

SINTESIS KARBON AKTIF CANGKANG JENKOL (*Pithecellobium lobatum*) DENGAN BANTUAN ULTRASONIK SEBAGAI BAHAN PENYIMPAN ENERGI ELEKTROKIMIA

Hariati^{1,2}, Noor Hidryawati^{*1,2}, Aman Sentosa Panggabean¹

¹Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

²Laboratorium Kimia Fisik dan Anorganik

*Corresponding Author: hindryawati@gmail.com

ABSTRACT

Research on the synthesis of activated carbon from jengkol shells (*Pithecellobium lobatum*) with the help of ultrasonic waves as an electrochemical energy storage material has been done. The activated carbon from jengkol shells is characterized by surface area using blue methylene method and pore morphology with SEM (Scanning Electron Microscope) instrument. The characterization results show that the active carbon with ultrasonic wave exposure has a larger surface area of 181.3693 m²/gram than the activated carbon without exposure to ultrasonic waves of 178.0290 m²/gram. The SEM results in activated carbon with ultrasonic wave exposure indicate that the pore distribution is more evenly distributed, the number of pores more, and the pore size tends to be smaller, whereas in the activated carbon without the exposure of larger and slightly larger portions of ultrasound waves. The optimum value of capacitance on activated carbon without and with ultrasonic wave exposure of and 6.97 μF/gram and 5.21 μF/gram.

Keywords: *Active Carbon, Jengkol Shell, Ultrasonic Wave Exposure, Surface Area, Capacitance.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang di dunia yang jumlah penduduknya terus mengalami peningkatan. Peningkatan tersebut menimbulkan berbagai dampak terhadap aspek kehidupan manusia. Salah satu aspek yang cukup terpengaruh adalah penggunaan energi untuk menunjang kebutuhan hidup. Kebutuhan energi yang semakin meningkat menyebabkan terjadinya krisis energi nasional, sehingga dibutuhkan sumber energi lain yang terbarukan. Salah satu yang diperlukan untuk mengatasi hal ini adalah dengan menggunakan penyimpanan energi elektrokimia. Media penyimpanan energi adalah suatu metode atau alat untuk menyimpan beberapa bentuk energi yang bisa diambil pada suatu waktu tertentu untuk berbagai kepentingan.^[1]

Sistem penyimpan energi dapat dibuat dengan bahan karbon aktif yang memiliki luas permukaannya yang besar. Karbon dapat dibuat dari berbagai bahan baku yang mengandung karbon, salah satunya adalah cangkang jengkol. Cangkang Jengkol selama ini tergolong limbah organik yang berserakan di pasar tradisional dan tidak memberikan nilai ekonomis. Pengolahan cangkang jengkol sebagai karbon aktif adalah salah satu cara mudah untuk menambah nilai ekonomis dari limbah tersebut.^[2]

Energi elektrokimia adalah energi yang diperoleh dari proses kimia. Karbon aktif dapat dijadikan sebagai bahan penyimpan energi elektrokimia disebabkan luas permukaannya yang

besar, stabil, mudah terpolarisasi dan murah. Luas permukaan menjadi faktor penting yang menentukan kapasitas penyimpanan muatan karena besarnya nilai kapasitansi juga dipengaruhi oleh pori-pori yang terdapat pada material, jika pori-pori kecil maka luas permukaannya besar, sehingga kapasitansinya juga semakin besar.^[3]

Proses pengaktifan karbon aktif dapat dilakukan melalui proses aktivasi gas maupun aktivasi kimia sehingga pori-porinya terbuka. Karbon aktif didefinisikan sebagai bahan yang mengandung karbon dengan luas permukaan internal yang besar dan struktur berpori kompleks yang dihasilkan dari pengolahan bahan baku pada reaksi suhu tinggi. Tujuan utama dari proses aktivasi adalah menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru. Adanya interaksi antara zat pengaktifasi dengan struktur atom-atom karbon hasil karbonisasi adalah mekanisme dari proses aktivasi.^[4,7]

