

PENGARUH AKTIVASI KARBON DIOKSIDA PADA PRODUKSI KARBON AKTIF MONOLIT DARI KAYU KARET

Septa Herniyanti*, Erman Taer, Sugianto

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

Kampus Bina widya Pekanbaru, 28293, Indonesia

*Septaherniyanti03@gmail.com

ABSTRACT

Activated carbon monoliths from rubber wood have successfully been fabricated using combined physical-chemical activation and chemical activation. The process of combination of physical-chemical activation was started from physical activation process by flowing CO_2 gas for 2 hours at temperature of $800\text{ }^\circ\text{C}$, then applying chemical activation process by immersing the carbon in 3 M KOH solution and 2,5 M H_3PO_4 solution. The samples activated by the combination of physical-chemical activation were named as A_1 and those that were activated by chemical activation were named as sample A_2 . Both activation methods yielded different activated carbon. The physical properties analyzed were density, porosity, and BET surface area, whereas the electrochemical property obtained from measurements using cyclic voltammogram method was specific capacitance. N_2 adsorption-desorption gas treatment resulted BET surface area of $542.586\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ and $115.147\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ for each sample, respectively. The resulted specific capacitances of the measurement using the cyclic voltammogram method for each sample were 43.67 F g^{-1} and 37.74 F g^{-1} , respectively. Based on all obtained data analysis, it can be concluded that the physical-chemical activation produced larger BET surface area and higher specific capacitance than those resulted from chemical activation for supercapacitor cells.

Keywords: *Rubber wood, Activation, Cell supercapacitor.*

ABSTRAK

Telah berhasil dibuat karbon aktif monolit dari kayu karet menggunakan aktivasi kombinasi fisika-kimia dan aktivasi kimia. Aktivasi kombinasi fisika-kimia diawali dengan proses aktivasi fisika dengan mengalirkan gas CO_2 selama 2 jam pada suhu $800\text{ }^\circ\text{C}$ selanjutnya aktivasi kimia dilakukan dengan cara merendam karbon di dalam larutan KOH 3 M dan H_3PO_4 2,5 M. Sampel yang diaktivasi secara kombinasi fisika-kimia diberi kode A_1 dan sampel yang diaktivasi secara kimia diberi kode sampel A_2 . Kedua metode aktivasi menghasilkan karbon yang berbeda. Sifat fisis yang diamati meliputi densitas, porositas dan luas permukaan BET, sedangkan sifat elektrokimia yang diperoleh dari pengukuran menggunakan metode siklis voltamogram adalah kapasitansi spesifik. Adsorpsi-desorpsi gas N_2 pada sampel menghasilkan luas permukaan BET karbon aktif sebesar $542,586\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ dan $115,147\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ untuk masing-masing sampel A_1 dan A_2 berturut-turut. Kapasitansi spesifik yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan metode siklis

voltamogram untuk masing-masing sampel A₁ dan A₂ adalah 43,67 F g⁻¹ dan 37,74 F g⁻¹ berturut-turut. Berdasarkan seluruh analisa data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kombinasi aktivasi fisika-kimia menghasilkan luas permukaan BET dan nilai kapasitansi yang lebih besar dibandingkan dengan karbon yang diaktivasi secara kimia untuk sel superkapasitor.

Kata Kunci : Kayu karet, Aktivasi, Sel Superkapasitor.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi pada saat ini semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih. Sumber energi yang banyak digunakan adalah yang berasal dari bahan fosil seperti: minyak bumi dan batubara, akan tetapi perlu dilakukan penemuan sumber energi baru sebagai sumber energi alternatif. Sumber energi alternatif yang banyak dibutuhkan oleh manusia pada saat ini adalah energi yang murah, mudah dijumpai dan juga mudah diperbaharui. Beberapa contoh sumber energi alternatif saat ini adalah seperti energi angin, matahari, panas bumi, gelombang laut, biomassa dan lain sebagainya. Permasalahan yang dihadapi untuk sumber energi alternatif ini seperti batu bara yang semakin habis, minyak bumi yang semakin menipis jumlahnya. Beberapa contoh piranti penyimpan energi yang banyak dikembangkan saat ini adalah seperti: baterai, superkapasitor dan *fuel cell*.

Kapasitor elektrokimia lapis ganda atau yang lebih dikenal dengan superkapasitor merupakan salah satu jenis kapasitor yang digunakan untuk menyimpan dan melepaskan energi berdasarkan ion elektrolit yang membentuk lapisan ganda listrik pada antarmuka antara elektroda berpori dan elektrolit (Kötz & Carlen, 2000). Superkapasitor memiliki banyak

kelebihan dibanding dengan alat penyimpan energi yang lain seperti baterai. Superkapasitor memiliki jumlah siklus yang relatif banyak (>10000 siklus), kerapatan energi yang tinggi, kemampuan menyimpan energi yang besar, prinsip sederhana dan konstruksi yang mudah (Ariyanto *et al.*, 2012).

