

## ARTIKEL RISET

# Cyclic Voltammetry Sel Superkapasitor Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida

Rakhmawati Farma\*, Vivi Melinda, Sugianto, Awitdrus, Erman Taer and Yanuar Hamzah

## Ringkasan

Aktivasi kimia sangat berpengaruh terhadap kualitas elektroda sel superkapasitor. Pada penelitian ini elektroda karbon berasal dari serabut tandan kosong kelapa sawit melalui proses pra karbonisasi dan aktivasi kimia dengan menggunakan aktivator kalium hidroksida (KOH) dengan variasi konsentrasi 0.3 M, 0.6 M dan 0.9 M dengan lama waktu aktivasi 20 jam. Proses selanjutnya adalah proses karbonisasi menggunakan gas  $N_2$  dan proses aktivasi fisika menggunakan gas  $CO_2$ . Nilai densitas elektroda karbon menunjukkan peningkatan setelah proses aktivasi fisika. Hasil analisa energi dispersif sinar-X menunjukkan bahwa elektroda karbon dengan konsentrasi 0.9 M mempunyai persentase atomik unsur karbon tertinggi sebesar 92,48%. Karakterisasi struktur mikro menunjukkan bahwa elektroda karbon bersifat semikristalin yang ditandai kehadiran puncak landai (002) dan (100) pada sudut  $2\theta$  sekitar  $24^\circ$  dan  $45^\circ$ . Elektroda karbon dengan konsentrasi 0,9 M mempunyai nilai dimensi mikrokristalin  $L_c$  tertinggi yaitu sebesar 7,27 Å dan nilai  $L_a$  terendah yaitu sebesar 6.97 Å dibandingkan dengan elektroda sel superkapasitor dengan konsentrasi 0.3 M dan 0.6 M. Karakterisasi sifat elektrokimia sel superkapasitor dengan menggunakan Cyclic Voltammetry (CV) menunjukkan bahwa sel superkapasitor pada konsentrasi KOH 0.9 M menunjukkan nilai tertinggi yaitu sebesar 110, 724 F/g.

**Kata Kunci** : Kapasitansi spesifik, *cyclic voltammetry*, superkapasitor, elektroda karbon, kalium hidroksida.

## Abstract

Chemical activation were affected to the quality of the electrodes of supercapacitor cells. In this study, carbon electrode were prepared from oil of palm empty fruit bunches by pre-carbonization and chemical activation using potassium hydroxide with variation of molarity concentration of 0.3, 0.6 and 0.9 M. The samples were then carbonized at  $600^\circ C$  in the nitrogen atmosphere and activated using  $CO_2$  at  $700^\circ C$ . The density of carbon electrode was increased after  $CO_2$  activation. The result of energy dispersive X-ray showed that the carbon electrode with molarity concentration of 0.9 has a highest atomic percentage of carbon of 92.48%. The micro structure of carbon electrode is in semicrystalline form with peaks at  $2\theta$  of around  $24^\circ$  and  $45^\circ$  correspondent to (002) and (100). The carbon electrode with concentration of 0.9 M has a highest of stack height  $L_c$  of 7.27 Å and lowest of stack diameter  $L_a$  of 6.97 Å compared carbon electrodes with concentration of 0.3 M and 0.6 M. Characterization of electrochemical property of supercapacitor cell using cyclic voltammetry showed the highest of specific capacitance 110.724 for electrode carbon with KOH concentration of 0.9 M.

**Keywords**: specific capacitance; cyclic voltammetry; supercapacitor; carbon electrode; potassium hydroxide

## 1. Pendahuluan

Krisis energi menjadi masalah serius yang sedang dihadapi dunia dikarenakan masih kurangnya pemanfaatan sumber daya penghasil energi listrik

itu sendiri. Seiring bertambahnya penduduk mengakibatkan semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak khususnya dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui maka untuk menyelesaikan masalah ini diperlukan suatu terobosan dan pembaharuan mengenai energi yaitu pemakaian energi alternatif pengganti bahan bakar fosil.

\*Correspondence: rakhmawatifarma@unri.ac.id  
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Riau, 28293 Pekanbaru, Riau, Indonesia  
Full list of author information is available at the end of the article  
†Equal contributor

Pemanfaatan energi alternatif ini salah satunya adalah piranti penyimpan energi seperti superkapasitor.

