

Pengaruh Konsentrasi KOH Terhadap Karakteristik Dan Kapasitansi Elektroda Karbon Aktif Super Kapasitor

Maulana Mahyuda^{1*}, Ratni Sirait², Ridwan Yusuf Lubis³

^{1,2,3}Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara 20353, Indonesia

*Email; mahyudam@gmail.com

ABSTRACT

Supercapacitor is one of the devices that can store energy. One aspect that can affect the effectiveness of a supercapacitor is the surface area of the electrode. So that activated carbon can be used as a capacitor electrode is activated carbon. In this study, activated carbon has been made from cassava skin as a supercapacitor electrode material. Activated carbon is made with a carbonization temperature of 200oC by varying the concentration of KOH, namely 2.5 M, 3 M, and 3.5 M. This study uses an experimental method that aims to determine the effect of variations in KOH concentration on the characteristics and capacitance of cassava skin activated carbon electrodes. Based on the results of the XRF analysis, it was found that cassava skin activated carbon is dominated by metal oxide compounds K₂O and SiO₂. The highest surface area of activated carbon is found in the carbon sample activated with a KOH concentration of 3.5 M, namely 12.835 m²/g. And the highest capacitance value is in activated carbon with 3.5 M KOH activator, which is 456.5 μF

Keywords: Activated Carbon, Cassava Peel, Supercapacitor

PENDAHULUAN

Sebagai hasil dari kemajuan teknologi kontemporer seperti komputer, smartphone, dan perangkat elektronik lainnya, konsumsi energi kini meningkat. Seiring peningkatan tersebut dibutuhkan media untuk menyimpan energi tersebut. Superkapasitor merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk menyimpan energi [1]. Superkapasitor menggunakan elektroda sebagai komponen penyimpan ion-ion, pada proses pengisian muatan [2]. Oleh karena itu luas permukaan pada elektroda mempengaruhi kapasitas elektroda. Jika elektroda memiliki luas permukaan yang besar maka semakin besar pula kapasitansi kapasitor [3]. Karbon aktif merupakan salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai elektroda kapasitor karena karbon aktif memiliki luas permukaan yang luas, karbon aktif dapat menyerap lebih banyak elektron sehingga meningkatkan nilai kapasitansi elektroda [4]. Karbon merupakan senyawa yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan anoda baterai karena kinerjanya bagus, ramah lingkungan dan murah. Penggunaan karbon sebagai elektroda superkapasitor memiliki beberapa keuntungan, yaitu memiliki konduktivitas listrik tinggi, stabilitas termal yang baik, tahan terhadap korosi, memiliki luas permukaan yang relatif tinggi, murah, dan mudah dibuat komposit dengan material lain.[5]

Karbon aktif adalah jenis karbon berpori yang mengandung karbon sebesar 87-97 % [6]. Karbon aktif terbuat dari bahan yang mengandung karbon yang dipanaskan hingga suhu tinggi dan kemudian diaktifkan secara kimiawi yang dapat membuka pori-pori karbon oleh karena itu, karbon aktif dapat menyerap material dalam jumlah besar [7]. Kulit singkong memiliki kandungan karbon sebesar 59,31 % sehingga kulit singkong dapat dijadikan sebagai sumber bahan baku karbon aktif [8].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan kapasitansi elektroda superkapasitor yang menggunakan bahan karbon aktif kulit singkong dengan variasi konsentrasi KOH. Adapun karbon aktif kulit singkong pada penelitian ini dikarbonisasi pada suhu 200°C dan diaktivasi menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi 2,5 M, 3 M, 3,5 M. Penggunaan variasi KOH bertujuan untuk mengetahui perbedaan karakteristik karbon aktif kulit singkong dan mengetahui

kapasitansi dari elektroda karbon aktif kulit singkong.[9] Adapun karakterisasi pada penelitian ini menggunakan XRF, Spektrofotometer UV-VIS, dan kapasitansi meter.

METODE PENELITIAN

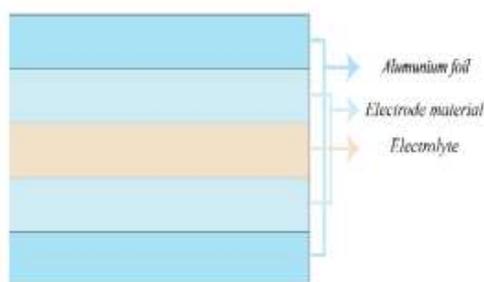
Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian dan pengembangan. Metode penelitian dan pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut.[10]. Alat yang digunakan pada penelitian ini ialah oven, furnace, desikator, mortar, hot plate, magnetic stirrer, pH meter, kertas saring, ayakan 100 mesh, XRF, Uv-Vis, multimeter digital. Dan bahan yang digunakan ialah kulit singkong, KOH ,aquades, *methylene blue*, lilin parafin, HCl ,plat tembaga ,aluminium foil.

