
PERFORMANCE KARBON AKTIF DARI LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN ELEKTRODA SUPERKAPASITOR

PERFORMANCE OF ACTIVATED CARBON FROM WASTE OF PALM OIL CANGCANG AS SUPPLEMENTARY SUPERCAPACITOR

Hermansyah Aziz*, Olly Norita Tetra, Admin Alif, Syukri dan Yola Azli Perdana

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Andalas Padang

*Email korespondensi : haziz13@yahoo.com

Abstract

Performance of activated carbon from oil palm shell waste as electrode material on supercapacitor has been studied. The supercapacitor is coupled with a plate / sandwich method separated by a PVA separator (Polyvinyl Alcohol). To increase the capacitance value, carbon activation was performed using KOH 10 M activator and studied its characterization with XRD (X-Ray Diffraction), FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy), SEM-EDX (Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray) Surface Area Analyzer). Activated carbon has a surface area of 15 times larger that is 27.253 m²/g compared with carbon without activation of 1.829 m²/g. Super capacitor is made by varying particle size, plate area, electrolyte solution concentration and fill time and the highest capacitance value is 48,2516 μ F with surface area 3 x 11 cm², filling time 35 min and electrolyte concentration of H₃PO₄ 0,3 N.

Keywords: *EDLCs, electrode, supercapacitor, plate / sandwich method, PVA, separator*

Abstrak

Performance karbon aktif dari limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan elektroda pada superkapasitor telah dipelajari. Superkapasitor dirangkai dengan metoda plat/sandwich yang dipisahkan oleh separator PVA (Polivinil Alkohol). Untuk meningkatkan nilai kapasitansi dilakukan aktivasi terhadap karbon menggunakan aktivator KOH 10 M dan dipelajari karakterisasinya dengan XRD (X-Ray Diffraction), FTIR (Fourier Transform infrared Spektroskopi), SEM-EDX (Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray) dan SAA (Surface Area Analyzer). Karbon aktif yang diaktivasi memiliki luas permukaan 15 kali lebih besar yaitu 27,253 m²/g dibandingkan dengan karbon tanpa diaktivasi yaitu 1,829 m²/g. Superkapasitor dibuat dengan bervariasi ukuran partikel, luas plat, konsentrasi larutan elektrolit dan waktu pengisian dan dihasilkan nilai kapasitansi tertinggi yaitu 48,2516 μ F dengan luas permukaan 3 x 11 cm², waktu pengisian 35 menit dan konsentrasi elektrolit H₃PO₄ 0,3 N.

Kata kunci: *EDLCs, elektroda, superkapasitor, metoda plat/sandwich, PVA, separator*

PENDAHULUAN

Supercapacitor atau yang dikenal sebagai kapasitor elektrokimia (EDLC, Electrochemically double-layer Capacitors) adalah lapisan rangkap listrik berupa elektroda yang dipisahkan oleh separator (Boyea, Camacho, Turano, & Ready, 2007). Elektroda yang biasa digunakan adalah karbon dan juga lempengan logam.

Penelitian superkapasitor dengan elektroda berbahan dasar zeolit dan karbon telah pernah dilakukan, dimana didapat nilai konduktivitas maupun kapasitansi yang rendah (Emriadi, Muttaqin, Alif, & Norita Tetra, 2014). Namun yang sering digunakan belakangan ini adalah karbon karena lempengan logam tidak mempunyai nilai ekonomis dan kemampuannya sebagai

elektroda dalam menyimpan muatan relatif kecil.