Salah satu metode untuk meningkatkan nilai kapasitansi spesifik karbon aktif adalah dengan menggunakan pemaparan gelombang ultrasonik. Pada metode ini akan terjadi efek kavitasi akustik yakni pembentukan gelembung, pertumbuhan gelembung, dan pemecahan gelembung sehingga semakin banyak pori yang terbentuk.^[5,6] Pada penelitian ini karbon aktif akan dibuat dari cangkang jengkol sebagai bahan penyimpan energi elektrokimia. Pada proses aktivasi karbon, digunakan

bantuan pemaparan gelombang ultrasonik untuk memperkecil ukuran pori sehingga memperluas permukaan karbon aktif dan meningkatkan nilai kapasitansi penyimpanan energi elektrokimia. Sehingga karbon aktif yang dihasilkan dapat diaplikasikan sebagai bahan penyimpan energi elektrokimia. Selanjutnya dilakukan karakterisasi yaitu karakterisasi morfologi pori dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*), karakterisasi luas permukaan dengan metode metilen biru, dan digunakan LCR-meter untuk mengetahui nilai kapasitansi penyimpanan energi elektrokimia pada karbon aktif yang telah dibuat.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah cangkang jengkol, larutan HCl 4N, aquades, larutan metilen biru 300 ppm, serbuk Polivinil Alkohol, serbuk natrosol, larutan H₂SO₄ 0,5 M, 1 M dan 1,5 M, aluminium foil, kertas pH universal dan kertas saring whatman 42. Sedangkan peralatan yang digunakan yaitu peralatan gelas, tanur, Oven, cawan porselin, pengaduk magnetik, ayakan ukuran 100 mesh, lumpang dan alu, neraca analitik, botol semprot plastik, corong kaca, *ultrasonic cleaner* (Tipe BK-3A), LCR Meter (Tipe LCR-745 Leader), pompa vakum, corong *Buchner*, thermometer dan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

Prosedur

Preparasi Sampel dan Karbonisasi

Sampel cangkang jengkol dicuci dengan air dan aquades lalu dikeringkan di bawah sinar matahari dan di dalam oven pada suhu 110 °C selama 2 jam. Cangkang jengkol yang telah bersih dan kering dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil dan dibakar dengan tanur pada suhu 350 °C selama 1 jam. Karbon yang dihasilkan lalu dihaluskan hingga berukuran 100mesh.^[1]

Aktivasi Karbon

Karbon kemudian diaktivasi menggunakan aktivator HCl 4 N. Diambil 10 gr karbon dengan 50 mL larutan HCl 4 N lalu dihomogenkan. Wadah campuran kemudian ditutup rapat dan dibiarkan selama 24 jam. Kemudian diberi perlakuan tanpa pemaparan gelombang ultrasonik dan dengan pemaparan gelombang ultrasonik pada suhu 30 °C dan waktu 60 menit. Setelah itu kedua jenis sampel disaring dan karbon yang dihasilkan dicuci dengan aquades hingga pH netral. Kemudian karbon dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C lalu

dibakar di dalam tanur pada suhu 350 °C selama 1 jam.^[1]

Karakterisasi Karbon Aktif

Karbon aktif dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk melihat morfologi pori antara karbon aktif dengan pemaparan gelombang ultrasonik dan tanpa pemaparan gelombang ultrasonik.

Penentuan Luas Permukaan dengan Metode Metilen Biru

Sebanyak 50 mL larutan metilen biru 300 ppm ditambahkan pada karbon aktif 0,3 gram ke dalam Erlenmeyer dan ditutup aluminium foil. Kemudian diaduk dengan magnetik stirrer selama 30 menit. Setelah itu, disaring dan filtratnya diukur dengan spektrofotometer *visible* pada panjang gelombang 658 nm. Hasil absorbansi digunakan untuk menentukan konsentrasi setelah adsorpsi dari kurva kalibrasi, yang selanjutnya dimasukkan kedalam rumus:

$$X_m = \frac{(C_o - C_e) \times V \text{ larutan (L)}}{\text{Massa karbon aktif (g)}}$$

Dimana:

