

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA KARBON AKTIF DARI BIOMASSA PELEPAH AREN DENGAN PERSENTASE KOH

Haliza Putri*, Rakhmawati Farma

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

*E-mail korespondensi: haliza.putri4967@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Energy is one of the basic needs in the human life cycle. Energy sources that are often used are non-recyclable energy sources, so a new innovation is needed in overcoming the energy crisis problem by using renewable natural materials, one of which is efforts to make energy storage components made from activated carbon. Activated carbon is a type of carbon that has a large surface area. Activated carbon can be applied as an activated carbon electrode such as lithium ion batteries and supercapacitor. Electrode in this study were produced from sugar palm midrib biomass. The electrodes production utilized chemical activation using Kalium Hydroxyde with various percentage of 5%, 10%, and 15% which of PA-05, PA-10, and PA-15 respectively. Aktivated carbon electrodes were prepared through a pre-carbonization, chemical activation, carbonization process using N_2 gas at temperature $600^\circ C$ and followed by physical activation using CO_2 gas at temperature $900^\circ C$. Analysis using XRD for microstructure show semicrystalline structure for the activated carbon electrodes which is by the presence of peaks at angel of 2θ around 24° and 44° with respectively crystal orientation (002) and (100).

Keywords: Sugar Palm Midrib, Electrodes, Activator KOH.

ABSTRAK

Energi merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam siklus kehidupan manusia. Sumber energi yang kerap digunakan merupakan sumber energi yang tidak dapat di daur ulang, sehingga dibutuhkan suatu inovasi terbaru dalam menanggulangi masalah krisis energi dengan menggunakan bahan alam yang dapat diperbaharui salah satunya yaitu upaya dalam pembuatan komponen penyimpanan energi yang berbahan dasar karbon aktif. Karbon aktif adalah jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang besar. Pembuatan karbon aktif dapat diaplikasikan sebagai elektroda karbon aktif sebagai penyimpanan energi seperti superkapasitor. Elektroda karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah biomassa dari pelepah aren. Pembuatan elektroda karbon pada saat proses aktivasi kimia menggunakan aktivator kalium hidroksida dengan variasi persentase 5%, 10%, dan 15% dengan kode sampel masing-masing adalah PA-05, PA-10, dan PA-15. Elektroda karbon aktif dibuat melalui proses pra-karbonisasi, aktivasi kimia, proses karbonisasi dengan menggunakan gas N_2 pada suhu $600^\circ C$ dan dilanjutkan dengan aktivasi fisika menggunakan gas CO_2 pada suhu $900^\circ C$. Analisis XRD untuk mengetahui struktur mikro menunjukkan bahwa struktur elektroda karbon bersifat semikristalin yang ditandai dengan munculnya puncak pada 2θ yaitu antara sudut 24° dan 44° bersesuaian dengan bidang hkl (002) and (100).

Kata kunci: Pelepah Aren, Elektroda, Aktivator KOH.

Diterima 23-12-2020 | Disetujui 24-02-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

PENDAHULUAN

Krisis energi menjadi sebuah masalah serius yang dialami masyarakat luas. Masyarakat di dunia, khususnya di Indonesia membutuhkan pasokan sumber daya energi listrik yang tidak

sedikit [1]. Sebagian besar sumber daya energi listrik diperoleh melalui pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dimana bahan bakar utamanya berasal dari batu bara. Batu bara merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbaharui dan tidak ramah lingkungan

[2]. Dalam kondisi seperti ini, maka diperlukan sebuah metode baru seperti penggunaan karbon aktif untuk dijadikan sebagai komponen utama dalam penyimpanan energi.

Tujuan dari penelitian ini yaitu pembuatan elektroda karbon aktif sebagai komponen utama dalam penyimpanan energi. Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah berasal dari limbah pelepah aren. Pelepah pohon aren ini masih belum banyak digunakan sehingga perlu pemanfaatan yang lebih optimal dengan menjadikan limbah biomassa pelepah aren sebagai karbon aktif. Penelitian ini menggunakan variasi persentase KOH pada proses aktivasi kimia.

