan ketebalan 4 - 7 mm dan diameter 18 – 20 mm.

2. Karbonisasi dan Aktivasi CO₂

Karbonisasi dilakukan pada suhu 600°C menggunakan gas N₂. Tujuannya untuk menghilangkan unsur - unsur selain karbon pada sampel. Aktivasi fisika dengan gas CO₂ pada suhu 800°C bertujuan untuk membentuk struktur pori dan meningkatkan luas permukaan elektroda.

3. Pemolesan dan Pencucian

Pemolesan bertujuan untuk mengurangi cacat permukaan selama

proses karbonisasi. Sampel digosok dengan amplas ukuran P1000 sampai ketebalannya mencapai 1 mm dan diameter menjadi ukuran 12 mm. Pencucian bertujuan mendapatkan pH 7 dari pelet agar memudahkan aktivasi selanjutnya. Pelet direndam dengan air aquades dengan pengujian air rendaman pelet menggunakan kertas lakmus hingga pH netral.

4. Pengaktifan dengan KOH dan HNO₃

Tujuan dari aktivasi KOH adalah untuk memperbesar diameter pori dan meningkatkan luas permukaan. Aktivasi KOH yang digunakan pada konsentrasi 1M, 3M, 5M. Pengaktifan menggunakan HNO₃ bertujuan untuk memperluas porositas karbon aktif, meningkatkan luas permukaan serta mengaktifkan gugus fungsi agar jumlah ikatan ion meningkat saat proses *charge discharge* dilakukan. Sampel di aktivasi menggunakan HNO₃ dengan konsentrasi 25%.

5. Pembuatan Sel Superkapasitor

Sel superkapasitor dibuat dalam bentuk persegi dengan susunan komponennya teflon, pengumpul arus (*stainless steel*), separator (membran telur itik), elektroda karbon. Elektrolit yang digunakan adalah H₂SO₄ 1M. Elektroda dibuat dengan tiga variasi dengan kode KOH 1M, KOH 3M dan KOH 5M.

HASIL DAN PEMBAHASAN

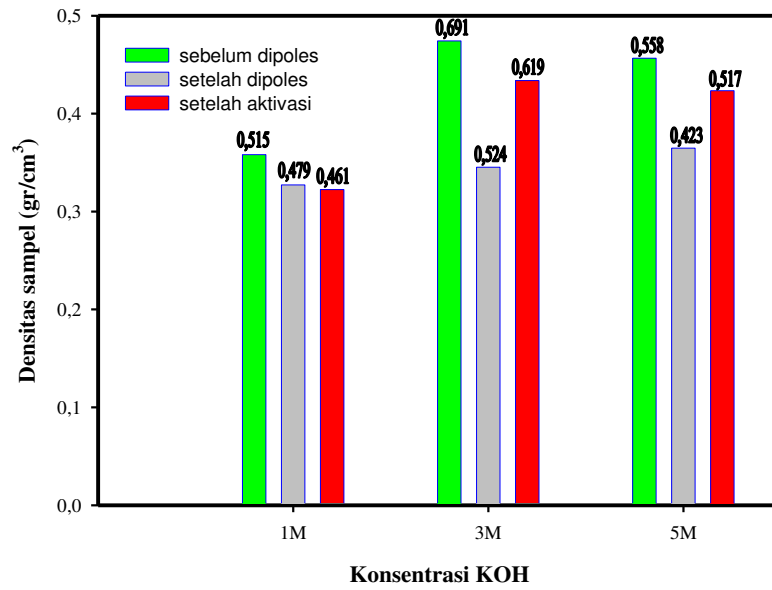
A. Sifat Fisis Elektroda Karbon

Hasil densitas elektroda karbon dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1 untuk KOH 1M densitas sampel setelah diaktivasi mempunyai nilai densitas