Bahan dasar elektroda yang biasa digunakan untuk superkapasitor adalah karbon aerogel, nanokomposit, nanotube, logam oksida, dan polimer konduktif. Namun kelangkaan dan mahalnya bahan tersebut menjadi faktor kendala dalam pembuatannya. Oleh sebab itu, dibutuhkan terobosan baru dalam pembuatan superkapasitor dengan bahan yang murah dan performa yang sama. Salah satunya adalah karbon dari cangkang kelapa sawit, yang merupakan salah satu limbah yang jumlahnya mencapai 60% dari produksi minyak inti yang pemanfaatannya belum maksimal (Kurniati, 2008). Selama ini limbah tersebut hanya digunakan sebagai bahan bakar pembangkit tenaga uap dan peneras jalan.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Elektrolit Hidrogen Polimer

1 gram PVA dilarutkan dengan 10 mL larutan H_3PO_4 dengan variasi konsentrasi 0,1 M, 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M dan 0,5 M. Campuran tersebut dipanaskan pada suhu $45^\circ C$ diatas hot plate sampai homogen dan siap untuk dijadikan sebagai separator.

Preparasi Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang kelapa sawit dikarbonisasi pada suhu $400^\circ C$ selama 4 jam kemudian dihaluskan dan diayak dengan menggunakan ayakan berukuran $45\ \mu m$ dan $63\ \mu m$.

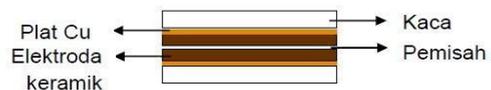
Proses aktivasi dilakukan dengan perendaman dengan KOH 10 M menggunakan perbandingan masa karbon dan KOH 1:4 dan didiamkan selama ± 4 jam. Karbon difurnance pada suhu $400^\circ C$ selama 4 jam. Selanjutnya dilakukan pencucian dengan menambahkan HCl 0,1 M sampai pH 7, dan dilanjutkan pencucian dengan akuades. Karbon aktif yang dihasilkan, dipanaskan pada suhu $\pm 105^\circ C$ (Chaitra, Vinny, Sivaraman, Narendra, Chunyan, Krishna, Vivek, Nagaraju, & Kathyayini, 2016) (Hartono, Singgih & Ratnawati, 2010).

Karakterisasi Pada Karbon Cangkang Kelapa Sawit

Karbon aktif cangkang kelapa sawit dikarakterisasi dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Elektron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX), dan Surface Area Analyzer (SAA).

Pembuatan Plat Elektroda Superkapasitor

Rangkaian superkapasitor plat disusun seperti Gambar 1. Masing-masing kertas batang padi dilapisi dengan karbon aktif cangkang kelapa sawit yang dijadikan sebagai elektroda. Kedua elektroda disusun seperti sandwich yang dipisahkan oleh separator PVA (Polivinil Alkohol) di bagian tengahnya. Kedua plat elektroda diapit lempengan tembaga.



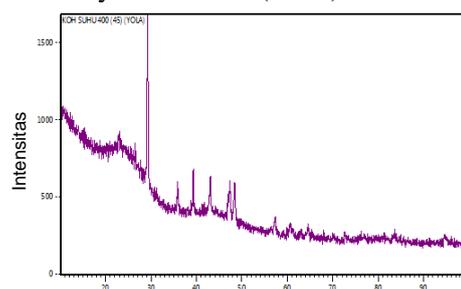
Gambar 1 .Rangkaian Superkapasitor Metoda Plat / Sandwich

Pengukuran Sifat Listrik dari Rangkaian Superkapasitor

Pengukuran sifat listrik dilakukan dengan menggunakan LCR-Meter dan Multimeter

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Karbon Cangkang Kelapa Sawit sebagai Bahan Elektroda X-Ray Diffraction (XRD)

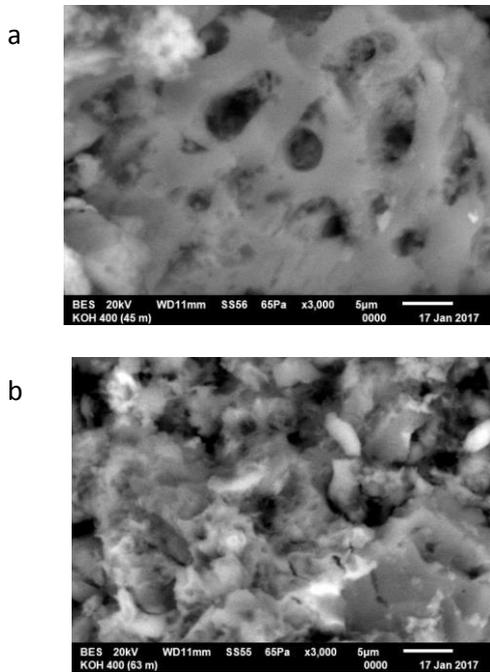


Gambar 2. Pola difraksi karbon aktif cangkang kelapa sawit dengan suhu pembakaran $400^\circ C$.

