

PENGARUH KONSENTRASI KOH TERHADAP SIFAT FISIS DAN ELEKTROKIMIA ELEKTRODA KARBON DARI LIMBAH KULIT DURIAN SEBAGAI SEL SUPERKAPASITOR

Pandi Kurniawan^{1,*}, Erman Taer², Usman Malik², Rika Taslim³

¹Mahasiswa Program Studi S1 Fisika¹

²Dosen Jurusan Fisika²

³Dosen FST UIN SUSKA Pekanbaru

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Riau Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Muchtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

*E-mail: pandikurniawan23@gmail.com

ABSTRACT

Activated carbon electrode have been prepare from durian shell focused in KOH concentration variations at chemical activation process. The preparation of carbon electrodes begins with pre-carbonization process, grinding using Hard Grinder and ball milling, after that followed by sieving process with particle size at range of 39 - 52 μm . Chemical activation was performed by using KOH activator agent with concentration variation of 0.5 M, 0.6 M, 0.7 M. Carbon powder are formed to pellet form using Hydraulic Press at a 8 ton compression pressure. The carbonization process is carried out a temperature of 600°C in the N₂ gas atmosphere at a temperature of 900°C for 2 hours. The electrodes characterization are performed to determine the physical and electrochemical properties. The physical properties such as density, degree of cristanility, surface morfology was analyzed by calculate the electrode dimension such as, mass, thickness and diameter, X-ray diffraction analysis and Scanning Electron Microscopy Analysis. the electrochemical properties was studied the cell capacitance and the electrode capacitance specific using Cyclic Voltammetry method. the electrode density were decrease with the increasing the KOH concentration. The smallest density has been found at electrode using a KOH concentration of 0.7 M. The XRD test showed a carbon was amorphuse structure identified by existing two broadening peaks at an angle of 2 θ , ie 24.967°, 44.315° and 81.332° which describes the (002), (100) and (112) planes. Furthermore, samples were analyzed by Scanning Electron Microscopy and X-ray diffraction. The cyclic voltammetry result, obtained the highest specific capacitance of 89.05 F/g and cell capacitance 24,04 F was found at electrode with a KOH concentration of 0.7 M. From this research it can be concluded that the KOH optimum concentration was 0.7 M.

Keywords: Durian shell, KOH concentration, carbon electrode, supercapacitor.

ABSTRAK

Elektroda karbon aktif telah disiapkan dari kulit durian yang difokuskan pada variasi konsentrasi KOH pada proses aktivasi kimia. Persiapan elektroda karbon dimulai dengan proses pra-karbonisasi, penggilingan menggunakan Hard Grinder dan Ball Milling. Setelah itu diikuti dengan proses pengayakan dengan ukuran partikel pada kisaran 39 – 52 μm . Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan agen aktivator KOH dengan variasi konsentrasi 0,5 M, 0,6 M, 0,7 M. Serbuk karbon dibentuk menjadi bentuk pelet menggunakan Hydraulic Press pada tekanan kompresi 8 ton. proses karbonisasi dilakukan pada suhu 600°C gas N₂ dan aktivasi fisika pada suhu 900°C selama 2 jam. Karakterisasi elektroda dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan elektrokimia. Sifat fisik seperti densitas, derajat kristanilitas, morfologi permukaan di analisis dengan menghitung dimensi elektroda seperti, massa, ketebalan dan diameter, analisis difraksi sinar-X dan analisis Scanning Electron Microscopy. Sifat elektrokimia dipelajari kapasitansi sel dan kapasitansi elektroda khusus menggunakan metode Cyclic Voltammetry. Kerapatan elektroda menurun dengan meningkatnya konsentrasi KOH. Densitas terendah dimiliki elektroda yang menggunakan konsentrasi KOH 0,7 M. Pengujian XRD menunjukkan struktur karbon berbentuk amorf yang diidentifikasi oleh 3 puncak yang meluas pada sudut 2 θ yaitu, 24.967°, 44.315° dan 81.332° yang menggambarkan bidang (002), (100) dan (112). Analisa SEM memperlihatkan ukuran rongga antar partikel berkisar 1,2 μm hingga 3,14 μm dan memiliki partikel berbentuk serabut dengan ukuran berkisar 1,1 μm . Hasil CV diperoleh kapasitansi spesifik tertinggi sebesar 89,05 F/g dan kapasitansi sel sebesar 24,04 F ditemukan pada elektroda dengan konsentrasi KOH 0,7 M. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsentrasi optimum KOH adalah 0,7 M.