TINJAUAN PUSTAKA

Pohon aren (*Arenga Pinnata*) merupakan jenis tanaman palma dengan tumbuhan biji tertutup yang termasuk suku *Arecaceae* atau pinang-pinangan. Nira yang dihasilkan dari pohon aren merupakan hasil produksi terbesar yang dapat diolah menjadi gula aren. Bagian yang paling jarang dimanfaatkan dari pohon aren adalah pelepah aren [3]. Pelepah aren mengandung senyawa kimia aktif berupa selulosa (66,5%), hemiselulosa (81,2%), dan lignin (18,9%) [4].

Elektroda karbon aktif yang dapat digunakan harus bersifat *semikristalin*. Elektroda yang baik adalah elektroda yang memiliki ukuran pori dari kombinasi mikropori dan mesopori, memiliki luas permukaan yang besar, serta memiliki nilai kapasitansi cukup tinggi [5-9].

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan ini menggunakan metode eksperimen dengan biomassa pelepah aren sebagai bahan dasar dalam pembuatan sel superkapasitor. Aktivasi kimia menggunakan variasi persentase KOH sebesar 5%, 10%, dan 15% dari massa SKSM 30 gram. Elektroda karbon dikarakterisasi sifat fisis menggunakan metode pengukuran densitas dan *X-ray diffraction* (XRD).

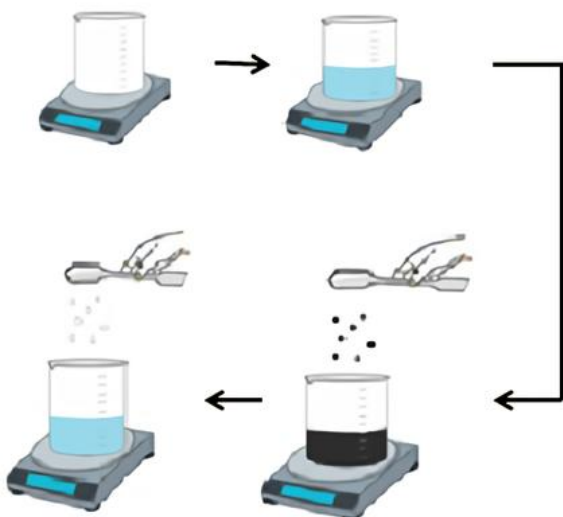
Tahap pertama, limbah pelepah aren dibersihkan kemudian dipisah antara kulit terluar pelepah aren dengan bagian dalam pelepah aren. Potong pelepah aren dengan ukuran panjang sekitar 5 cm dan diameter sekitar 0,5 cm. Keringkan pelepah aren dibawah terik sinar matahari secara langsung hingga berat sampel tidak menunjukkan pengurangan massa.



Gambar 1. Persiapan sampel.

Proses Pra-karbonisasi adalah proses pengurangan sampel guna menghasilkan sampel yang rapuh. Pra-karbonisasi menggunakan suhu 200 °C dan ditahan selama 1 jam. Masukkan sampel sebanyak 15 gram di dalam sebuah wadah kemudian masukkan ke dalam oven yang sebelumnya sudah dipanaskan hingga suhu mencapai 200 °C. Haluskan sampel yang telah di pra-karbonisasi menggunakan mortar. Serbuk yang dihasilkan berupa serbuk kasar sehingga diperlukan penghalusan menggunakan *Ball Milling* selama 20 jam. Setelah itu ayak sampel dengan menggunakan ayakan 53 µm sehingga menghasilkan serbuk karbon swamerekat (SKSM). Uji SKSM sebanyak 5 gram dengan menggunakan *Thermogravimetric Analysis* (TGA).