C_o = konsentrasi awal

C_e = konsentrasi akhir

$$S = \frac{X_m \cdot N \cdot a}{M_r}$$

Keterangan:

S = luas permukaan adsorben (m²/g)

N = bilangan Avogadro (6,022.10²³ mol⁻¹)

X_m = berat adsorbat teradsorpsi (mg/g)

a = luas permukaan oleh satu molekul metilen biru (197.10⁻²⁰ m²)

M_r = massa molekul relative metilen biru (197.10⁻²⁰ m²).^[6]

Penentuan Kapasitansi Spesifik Karbon Aktif

Karbon aktif cangkang jengkol dibuat menjadi 2 kepingan elektroda yang dipisahkan oleh hidrogel elektrolit dengan menggunakan cetakan sederhana. Cetakan dibuat dari selang berdiameter 1 cm dengan tinggi 1 cm yang salah satu sisinya di tutup dengan aluminium foil. Pencetakan dilakukan dengan cara mencampurkan 2 mL H₂SO₄, 2 mL Polivinil Alkohol (PVA) 5%, dan 0,25 gram karbon, kemudian diaduk dan ditambahkan dengan natrosol, lalu campuran dituang ke dalam cetakan. Setelah 1 lapisan elektroda karbon terbentuk, selanjutnya dibuat lapisan hidrogel elektrolit dengan cara yang sama

yakni campuran antara 2 mL H₂SO₄ 1 M, 2 mL PVA 5%, dan 0,5 gram natrosol dan segera dituang di atas lapisan elektroda dalam cetakan. Setelah lapisan hidrogel elektrolit, selanjutnya dibuat lagi 1 lapisan elektroda karbon seperti pada lapisan pertama, sehingga dihasilkan kapasitor elektrokimia yang terdiri dari 2 lapisan elektroda karbon cangkang jengkol yang mengapit lapisan hidrogel elektrolit. Kapasitor yang telah dicetak kemudian dikeringkan pada suhu kamar selama 3 hari.^[3] Keping elektroda dibuat variasi konsentrasi H₂SO₄ yaitu 0,5 M, 1 M dan 1,5 M dengan ketebalan elektroda 1 : 0,5 : 1 cm. Kapasitor elektrokimia yang telah dibuat kemudian diukur kapasitas penyimpanannya menggunakan LCR meter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbonisasi

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah cangkang jengkol yang diperoleh secara acak dari pasar-pasar tradisional di Samarinda. Cangkang jengkol yang telah dicuci dan dibersihkan lalu dikarbonisasi. Karbonisasi dilakukan dengan menggunakan tanur pada suhu 350 °C selama 1 jam. Menurut Pandia dan Sitorus (2016), suhu untuk karbonisasi cangkang jengkol adalah 350 °C, jika suhu terlalu tinggi maka karbon akan berubah menjadi abu. Proses karbonisasi bertujuan untuk menghilangkan zat *volatile* yang terkandung dalam sampel. Setelah dikarbonisasi, karbon diayak dengan pengayak berukuran 100 mesh untuk memberikan luas permukaan yang besar dengan ukuran partikel yang lebih kecil dan menghomogenkan ukuran partikel karbon. Pada proses karbonisasi diperoleh hasil rendemen karbon yang ditunjukkan pada table 1

Tabel 1. Data Rendemen Karbon dari CangkangJengkol

Sampel	Berat Sampel (gram)	Berat Karbon (gram)	Rendemen Karbon (%)
Cangkang Jengkol	1896	481,27	25,38