Hasil pola difraksi sinar-x memperlihatkan struktur karbon aktif d Posisi 2θ cangkang kelapa sawit adalah amorf. Hal... yang sama juga telah dilaporkan untuk cangkang kelapa sawit tanpa aktivasi dimana pola yang sama untuk karbon cangkang kelapa sawit yaitu puncak

difraksi terletak pada 2θ yang berkisar pada 25° dan 47. [6]

B. Scanning Elektron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)



Gambar 3. Hasil Karakterisasi SEM dengan perbesaran 3000 kali pada karbon aktif cangkang kelapa sawit pada suhu pembakaran 400°C (a) ukuran 45 μm (b) ukuran 63 μm

Pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa morfologi permukaan karbon cangkang kelapa sawit dengan suhu pembakaran 400°C yang diaktivasi KOH menyebabkan ukuran volume pori menjadi lebih besar dan distribusi ukuran pori lebih merata pada karbon aktivasi, volume pori terlihat lebih besar pada karbon aktif ukuran 45 μm dibandingkan dengan karbon aktif ukuran 63 μm.

Tabel 1. Komposisi unsur karbon dari cangkang kelapa sawit pada suhu pembakaran 400°C dengan menggunakan EDX.

Unsur	Berat (%)		
	Tanpa aktivasi		Aktivasi
	45 μm	63 μm	45 μm
C	59,38	44,63	72,12
O	30,94	38,98	20,39
Si	6,02	9,29	0,26
Ca	3,14	4,19	0,24
K	-	-	6,99

Pada hasil EDX Tabel 1, pengaruh aktivasi terhadap karbon cangkang kelapa sawit memberikan persen berat dari karbon meningkat baik untuk ukuran partikel 45 μm ataupun 63 μm. Setelah proses aktivasi, karbon ukuran 45 μm dan 63 μm memberikan persentase berat karbon yang tidak jauh berbeda.

Isoterm BET

Tabel 2. Luas permukaan spesifik karbon cangkang kelapa sawit pada suhu pembakaran 400°C.

Jenis ukuran partikel	Luas permukaan spesifik (m ² /g)
45 μm tanpa diaktivasi	1,829
45 μm diaktivasi KOH	27,253
63 μm diaktivasi KOH	15,677

Pada Tabel 2 terlihat bahwa pengaruh aktivasi dapat meningkatkan luas permukaan hampir 15 kali lebih besar dibandingkan tanpa yang diaktivasi. Ini dikarenakan karbon yang telah diaktivasi mengalami pengembangan pori sehingga memiliki luas permukaan yang lebih besar (Sun, Fei, Jihui Gao, Xin Liu, Xinxin Pi, Yuqi Yang, & Shaohua, 2016) (Chao, Xing-bin, Ru-tao, Jun-wei, Yujing, & Qun-ji, 2013).

C. Pengukuran Sifat-Sifat Listrik

Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Nilai Kapasitansi dari Elektroda pada Superkapasitor

Ukuran partikel dapat mempengaruhi nilai kapasitansi dari elektroda pada superkapasitor. Semakin kecil ukuran partikel dari elektroda maka akan menghasilkan nilai kapasitansi yang lebih besar.