Proses aktivasi kimia bertujuan untuk membuka dan menambah pori-pori yang baru sehingga menghasilkan luas permukaan yang lebih besar. Masukkan air suling sebanyak 250 ml ke dalam gelas *beaker* dan letakkan diatas *hot plate*. Atur suhunya sebesar 80 °C dengan kecepatan putaran *magnetic stirer* sebesar 450 rpm. Setelah suhu air mencapai 80 °C (sekitar 1 jam), masukkan variasi persentase aktivator KOH sebanyak 5% dari total berat 30 gram sampel hingga KOH larut dalam air. Masukkan sampel sebanyak 30 gram dan diamkan selama 1 jam. Lakukan langkah-langkah tersebut dengan variasi persentase KOH yang berbeda yaitu sebanyak 10% dan 15%. Keringkan sampel dengan menggunakan oven pada suhu 100 °C kemudian diayak kembali agar menghasilkan serbuk yang homogen.



Gambar 2. Prosedur proses aktivasi kimia.



Gambar 3. Elektroda karbon aktif.

Pembuatan pelet membutuhkan sampel sebanyak 0,75 gram dengan menggunakan alat *Hydraulic Press* dengan memberikan tekanan sebesar 8 ton dan ditahan selama 2 menit. Proses karbonisasi menggunakan suhu sebesar 600 °C dengan kecepatan aliran gas N₂ sebesar 1,5 L/menit dan dilanjutkan proses aktivasi fisika menggunakan suhu sebesar 900 °C dengan kecepatan aliran gas CO₂ 1 L/menit. Proses karbonisasi dan aktivasi fisika bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor dan akan membentuk pori-pori yang baru pada sampel.

Proses selanjutnya adalah analisis TGA dan karakterisasi sifat fisis elektroda karbon aktif dengan menghitung nilai densitas dan uji XRD. Nilai densitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) [10]:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Kemudian karakterisasi sifat fisis elektroda karbon dengan menggunakan XRD guna mengetahui bahwa suatu material bersifat kristal atau *amorf*. Pola difraksi sinar-X dapat diketahui dari dimensi mikrokristalin yang terdiri dari L_c dan L_a yang terdapat pada persamaan Debye-Scherrer [11] :

$$L_c = \frac{0,89\lambda}{\beta \cos \theta_{002}} \quad (2)$$

$$L_a = \frac{0,89\lambda}{\beta \cos \theta_{100}} \quad (3)$$

Hubungan L_c dan densitas dengan luas permukaan dapat dianalisa dengan rumus empiris [12]:

$$S = \frac{2}{\rho L_c} \quad (4)$$

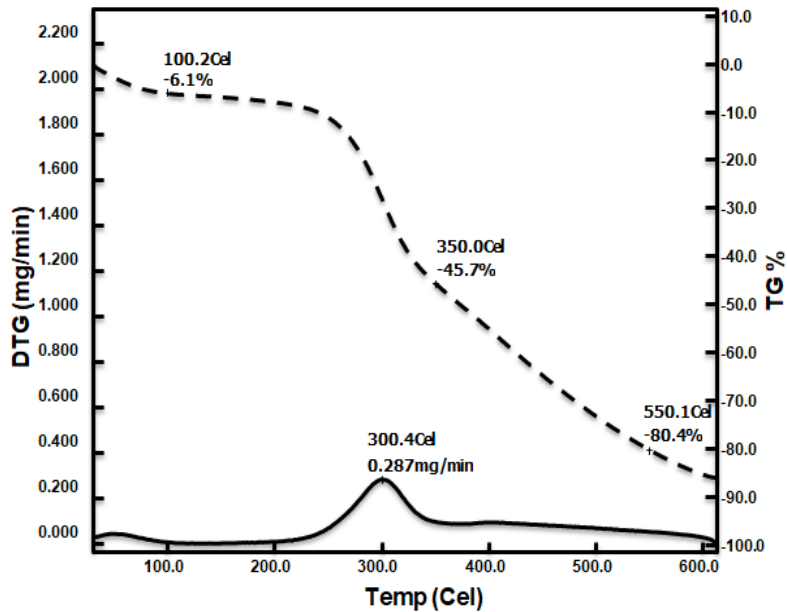
HASIL DAN PEMBAHASAN

Thermogravimetric Analysis (TGA)

