

PEMANFAATAN ARANG AKTIF ECENG GONDOK UNTUK MATERIAL ELEKTRODA SUPERKAPASITOR

LOLA OKTALITA NISA PUTRI, OTONG NURHILAL *

*Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor 45363*

**email : otong.nurhilal@phys.unpad.ac.id*

Abstrak. Arang aktif dari eceng gondok telah dikarakterisasi untuk elektroda superkapasitor. Proses aktivasi dilakukan dengan $ZnCl_2$ 30% dengan perbandingan massa serbuk eceng gondok dengan $ZnCl_2$ 1:3 dan proses karbonisasi eceng gondok dilakukan pada suhu $800^\circ C$ selama 1 jam. Arang aktif selanjutnya dibuat elektroda dan dilakukan uji elektrokimia dengan elektrolit H_2SO_4 dengan variasi konsentrasi 1M, 2M dan 3M. Arang aktif yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX); *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Four Point Probe* (FPP) untuk menentukan nilai konduktivitas, sedangkan kinerja dari elektroda superkapasitor dikarakterisasi menggunakan *Cyclic Voltammetry* untuk menentukan nilai kapasitansi. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa komposisi arang aktif eceng gondok dengan persentase massa karbon 48,22% dengan persentase atomik yaitu 73,24% dengan permukaan sampel heterogen, memiliki struktur atom berbentuk amorf dan derajat kristalinitas arang aktif eceng gondok sebesar 15,93% serta nilai konduktivitas sebesar 4,59 S/m. Nilai kapasitansi yang didapatkan berdasarkan variasi elektrolit H_2SO_4 1M, 2M dan 3M yaitu 8,85 F/g, 12,80 F/g dan 15,98 F/g. Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasi elektrolit H_2SO_4 yang diberikan maka nilai kapasitansi superkapasitor yang dihasilkan juga semakin besar.

Kata kunci: arang aktif, eceng gondok, elektrolit, elektroda superkapasitor

Abstract. Activated charcoal from water hyacinth has been characterized for supercapacitor electrode. The activation process with $ZnCl_2$ 30% with a ratio of water hyacinth powder with $ZnCl_2$ 1:3 and process of hyacinth carbonization was carried out at $800^\circ C$ for 1 hour. Activated charcoal is then electrode and soaked with electrolytes H_2SO_4 with variations in concentrations of 1M, 2M and 3M. The resulting Activated charcoal is characterized using *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX); *X-Ray Diffraction* (XRD), and *Four Point Probe* (FPP) to determine conductivity values, while performance from supercapacitor electrodes is characterized using *Cyclic Voltammetry* to determine capacitance values. The results of the characterization showed that the composition of the activated charcoal from water hyacinth is 48.22% mass and 73.24% atomic carbon with a heterogeneous sample surface, has an amorphous atomic structure and degree crystallinity of activated charcoal from water hyacinth 15.93% and conductivity value of 4.59 S /m. Capacitance value obtained based on electrolyte variations H_2SO_4 1M, 2M and 3M values of 8.85 F/g, respectively, 12.80 F/g and 15.98 F/g. This proves that the higher the concentration of electrolytes H_2SO_4 given, the value of the supercapacitor capacitance produced is also greater.

Keywords: activated charcoal, water hyacinth, electrolytes, supercapacitor electrodes

1. Pendahuluan

Penyediaan energi di masa depan khususnya energi listrik merupakan faktor yang sangat penting dalam mendorong pembangunan, tetapi juga menjadi suatu

permasalahan yang senantiasa menjadi perhatian semua bangsa karena bagaimanapun juga kesejahteraan manusia dalam kehidupan modern sangat terkait dengan jumlah dan mutu energi yang dimanfaatkan. Menurut La Ode Muhammad pemakaian energi listrik selama kurun waktu tahun 2000 sampai dengan tahun 2025 diperkirakan meningkat rata-rata 7,1% per tahun [1]. Matahari dan angin adalah salah satu sumber energi terbarukan untuk menghasilkan energi listrik, akan tetapi efektivitas penggunaannya membutuhkan penyimpanan energi listrik yang efisien. Pengembangan dalam sistem penyimpanan energi listrik sangat penting untuk penyamarataan efektivitas alami siklus sumber-sumber energi.