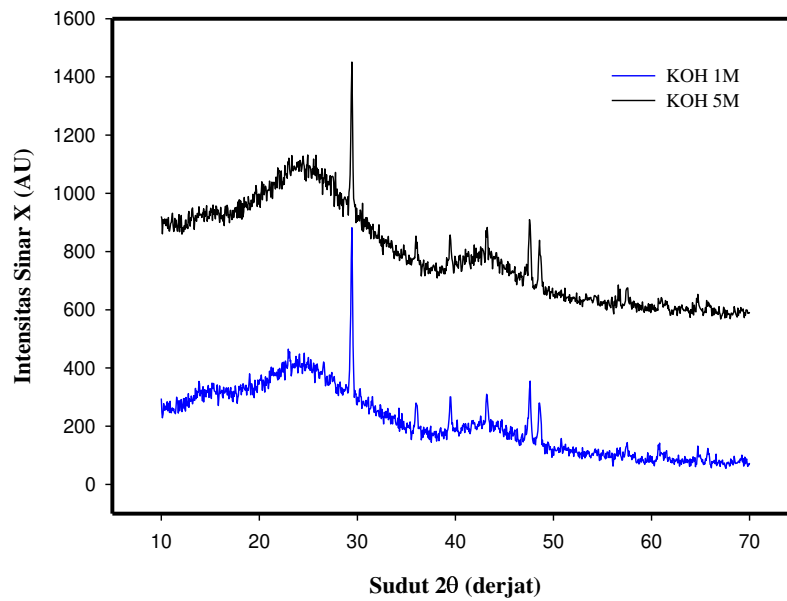
relatif lebih kecil dari pada sampel sebelum dan setelah dipoles. Ini disebabkan ketika sampel diaktivasi terjadi pemecahan pori oleh aktivator KOH sehingga mengurangi massa dari sampel tersebut. Sampel dengan KOH 3M nilai densitas sebelum dipoles mengalami penurunan dibanding ketika setelah dipoles, kemudian densitas mengalami kenaikan setelah sampel diaktivasi. Ini disebabkan sampel setelah dipoles mengalami pengurangan massa yang lebih besar dari pada pengurangan volume. Sampel setelah diaktivasi mengalami kenaikan densitas disebabkan elektroda karbon sampel mengalami penambahan massa karena adanya reaksi aktivator KOH. Hal yang sama juga terjadi pada sampel KOH 5M. Berdasarkan pola XRD pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa struktur karbon bersifat amorf yang ditunjukkan dengan puncak yang melebar dan landai. Pola XRD menghasilkan dua puncak pada sudut 2θ 1M yaitu 25,43° dan 43,39° dan 5M yaitu 25,05° dan 44,85°. Adanya puncak tajam menunjukkan adanya unsur lain yaitu Silika yang mungkin dalam proses fabrikasi sampel berikatan kimia dengan karbon elektroda.

Gambar 3 dan 4 menunjukkan morfologi sampel ditinjau dari permukaan dan tampak samping. Gambar 3 A dan B adalah hasil SEM untuk sampel KOH 1M dan KOH 5M dengan perbesaran 100 KX. Luas rata-rata pori A dan B adalah 155,17 μm² dan 225,32 μm². Gambar B terbentuk pori meso didalam pori makro yang luas rata-ratanya yaitu 2,46 μm² yang disebabkan oleh penambahan aktivator KOH dengan konsentrasi yang tinggi. Pembentukan pori meso didalam pori makro meningkatkan luas permukaan

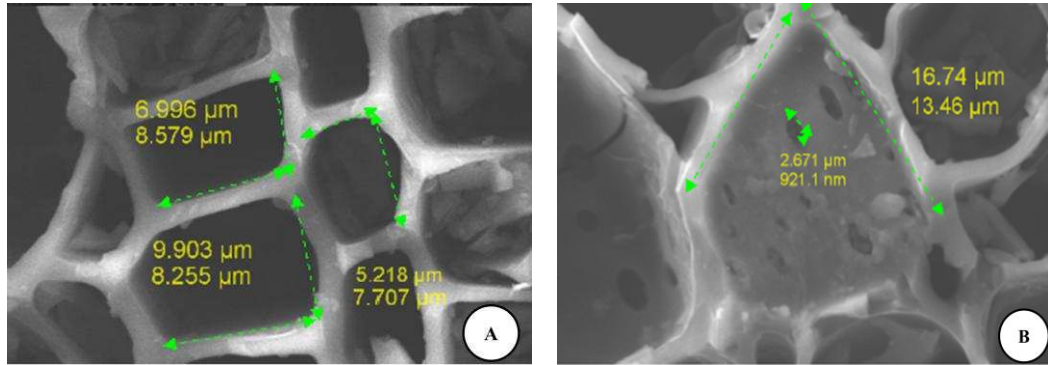
elektroda karbon dan meningkatkan nilai kapasitas sel superkapasitor.