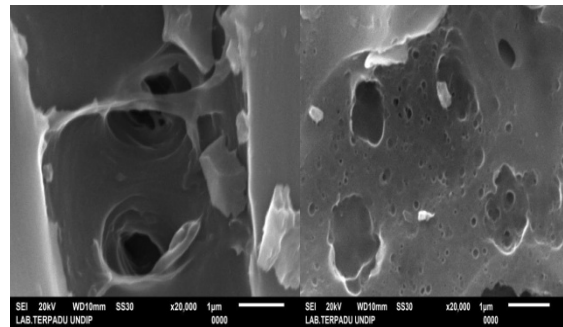
Aktivasi Karbon

Pada penelitian ini dilakukan aktivasi dengan menggunakan aktivator HCl 4 N. Zat aktivator berfungsi sebagai reagen pengaktif yang akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Proses aktivasi bertujuan untuk mengaktifkan karbon dengan mengangkat residu-residu yang menutupi permukaan pori sehingga bisa dihasilkan karbon

dengan luas permukaan yang besar.^[3] Sebagai perbandingan maka dilakukan aktivasi tanpa pemaparan gelombang ultrasonik untuk melihat perbandingan luas permukaan dan morfologi pori yang terbentuk pada karbon aktif.

Karakterisasi Karbon Aktif dari Cangkang Jengkol

Karbon aktif yang diperoleh dengan pemaparan gelombang ultrasonik dan tanpa pemaparan gelombang ultrasonik dikarakterisasi dengan menggunakan instrumen SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk melihat morfologi pori.



Gambar 1. Gambar hasil SEM karbon aktif dari cangkang jengkol, (a) tanpa pemaparan gelombang ultrasonik, (b) dengan pemaparan gelombang ultrasonik

Hasil SEM menunjukkan terdapat perbedaan yang jelas antara karbon aktif yang dipaparkan gelombang ultrasonik dan karbon aktif yang tidak dipaparkan gelombang ultrasonik. Berdasarkan gambar 4.1 menunjukkan morfologi pori dari permukaan karbonaktif, pada gambar (a) terlihat penampang permukaan memiliki ukuran pori yang lebih besar dan jumlah pori sedikit dibandingkan karbon aktif padagambar (b) yang memiliki distribusi pori lebih merata, jumlah porinya lebih banyak, dan ukuran porinya cenderung lebihkecil.

Penentuan Luas Permukaan dengan Metode Metilen Biru

Tabel 2. Data Penentuan Luas Permukaan dengan Metode Metilen Biru

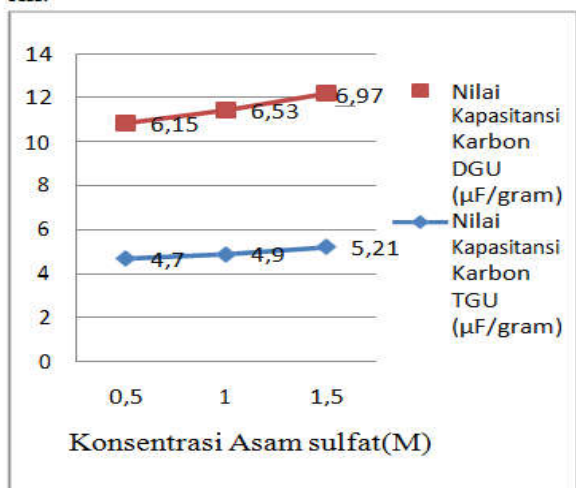
Sampel	Luas Permukaan
TGU	178,0290 m ² /gram
DGU	181,3693 m ² /gram

Keterangan:
TGU: Tanpa pemaparan gelombang ultrasonik
DGU: Dengan pemaparan gelombang ultrasonik

Pada penentuan luas permukaan dengan metode metilen biru menunjukkan bahwa karbon aktif cangkang jengkol dengan paparan gelombang ultrasonik memberikan luas permukaan yang lebih besar yaitu 181,3693 m²/gram dari pada karbon aktif cangkang jengkol tanpa paparan gelombang ultrasonik yaitu sebesar 178,0290 m²/gram, meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan yaitu hanya sebesar 3,3403 m²/gram. Hal ini membuktikan bahwa pemberian perlakuan paparan gelombang ultrasonik mempengaruhi luas permukaan karbon aktif. Karbon aktif dengan paparan gelombang ultrasonik mengalami efek kavitasi yaitu pembentukan dan pemecahan gelembung. Pemecahan gelembung inilah yang kemudian membentuk pori yang lebih banyak di dalam karbon aktif, sehingga luas permukaan dari karbon aktif yang dengan paparan gelombang ultrasonik lebih besar dibandingkan karbon aktif tanpa paparan gelombang ultrasonik.