Kata Kunci: Kulit durian, konsentrasi KOH, elektroda karbon, superkapasitor.

PENDAHULUAN

Buah durian merupakan buah yang banyak di konsumsi di Indonesia, khususnya provinsi Riau. Badan Pusat Statistik Provinsi Riau menyebutkan bahwa produksi buah durian pada tahun 2013 mencapai 7.951 ton serta di tingkat nasional mencapai 859.118 ton pada tahun 2014 [1]. Selain harganya yang murah, buah durian juga memiliki rasa yang digemari. Kulit buah durian mencapai seperempat bagian dari buahnya, ini menyebabkan produksi limbah biomassa yang berasal dari kulit durian juga semakin besar. Buah durian mengandung unsur selulosa yang tinggi, berkisar 50-60% dan kandungan lignin sebesar 5% [2]. Unsur selulosa yang tinggi biasanya disertai dengan kandungan unsur karbon yang tinggi pula. Limbah biomassa yang berasal dari kulit durian dapat dimanfaatkan untuk dijadikan bahan asal dalam pembuatan karbon aktif. Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang memiliki luas permukaan yang tinggi dan daya adsorpsi yang besar. Biasanya karbon aktif diperoleh dengan menggunakan metode karbonisasi dan aktivasi [3]. Karbonisasi merupakan pemanasan bahan baku dalam kondisi vakum dan dengan temperatur yang tinggi, sedangkan aktivasi merupakan proses pemutusan rantai karbon untuk membuka struktur pori, meningkatkan volume dan memperkecil diameter pori [4]. Salah satu cara pemanfaatan karbon aktif adalah digunakan pada sel superkapasitor. Beberapa penelitian pembuatanelektroda sel superkapasitor dari kulit durian telah dilakukan seperti oleh Ong et al tahun 2012, dimana telah dihasilkan sel superkapasitor dengan kapasitansi spesifik mencapai 103,6 F/g. [5]

Pemilihan bahan dasar dan metode pembuatan yang baik dan benar berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif dan elektroda sel yang dihasilkan. Penelitian menggunakan bahan dasar limbah kulit durian serta metode aktivasi kimia dan fisika diharapkan menjadi pilihan yang tepat untuk menghasilkan karbon aktif untuk elektroda sel superkapasitor yang berkualitas. Pada makalah ini akan dilaporkan

tentang pembuatan elektroda karbon superkapasitor dari limbah kulit durian tanpa menggunakan bahan perekat. Studi difokuskan pada peranan konsentrasi bahan pengaktif kimia KOH pada sifat densitas, derajat kristanilitas, morfologi permukaan dan kapasitansi sel superkapasitor yang dihasilkan.