Pembuatan Karbon Aktif Kulit Singkong

Kulit singkong dibersihkan menggunakan air. Selanjutnya kulit singkong dipotong kecil kecil. Lalu kulit singkong dijemur dibawah sinar matahari hingga kering. Proses selanjutnya dioven pada suhu 120°C selama 2 jam. Setelah itu dikarbonisasi dengan suhu 200 °C. Lalu dihaluskan menggunakan mortar. Lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Tahap selanjutnya adalah proses aktivasi. Pertama serbuk karbon kulit singkong diaktivasi menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi sebesar 2,5 M, 3 M, dan 3,5 M. Proses aktivasi dilakukan pada suhu 80°C selama 1 jam sambil diaduk menggunakan *Magnetic Stirrer* di atas *Hot Plate*. Lalu karbon aktif diendapkan selama 24 jam . Lalu hasil endapan karbon dipisahkan dengan cairan aktivasi. Selanjutnya hasil endapan dicuci menggunakan HCL 0,5 N lalu dicuci dengan aquades sampai pH netral. Setelah dicuci karbon dioven pada suhu 105°C. Lalu disimpan di dalam desikator untuk menjaga karbon aktif tetap kering. Pengujian yang dilakukan ialah analisa luas permukaan menggunakan metode adsorpsi *Methylen Blue* dan analisa kandungan senyawa oksida logam menggunakan XRF.

Pembuatan Elektroda Karbon Aktif Superkapasitor

Pembuatan elektroda karbon aktif superkapasitor diawali dengan pembuatan pasta karbon dengan cara mencampurkan karbon aktif dengan lilin parafin dengan perbandingan masa 1:2 lalu diaduk sampai homogen Setelah itu, pasta karbon dioleskan pada plat tembaga, setelah itu disusun seperti pada Gambar 1 yang dipisahkan oleh separator PVA, lalu digulung sehingga berbentuk tabung. Pengujian yang dilakukan ialah analisa kapsitansi menggunakan multimeter digital.



Gambar 1. Susunan pembuatan elektroda karbon aktif

Pengujian XRF pada karbon aktif

Karbon aktif kulit singkong yang dihasilkan diuji menggunakan *X-Ray Fluorescence (XRF)*. Pengujian XRF digunakan untuk mengetahui kandungan senyawa oksida logam pada karbon aktif [11]

Pengujian luas permukaan menggunakan *Methylen Blue*

Pada penelitian ini digunakan spektrofotometer Uv-Vis untuk menganalisa luas permukaan pada karbon aktif dengan mengukur daya adsorpsi karbon aktif terhadap *methylen blue*. Sebelum dilakukan pengujian daya adsorpsi pada karbon aktif kulit singkong dilakukan terlebih dahulu pembuatan kurva kalibrasi larutan standa. Kurva kalibrasi dari larutan standar *methylen blue* dibuat

dengan konsentrasi 0, 5, 10, 16, dan 18 ppm pada panjang gelombang 530 nm. Kurva standar *methylen blue* didapatkan dengan membuat konsentrasi (ppm) sebagai sumbu x dan adsorbansi sebagai sumbu y dengan regresi linier persamaan garisnya menggunakan rumus $y = ax + b$. Persamaan ini yang digunakan untuk menentukan *methylen blue* yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif sehingga diketahui luas permukaannya. Selanjutnya proses pengujian luas permukaan karbon aktif dimulai dengan mencampurkan 0,05 gram karbon aktif dengan larutan *methylen blue* 16 ppm sebanyak 20 ml didalam *beaker glass*. Hasil dari filtrat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 530 nm. Absorbansi yang dihasilkan dari pengukuran UV-Vis dimasukkan dalam persamaan linier kurva standar untuk mengetahui konsentrasi akhir *methylen blue*. Banyaknya *methylen blue* yang terserap dapat dihitung dengan cara konsentrasi awal *methylen blue* dikurangi dengan konsentrasi akhir *methylen blue*. Lalu dapat dihitung massa *methylen blue* terserap menggunakan persamaan 1 :

$$X_m = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B} \quad (1)$$

Dimana, X_m adalah massa methylene blue yang terserap dalam satu gram sampel (mg/g), V adalah volume methylene blue yang digunakan (ml), B adalah massa sampel yang digunakan (g) C adalah konsentrasi larutan methylene blue (ppm). Lalu dihitung luas permukaan karbon dengan rumus :

$$S = \frac{X_m \times N \times A}{M_r} \quad (2)$$

Dimana, S adalah Luas permukaan spesifik (m^2/g), X_m adalah Methylene blue terserap (mg/g), A adalah Luas permukaan molekul methylene blue ($197,2 \times 10^{-20} m^2$), N adalah Bilangan Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$ molekul/mol) M adalah Massa molekul methylene blue (320 g/mol).