Jika dibandingkan dengan baterai, superkapasitor adalah teknologi yang sangat menarik perhatian dan menjanjikan di dunia karena memiliki banyak keunggulan dan manfaat dalam teknologi penyimpanan energi listrik. Keunggulan superkapasitor adalah memiliki *power density* yang besar jika dibandingkan dengan penyimpanan *electrochemical* lainnya. Superkapasitor memiliki nilai kapasitansi yang sangat tinggi, sampai dengan ribuan Farad. Selain itu, superkapasitor memiliki *lifetime* yang lebih lama sehingga superkapasitor memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan menjadi piranti penyimpanan energi.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas superkapasitor adalah sifat bahan elektroda. Bahan elektroda yang umum digunakan pada superkapasitor adalah grafit, graphane, *carbon nanotube* (CNT) karbon aerogel, nanokomposit, nanotube, logam oksida, dan polimer konduktif. Namun kelangkaan dan mahalnya bahan tersebut menjadi faktor kendala dalam pembuatannya [2].

Oleh karena itu, diperlukan pengembangan bahan elektroda dengan teknik sederhana, biaya yang murah dan ramah lingkungan. Arang aktif adalah salah satu jenis bahan untuk elektroda yang memiliki permukaan spesifik yang tinggi, ketahanan kimia, konduktivitas listrik yang baik dan harga yang terjangkau [3]. Selain itu, arang aktif bisa dibuat dari bahan biomassa yang ketersediaannya melimpah di alam. Berbagai jenis biomassa telah dibuat sebagai bahan elektroda superkapasitor seperti tempurung kelapa, kemiri dan eceng gondok.

Secara umum, bahan baku dengan kadar karbon tinggi (kadar selulosa dan lignin) cenderung akan menghasilkan arang aktif yang berkualitas tinggi [4]. Eceng gondok adalah tumbuhan air yang mengandung selulosa 30,5% hemiselulosa 20,8% dan lignin 21,3% sehingga berpotensi untuk pembuatan arang aktif. Eceng gondok tumbuh liar di ekosistem air dan hal ini merugikan karena dapat menghambat pertumbuhan ikan, masalah pada irigasi, dan menyebabkan ekosistem rusak. Agar eceng gondok ini tidak menjadi gulma, maka dapat dimanfaatkan dengan menggunakannya sebagai bahan dasar arang aktif. Selain itu laju pertumbuhan eceng gondok sangat tinggi (100 ton/tahun/hektar) dibandingkan dengan sumber biomassa yang lain [5]. Hal ini menandakan ketersediaan eceng gondok yang sangat berlimpah sehingga eceng gondok merupakan bahan baku yang sangat potensial apabila diolah menjadi elektroda untuk superkapasitor.

Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan sintesis arang aktif eceng gondok yang dilanjutkan dengan pembuatan elektroda arang aktif eceng gondok. Dengan menggunakan elektrolit H_2SO_4 dengan memvariasikan konsentrasi elektrolit.

2. Metode Penelitian

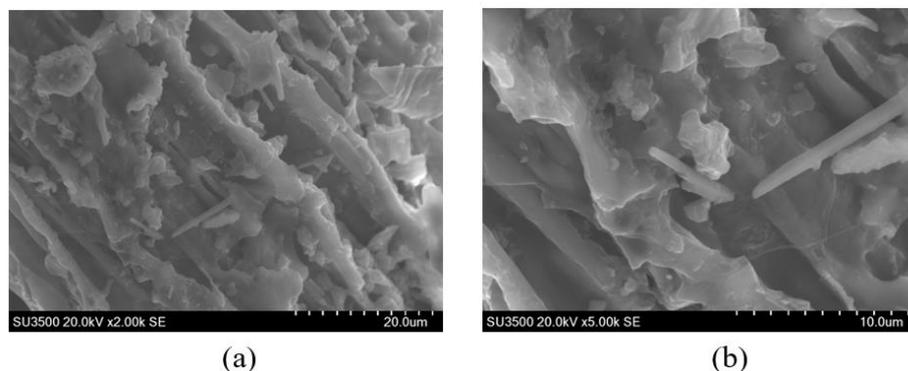
Objek pada penelitian ini adalah arang aktif berbahan dasar eceng gondok dan elektroda berbahan arang aktif eceng gondok. Data yang dicari pada penelitian ini