Superkapasitor merupakan piranti penyimpan energi yang memiliki beberapa keunggulan diantaranya memiliki kapasitas penyimpanan muatan yang relatif besar, rapat daya yang besar, waktu pengisian lebih pendek dan waktu hidup yang lebih lama dibandingkan dengan kapasitor dan baterai [1]. Keunggulan tersebut menyebabkan superkapasitor telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang seperti bidang elektronik, teknologi digital, maupun transportasi.

Superkapasitor terdiri dari elektroda karbon, elektrolit, pengumpul arus dan separator. Superkapasitor umumnya menggunakan bahan karbon sebagai elektroda. Karbon aktif telah banyak digunakan sebagai elektroda superkapasitor karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya luas permukaan yang tinggi, murah dan ketersediaan bahan baku yang melimpah [2]. Pada penelitian ini elektroda karbon berasal dari serabut tandan kosong kelapa sawit (STKS) dengan melalui kombinasi proses aktivasi kimia dengan aktivator kalium hidroksida (KOH) dan aktivasi CO<sub>2</sub>. Penggunaan KOH sebagai aktivator karbon aktif memiliki keunggulan yaitu mampu meningkatkan jumlah pori dalam elektroda karbon sehingga dapat meningkatkan luas permukaan [3].

## 2. Metode Penelitian/Eksperimen

Serabut tandan kosong kelapa sawit (STKS) sebagai bahan baku pembuatan elektroda sel superkapasitor di pra-karbonisasi pada suhu 200°C dan selanjutnya dilakukan penghalusan dan pengayakan dengan ukuran butiran 100 mesh sehingga menghasilkan serbuk karbon swa-merekat (SKSM). SKSM kemudian diaktivasi dengan menggunakan kalium hidroksida (KOH) dengan variasi konsentrasi 0.3 M, 0.6 M dan 0.9 M. Proses selanjutnya adalah proses karbonisasi dengan menggunakan gas N<sub>2</sub> dengan kecepatan aliran 1.5 liter/menit dan aktivasi fisika menggunakan gas CO<sub>2</sub> dengan kecepatan aliran 1 liter/menit.

Karakterisasi sifat fisis elektroda sel superkapasitor meliputi pengukuran densitas, struktur mikro dengan menggunakan difraksi sinar-X dan energi dispersif sinar-X, sedangkan karakterisasi sifat elektrokimia menggunakan Cyclic Voltammetry

## 3. Hasil dan Pembahasan

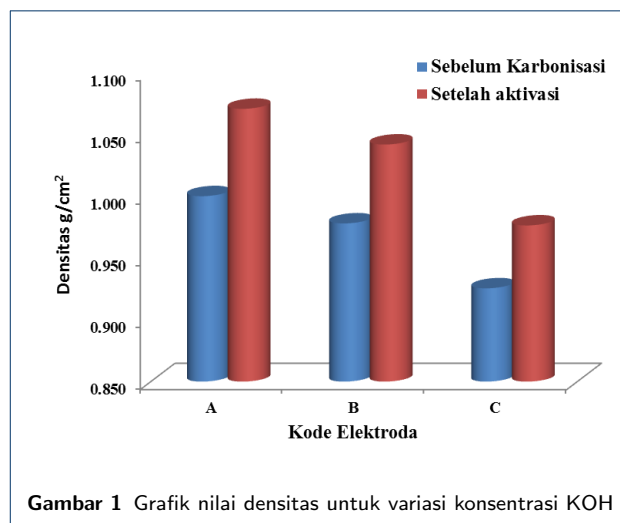
### Hasil dan Pembahasan

Proses karbonisasi, aktivasi kimia dan aktivasi fisika berperan penting dalam mengembangkan struktur pori yang ada pada elektroda karbon. Pengukuran

Unsur	0.3 M		0.6 M		0.9 M	
	Berat %	Atom %	Berat %	Atom %	Berat %	Atom %
C	75,80	86,73	87,02	91,21	87,13	92,48
O	8,34	7,16	9,12	7,18	6,51	5,19
Mg	0,67	0,38	0,39	0,20	0,54	0,28
Si	0,18	0,09	2,17	0,97	0,94	0,43
P	2,05	1,01	0,00	0,00	0,41	0,17
Cl	1,06	0,47	0,00	0,00	0,25	0,09
K	10,09	3,55	0,78	0,25	2,82	0,92
Ca	1,81	0,62	0,34	0,11	1,40	0,45
Al	0,00	0,00	0,17	0,08	0,00	0,00
Total	100,00		100,00		100,00	

**Tabel 1** Persentase kandungan unsur elektroda karbon dengan variasi konsentrasi KOH.

densitas pada elektroda karbon dihitung pada kondisi sebelum proses karbonisasi dan setelah proses aktivasi fisika. Hasil pengukuran densitas pada masing-masing variasi konsentrasi KOH 0,3 M, 0,6 M dan 0,9 M ditunjukkan pada Gambar 1. Terdapat perbedaan nilai densitas sebelum karbonisasi dan setelah aktivasi fisika.