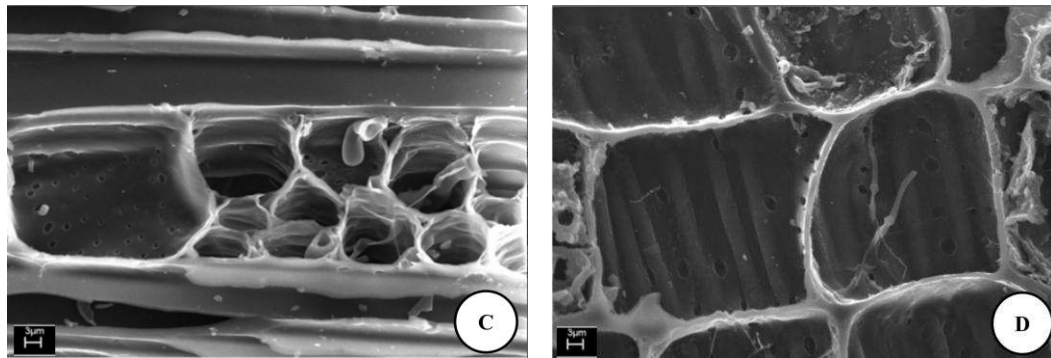
Gambar 1. Densitas elektroda karbon



Gambar 2. Pola XRD pada variasi KOH



Gambar 3: Foto SEM tampak permukaan dengan perbesaran 300 KX (A) KOH 1M (B) KOH 5M



Gambar 4: Foto SEM tampak samping dengan perbesaran 100 KX (C) KOH 1M (D) KOH 5M

Diperkirakan sampel KOH 3M mengalami pembentukan pori makro dan meso yang stabil sehingga sampel dengan KOH 3M adalah sampel terbaik dari semua variasi lainnya. Hasil SEM ini telah didukung oleh densitas dan XRD.

A. Sifat Elektrokimia Elektroda Karbon

Karakterisasi sifat elektrokimia elektroda karbon dengan menggunakan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) ditunjukkan oleh Gambar 5.

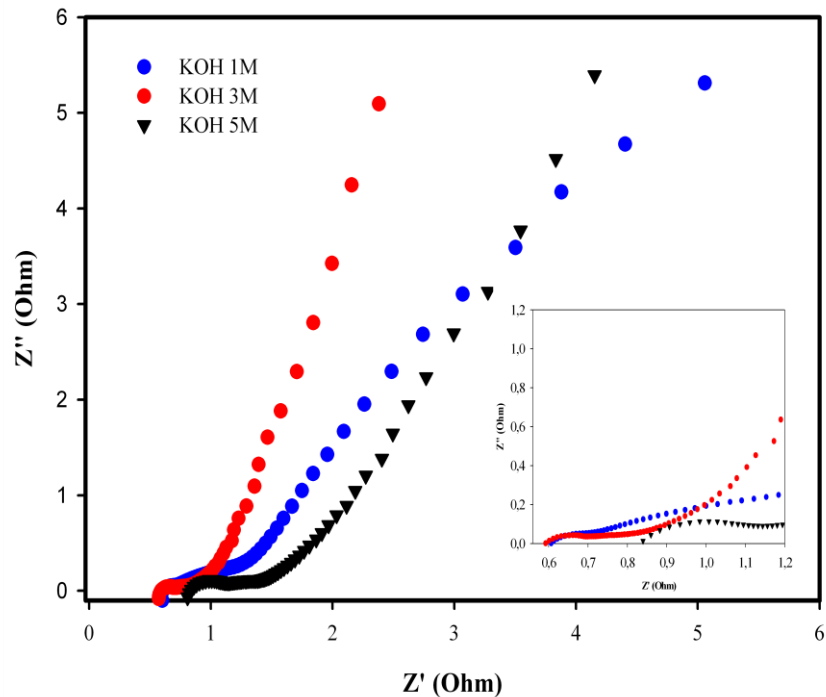
Pada karakterisasi metode EIS, dengan menggunakan *software Zview*