Karbon aktif merupakan bahan kimia yang banyak digunakan saat ini dalam industri yang menggunakan proses adsorpsi dan pemurnian air. Bahan-bahan yang biasa dimanfaatkan untuk pembuatan karbon aktif seperti limbah kulit singkong (Ikawati & Melati, 2009), bambu (Kim *et al.*, 2006), kayu cemara (Wu *et al.*, 2006). Sebelumnya juga telah dilakukan penelitian tentang pembuatan elektroda karbon dari serbuk gergaji dari kayu karet (Taer 2009).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan kayu karet sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif monolit. Kayu karet dari perkebunan kayu karet di Desa Selunak, Kecamatan Batang Peranap, Kabupaten Indragiri Hulu. Kayu karet yang digunakan adalah kayu yang sudah tidak produktif lagi.

Proses pembuatan karbon aktif monolit diawali dengan pemotongan kayu karet secara melintang dengan ketebalan 4-5 mm dan diameter 70-

100 mm. Kayu karet yang sudah dipotong dikeringkan pada suhu 110 °C selama 12 jam sampai ketebalan dan diameternya konstan, kemudian di cetak. Proses pencetakan dilakukan untuk mendapatkan ukuran yang sama pada setiap sampel. Kayu karet dikarbonisasi pada suhu 600 °C dengan cara dialiri gas Nitrogen (N₂), kemudian sampel kayu karet dipoles menggunakan kertas pasir konveks P1000 dan P1200 hingga mencapai ketebalan 1 mm dan diameter 12 mm.

Penyediaan karbon aktif monolit dilakukan dengan pengaktifan secara fisika-kimia dan secara kimia. Aktivasi bertujuan untuk meningkatkan volume dan memperbesar diameter pori setelah proses karbonisasi (Park *et al.*, 2004). Aktivasi fisika dilakukan pada suhu 800 °C dan dialiri gas CO₂ selama 2 jam, kemudian dilanjutkan dengan aktivasi kimia menggunakan 3 M KOH dan 2,5 M H₃PO₄. Sampel yang telah diaktivasi selanjutnya dicuci menggunakan aquades sampai pH nya netral. Sampel yang telah diaktivasi

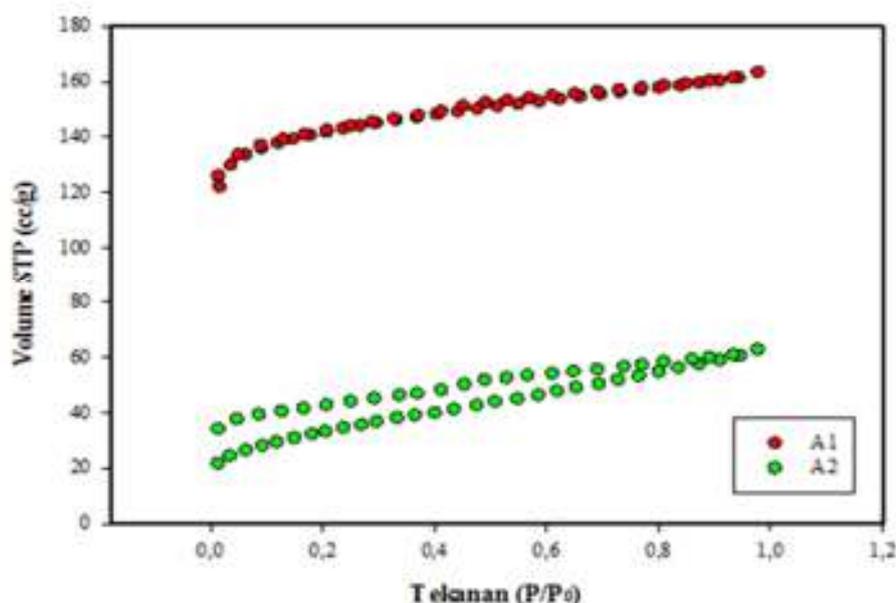
secara fisika-kimia diberi kode A1 dan sampel yang diaktivasi secara kimia di beri kode sampel A2.

Pengukuran prestasi elektroda sel superkapasitor terdiri dari dua pengukuran yaitu pengukuran sifat fisis dan sifat elektrokimia. Pengukuran sifat fisis meliputi densitas dan porositas, sedangkan sifat elektrokimia diukur menggunakan metode siklis voltamogram.