Tabel 3. Perbandingan nilai kapasitansi dan luas permukaan spesifik pada dua ukuran partikel

Ukuran partikel (μm)	Luas permukaan spesifik (m ² /g)	Nilai kapasitansi (μF)
45	27,253	12.6976
63	15,677	3.746

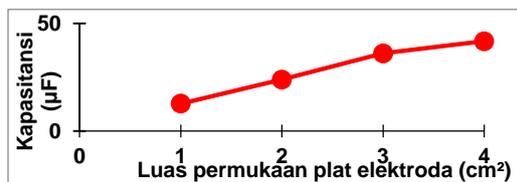
Tabel 3 menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel dari suatu elektroda, maka nilai kapasitansi yang didapatkan akan semakin besar. Hal ini

dikarenakan semakin kecil ukuran partikel karbon maka luas permukaan dari karbon akan semakin besar, sehingga kemampuannya untuk menyimpan muatan akan semakin meningkat. Ukuran partikel karbon aktif 45 μm memberikan luas permukaan spesifik 1,7 kali lebih besar dan nilai kapasitansi menjadi 3,4 kali lebih besar dibandingkan partikel karbon aktif 63 μm . Oleh karena itu, karbon dengan ukuran partikel 45 μm digunakan untuk variasi selanjutnya.

Pengaruh Luas Permukaan Plat Elektroda terhadap Nilai Kapasitansi dari Elektroda pada Superkapasitor

Luas permukaan plat elektroda dapat mempengaruhi nilai kapasitansi dari superkapasitor. Semakin besar luas permukaan elektroda maka nilai kapasitansi yang dihasilkan akan semakin besar.

Gambar 4. menunjukkan bahwa nilai kapasitansi meningkat dengan meningkatnya luas permukaan elektroda superkapasitor sampai ukuran plat 3x11 cm^2 yaitu sebesar 41,7167 μF . Hal ini disebabkan karena semakin besar luas permukaan elektroda, maka semakin banyak karbon yang ada pada elektroda dan semakin besar kemampuannya menyimpan muatan untuk membentuk lapis rangkap listrik pada permukaan elektroda tersebut.

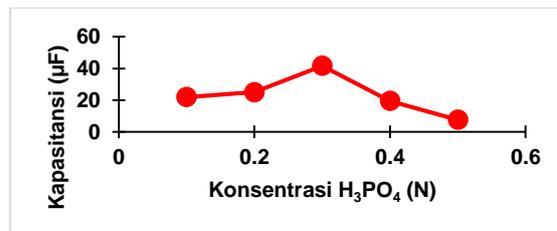


Gambar 4. Pengaruh luas permukaan plat elektroda terhadap nilai kapasitansi

3x3 3x7 3x9 3x11
 menit

Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Elektrolit H_3PO_4 terhadap Nilai Kapasitansi dari Elektroda Superkapasitor

Konsentrasi larutan elektrolit dapat mempengaruhi nilai kapasitansi dari elektroda superkapasitor. Semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit maka muatan untuk membentuk lapisan rangkap listrik pada permukaan elektroda akan semakin banyak sehingga nilai kapasitansi yang didapatkan akan meningkat.



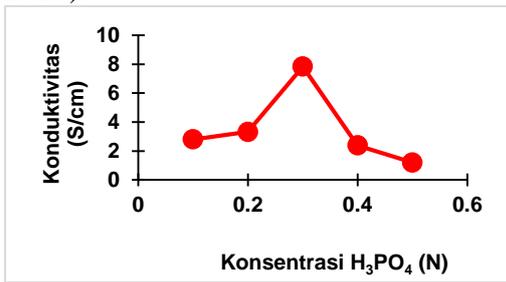
Gambar 5. Pengaruh konsentrasi larutan elektrolit H_3PO_4 terhadap nilai kapasitansi dengan luas permukaan 3x11 cm^2 , ukuran partikel 45 μm dan waktu pengisian 15 menit.