TGA adalah suatu alat uji karakterisasi analisis kuantitatif perubahan massa sampel terhadap perubahan suhu di bawah aliran gas yang stabil atau berubah [13]. TGA

menggunakan gas pirolisis nitrogen dengan laju aliran gas 10 °C/menit dan temperatur maksimal 600 °C. Gambar 4 memperlihatkan adanya puncak pada kurva DTG dimana pengurangan

massa terjadi pada suhu 300,4 °C dengan kelajuan maksimum 0,287 mg/menit. Pada suhu tersebut digunakan sebagai suhu tahan pada proses karbonisasi.



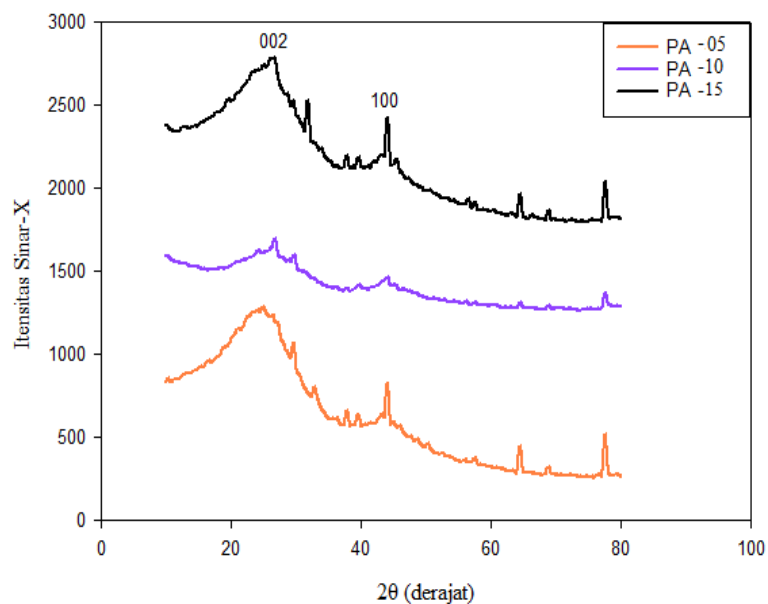
Gambar 4. Plot hasil pengujian TGA pelepah aren pada pirolisis 10 °C/menit.

Karakterisasi Sifat Fisis

Densitas dari suatu elektroda karbon ditentukan dengan mengukur ketebalan, diameter, dan beratnya pada sebelum proses karbonisasi dan setelah proses aktivasi fisika. Tabel 1 merupakan analisis densitas pada saat sebelum karbonisasi dan setelah aktivasi fisika.

Tabel 1. Perbandingan nilai densitas.

Sampel	Sebelum karbonisasi (g/cm ³)	Sesudah aktivasi fisika (g/cm ³)	Persentase densitas (%)
PA-05	1,031	0,764	25,897
PA-10	0,919	0,641	30,250
PA-15	1,181	0,607	48,603



Gambar 5. Kurva intensitas sinar-X terhadap sudut difraksi untuk variasi persentase KOH.

Nilai densitas elektroda karbon mengalami pengurangan seiring bertambahnya persentase KOH. Semakin tinggi persentase KOH maka penguapan bahan selain karbon dan zat pengotor semakin besar pula sehingga dapat membentuk pori-pori baru pada elektroda karbon. XRD adalah sebuah metode analisis sifat fisis yang mempelajari tentang struktur kristal dan jarak atom. XRD didasarkan pada interferensi konstruktif monokromatik sinar-X dan kristal. Sinar-X yang dihasilkan dari tabung sinar katoda akan disaring sehingga menghasilkan kumpulan radiasi monokromatik yang kemudian diarahkan pada sampel [14-16]. Gambar 5 menampilkan pola XRD yang mengindikasikan bahwa elektroda karbon bersifat semikristalin dan tersusun dari atom-atom karbon. Hal ini dikarenakan munculnya dua puncak pada 2θ yaitu sekitar 24° untuk orientasi bidang 002 dan sekitar 44° untuk orientasi bidang 100.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan elektroda karbon aktif dari pelepah aren memungkinkan dapat menjadi komponen penting dalam penyimpanan energi seperti sel superkapasitor yang cukup baik. Elektroda karbon aktif berpori ini bersifat semikristalin.