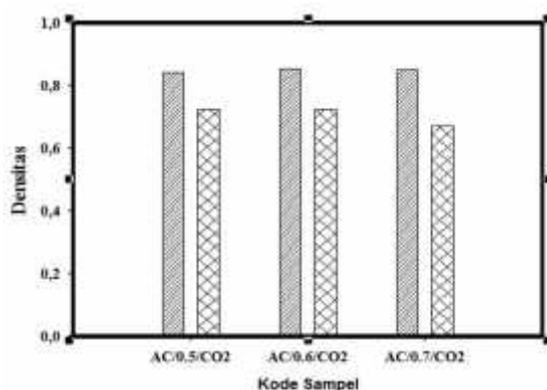
METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menjelaskan tentang bahan dan alat yang digunakan serta prosedur pembuatan dan preparasi sel superkapasitor dari limbah kulit durian. Limbah kulit durian diperoleh dari pasar pagi Arengka Kota Pekanbaru, Riau. Kulit durian di cuci terlebih dahulu hingga bersih, selanjutnya di potong $\pm 5 \times 5$ cm dan di pukul hingga terlihat serat kulit durian. Kemudian dikeringkan pada terik matahari selama 1x24 jam dan dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan oven pada suhu 110°C hingga massa kulit durian menjadi konstan. Pra-karbonisasi dilakukan menggunakan oven dengan wadah sampel tertutup rapat untuk mengurangi udara luar berinteraksi dengan sampel dan dilakukan sampai temperature 250°C dengan kenaikan setiap 50°C. Penghalusan sampel menggunakan *Hard Grinder* dan *Ball Milling*. Sampel yang sudah halus selanjutnya diayak menggunakan ayakan 38 μm dan 53 μm untuk mendapatkan partikel 39 μm sampai 52 μm . Pencetakan pelet dilakukan menggunakan *Hydraulic Press* [6]. Karbonisasi sampel menggunakan gas N_2 dan sampel diberikan aktivasi kimia menggunakan KOH dan aktivasi fisika menggunakan gas CO_2 selama 2 jam. Serbuk pra-karbon yang memiliki ukuran partikel 39 μm – 52 μm di aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH dengan variasi konsentrasi 0.5 M, 0.6 M, 0.7 M. Sebanyak 25 gr serbuk pra-karbon dicampur dengan masing-masing konsentrasi KOH pada suhu 80°C selama 2 jam. Selanjutnya sampel di cuci hingga netral dan kemudian dikeringkan. Proses selanjutnya adalah pencetakan serbuk pra-karbon teraktivasi KOH pada tekanan 8 ton dan

dipersiapkan untuk proses karbonisasi dan aktivasi fisika yang terintegrasi. Proses karbonisasi diawali pada suhu kamar hingga suhu maksimum 600°C, pada laju aliran gas 1L/min. Setelah suhu mencapai maksimum, dilanjutkan dengan aktivasi fisika menggunakan gas CO₂ hingga mencapai suhu 900°C dan ditahan selama 2 jam [7]. Komponen utama preparasi sel superkapasitor adalah elektroda karbon kulit durian, separator dari membran kulit telur itik [8], *stainless steel* sebagai pengumpul arus dan H₂SO₄ 1 M sebagai elektrolit. Karakterisasi sifat fisis dilakukan adalah pengukuran densitas dengan cara menghitung massa, tebal dan diameter elektroda karbon kulit durian, derajat kristalinitas diukur menggunakan metode difraksi sinar-X dengan alat X'Pert. Karakterisasi elektrokimia elektroda karbon aktif dilakukan dengan membuat sel superkapasitor tipe koin dan kapasitansi spesifik sel superkapasitor dihitung menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* menggunakan alat *Physics CV UR Rad-Er 5841* elektroda karbon superkapasitor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa densitas



Gambar 1. Besar densitas elektroda karbon.

Gambar 1 merupakan hasil dari data densitas pelet karbon sebelum dilakukan karbonisasi dan aktivasi secara fisika, setelah di karbonisasi serta di aktivasi fisika dan densitas elektroda setelah mengalami

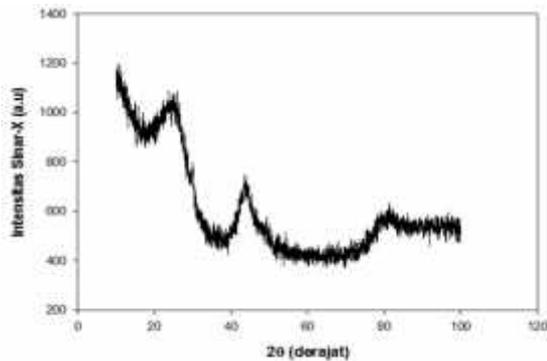
pemolesan guna memperoleh ketebalan yang diinginkan untuk pengukuran sel superkapasitor. Grafik yang memiliki corak garis menunjukkan densitas sel sebelum dilakukan proses karbonisasi, grafik yang memiliki corak garis silang menunjukkan densitas sel setelah dilakukan proses karbonisasi dan aktivasi fisika dan grafik yang memiliki corak titik-titik menunjukkan densitas sel setelah dilakukan proses pemolesan.