Gambar 5, menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit H_3PO_4 maka dapat meningkatkan nilai kapasitansi, namun setelah konsentrasi 0,3 N terjadi penurunan nilai kapasitansi dari elektroda superkapasitor. Ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit maka muatan yang bergerak ke masing-masing elektroda akan semakin banyak sehingga pada saat charge, ion-ion akan bergerak lambat ke permukaan elektroda dan akhirnya menumpuk diantar muka elektrolit dan pemisah. Jumlah ion yang banyak disekitar permukaan elektroda akan mengganggu proses discharge karena banyaknya ion yang menumpuk pada antar muka elektroda dan mengakibatkan sulitnya ion-ion tersebut untuk kembali ke separator dan kemudian akan mengganggu transport muatan ke masing-masing elektroda (Olly, Emriadi, Admin, Hermansyah, & Hanif, 2016).

Pengaruh Konsentrasi Elektrolit H_3PO_4 terhadap Konduktivitas dari Elektroda Superkapasitor

Gambar 6. menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit H_3PO_4 semakin besar nilai konduktivitas dari elektroda superkapasitor, namun setelah konsentrasi 0,3 N terjadi penurunan nilai konduktivitas dari elektroda superkapasitor. Hal ini terjadi karena konsentrasi yang lebih tinggi akan menghasilkan jumlah ion elektrolit yang lebih banyak, sehingga pada saat dilakukan pengisian (*charge*) maka ion-ion tersebut akan terkumpul dan menumpuk di antarmuka elektrolit dan pemisah. Jumlah ion yang terlalu banyak akan mengganggu proses pengosongan (*discharge*) karena banyaknya ion yang terkumpul tersebut membuat ion-ion atau muatan sulit untuk kembali ke posisi awalnya sehingga akan

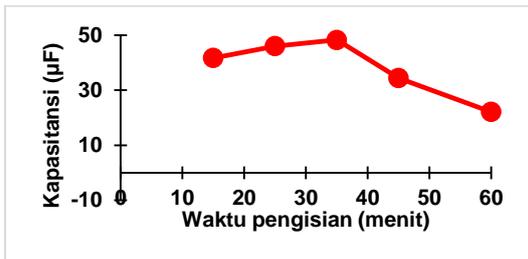
mengganggu kepolaran (polarisasi) ion elektrolit H₃PO₄, (Olly, Admin, & Gesti, 2015).



Gambar 6. Pengaruh konsentrasi larutan elektrolit H₃PO₄ terhadap nilai konduktivitas dengan luas permukaan 3x11 cm², ukuran partikel 45 μm dan waktu pengisian 15 menit.

Pengaruh Variasi Waktu Pengisian terhadap Nilai Kapasitansi dari Elektroda Superkapasitor

Semakin lama waktu pengisian maka semakin banyak muatan yang tersimpan sehingga nilai kapasitansi akan meningkat.



Gambar 7. Pengaruh variasi waktu pengisian terhadap nilai kapasitansi dengan luas permukaan 3x11 cm², ukuran partikel 45 μm dan larutan elektrolit H₃PO₄ 0,3 N.

Gambar 7, menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengisian maka nilai kapasitansi dari elektroda superkapasitor semakin meningkat yaitu 48,2516 μF. Setelah waktu 35 menit nilai kapasitansi menurun, karena pada saat pengisian 35 menit, semua ion-ion dalam separator telah bergerak ke permukaan elektroda untuk membentuk lapis rangkap listrik (Olly, Admin, & Emriadi, 2015) (Barmawi, Taer, & Umar, 2011) (Choudhury, Sampath, & Shukla, 2008) (Rossi, Iskandar, Abdullah, & Khairurrijal, 2014).

Hubungan Kapasitansi, Muatan dan Jumlah Elektron Superkapasitor

Nilai kapasitansi berbanding lurus dengan muatan dan jumlah elektron pada superkapasitor. Tabel 4. menunjukkan bahwa meningkatnya nilai kapasitansi seiring dengan meningkatnya jumlah muatan dan jumlah elektron dalam pembentukan lapisan rangkap listrik pada permukaan elektroda berbahan karbon aktif cangkang kelapa sawit (Choudhury, Sampath, & Shukla, 2008).