**Gambar 1** Grafik nilai densitas untuk variasi konsentrasi KOH

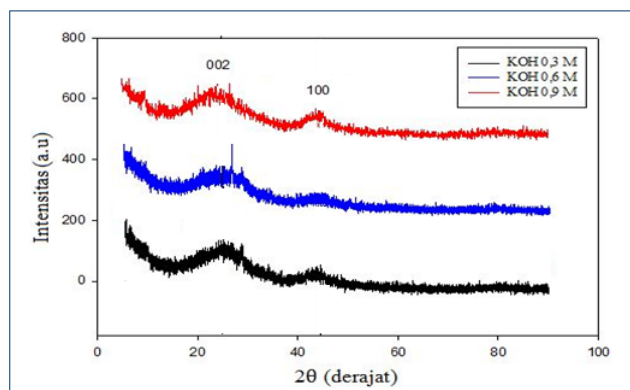
Proses karbonisasi merubah struktur elektroda karbon menjadi lebih kuat dan keras dan ikatan antar partikel meningkat. Kode elektroda C dengan variasi KOH 0.9 M menghasilkan nilai densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan elektroda A dan B. Menurut Deraman et al. [4], persentase penyusutan densitas elektroda sebelum dan setelah karbonisasi tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Densitas elektroda karbon dari STKS adalah lebih tinggi dibandingkan dengan densitas elektroda karbon dari bambu yaitu 0.63-0.95 g cm<sup>-3</sup> [5].

Analisa Energy Dispersive X-Ray (EDX) ditunjukkan Pada Tabel 1. Persentase berat dan persentase atom meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi kalium hidroksida. Pada

konsentrasi KOH 0.9 M persentase berat sebesar 87.13% dan persentase atom sebesar 92.48% dan persentase kandungan oksigen lebih rendah di bandingkan dengan konsentrasi 0.3 M dan 0.6 M. Penambahan konsentrasi KOH dapat meningkatkan persentase kandungan Atom dan berat unsur karbon.

Difraksi sinar-X digunakan untuk mengetahui struktur mikro dari elektroda sel superkapasitor. Gambar 2. memperlihatkan ketiga pola XRD dari elektroda sel superkapasitor untuk masing-masing konsentrasi KOH.

Analisa struktur mikro elektroda sel superkapasitor menunjukkan bahwa pola difraksi yang dihasilkan berbentuk semikristalin yang terdiri dari dua puncak landai pada sudut  $2\theta$  sekitar  $24^\circ$  dan  $45^\circ$  yang bersesuaian dengan bidang hkl (002) dan (100). Menurut Morris et al. [6], bahan karbon umumnya menunjukkan pola difraksi yang sama yang terdiri dari dua puncak yang muncul pada sudut  $2\theta$  sekitar  $24^\circ$  dan  $45^\circ$  yang bersesuaian dengan bidang hkl (002) dan (100). Kehadiran puncak pada pola difraksi dengan konsentrasi KOH 0.3 M terdapat pada sudut  $2\theta$  sebesar  $23.79^\circ$  dan  $44.96^\circ$ , konsentrasi KOH 0.6 M pada sudut  $2\theta$  sebesar  $24.63^\circ$  dan  $47.47^\circ$  dan konsentrasi KOH 0.9 M pada sudut  $2\theta$  sebesar  $24.92^\circ$  dan  $48.13^\circ$ .



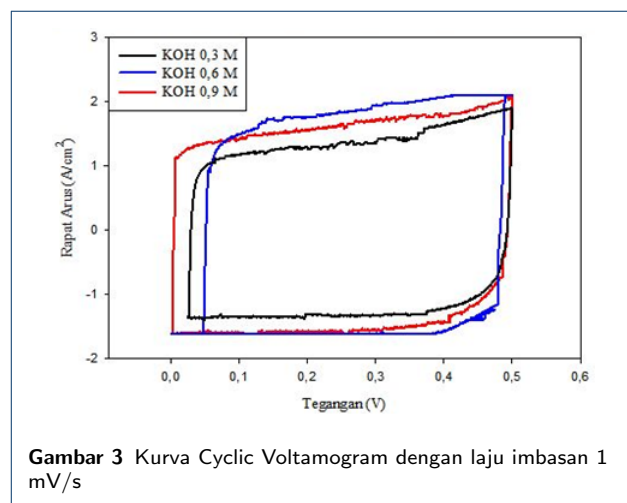
**Gambar 2** Pola difraksi sinar-X untuk konsentrasi 0.3 M, 0.6 M dan 0.9 M.