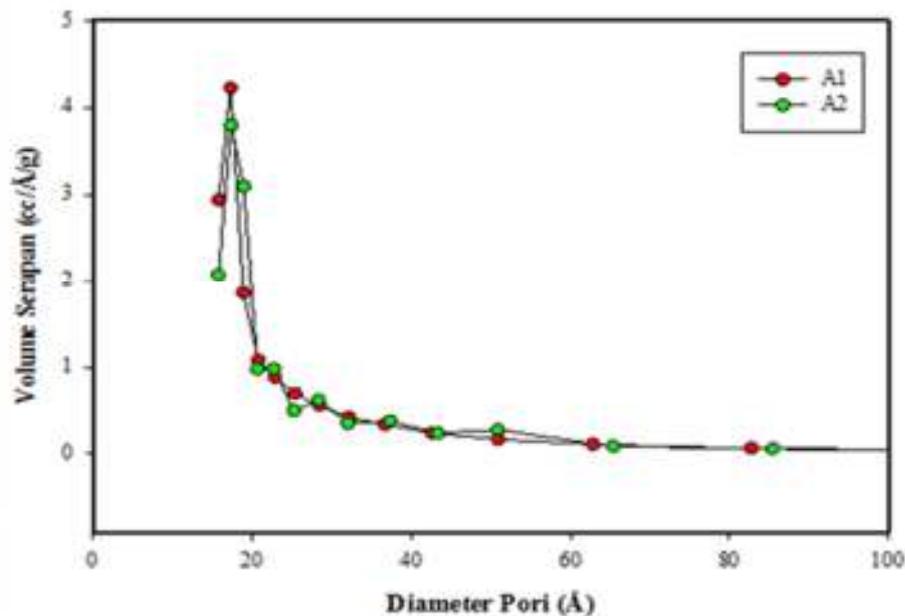
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sifat Fisis

Berdasarkan pengukuran nilai densitas sampel karbon setelah diaktivasi diperoleh nilai untuk sampel yang diaktivasi menggunakan CO₂ lebih rendah dibandingkan dengan sampel yang diaktivasi tanpa menggunakan CO₂. Hal ini disebabkan oleh reaksi antara gas karbon dioksida dengan karbon yang mengikis bagian dinding-dinding pori dari karbon.



Gambar 1. Hubungan volume serapan terhadap tekanan relatif gas N₂ untuk sampel A₁ dan A₂.



Gambar 2. Hubungan antara volume serapan gas N₂ terhadap diameter pori untuk sampel A₁ dan A₂.

Sifat porositas pada sampel karbon aktif monolit dianalisis menggunakan metode adsorpsi-desorpsi isothermal gas Nitrogen pada suhu 77 °C. Luas permukaan dan sifat pori karbon yang dihasilkan dianalisis menggunakan metode Brenauer-Emmet-Teller (BET) dan untuk distribusi ukuran pori dievaluasi menggunakan desorpsi percabangan isoterm gas Nitrogen menggunakan model Barret-Joyner-Halenda (BJH).

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa grafik cenderung mengikuti volume serapan tipe I menurut klasifikasi IUPAC (Sing *et al*, 1985). Serapan tipe ini biasanya menunjukkan serapan suatu lapisan (monolayer) atau serapan beberapa lapisan (multilayer) molekul pada karbon mikropori. Luas permukaan spesifik ini diperoleh berdasarkan penentuan sifat kapasitas monolayer yang menunjukkan banyaknya molekul yang dapat diserap pada

permukaan karbon. Luas permukaan yang semakin besar menyebabkan serapan gas nitrogen oleh elektroda karbon juga semakin besar (Sing *et al*, 1985).

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 2 dapat ditentukan parameter fisis pori-pori suatu elektroda karbon A1 dan A2 seperti: luas permukaan (S_{BET}) dengan nilai 542,586 m² g⁻¹ dan 115,47 m² g⁻¹, luas pori meso (S_{MESO}) dengan nilai 27,684 m² g⁻¹ dan 27,638 m² g⁻¹, luas pori eksternal (S_{EXT}) dengan nilai 142,193 m² g⁻¹ dan 100,702 m² g⁻¹, serta diameter pori rata-rata.

2. Sifat Elektrokimia

Karakteristik siklus voltamogram pada penelitian ini diamati pada laju *scan* 1 mV/s. Gambar 3 menunjukkan hubungan arus dan tegangan untuk sel