Tabel 4. Hubungan kapasitansi, muatan dan jumlah elektron superkapasitor

[H3PO4] (N)	Kapasitansi i (μF)	Muatan (C)	Jumlah elektron (e-)
0,1	21,93	2,124	0,1321 x 10 ¹⁴
0,2	25,13	2,434	0,1513 x 10 ¹⁴
0,3	41,7167	4,040	0,2512 x 10 ¹⁴
0,4	19,536	1,892	0,1176 x 10 ¹⁴
0,5	7,699	0,746	0,0464 x 10 ¹⁴

KESIMPULAN

Karbon dari cangkang kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan elektroda superkapasitor. Berdasarkan hasil EDX didapatkan bahwa persentase karbon terbesar adalah 72,12 % untuk karbon cangkang kelapa sawit ukuran 45 μm. Karbon aktif yang dihasilkan memiliki luas permukaan spesifik hampir 15 kali lebih besar yaitu 27,253 m²/g dibandingkan dengan karbon tanpa diaktivasi yaitu 1,829 m²/g. Nilai kapasitansi yang paling maksimum adalah 48,2516 μF dengan ukuran karbon 45 μm, larutan elektrolit H₃PO₄ 0,3 N, ukuran plat elektroda 3x11 cm² dan waktu pengisian 35 menit.

DAFTAR RUJUKAN

Barmawi, I., Taer, E., Umar A. I. (2011) *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, 11:1-5.
 Boyea, J.M., Camacho, R.E., Turano, S. P., And Ready, W. J., (2007). *Carbon Nanotube-Based Supercapacitors : Technologies and Markets*, Nanotechnology Law &Business; 585 -593

- Chaitra K, Vinny R T, Sivaraman P, Narendra Reddy, Chunyan Hu, Krishna Venkatesh, Vivek C S, Nagaraju N, Kathyayini N.. (2016), *Journal of Energy chemistry*, 6(28): 1-7.
- Chao P., Xing-bin Y., Ru-tao W., Jun-wei L., Yu-jing O., Qun-ji X. (2013). *Electrochimica Acta*, 401-408.
- Choudhury, N. A., Sampath, S., Shukla, K. (2008). *Hydrogel-Polymer Electrolytes for Electrochemical Capacitors : An Overview, Energy And Environmental Science*, 2:55-56
- Emriadi, Muttaqin, A., Alif, A., Norita Tetra. (2014). *Pemanfaatan Nanokomposir Resin dari Getah Damar untuk Bahan Superkapasitor yang Ramah Lingkungan*, Laporan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi, Universitas Andalas, Padang
- Hartono, Singgih dan Ratnawati. (2010). *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12 (1): 12-16.
- Hermansyah, Aziz., Olly, N.T., Admin, A., Syukri., and Wahyu, R. (2016). *Der Pharma Chemica*, 8(15):227-232
- Kurniati E. (2008). *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, vol 8, No 2 Desember : 96 – 103.
- Olly, N.T., Admin, A., dan Gesti. U. (2015). *Pemanfaatan Limbah Tempurung Biji Karet Sebagai Bahan Elektroda Superkapasitor*, Laporan Penelitian Dosen Muda, Universitas Andalas, Padang
- Olly, N.T., Admin, A., dan Emriadi. (2015). *Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Pembentukan Elektroda Superkapasitor TiO₂/C Berpendukung Keramik Melalui Metoda Sol Gel*, Laporan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi, Universitas Andalas, Padang
- Olly, N.T., Emriadi., Admin, A., Hermansyah. A., Hanif. W. (2016). *Der Pharma Chemica*, 8(17):26-30
- Yacob A R, Majid Z A, Dewi R S. (2008). *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 12(1):264-271.
- Rossi, M., Iskandar, F., Abdullah, M., Khairurrijal. (2014). *Int. J. Electrochem.Sci.*, 9:4251-4256.
- Sun, Fei, Jihui Gao, Xin Liu, Xinxin Pi, Yuqi Yang, Shaohua Wu. (2016). *Journal of Applied Surface Science* 2016: 857–863