Gambar 1 menunjukkan bahwa semua sampel mengalami penurunan densitas seiring bertambahnya konsentrasi KOH yang diberikan. Hal ini dikarenakan aktivator KOH memecah ikatan bahan pengotor dan atom karbon melalui reaksi impregnasi, sehingga ketika proses pemanasan menyebabkan impregnasi KOH menguap dan diperoleh pengembangan struktur pori yang lebih banyak dan menyebabkan densitas semakin rendah. Ketika dilakukan proses pemolesan, densitas pelet elektroda mengalami pengurangan. Pengurangan densitas setelah proses pemolesan dikarenakan elektroda karbon mengalami pengurangan massa yang lebih besar dibandingkan pengurangan volume. Hal ini disebabkan pemolesan bertujuan untuk mendapatkan ketebalan yang diinginkan dengan tidak merubah diameter dari elektroda. Densitas terkecil setelah pemolesan dimiliki oleh sampel AC/0.7/CO₂. Densitas yang kecil berkaitan dengan porositas yang besar dari suatu elektroda karbon. Porositas yang besar berkaitan dengan kapasitansi sel superkapasitor yang besar pula.

Analisa difraksi sinar-X

Pola kurva difraksi sinar-X sampel AC/0.7/CO₂ disajikan pada Gambar 2. Kurva difraksi sinar-X terdiri dari intensitas sinar-X yang dihasilkan dan serta sudut 2θ pada rentang 10° sampai 100° yang diberikan. Plot data XRD menunjukkan adanya tiga puncak yang tumpul terjadi pada sudut 2θ yakni 24,967°, 44, 315° dan 81,232°. Bentuk puncak yang tumpul menunjukkan struktur amorf dari

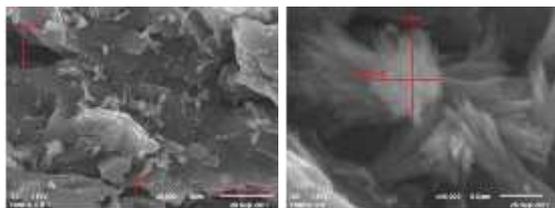
bahan biomassa [8]. Sudut difraksi 2 yang diperoleh mengindikasikan bidang refleksi 002, 100 dan 112. Dari data tersebut menunjukkan bahwa sampel berada pada puncak yang baik untuk material karbon [9].



Gambar 2. Kurva difraksi sinar-X karbon kulit durian.

Setelah dilakukan fitting dari hasil difraksi sinar-X dihasilkan nilai d_{hkl} untuk $d_{(002)}$ dan $d_{(100)}$ yaitu 3,56359 Å dan 2,042402 Å. Ukuran bidang kisi dari suatu material digambarkan oleh besar kecilnya nilai parameter L_c dan L_a . Nilai L_c yang diperoleh sebesar 11,5749533 Å serta nilai L_a sebesar 47,83912 Å.

Analisa Scanning Electron Microscopy



Gambar 3. Morfologi patahan elektroda karbon aktif kulit durian (a) perbesaran 5000 X, (b) perbesaran 40000 X.

Pada Gambar 3 (a) terlihat bahwa susunan partikel karbon terlihat teratur, tetapi rongga

antar partikel yang terbentuk masih sedikit. Ukuran rongga antar partikel yang dimiliki berkisar 1,2 µm hingga 3,14 µm. Gambar 3 (b) memperlihatkan bahwa sampel memiliki partikel-partikel yang berbentuk serabut dengan ukuran partikel berkisar 1,1 µm.

Analisa sifat elektrokimia

Analisa sifat elektrokimia sampel bertujuan untuk mengetahui kapasitansi spesifik elektroda karbon kulit durian dengan menggunakan metode Cyclic Voltammetry (CV). Data pengukuran CV terdiri dari rapat arus pengisian dan pengosongan terhadap potensial yang diberikan. Pengukuran dilakukan pada laju scan 1 mV/s dan pada potensial 0,0-0,5 V. Data arus dan tegangan dapat digunakan untuk menghitung kapasitansi spesifik sel yang dihasilkan, kapasitansi spesifik dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [10].

$$C_s = \frac{(I_c - I_d)}{S \Delta E} \quad (1)$$

Hasil pengukuran CV menunjukkan bahwa sampel AC/0,7/CO₂ memiliki nilai kapasitansi yang paling besar yaitu 89,05 F/gr. Secara lengkap nilai kapasitansi spesifik untuk seluruh sampel di tunjukkan pada Tabel 1. Semakin besar nilai konsentrasi KOH yang diberikan, maka akan semakin besar luas permukaan karbon yang dihasilkan [10], hal ini dikarenakan aktivator KOH memecah ikatan bahan pengotor dan atom karbon melalui reaksi impregnasi. Proses pemanasan menyebabkan impregnasi KOH menguap sehingga diperoleh pengembangan struktur pori yang lebih banyak.