berupa data-data primer yang berhubungan dengan hasil pengukuran dan pengolahan data. Bahan baku pada penelitian ini adalah eceng gondok. Sebelum dibuat menjadi arang, eceng gondok ini dicuci hingga bersih lalu melalui proses dehidrasi di bawah matahari selama 24 jam dan di oven pada suhu 100°C selama 24 jam. Proses dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan air pada bahan baku. Setelah bahan baku kering, eceng gondok di potong kecil-kecil dan diblender sampai menjadi serbuk. Kemudian diimpregnasi dalam aktivator ZnCl_2 30% dengan rasio perbandingan antara serbuk eceng gondok dan aktivator 1 : 3. Proses aktivasi ini bertujuan untuk mendekomposisi senyawa atau unsur non karbon, sehingga didapatkan unsur karbon murni dengan luas permukaan yang besar. Lalu dilanjutkan dengan proses karbonisasi dengan menggunakan *furnace*. Proses karbonisasi pada suhu 800°C selama satu jam. Proses karbonisasi ini bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen (H), oksigen (O), dll. Setelah proses karbonisasi arang dihaluskan menggunakan mortar. Selanjutnya dilakukan pencucian arang dengan aquades sampai pH netral, lalu arang di oven 100°C selama 4 jam.

Sampel arang aktif yang telah kering kemudian dihaluskan kembali menggunakan mortar dan ditimbang. Karakterisasi karbon dengan metode SEM EDS, XRD, dan FPP. Selanjutnya, arang aktif di *deposisi spraying* pada permukaan *cu foil* digunakan sebagai elektroda superkapasitor dan dikarakterisasi dengan teknik *Cyclic Voltammetry*. Selanjutnya dilakukan pengolahan analisis data terhadap parameter pengukuran, serta menyusun kesimpulan dan penelitian yang telah dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada sampel belum terlihat jelas adanya pori yang terbuka jelas. Permukaan morfologi sangat mempengaruhi difusi ion kedalam elektroda yang pada akhirnya menentukan besarnya kemampuan penyimpanan energi [13]. Kandungan unsur senyawa yang terdapat dalam arang aktif eceng gondok oleh hasil EDS ditunjukkan oleh Tabel 1. Hasil pengujian morfologi dari arang aktif eceng gondok ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. (a) Morfologi arang aktif perbesaran 2000x skala $20\ \mu\text{m}$ (b) Morfologarang aktif perbesaran 5000x skala $10\ \mu\text{m}$

Tabel 1. Kandungan unsur dan senyawa arang aktif

Unsur	Jumlah(%)	Atomic(%)
C	48,22	73,24
O	8,50	9,70
Mg	0,20	0,15
Si	0,10	0,07
Cl	14,75	7,59
K	7,13	3,33
Ni	1,50	0,47
Zn	19,60	5,47
Total	100	100