REFERENSI

- Jasa, L. (2010). Mengatasi krisis energi dengan memanfaatkan aliran pangkung sebagai sumber pembangkit listrik alternatif. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*.
- Hetharia, M. & Lewerissa, Y. J. (2018). Analisis energi pada perencanaan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dengan cycle tempo. *Jurnal Voering*, **3**(1).
- Iswanto, A. H. (2009). *Aren (Arenga Pinnata)*. Diakses Pada 27 Juli 2020, URL: <http://Repository.Usu.Ac.Id/Bitstream/Handle/123456789/849/08e00917.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y>.
- Sahari, J., Sapuan, S. M., Ismarrubie, Z. N., & Rahman, M. Z. A. (2012). physical and chemical properties of different morphological parts of sugar palm fibres. *Fibres & Textiles In Eastern Europe*, **2**(91), 21–24.
- Wijaya, U. (2007). synthesis of mesoporous carbons derived from hypercrosslinking of divinylbenzene–4-vinylbenzyl chloride resin. *Iptek The Journal For Technology And Science*, **18**(4).
- Park, B. H., Kim, Y. J., Park, J. S., & Choi, J. (2011). Capacitive deionization using a carbon electrode prepared with water-soluble poly (vinyl alcohol) binder. *Journal Of Industrial And Engineering Chemistry*, **17**(4), 717–722.
- Putri, M. S. D., Awitdrus, A., & Manullang, R. K. (2020). Penyerapan logam berat Pb dan Cu menggunakan karbon aktif berbasis mahkota nanas dengan variasi konsentrasi kalium hidroksida. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(1), 30–34.
- Kartikasari, N., Farma, R., & Awitdrus, A. (2018). pengaruh aktivasi kimia dengan bantuan iradiasi gelombang mikro terhadap sifat fisis karbon aktif dari sekam padi sebagai adsorben. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(1), 71–76.
- Saktioto, R. F. S., Soerbakti, Y., Saputra, A., Syasudhuha, H. H., & Anita, S. (2020). Characteristic of electrical power dissipation of oil palm fruits during storage time. *Journal of Southwest Jiaotong University*, **55**(6).
- Giancoli, D. C. (2005). *Physics : Principles With Applications Sixth Edition*. United States: Pearson Education Inc.
- Nabais, J. V., Teixeira, J. G., & Almeida, I. (2011). Development of easy made low cost bindless monolithic electrodes from biomass with controlled properties to be used as electrochemical capacitors. *Bioresource Technology*, **102**(3), 2781–2787.

12. Kumar, K., Saxena, R. K., Kothari, R., Suri, D. K., & Kaushik, N. K. (1997). Correlation between adsorption and X-ray diffraction studies on viscose rayon based activated carbon cloth. *Carbon (New York, Ny)*, **35**(12), 1842–1844.
13. Saadatkhan, N., Carillo Garcia, A., Ackermann, S., Leclerc, P., Latifi, M., Samih, S., Patience, G. S., & Chaouki, J. (2020). Experimental methods in chemical engineering: thermogravimetric analysis—TGA. *The Canadian Journal Of Chemical Engineering*, **98**(1), 34–43.
14. Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. G., & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-ray diffraction: Instrumentation and applications. *Critical Reviews In Analytical Chemistry*, **45**(4), 289–299.
15. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of holding time on optical structure properties of Ba(Zr_{0.5}Ti_{0.5})O₃ thin film using sol-gel method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 59–66.
16. Saputrina, T. T., Iwantono, I., Awitdrus, A., & Umar, A. A. (2020). Performances of dye-sensitized solar cell (DSSC) with working electrode of aluminum-doped ZnO nanorods. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 1–7.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)