Tabel 1. Kapasitansi Spesifik dan Kapasitansi Sel Maksimum Elektroda Karbon Kulit Durian.

Kode Sampel	Massa (gr)	Tebal (mm)	Kapasitansi Spesifik (F/gr)	Kapasitansi Sel Elektroda (F)
AC/0.5/CO ₂	0,022	0,26	41	0,9
AC/0.6/CO ₂	0,018	0,2	38,91	0,7
AC/0.7/CO ₂	0,021	0,27	89,05	24,04

KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa biomassa kulit durian merupakan bahan yang potensial digunakan sebagai elektroda karbon sel superkapasitor. Semakin tinggi konsentrasi KOH yang diberikan maka semakin besar nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Nilai kapasitansi spesifik dan kapasitansi sel yang paling besar dihasilkan pada konsentrasi KOH 0,7 M sebesar 89,05 F/g dan 24,04 F.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada DP2M yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Unggulan Perguruan Tinggi dengan judul Potensi Pemanfaatan Limbah Padat Perkotaan Sebagai Elektroda Superkapasitor atas nama Dr. Erman Taer, M.Si tahun 2018 nomor kontrak 360/UN.19.5.1.3/PP/2018.

DAFTAR PUSTAKA

1. Direktorat Jenderal Hortikultural. *Statistik Produksi Hortikultural*. (2014). Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
2. Hatta, V. (2007). Manfaat Kulit Durian Selezat Buahnya. *Jurnal UNLAM*.
3. Taer, E., Deraman, M., Talib, A. I., Umar, A. A., Oyama, & M., Yunus, M. R. (2010). Preparation of highly porous carbon pellet from rubber wood saw dust via optimization of temperature for supercapacitor application, submitted paper to, Materials chemistry and physics.
4. Taer, E. & Taslim, R. (2018). Brief Review. Preparation Techniques of Biomass Based Activated Carbon Monolith Electrode for Supercapacitor Applications. *AIP Conf. Proc.*, 1927, 020004-1-020004-4
5. Ong, L. K., Kurniawan, A., Suwandia, A. C., Lin, C. X., Zhao, S., & Ismadji, S., (2012). A facile and green preparation of durian shell-derived carbon electrodes for electrochemical double-layer capacitors. *Progress in Natural Science. Materials International*, **6**, 624-630.
6. Taer, E., Deraman, M., Talib, A., Awitdrus, & Hashmi, A., (2011). Preparation of a Highly Porous Binderless Activated Carbon Monolith from Rubber Wood Sawdust by a Multi-Step Activation Process for Application in Supercapacitors. *Int. J. Electrochem. Sci.*, **6**, 3301-3315.
7. Taer, E., Apriwandi., Yusriwandi., Mustika, W. S., Zulkifli., Taslim, R., Sugianto., Kurniasih, B., Agustino., & Dewi, P. (2018). Comparative study of CO₂ dan H₂O activation in the synthesis of carbon electrode for supercapacitors. *AIP Conf. Proc.*, 1927, 030036-1-030036-6.
8. Taer, E., Sugianto., Sumantre, M. A., Taslim, R., Iwantono., Dahlan, D., & Deraman, M., (2014). Eggs Shell Membrane as Natural Separator for Supercapacitor Applications. *Adv. Materials Research.*, **896**, 66-69.
9. Taer, E. (2013). Penyediaan dan karakterisasi karbon aktif monolit tanpa perekat dari ampas tebu untuk penyerapan logam berat (Zn). *Prosiding Semirata FMIPA*. Universitas Lampung.
10. Kalpana, D., Cho, S. H., Lee, S. B., Lee, Y. S., Mirsa, R., & Renganathan, N. G. (2009). Recycled waste paper – A new source of raw material for electric double-layer capacitor. *Journal Power Sources*, **190**, 587.