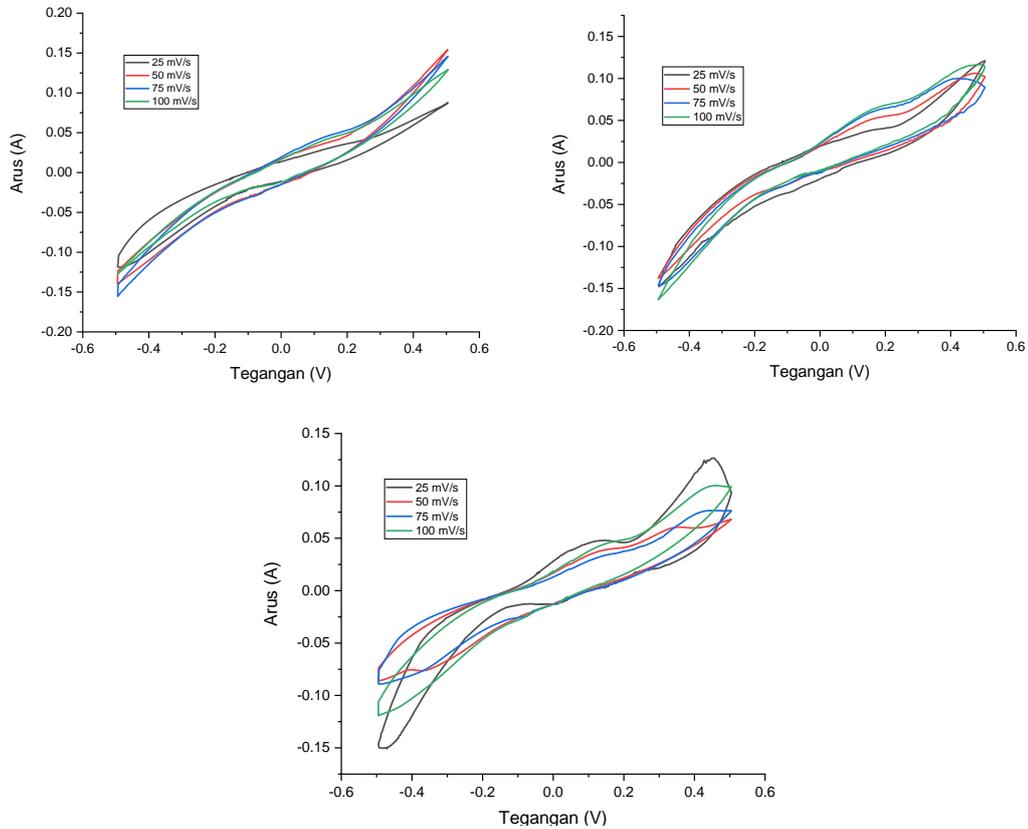
Berdasarkan Tabel 1 bahwa komposisi kimia yang paling dominan pada arang aktif eceng gondok adalah unsur karbon (C) sebanyak 48,22% dengan persentase atomic yaitu 73,24%. Komposisi unsur C dengan persentase massa paling tinggi menandakan aktivator $ZnCl_2$ dan karbonisasi mendegradasi dengan baik. Semakin banyak unsur karbon yang terkandung maka semakin banyak muatan yang akan tersimpan, karena yang berperan menyimpan muatan dalam superkapasitor adalah karbon. Sebanyak 8,50% persentase massa dengan persentase atomic 9,70% unsur oksigen juga ditemukan dalam sampel arang aktif eceng gondok. Unsur oksigen yang terdapat pada arang aktif ini adalah unsur oksigen yang berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat proses karbonisasi. Unsur klorida dengan persentase massa 14,75% dengan persentase atomic 7,59% dan persentase massa Zinc 19,60% dengan persentase atomic 5,47% yang terdapat pada arang aktif eceng gondok berasal dari unsur penyusun aktivator. Terdapat pula kandungan Kalium dengan persentase massa 7,13% dan 3,3% persentase atomic karena kandungan unsur pada bahan dasar yang digunakan yaitu eceng gondok. Lalu terdapat unsur Silikon dengan persentase massa 0,10% dan persentase atomic 0,07%, mangan dengan persentase massa 0,20% dan persentase atomic 0,15% dan juga nikel dengan persentase massa 1,50% dengan persentase atomic 0,47% ini kemungkinan berasal dari mineral-mineral yang terkandung dalam bahan dasar yang digunakan, karena biomassa bahan organik tidak seutuhnya murni, ada bahan yang menempel atau terbawa kedalam sampel.

Penentuan nilai konduktivitas listrik dilakukan menggunakan metode *four point probe* (FPP). Cara kerja dari FPP adalah dengan memberikan *input* berupa variasi nilai arus, lalu didapatkan *output* berupa nilai tegangan yang terukur pada multimeter. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai konduktivitas sampel sebesar 4,59 S/m. Suatu bahan yang nilai konduktivitasnya pada kisaran 10^{-6} sampai 10^2 S/cm digolongkan sebagai bahan yang bersifat semikonduktor. Nilai konduktivitas arang aktif eceng gondok ini terletak pada daerah nilai konduktivitas listrik yang dimiliki oleh material semikonduktor. Nilai konduktivitas arang aktif yang dihasilkan cukup baik untuk digunakan dalam perangkat elektronik seperti elektroda.

Selanjutnya adalah pengukuran *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk mengetahui nilai kapasitansi. Nilai tersebut didapatkan dari model sel superkapasitor dengan elektroda arang aktif eceng gondok. Pengukuran ini dilakukan dengan MIT BST8-Stat di Finder. Nilai tegangan yang digunakan dalam pengukuran CV adalah -0,5 sampai 0,5 V., Variasi nilai *scan rate* yang digunakan 25 mV/s, 50 mV/s, 75 mV/s

dan 100 mV/s. Hal ini dilakukan agar mengetahui bentuk kurva CV dan stabilitas elektroda.