Penentuan Nilai Kapasitansi pada Karbon Aktif dari Cangkang Jengkol

Pada penelitian ini digunakan variasi konsentrasi H₂SO₄ 0,5 M, 1 M, dan 1,5M, dengan ketebalan elektroda ukuran 1 : 0,5 : 1 cm.



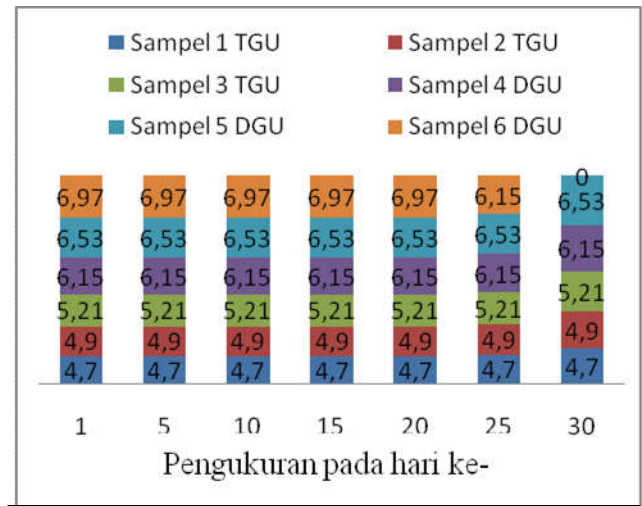
Gambar 2. Pengukuran Kapasitansi karbon aktif
Keterangan :

TGU: Tanpa paparan gelombang ultrasonik
DGU: Dengan paparan gelombang ultrasonik

Hasil pengukuran nilai kapasitansi pada karbon aktif dari cangkang jengkol menunjukkan bahwa karbon aktif cangkang jengkol yang dengan paparan gelombang ultrasonik memberikan nilai kapasitansi yang lebih besar dibandingkan pada karbon aktif tanpa paparan gelombang ultrasonik dikarenakan luas permukaan karbon yang diberi

paparan gelombang ultrasonik lebih besar akibat banyaknya pori yang terbentuk oleh efek kavitasi dari paparan gelombang ultrasonik. Menurut Wydiantoro dan Susanti(2013), luas permukaan aktif yang tinggi akan mengakibatkan semakin besar kemungkinan terjadi transfer muatan pada permukaan karbon.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran nilai kapasitansi pada hari ke 1, 5, 10, 15, 25 hingga 30 yang dapat dilihat pada gambar 3



Keterangan:

TGU : Tanpa paparan gelombang ultrasonik
DGU: Dengan paparan gelombang ultrasonik

Sampel 1 TGU : [H₂SO₄] 0,5 M

Sampel 2 TGU : [H₂SO₄] 1 M

Sampel 3 TGU : [H₂SO₄] 1,5 M

Sampel 4 DGU : [H₂SO₄] 0,5 M

Sampel 5 DGU : [H₂SO₄] 1 M

Sampel 6 DGU : [H₂SO₄] 1,5 M

Pengukuran kapasitansi pada karbon aktif dilakukan pada hari ke 1, 5, 10, 15, 20, 25 dan 30. Dari gambar 3 menunjukkan bahwa kemampuan karbon aktif pada variasi konsentrasi H₂SO₄ 0,5 M dan 1 M pada hari ke 1-30 tetap stabil, sedangkan pada konsentrasi H₂SO₄ 1,5 M pada hari ke 25 mengalami penurunan nilai kapasitansi penyimpanan energi elektrokimia. Ini kemungkinan akibat kontak yang tidak baik antara elektroda karbon dan hidrogel, sehingga nilai kapasitansi menurun. Sedangkan pada hari ke 30 sampel sudah rusak dan tidak dapat diukur kapasitansi. Pembuatan elektroda dengan konsentrasi H₂SO₄ 1,5 M dapat menghasilkan nilai kapasitansi yang tinggi, tetapi memiliki waktu penyimpanan hanya sebentar. Nilai kapasitansi akan menurun dengan bertambahnya waktu yang kemudian elektroda akan meleleh atau rusak sehingga tidak dapat digunakan dan diukur nilai kapasitansinya.

