

KARAKTERISASI SIFAT FISIS DAN ELEKTROKIMIA SEL SUPERKAPASITOR DENGAN PENUMBUHAN NANOPARTIKEL PLATINUM DI ATAS PENGUMPUL ARUS

Rakhmawati Farma¹, Rinti Rahimah Hasibuan²

Program Studi S1Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Muchtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

rakhmawatifarma@unri.ac.id

rintihisibuan@gmail.com

ABSTRACT

Supercapacitor is composed of several components namely, electrolyte separator, current collector, and carbon electrode. Manufacture of electrodes that make from raw fibres of oil palm empty fruit bunches (STKKS) through a combination of chemical activation using KOH activator with concentration variation of 0.3 M, 0.9 M and 0.6 M. The carbonization process was carried out at a temperature of 600°C using the N₂ gas and was continued with the physical activation process at a temperature of 700°C with the use of CO₂ gas. The growth of platinum nanoparticles above the current collector can enhance the performance of supercapacitor cells. Characterization of the physical properties of supercapacitor cell electrodes using *Field Emission Scanning Electron Microscopy* (FESEM) showed that electrode with KOH concentration of 0.3 M has more porous and distributed evenly for 0.6 M, 0.9 M. Moreover, the results of FESEM for current collectors show platinum nanoparticle were found to grow evenly. X-ray diffraction studies for carbon electrodes indicated that these electrodes has can semicrystalline state with angle of diffraction of 24° and 44° for planes orientation of 002 and 100 respectively. Characterization of electrochemical properties using *Cyclic Voltametry* (CV) showed that platinum nanoparticles growth above current collectors have the largest specific capacitance value of 149.627 F/g with a concentration of 0.3 M.

Keywords : fibres of oil palm empty fruit bunches, potassium hydroxide, platinum nanoparticles, electrode, and supercapacitor

ABSTRAK

Superkapasitor terdiri dari beberapa komponen yaitu elektrolit, separator, pengumpul arus, dan elektroda karbon. Pembuatan elektroda yang terbuat dari bahan baku serabut tandan kosong kelapa sawit (STKKS) melalui kombinasi aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH dengan variasi konsentrasi 0,3 M, 0,6 M dan 0,9 M. Proses karbonisasi dilakukan pada suhu 600°C dengan menggunakan gas N₂ selanjutnya dilakukan proses aktivasi fisika pada suhu 700°C dengan menggunakan gas CO₂. Penumbuhan nanopartikel platinum di atas pengumpul arus dapat meningkatkan prestasi sel superkapasitor Karakterisasi sifat fisis elektroda sel superkapasitor menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscopy* (FESEM) diperoleh bahwa pada elektroda dengan konsentrasi KOH 0,3 M memiliki pori yang lebih banyak dan teratur dari pada 0,6 M, dan 0,9 M. Hasil FESEM pada pengumpul arus dengan penumbuhan nanopartikel platinum tumbuh secara merata. Hasil difraksi sinar-X menunjukkan bahwa elektroda karbon terdapat dua puncak pada 002 dengan sudut 2θ sekitar 24° dan 100 dengan sudut 2θ sekitar 44° yang memiliki struktur semikristalin. Karakterisasi sifat elektrokimia menggunakan *Cyclic Voltametry* (CV) menunjukkan bahwa pada penumbuhan nanopartikel platinum di atas pengumpul arus mempunyai nilai kapasitansi spesifik terbesar dengan konsentrasi 0,3 M yaitu sebesar 149,627 F/g.

Kata Kunci : serabut tandan kosong kelapa sawit, kalium hidroksida, nanopartikel platinum, elektroda, dan superkapasitor.

PENDAHULUAN

Sumber energi semakin menjadi kebutuhan pokok di Indonesia, karena teknologi yang semakin berkembang pesat maka masalah yang muncul adalah perlunya piranti penyimpan energi. Penggunaan baterai sebagai penyimpan energi dinilai kurang efisien, karena memiliki beberapa kelemahan yaitu rapat daya yang kecil dan juga membutuhkan waktu yang lama untuk menyimpan energi listrik (Kötz dan Carlen, 2000). Oleh sebab itu perlu dikembangkan dan dilakukan inovasi dalam bidang penyimpanan energi, seperti yang sedang dilakukan para peneliti saat ini yaitu superkapasitor.

Superkapasitor menarik perhatian para peneliti saat ini, dikarenakan kemampuannya dalam menyimpan energi yang lebih banyak, rapat daya tinggi, dan siklus hidup yang lebih lama. Superkapasitor terdiri dari beberapa komponen yaitu elektrolit, separator, pengumpul arus, dan elektroda karbon. Karbon aktif telah banyak digunakan sebagai elektroda superkapasitor karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya luas permukaan yang tinggi, relatif murah dan ketersediaan melimpah (Ruiz dkk, 2007), selain elektroda, pengumpul arus juga merupakan komponen terpenting dalam sel superkapasitor. Pengumpul arus yang digunakan adalah *stainless steel* 3165L, dan akan dilakukan penumbuhan nanopartikel platinum di atas pengumpul arus yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kapasitansi sel superkapasitor .