Gambar 3 menunjukkan kurva voltammogram dalam menentukan nilai kapasitansi spesifik dari elektroda superkapasitor berbahan dasar arang aktif eceng gondok.



Gambar 3. Kurva hasil Uji CV kurva elektroda arang aktif eceng gondok dengan elektrolit H_2SO_4 (a) Variasi 1M (b) Variasi 2M dan (c) Variasi 3M

Dari Tabel 3 dapat dilihat hasil uji kapasitansi, bahwa nilai kapasitansi tertinggi yang didapatkan pada pemberian konsentrasi H_2SO_4 3 M yaitu 15,9 F/g. Hasil ini dikatakan baik dibandingkan dengan nilai kapasitansi yang dihasilkan elektroda Buah Kakao dengan aktivator $ZnCl_2$ dengan menggunakan elektrolit sama yaitu H_2SO_4 yang hanya menghasilkan kapasitansi sebesar 3,766 $\mu F/g$.

Dari hasil penelitian dapat dibuktikan bahwa konsentrasi elektrolit mempengaruhi kapasitansi spesifik superkapasitor. Selain itu, kapasitansi spesifik yang diperoleh berbanding terbalik terhadap perubahan *scan rate*. Semakin besar *scan rate*, kapasitansi spesifik yang diperoleh semakin kecil. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ketika *scan rate* diperbesar, waktu pencuplikan data pada CV semakin cepat sehingga akumulasi ion-ion elektrolit yang melekat pada permukaan elektroda menjadi lebih sedikit. Begitupun sebaliknya, ketika *scan rate* diperkecil, waktu pencuplikan data pada CV semakin lambat sehingga akumulasi ion-ion yang melekat ada permukaan elektroda menjadi lebih banyak. Data yang dihasilkan dari pengukuran CV dicantumkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai Kapasitansi Elektroda Superkapsitor

Konsentrasi Elektrolit H ₂ SO ₄	Scan Rate (mV/s)	Massa (g)	Kapasitansi Spesifik (F/g)
1M	25	0,05	8,85314
	50		4,20769
	75		3,05748
	100		1,60286
2M	25	0,05	12,80745
	50		5,73190
	75		4,41939
	100		3,06040
3M	25	0,05	15,98885
	50		5,70002
	75		3,84451
	100		3,20568

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa suhu karbonisasi dan aktivator berpengaruh pada sifat karakteristik arang aktif. Arang aktif eceng gondok memiliki karakteristik morfologi permukaan yang heterogen dengan komponen kimia tertingginya adalah karbon (C) dengan persentase massa 48,22 % dan persentase atomic 73,24%. Konduktivitas arang aktif yang dihasilkan sudah cukup baik untuk dijadikan elektroda superkapsitor yaitu sebesar 4,59 S/m. Elektroda superkapsitor dari arang aktif eceng gondok yang direndam dengan elektrolit H₂SO₄ 3 M memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan elektroda yang direndam dengan elektrolit H₂SO₄ 1 M dan 2 M. Dimana terjadi peningkatan nilai kapasitansi yaitu sebesar 15,98 F/g pada konsentrasi 3 M.

Daftar Pustaka

1. W. L. O. M. A, "Sensitivitas Analisis Potensi Produksi Pembangkit Listrik Renewable Untuk Penyediaan Listrik Indonesia. Pus. Pengkaj. dan Penerapan Teknol. Konversi dan Konserv. Energi BPPT Jakarta, pp. 13–22, 2005.
2. A. H. H, O. Tetra, A. A, S. S, and P. Y.A, "Performance Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Elektroda Superkapsitor," *Zarah*, vol. 5(2), no. 25, pp. 1–6, 2017.
3. H. Aripin, L. Lestari, D. Ismail, and S. Sabchevski, "Sago waste based activated carbon film as an electrode material for electric double layer capacitor," *Open Mater. Sci. J.*, vol. 4, pp. 117–124, 2010.
4. P. R, Sudrajat, & Gustan, "Arang Aktif: Teknologi Pengolahan dan Masa Depan nya.," Badan Penelit. dan Pengemb. Kehutan. (pertama). Bogor Badan Penelit. dan Pengemb. Kehutanan., 2011
5. C. C. Gunnarsson and C. M. Petersen, "Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: A literature review," *Waste Manag.*, vol. 27, no. 1, pp. 117–129, 2007.