Gambar 2 dengan konsentrasi KOH 0.6 M terdapat puncak yang tajam yang mengindikasikan terdapatnya unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ). Berdasarkan data National Bureau of Standards (NBS) unsur  $\text{SiO}_2$  dideteksi berada pada sudut  $26^\circ$ ,  $36^\circ$ ,  $39^\circ$ ,  $42^\circ$ , dan lain-lain [7]. Puncak silika merupakan bahan selain karbon dan bersifat kristal. Terdeteksinya unsur silika dikarenakan saat proses penetralkan sampel masih terdapatnya zat pengotor pada elektroda sel superkapasitor.

Pola difraksi sinar-X digunakan untuk menentukan parameter kisi, dan dimensi mikrokristalin dari

elektroda karbon seperti jarak antar kisi, lebar lapisan ( $L_a$ ), tinggi lapisan ( $L_c$ ) dan jumlah lapisan ( $N_p$ ) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Variasi konsentrasi KOH mempengaruhi nilai  $L_c$  elektroda karbon yang dihasilkan. Elektroda karbon dengan konsentrasi KOH 0.9 M memiliki nilai  $L_c$  yang terbesar yaitu  $7.27 \text{ \AA}$  dan nilai  $L_a$  terkecil yaitu  $6.97 \text{ \AA}$  sedangkan elektroda karbon dengan konsentrasi KOH 0.3 M memiliki nilai  $L_c$  terendah yaitu  $7.04 \text{ \AA}$  dan nilai  $L_a$  yang terbesar yaitu  $19.677 \text{ \AA}$ . Menurut Boyea et al. [8], semakin besar luas permukaan elektroda karbon maka akan memperkecil lebar lapisan  $L_a$  dan memperbesar tinggi lapisan  $L_c$ .

Karakterisasi sifat elektrokimia sel superkapasitor dapat ditentukan dengan menggunakan Cyclic Voltammetry (CV). Gambar 3. menunjukkan kurva Cyclic Voltamogram hubungan antara rapat arus dengan tegangan pada variasi konsentrasi KOH 0.3 M, 0.6 M dan 0.9 M dengan rentang tegangan dari 0 volt sampai dengan 0.5 volt.



**Gambar 3** Kurva Cyclic Voltamogram dengan laju imbasan 1 mV/s

Gambar 3 menunjukkan bahwa KOH 0.9 M memiliki kurva yang lebih luas dibandingkan KOH 0.3 M dan 0.6 M. Perbedaan siklus charge dan discharge pada setiap variasi konsentrasi KOH mempengaruhi besarnya bentuk kurva yang dihasilkan. Semakin lebar bentuk kurva arus charge dan discharge maka nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan semakin besar [9]. Perhitungan nilai kapasitansi spesifik ( $C_{sp}$ ) yang didapat dari pengukuran Cyclic Voltammetry (CV) diperoleh bahwa semakin tinggi konsentrasi KOH yang digunakan maka nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan semakin besar. Nilai kapasitansi spesifik terbesar adalah sel superkapasitor dengan konsentrasi KOH 0.9 M yaitu sebesar  $110,724 \text{ F/g}$ , sel superkapasitor dengan konsentrasi KOH 0.6 M memiliki nilai kapasitansi spesifik sebesar  $101,205 \text{ F/g}$  dan nilai kapasitansi spesifik terendah sel

Sampel	$2\theta$	$2\theta$	d	d	$L_c$	$L_a$	$N_p$
	(002)	(100)	(002)	(100)	(nm)	(nm)	
0.3 M	23.79	44.96	3.74	2.02	7.04	19.68	1.88
0.6 M	24.63	47.47	3.61	1.91	7.12	9.32	1.97
0.9 M	24.92	48.13	3.57	1.89	7.27	6.97	2.04

**Tabel 2** Parameter kisi dan dimensi mikrokristalin elektroda karbon

superkapasitor dengan konsentrasi KOH 0.3 M yaitu sebesar 96,392 F/g. Pengaruh penambahan molaritas KOH pada elektroda berpengaruh terhadap pori-pori yang terbentuk. Larutan KOH merupakan basa kuat sehingga mampu mengangkat zat pengotor yang dapat menyebabkan terjadinya pembentukan pori pada permukaan karbon.