Pembuatan elektroda menggunakan Serabut Tandan Kosong Kelapa Sawit (STKKS), dimana STKKS merupakan limbah padat yang memiliki kandungan selulosa 38,76% yang cukup banyak tetapi belum dimanfaatkan secara optimal dari industri pengolahan sawit. Basis satu ton tandan buah segar akan dihasilkan minyak sawit kasar sebanyak 0,21 ton (21%) , minyak inti sawit sebanyak 0,05 ton (0,5%) dan sisanya merupakan limbah

dalam bentuk tandan kosong, serat dan cangkang biji yang masing-masing sebanyak 0,23 ton (23%), 0,135 ton (13,5%) dan 0,055 ton (5,5%) (Darnoko, 1992). Salah satu usaha dalam mengatasi hal tersebut adalah menjadikan STKKS sebagai bahan dasar dalam pembuatan elektroda. Pembuatan elektroda yang berasal dari bahan baku STKKS melalui kombinasi aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH dengan variasi konsentrasi 0,3 M, 0,6 M dan 0,9 M dan aktivasi fisika menggunakan gas CO₂ serta penumbuhan nanopartikel platinum di atas pengumpul arus, untuk mengetahui sifat fisis dan sifat elektrokimia dari elektroda sel superkapasitor.

METODOLOGI PENELITIAN

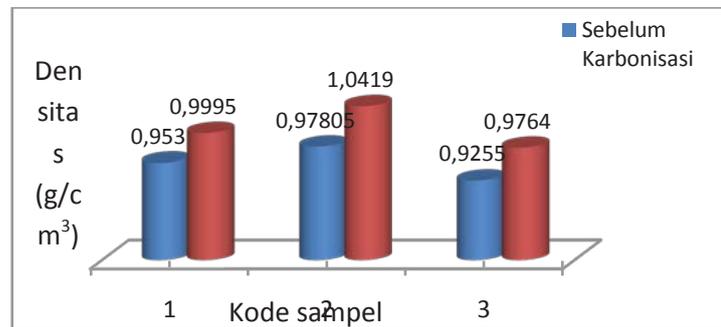
Bahan baku pembuatan elektroda karbon berasal dari serabut tandan kosong kelapa sawit (STKKS) yang melalui proses pra-karbonisasi dengan memasukkan STKKS kedalam oven dan dibakar menggunakan suhu 200°C selama 3 jam, setelah proses karbonisasi dilanjutkan proses aktivasi kimia dengan variasi aktivator KOH yaitu 0,3 M, 0,6 M, dan 0,9 M yang berguna untuk pembuatan pori baru pada karbon dan menghilangkan zat-zat selain karbon yang dilakukan selama 24 jam. Proses karbonisasi dilakukan dengan mengalirkan gas N₂ yaitu sebesar 1,5 L/menit kedalam tabung *furnace* pada suhu 600°C, dan proses ktivasi fisika yaitu menggunakan gas CO₂ yaitu sebesar 1 L/menit pada suhu 700 °C. Penumbuhan nanopartikel platinum di lakukan di atas pengumpul arus yang berbahan dasar *stainless steel*. Proses penumbuhan dilakukan selama 7 jam pada suhu 30°C dengan menggunakan oven.

HASIL DAN PEMBAHASAN

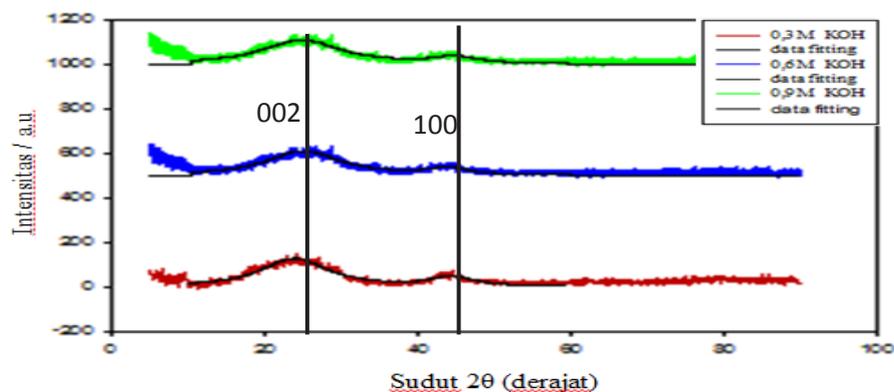
Nilai densitas suatu elektroda dipengaruhi oleh ukuran pertikel, jika

ukuran partikel kecil maka elektroda yang terbentuk akan semakin padat sedangkan jika ukuran partikel besar maka elektroda

yang terbentuk akan semakin renggang sehingga berpengaruh pada massa dari elektroda.