Pengujian kapasitansi elektroda karbon aktif

Elektroda kapasitor yang telah dibuat diuji dengan menggunakan multimeter digital. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitansi elektroda karbon aktif .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa X-Ray Fluorescence (XRF)

Karakterisasi menggunakan XRF bertujuan untuk mengetahui senyawa oksida logam yang terkandung dalam karbon aktif kulit singkong . Hasil pengujian XRF dilakukan pada sampel 1 gr karbon aktif kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 1. Karbon aktif dengan variasi konsentrasi aktivator KOH 2,5M, 3M, dan 3,5M masing masing dilabelkan dengan sampel A, B, dan C.

Tabel 1 Senyawa oksida karbon aktif kulit singkong

Sampel	Senyawa (%)				
	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃
A	13,204	19,772	29,525	27,867	4,831
B	12,851	17,625	29,076	27,923	4,988
C	11,247	19,714	28,211	28,729	4,711

Berdasarkan data Tabel 1 dapat dilihat bahwasanya pada karbon aktif kulit singkong terdapat senyawa oksida K₂O, CaO, P₂O₅, SiO₂, Fe₂O₃, dan senyawa penyusun lainnya yang memiliki persentase kecil. Pada hasil analisis didapatkan bahwasanya karbon aktif kulit singkong didominasi oleh senyawa oksida logam K₂O dan SiO₂. Kandungan K₂O tertinggi di dapat pada sampel C dan kandungan SiO₂ tertinggi terdapat pada sampel A.

Tingginya senyawa K_2O pada karbon disebabkan oleh proses aktivasi menggunakan KOH yang dimana semakin tinggi aktivator yang digunakan maka akan semakin banyak KOH yang terurai dan menjadi K_2O yang bereaksi dengan karbon dan terjadi dekomposisi senyawa lain dan sehingga membentuk pori-pori karbon.[12]. Konsentrasi KOH sebagai zat pengaktif akan mempengaruhi kandungan SiO_2 pada karbon. Semakin tinggi KOH maka akan semakin banyak reaksi yang terjadi antara KOH dan senyawa oksida yang terdapat dalam karbon. Sehingga dapat mengurangi atau merubah senyawa oksida SiO_2 menjadi senyawa lain.. Hal ini sejalan dengan penelitian Agung, (2013) bahwa semakin tinggi konsentrasi KOH yang digunakan maka akan semakin banyak silika yang terekstraksi dan dapat memperluas pori-pori karbon. Tinggi kadar SiO_2 pada karbon akan mengurangi kemampuan dari karbon aktif karena SiO_2 akan menutupi pori karbon aktif.[13]

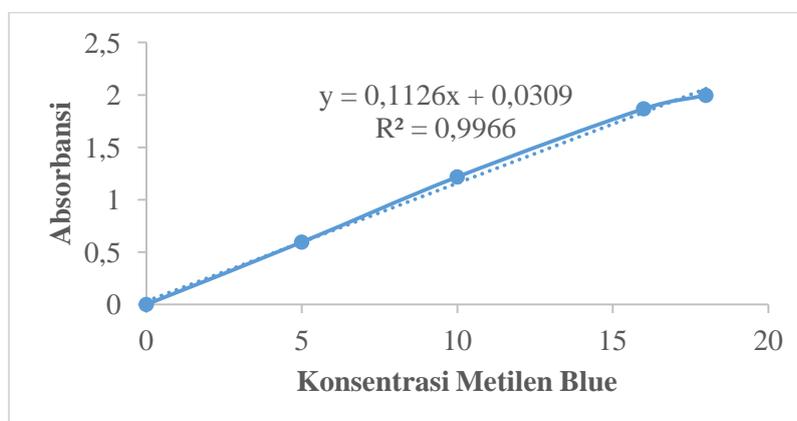
Analisa Luas Permukaan Karbon Aktif

Pada penelitian ini menggunakan metode analisis adsorpsi *methylen blue* untuk mengukur luas permukaan. Tahap awal yang dilakukan ialah pengukuran adsorbansi larutan standar *methylen blue* menggunakan UV-Vis yang dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Nilai adsorbansi larutan standar