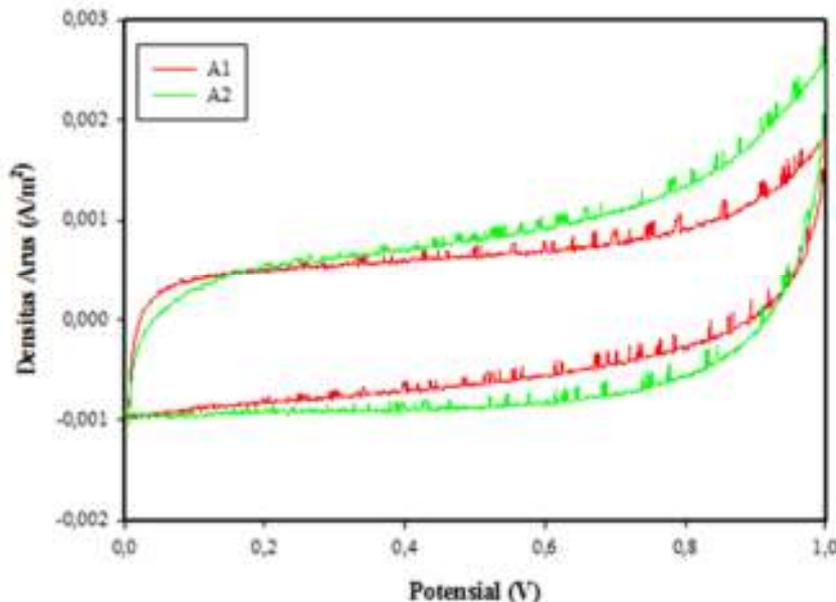
superkapasitor. Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat perbedaan arus *charge* (I_c) dan arus *discharge* (I_d). Semakin besar arus *charge* dan arus *discharge* maka diperkirakan nilai kapasitansi yang dihasilkan juga semakin besar. Kapasitansi spesifik berdasarkan metode siklis voltamogram dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 (Kalpana *et al.*, 2009):

$$C_{sp} = \frac{2[(I_c - (-I_d)]}{s \times m} \quad (1)$$

Dimana C_{sp} adalah kapasitansi spesifik ($F \text{ g}^{-1}$), I_c adalah arus

pengisian (A), I_d adalah arus pengosongan (A), adalah laju *scan* (mV/s) dan m adalah massa sampel (Kg).

Besar arus yang dihasilkan dari kurva dapat ditentukan dengan menentukan titik tengah dari potensial maksimum 1 V. Nilai kapasitansi spesifik masing-masing sampel adalah $43,67 \text{ F g}^{-1}$ dan $37,74 \text{ F g}^{-1}$.



Gambar 3. Grafik siklis voltammogram sel superkapasitor untuk sampel A1 dan A2.

KESIMPULAN

Elektroda karbon monolit sel superkapasitor yang berbahan dasar kayu karet dengan metode kombinasi aktivasi fisika-kimia dan aktivasi kimia telah berhasil dibuat. Luas permukaan yang dihasilkan oleh karbon aktif monolit berdasarkan aktivasi yang berbeda diperoleh sebesar $542,586 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ dan $115,147 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$. Kapasitansi spesifik yang

diperoleh dari pengukuran sifat elektrokimia menggunakan metode siklis voltamogram adalah sebesar $43,67 \text{ Fg}^{-1}$ dan $37,74 \text{ F g}^{-1}$.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyanto, T., Prasetyo, I., dan Rochmadi. 2012. Pengaruh struktur pori terhadap kapasitansi elektroda superkapasitor yang dibuat

- dari karbon nanopori. *Jurnal reaktor*, **14**(1): 25-32.
- Ikawati dan Melati. 2009. Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Universitas Diponegoro. ISBN 978-979-98300-1-2.
- 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 of Power Sources*, **190**, 587-591.
- Kim, Y.-J., Lee, B.-J., Suezaki, H., Chino, T., Abe, Y., Yanagiura, T., Park, K.C. and Endo, M. 2006, Preparation and characterization of bamboo-based activated carbons as electrode materials for Electrical Double Layer Capacitors. *Carbon* **44**: 1592-1595.
- Kötz, R. and Carlen, M. 2000. Principles and applications of electrochemical capacitors. *Electrochimica Acta* **45**(15-16): 2483-2498.
- Park, B. O., Lokhande, C. D., Park, H. S., Jung, K. D., Joo, O. S. P. et al. 2004. Performance of supercapacitor with electrodeposited ruthenium oxide film electrodes--effect of film thickness. *Journal of Power Sources*; 134:148.
- Sing, W. S. K., Everett, H. D., Haul, W. A. R., Moscou, L., Pierotti, A. R., Rouquerol, J. and Siemieniewska, T. 1985. Reporting Physisorption Data For Gas/Solid Systems With Special Reference To The Determination Of Surface Area And Porosity. *Pure App. Chem.*, Vol. 57, No. 4, pp. 603-619.
- Taer, E. 2009. Pembangunan Superkapasitor Menggunakan Elektroda Karbon, FMIPA Universitas Riau: Laporan penelitian.
- Wu, F.-C., Tseng, R.-L., Hu, C.-C. and Wang, C.-C. 2006. The capacitive characteristics of activated carbons-comparisons of the activation methods on the pore structure and effects of the pore structure and electrolyte on the capacitive performance, *J. Of Power Source*, **59** (2) : 1532-1542.