Gambar 1 Densitas elektroda karbon aktif monolit dari STKKS



Gambar 2 Pola difraksi sinar-X elektroda karbon dengan variasi konsentrasi KOH

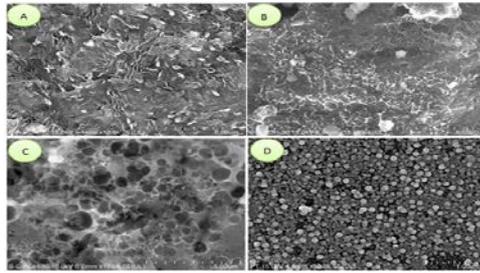
Pengukuran densitas elektroda karbon melalui proses terintegrasi dengan variasi aktivator KOH yaitu 0,3 M, 0,6 M, dan 0,9 M diperlihatkan pada Gambar 1 yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata densitas elektroda karbon sebelum proses karbonisasi adalah 0,953 g/cm³, 0,978 g/cm³, 0,925 g/cm³, dan setelah aktivasi fisika sebesar 0,9995 g/cm³, 1,041 g/cm³, 0,9764 g/cm³. Proses karbonisasi dapat merubah struktur elektroda karbon menjadi

lebih kuat dan keras, dan ikatan antara partikel meningkat.

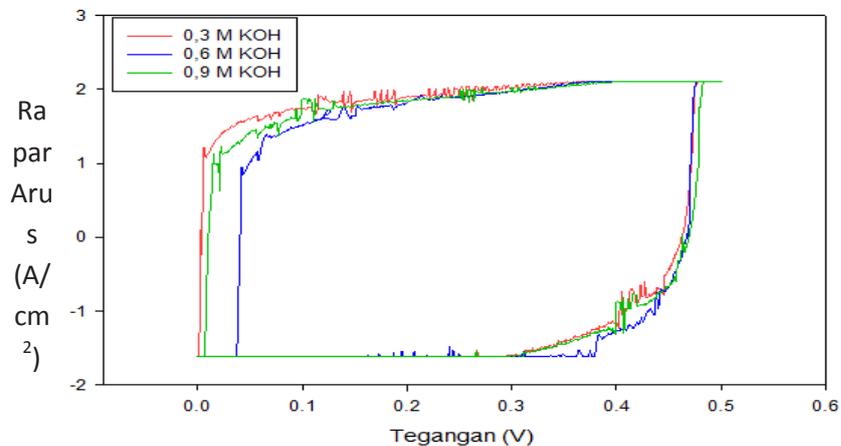
Peningkatan nilai densitas pada penelitian ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh **Zhang dkk, (2011)**. Pada Gambar 1 terlihat bahwa nilai densitas pada elektroda A mengalami kenaikan paling rendah yaitu 0,042 g/cm³, dibandingkan dengan densitas elektroda B yaitu 0,06385 g/cm³, dan pada elektroda C yaitu 0,0509 g/cm³.

Tabel 1 Parameter kisi elektroda berdasarkan hasil XRD

Sampel	2θ (°)		d (nm)		L _c (nm)	L _a (nm)	L _c /L _a	N _p
	(002)	(100)	(002)	(100)				
0,3 M KOH	24,412	45,615	3,6433	1,9871	8,5213	18,286	0,4659	2,3388
0,6 M KOH	24,587	44,112	3,6177	2,0513	6,8614	18,474	0,3714	1,8966
0,9 M KOH	25,149	44,986	3,5382	2,0134	7,4413	16,117	0,4617	2,1031



Gambar 3 Morphologi permukaan elektroda karbon dengan aktivator (A) 0,3 M KOH, (B) 0,6 M KOH, (C) 0,9 M KOH, dengan perbesaran 10000X, (D) Permukaan pengumpul arus dengan penumbuhan nanopartikel platinum pada perbesaraan 30000X



Gambar 4 Grafik hubungan rapat arus dan tegangan untuk sel superkapasitor pada konsentrasi 0,3 M, 0,6 M, dan 0,9 M KOH dengan penumbuhan nanopartikel platinum pada pengumpul arus dalam laju *scan* 1 mV/s