Kadar (ppm)	Abs pada 530 nm
0	0,000
5	0,595
10	1,237
16	1,867
18	1,995

Berdasarkan nilai adsorbansi dapat dibuat kurva kalibrasi larutan standart. Adapun kurva larutan standar dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva kablirasi larutan standar

Berdasarkan kurva kalibrasi larutan standar didapat persamaan regresi linier, yaitu :

$$y = 0,1126x + 0,0309 \quad (3)$$

Untuk mendapat luas permukaan pada karbon aktif terlebih dahulu diukur adsorbansi larutan *methylen blue* yang telah terserap karbon aktif menggunakan Uv-Vis pada panjang gelombang 530 nm. Data adsorbansinya dapat dilihat pada Tabel 3. Karbon aktif dengan variasi konsentrasi aktivator KOH 2,5M, 3M, dan 3,5M masing masing dilabelkan dengan sampel A, B, dan C.

Tabel 3 Hasil pengukuran adsorbansi larutan *methylen blue* setelah diadsorpsi karbon aktif

Sampel	Absorbansi
A	0,992
B	0,891
C	0,875

Hasil dari adsorbansi pada Tabel 3 di substitusikan ke persamaan (3) sehingga didapat konsentrasi akhir *methylen blue* setelah adsorbansi. Sehingga didapat banyaknya *methylen blue* yang terserap yang didapat dengan cara konsentrasi awal *methylen blue* dikurangi dengan konsentrasi akhir *methylen blue*.

Dari hasil konsentrasi *methylen blue* yang terserap dapat dihitung nilai massa *methylen blue* terserap menggunakan rumus :

$$X_m = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

Lalu dapat dihitung luas permukaan karbon aktif menggunakan rumus :

$$S = \frac{X_m \times N \times A}{Mr}$$

Sehingga didapat luas permukaan karbon aktif yang disajikan pada Tabel 4. Karbon aktif dengan variasi konsentrasi aktivator KOH 2,5M, 3M, dan 3,5M masing masing dilabelkan dengan sampel A, B, dan C.

Tabel 4. Luas Permukaan Karbon Aktif Kulit Singkong

Sampel	Luas Permukaan (m ² /g)
A	11,006
B	12,338
C	12,835

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa luas permukaan tertinggi terdapat pada sampel A yaitu 12,835 m²/g. Dan luas permukaan yang terendah pada C yaitu 11,006 m²/g. Tabel 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator KOH maka akan meningkatkan luas permukaan pada karbon aktif. Hal ini dapat terjadi karena semakin besar konsentrasi aktivator KOH akan semakin mudah bahan pengotor dan gas yang menutupi pori karbon terangkat sehingga pori-pori karbon akan terbuka yang mengakibatkan meningkatkan luas permukaan karbon dan daya serap karbon semakin meningkat.[14]

Analisa Kapasitansi Elektroda Karbon Aktif

Pada penelitian ini digunakan multimeter digital untuk menganalisis kapasitansi elektroda karbon aktif . Tujuan analisis ini untuk mengetahui perbedaan kapasitansi dari elektroda karbon aktif yang diaktivasi dengan variasi konsentrasi KOH sebesar 2,5 M, 3 M, dan 3,5 M. Adapun hasil pengujian kapasitansi elektroda karbon aktif kulit singkong terdapat pada Tabel 3. Karbon aktif dengan variasi konsentrasi aktivator KOH 2,5M, 3M, dan 3,5M masing masing dilabelkan dengan sampel A, B, dan C.

Tabel 5. Kapasitansi Elektroda Karbon Aktif Kulit Singkong

Sampel	Kapasitansi(μF)
A	375,4
B	413,2
C	456,5

Pada Tabel 3 didapat bahwasanya yang memiliki nilai kapasitansi tertinggi ialah pada karbon aktif dengan aktivator KOH 3,5 M yakni sebesar 456,5 μF . Dan kapasitansi terendah terdapat pada karbon aktif dengan aktivator KOH 2,5 M yakni sebesar 375,4 μF . Semakin tinggi konsentrasi aktivator KOH maka akan meningkatkan kapasitansi pada elektroda karbon aktif. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin tinggi suhu karbonisasi dan konsentrasi KOH maka semakin memperbesar luas permukaan pada elektroda karbon aktif. Dengan semakin besar luas permukaan elektroda karbon aktif maka akan semakin banyak anion dan kation yang terserap oleh elektroda karbon dan menyebabkan meningkatnya kapasitansi pada elektroda.[15]

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa didapatkan bahwasanya karbon aktif kulit singkong didominasi oleh senyawa oksida logam K_2O dan SiO_2 . Kandungan K_2O tertinggi di dapat pada sampel yang diaktivasi dengan konsentrasi KOH sebesar 3,5 M. Kandungan SiO_2 tertinggi terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi menggunakan KOH dengan konsentrasi 2,5 M. Luas permukaan karbon aktif tertinggi terdapat pada sampel karbon yang diaktivasi dengan konsentrasi KOH 3,5 M yaitu 12,835 m^2/g . Dan nilai kapasitansi tertinggi ialah pada karbon aktif dengan aktivator KOH 3,5 M yakni sebesar 456,5 μF .