dapat dihitung R_s , R_p dan ESR yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Nilai ESR yang terkecil adalah elektroda dengan aktivator KOH 3M. Ini disebabkan aktivator KOH 3M memiliki densitas setelah aktivasi tertinggi sebesar $0,434 \text{ gram/cm}^3$ sehingga menyebabkan tahanan pada elektroda tersebut lebih kecil dibandingkan elektroda lainnya. Pada nilai tahanan elektrolit (R_s) pada KOH 1M dan KOH 3M memiliki nilai R_s yang hampir sama yaitu $0,607 \Omega$ dan $0,595 \Omega$, ini disebabkan elektrolit yang digunakan sama pada semua sampel yaitu H_2SO_4 1M. Pada sampel dengan aktivator KOH 5M memiliki nilai R_s yang lebih besar yaitu $0,835 \Omega$. Ini disebabkan konsentrasi dari aktivator KOH cukup besar yaitu

Tabel 1. Nilai tahanan pada EIS

KOH (M)	R_s (Ω)	R_p (Ω)	ESR (Ω)
1	0,607	1,374	0,767
3	0,595	0,786	0,256
5	0,835	1,202	0,367



Gambar 5. Hasil pengukuran EIS dalam bentuk plot Nyquist

5M yang mengakibatkan banyak terbentuk pori makro sehingga menyebabkan tahanan kontak antara elektroda dengan pengumpul arus menjadi lebih besar. Masing-masing nilai kapasitansi spesifik dengan metode EIS ini pada KOH 1M, KOH 3M dan KOH 5M adalah 42,23 F/gram, 55,46 F/gram dan 51,02 F/gram.

KESIMPULAN

Penggunaan variasi aktivator KOH telah meningkatkan nilai densitas elektroda karbon, peningkatan densitas ini disebabkan susunan partikel elektroda karbon lebih padat setelah diaktivasi dengan KOH. Dari hasil XRD dapat diketahui bahwa elektroda karbon kayu karet memiliki struktur amorf yang ditunjukkan dengan dua puncak landai ketika fitting dengan *microsoft origin*. Sudut 2θ yang dibentuk pada variasi KOH 1M yaitu $25,43^\circ$ dan $43,39^\circ$ dan KOH 5M yaitu $25,05^\circ$ dan $44,85^\circ$. Foto hasil SEM menunjukkan penambahan aktivator KOH pada sampel menyebabkan terbentuknya kombinasi

pori makro dan meso. Penambahan KOH dengan konsentrasi yang tinggi 5M menyebabkan terbentuk struktur pori yang tidak stabil sehingga menurunkan nilai kapasitansi. Pengukuran EIS menunjukkan sampel dengan KOH 3M memiliki nilai kapasitansi tertinggi yaitu 55,46 F/g.

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. 2005. Carbon-nanotube based electrochemical double-layer capacitor technologies for space flight applications. *Journal of The Minerals, Metals and Materials Society* 57, 26-31.
- Hartanto, A. 2012. Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong Dengan Menggunakan Furnance. Skripsi Jurusan D3 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.

- 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.
- Puziy, A.M., Poddubnaya, O.I., Socha, R.P., Gurgul, J., Wisniewski, M., 2008. XPS and NMR studies of phosphoric acid activated carbons. *Carbon* 46, 2113–2123.
- Taer, E., Deraman, M., Thalib, A.I., Umar, A.A., Oyama, M., Yunus, M.R. 2010. Preparation of highly porous carbon pellet from rubber wood sawdust via optimization of carbonization temperature for supercapacitor application, submitted paper to, *Materials chemistry and physic*.