Menurut Barmawi (2011), Penggunaan H_2SO_4 sebagai sumber elektrolit dengan tingkat keasaman yang kuat dapat menyebabkan kerusakan pada elektroda karena banyaknya ion yang menghasilkan muatan ganda yang menyebabkan kontak yang tidak baik antara elektroda dengan hidrogel.

KESIMPULAN

1. Luas permukaan yang terbentuk pada karbon aktif dari cangkang jengkol dengan pemaparan gelombang ultrasonik adalah $181,3693 \text{ m}^2/\text{gram}$ dan tanpa pemaparan gelombang ultrasonik adalah $178,0290 \text{ m}^2/\text{gram}$.
2. Nilai kapasitas penyimpanan energi elektrokimia pada karbon aktif dari cangkang jengkol pada konsentrasi H_2SO_4 0,5 M, 1 M dan 1,5 M dengan pemaparan gelombang ultrasonik adalah $6,15 \mu\text{F}/\text{gram}$, $6,53 \mu\text{F}/\text{gram}$, $6,97 \mu\text{F}/\text{gram}$ dan pada karbon aktif dari cangkang jengkol tanpa pemaparan gelombang ultrasonik adalah $4,70 \mu\text{F}/\text{gram}$, $4,90 \mu\text{F}/\text{gram}$, $5,21 \mu\text{F}/\text{gram}$.
3. Kondisi optimum pada pembuatan keping elektroda adalah pada Konsentrasi H_2SO_4 1 M dan dengan ketebalan elektroda 1 : 0,5 : 1cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Labanni, A., Zakir, M dan Maming. 2015. *Sintesis dan Karakterisasi Karbon Nanopori Ampas Tebu (Saccharum officinarum) dengan Aktivator $ZnCl_2$ melalui Iradiasi Ultrasonik sebagai Bahan Penyimpan Energi Elektrokimia.*Jurnal; Jurusan Kimia, Universitas Hasanuddin.Makassar.
- [2]. Barmawi, I., Taer, E dan Umar, A. A. 2011. *Efek Penumbuhan Nanopartikel Platinum pada Elektroda Karbon Terhadap Prestasi Superkapasitor.*Jurnal; Fisika Himpunan, Fisika Indonesia Vol.11 (1) p.1-5(2011).
- [3]. Rosi, M., Iskandar, F., Abdullah, M dan Khairurrijal. 2013. *Sintesis Nanopori Karbon dengan Variasi Jumlah NaOH dan Aplikasinya sebagai Superkapasitor.*Prosiding Seminar Nasional Material 2013,Bandung.
- [4]. Triyana, M dan Sarma, T. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya).*Jurnal; Jurusan Teknik Industri, Universitas Sumatra Utara.
- [5]. Suslick, K. S dan Price, G.J. 1996. *Application of Ultrasound to Materials Chemistry.*Annu. Rev. Mater. Sci., **29**, 295-326.
- [6]. Alif, A., Zakir, M dan Maming. 2015. *Sintesis dan Karakterisasi Karbon Nanopori Ampas Tebu (Saccharum officinarum) dengan Aktivator NaOH melalui Iradiasi Ultrasonik sebagai Bahan Penyimpan Energi Elektrokimia.* Jurnal; Jurusan Kimia, Universitas Hasanudin. Makassar.
- [7]. Pandia, S dan Sitorus, R. 2016. *Pemanfaatan Kulit Jengkol Sebagai Adsorben Dalam Penyerapan Logam Pb (II) pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam.*Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 5, No. 4 (Desember 2016).
- [8]. Wydiantoro, A.T.T., dan Susanti, D. 2013, *Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi Terhadap Sifat Kapasitif Kapasitor Elektrokimia Tungsten Oksida (WO_3) Hasil Sintesis Sol Gel,*Jurnal Teknik POMITS, **2 (1)**; 3.