SARAN

Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan bahan biomassa lain yang memiliki senyawa karbon lebih banyak sehingga didapat karbon aktif yang lebih banyak untuk digunakan sebagai karbon aktif elektroda kapasitor. Diharapkan pada penelitian selanjutnya menggunakan aktivator lain yang dapat memperbesar luas permukaan karbon aktif sehingga didapat kapasitansi yang lebih besar

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. Huda, I. Lestari, and S. Hidayat, "PEMANFAATAN KARBON AKTIF DARI SEKAM PADI SEBAGAI ELEKTRODA SUPERKAPASIT," *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inov. Fis.*, vol. 06, no. 02, pp. 102–113, 2022.
- [2] A. Berrueta and A. Ursúa, "Supercapacitors: Electrical Characteristics, Modeling, Applications, and Future Trends," *IEEE Access*, vol. 7, no. 9, pp. 50869–50896, 2019.
- [3] K. B. Mohamed Ismail, M. Arun Kumar, R. Jayavel, M. Arivanandhan, and M. A. Mohamed Ismail, "Enhanced electrochemical performance of the $\text{MoS}_2/\text{Bi}_2\text{S}_3$ nanocomposite-based electrode material prepared by a hydrothermal method for supercapacitor applications," *RSC Adv.*, vol. 13, no. 35, pp. 24272–24285, 2023.
- [4] A. Prayogatama and T. Kurniawan, "Modifikasi Karbon Aktif dengan Aktivasi Kimia dan Fisika Menjadi Elektroda Superkapasitor," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 47–58, 2022.
- [5] W. D. Lestari, "Pengaruh Konsentrasi KOH terhadap Karbon Bulu Ayam /PvdF sebagai Elektroda Perangkat Penyimpan Energi," 2020.
- [6] D. R. Monarita A, Sylvia N, ZA Nasrul, Ibrahim I, "Optimasi Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Singkong Menggunakan Aktivator ZnCl_2 ," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 11, no. 1, pp. 46–57, 2020.
- [7] L. Maulinda, Z. Nasrul, and D. N. Sari, "Jurnal Teknologi Kimia Unimal Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 4, no. 2, pp. 11–19, 2015.
- [8] D. Y. Purwaningsih and A. Budianto, "Produksi Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Aktivasi Kimia Fisika Menggunakan Gelombang Mikro," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, pp. 663–670.
- [9] R. Hadi Santoso, B. Susilo, W. A. Nugroho, and K. Kunci, "Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) Menggunakan Activating Agent KOH Preparation and Characterization of Activated Carbon from Cassava Peel

- ◆ (Manihot esculenta Crantz) Using Activating Agent KOH,” *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 2, no. 3, pp. 279–286, 2014.
- [10] Okpatrioka, “Research And Development (R & D) Penelitian yang Inovatif dalam Pendidikan,” *J. Pendidikan, Bhs. dan Budaya*, vol. 1, no. 1, pp. 86–100, 2023.
- [11] Verayana, M. Paputungan, and H. Iyabu, “Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb),” vol. 13, pp. 67–75, 2019.
- [12] B. Viswanathan and I. N. Pulidindi, *Methods of Activation and Specific Applications of Carbon Materials*, no. March. Chennai, India: National Centre for Catalysis Research, 2009.
- [13] G. F. Agung, M. R. Hanafie, and P. Mardina, “Ekstraksi Silika Abu Sekam Padi Dengan Pelarut KOH,” *Konversi*, vol. 2, no. 1, pp. 28–31, 2013.
- [14] R. Dewi, Azhari, and N. Indra, “AKTIVASI KARBON DARI KULIT PINANG DENGAN MENGGUNAKAN AKTIVATOR KIMIA KOH,” *J. Teknol. Has. Pertan.*, vol. 2, no. 9, pp. 12–22, 2020.
- [15] F. Material *et al.*, “Analisis Energi Dispersif dan Uji Kapasitansi Karbon Aktif Sabut Pinang (Areca Catechu L) Sebagai Elektroda Kapasitor,” vol. 12, no. 1, pp. 95–100, 2023.