Analisa struktur mikro sel superkapasitor menggunakan difraksi sinar-X dapat dilihat pada Gambar 2 yang menunjukkan bahwa pola difraksi yang dihasilkan berbentuk semikristalin yang terdiri dari dua buah puncak yang landai pada sudut (2θ) sebesar 24° untuk bidang hkl (002) dan 44° untuk bidang hkl (100). Pola difraksi yang dihasilkan bersesuaian pada penelitian yang telah dilakukan Farma dkk, (2013). Pola difraksi yang diperoleh dapat menentukan parameter kisi dari elektroda karbon seperti jarak antar kisi (d_{hkl}), tinggi lapisan kisi (L_c),

dan lebar lapisan kisi (L_a). Nilai parameter kisi dapat ditentukan menggunakan program *microcal origin*. Analisa karakterisasi *cyclic voltammetry* (CV) digunakan untuk menentukan nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor. Gambar 3 menunjukkan morfologi permukaan elektroda Karbon. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara rapat arus dan tegangan untuk sel superkapasitor dengan nilai kapasitansi spesifik terbesar yaitu pada variasi aktivator KOH 0,3 M. Analisa karakterisasi *cyclic voltammetry* (CV) digunakan untuk

menentukan nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor.

Tabel 2 Nilai kapasitansi spesifik dengan laju scan 1 mV/s setelah penumbuhan nanopartikel platinum.

Sampel	Massa (g)	C_{sp} (F/g)
0,3 M	0,02412	149,627
0,6 M	0,02561	137,050
0,9 M	0,02493	141,235

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada sel superkapasitor dengan aktivator KOH 0,3 M dan setelah penumbuhan nanopartikel platinum pada pengumpul arus memiliki nilai kapasitansi spesifik terbesar yaitu 149,627 F/g.

KESIMPULAN

Berdasarkan pola XRD dapat diketahui bahwa elektroda karbon dari STKKS memiliki struktur semikristalin ditandai dengan terbentuknya dua puncak yang landai pada aktivator konsentrasi 0,3 M KOH pada sudut 2θ yaitu $24,412^\circ$ dan $45,615^\circ$ yang mempunyai nilai L_c paling besar, dan nilai kapasitansi spesifik dengan penumbuhan nanopartikel platinum di atas pengumpul arus memiliki nilai terbesar yaitu 149,627 F/g.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Farma, R. Deraman, M. Awitdrus, A. Talib, I.A. Taer, E. Basri, N.H. Manjunatha, J.G., Ishak, M.M. Dollah, B.N.M. 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*. Vol (132): Hal 254–261
- [2]. Gabriel, J.F. 2001. Fisika Lingkungan. Penerbit Hipokrates, Jakarta.
- [3]. Harmana. Joni. Boedisantoso, R. 2011. Adsorpsi. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP–ITS. Surabaya
- [4]. Harrianto, R. 2010. *Buku Ajar Kesehatan Kerja*. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- [5]. Hartini, L. 2012. Efek Variasi Suhu Karbonisasi dalam Mendapatkan Aktif dari Kulit Durian untuk Aplikasi Pembersih Air Limbah. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau
- [6]. Islam M, Dahlan I. 2000. Productivity And Nutritive Values Of Different Fractions Of Oil Palm (*Elaeis Guineensis*). *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol (8): Hal 1113-1120
- [7]. Kittle, C. 1976. *Intoduction to Solid State Physics, 5th Edition*. Wiley
- [8]. Lubis, R.E dan A Widanarko. 2011. Buku Pintar Kelapa Sawit. Penerbit Agro Media Pustaka, Jakarta.
- [9]. Mirwan, M. 1995. Daur Ulang Limbah Hasil Industri Gula (Ampas Tebu/Bagassee) dengan Proses Karbonisasi sebagai Arang Aktif. Teknik Lingkungan UPN Veteran

- [10]. Moreno, J.C. Gomez, R. Giraldo, L. 2010. Removal Of Mn, Fe, Ni And Cu Ions From Wastewater Using Cow Bone Charcoal. *Materials*. Vol (3): Hal 452-466
- [11]. Morris, M.C. Howard, T. McMurdie. 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.
- [12]. Richana, N. Lestina, P. Irawadi, T. 2004. Karakterisasi Lignoselulosa dari Limbah Tanaman Pangan dan Pemanfaatannya untuk Pertumbuhan Bakteri RXA III-5 Penghasil Xilanase. *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen. Institut Pertanian Bogor*. Vol (23): Hal 112
- [13]. Riadi, S. 2010. Fabrikasi dan Karakterisasi Nanopartikel Platinum pada Elektroda Karbon dari Bahan Serbuk Kayu Karet sebagai Bahan Sel Superkapasitor. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru.
- [14]. Schweitzer.2010. Influence of Pyrolysis Conditions on Pore Development of Oil-palm-shell Activated Carbons. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Vol (76): Hal 96-102
- [15]. Taer, E. 2009. Pembangunan Superkapasitor Menggunakan Elektroda Karbon. Laporan Penelitian FMIPA Universitas Riau
- [16]. Yin, C.Y., Aroua, M.K., Daud, W.M.A.W., 2007. Review of modification of activated carbon for enhancing contaminant uptakes from aqueous solutions. *Sep.Purif Technol*. Vol(52): Hal 403–415