Persentase nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan dari penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian [5] dalam penelitian karbon aktif berpori dari serabut tandan kosong kelapa sawit yang telah di aktivasi kimia dengan aktivator KOH 5% kemudian dikarbonisasi dengan suhu 800° C di aliri gas N<sub>2</sub> dan aktivasi fisika dengan suhu 800° C di aliri gas CO<sub>2</sub> sehingga menghasilkan nilai kapasitansi spesifik sebesar 150 F/g. Nilai kapasitansi spesifik dari penelitian ini lebih rendah disebabkan karena pada proses karbonisasi hanya menggunakan suhu 600° C dan proses aktivasi fisika dengan suhu 700° C. Aktivasi fisika dengan suhu tinggi bertujuan untuk menghilangkan senyawa yang mudah menguap, memperbesar diameter pori yang terbentuk selama proses karbonisasi dan memperbanyak pori-pori karbon sehingga menghasilkan nilai kapasitansi spesifik yang besar [9].

## Kesimpulan

Konsentrasi aktivator KOH mempengaruhi karakterisasi sifat fisis elektroda sel superkapasitor dan karakterisasi sifat elektrokimia sel superkapasitor. Prestasi sel superkapasitor menunjukkan bahwa sel superkapasitor dengan konsentrasi 0.9 M menunjukkan prestasi yang lebih baik dibandingkan dengan elektroda dengan konsentrasi 0.6 M dan 0.3 M dengan nilai kapasitansi spesifiknya sebesar 110,724 F/g.

## Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada LPPM Universitas Riau atas dukungan dana penelitian melalui Hibah Kelompok Bidang Keahlian tahun 2016

## Penulis

Rakhmawati Farma\*, Vivi Melinda , Sugianto, Awitdrus, Erman Taer, dan Yanuar Hamzah  
Dari :

urusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

Alamat :

Kode pos 28293, Pekanbaru, Riau, Indonesia

email : rakhmawatifarma@unri.ac.id

## Pustaka

1. Kotz, R. and Carlen, M. 2000. Principles and applications of electrochemical Capacitors. *Electrochimica Acta*. 45 (15-16): 2483-2498.
2. Ruiz, V., Blanco, C., Granda, M., Menendez, R. and Santamaria, R. 2007. Influence of electrode preparation on the electrochemical behaviour of carbon-based supercapacitors. *Journal Applied Electro-chemistry*. 37: 717-721.
3. Domy, I.M., Taer, E. dan Farma, R. 2015. Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif monolit dari kayu karet dengan variasi konsentrasi KOH untuk aplikasi superkapasitor. *JOM FMIPA*. Vol 2(1): 8-13.
4. Deraman, M., Saad, S.K.Md., Ishak, M.M., Awitdrus, Taer, E., Talib, I., Omar, M.H. and Jumali. 2010. Carbon nanotubes (CNTs) composites from green pellets contain CNTs and self-adhesive carbon grains from fibers of oil palm empty fruit bunch. *The Third Nano science And Nanotechnology Symposium*. 179-186.
5. Farma, R., Deraman, M., Awitdrus, A., Talib, L.A., Taer, E., Basri, N.H., Manjunatha, J.G., Ishak, M.M., Dollah, B.N.M. and Hashmi, S.A. 2013. Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors. *Bioresource Technology*. 132: 254-261.
6. Morris, M.C. Howard, T. Mc Murdie. Evans, E.H. Paretzkin, B. Parker, H.S. Nicolas, C. Panagiotopoulos. 1981. *NBS Monograph* 25-

Section 18 Standar X-Ray Diffraction Powder Pattern. International Centre for Diffraction Data U.S Department of Commerce, Wasington DC.

7. Taer, E., Mustika, W.S., Zulkifli., Syam, I.D.M. dan Taslim, R. 2015. Pengaruh suhu pengaktifan CO<sub>2</sub> terhadap luas permukaan elektroda karbon dan sifat kapasitan sel superkapasitor dari kayu karet. Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Andalas. 96-100.
8. Boyea, J.M., Camocho, S.P and Ready, W.J. 2007. Carbon Nanotube-based Supercapacitor. *Journal Technology and Market* 4(1): 585-593.
9. Guo, S., Peng, J., Li,W., Yang, K., Zhang, L., Zhang, S. and Xia, H. 2009. Effects of CO<sub>2</sub> activation on porous structures of coconut shell-based activated carbons. *Applied Surface Science*. 255: 8443–8449.