

Studi Awal Pemanfaatan Purun Tikus Sebagai Elektroda Superkapasitor Menggunakan Aktivasi Uap Air

The Preliminary Study of Utilization of Water Chestnut as Supercapacitor Electrode Using Steam Activation

Zulkifli*, Awitdrus dan Erman Taer

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

Received: November, 2017, Accepted December, 2017

Purun tikus (*eleocharis dulcis*) merupakan tumbuhan gulma yang bersifat polutan di perairan tawar. Efek pertumbuhan purun tikus yang cepat menyebabkan pendangkalan perairan, gangguan sistem irigasi dan pengurangan oksigen bawah air. Salah satu upaya pemanfaatan purun tikus yang bernilai tambah tinggi adalah purun tikus sebagai elektroda karbon superkapasitor. Karbon aktif berasaskan purun tikus dibuat dengan metode dua langkah secara simultan yaitu karbonisasi pada suhu 600°C dalam lingkungan nitrogen dan aktivasi fisika menggunakan uap air pada suhu 900°C selama 1 jam. Densitas karbon aktif menurun dari 0,85 menjadi 0,78 gr/cm³ setelah diaktivasi. Sifat elektrokimia elektroda karbon diukur dengan metode siklus voltametri. Kapasitansi spesifik elektroda karbon masing-masing 58, 33 dan 23 F/g pada laju imbasan 1, 2 dan 5 mV/s. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa purun tikus dapat dijadikan elektroda superkapasitor dan menjadi solusi untuk mengurangi kerusakan ekosistem perairan tawar.

Water chestnut are polluted weed plant in fresh water. The effect of rapid growth of water chestnut causes siltation of water, irrigation system disturbance and reduction of oxygen underwater. One of the effort of the value added utilization of water chestnut is as carbon electrode for supercapacitor application. Water chestnut based activated carbon is prepared by a two-step method simultaneously i.e. carbonization at 600°C in a nitrogen atmospheric and physical activation using steam at 900 °C for a hour. The density of activated carbon after activation is decreased from 0,85 to 0,78 gr/cm³. The electrochemical properties of the carbon electrode are measured using cyclic voltammetry method. The specific capacitance of carbon electrode are 59, 33 and 23 F/g at the scan rate of 1, 2 and 5 mV/s, respectively. The result of this study are indicated that water chestnut suitable for supercapacitor electrode and become a solution to reduce the freshwater ecosystem damage.

Keywords: Purun tikus, superkapasitor, siklus voltametri, kapasitansi spesifik, perairan

PENDAHULUAN

Pencemaran sungai dewasa ini banyak disebabkan oleh sampah, limbah buangan pabrik dan tumbuhan gulma (Erari dkk, 2012). Pemerintah telah membuat tempat daur ulang sampah dan menerbitkan peraturan tentang batas ambang pencemaran. Pencemaran sungai dapat juga diakibatkan oleh tumbuhan gulma diantaranya pendangkalan perairan, berkurangnya oksigen dalam air dan rusaknya biota sungai. Salah satu tumbuhan gulma perairan diantaranya yaitu rumput purun tikus (PT). Pertumbuhan yang cepat dari rumput ini menyebabkan perlu adanya upaya pengontrolan distribusinya. Usaha pengontrolan yang saat ini baru

dilakukan yaitu penebasan. PT telah dikembangkan menjadi bahan tepat guna yaitu biofilter, penyerap logam berat dan kerajinan masyarakat (Asikin dkk, 2012). Pengembangan lain dari PT ini yaitu sebagai bahan asal karbon aktif dan diaplikasikan sebagai elektroda superkapasitor. Supercapasitor merupakan piranti penyimpan energi yang memiliki rapat energi dan daya yang tinggi (Arepalli et al, 2005). Elektroda superkapasitor saat ini telah dikembangkan dari tumbuhan air diantaranya yaitu *cattail* (Yu et al, 2016), *water hyacinth* (Kurniawan et al, 2014) dan *lotus seepod* (Liu et al, 2016). Pada penelitian ini akan mengkaji studi awal pemanfaatan rumput PT sebagai elektroda superkapasitor.

METODOLOGI

Pengaktifan elektroda karbon menggunakan uap air pada suhu 900°C dengan waktu aktivasi satu jam. Aktivasi uap air memiliki keunggulan yaitu menghasilkan ukuran pori yang besar, distribusi mesopori yang lebih banyak dan jelas (Feng et al, 2015). Suhu aktivasi yang tinggi sebesar 900°C menyebabkan reaksi antara C dan H₂O berlangsung cepat yang membuat perbesaran pori lebih tinggi dari pembentukan pori baru (Ionnidou dan Zabaniotu, 2007). Perbesaran pori menghasilkan mesopori yang berdampak pada peningkatan energi dan daya spesifik sel superkapasitor. Performansi dari sel superkapasitor pada penelitian ini diuji dengan metode siklis voltammetri. Pengukuran densitas juga dilakukan untuk memperkuat analisa hasil karakterisasi sel superkapasitor dari elektroda karbon PT. Densitas yang diukur yaitu sebelum dan setelah proses karbonisasi aktivasi. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Pembuatan elektroda karbon superkapasitor dimulai dari pengambilan rumput PT di daerah Enok, Indragiri Hilir, Riau (Gambar 1(a)). Langkah

selanjutnya yaitu pemotongan, penjemuran sinar matahari dan pengeringan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2 hari (Gambar 1(b)). Setelah dikeringkan maka dilakukan pra-karbonisasi pada suhu 250°C selama 2,5 jam. Proses selanjutnya yaitu penggilingan mortal, penghalusan menggunakan *ball milling* selama 20 jam, pengayakan dan pencetakan elektroda dengan gaya tekan 8 ton (Gambar 1(c)). Elektroda karbon aktif selanjutnya dikarbonisasi dan aktivasi secara terintegrasi. Proses karbonisasi dilakukan dalam aliran gas N₂ pada suhu 600°C. Proses ini kemudian dilanjutkan dengan aktivasi menggunakan uap air pada suhu 900 °C. Waktu tahan aktivasi uap air yang dipakai dalam penelitian ini selama satu jam. Elektroda karbon aktif kemudian dipoles dengan ketebalan 0,3 mm dengan massa yang terukur sebesar 0,0325 g. Sifat fisis berupa massa, diameter, tebal dan densitas elektroda karbon aktif PT telah diteliti dan dianalisa. Elektroda karbon aktif selanjutnya dirakit dalam bentuk sel superkapasitor seperti yang telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya (Taer dkk, 2015).



Gambar 1 Proses pembuatan elektroda karbon superkapasitor dari rumput PT dan pengukuran siklis voltammetri, (a) PT, (b) PT setelah dikeringkan, (c) PT terpra-karbonisasi, (d) Pelet karbon PT (e) sel superkapasitor, (f) siklis voltammetri

Karakterisasi sel superkapasitor dilakukan dengan sistem 2 elektroda (Gambar 1(e) dengan menggunakan metode siklis voltammetri. Pengujian siklis voltammetri dilakukan pada jendela potensial 0 – 0,5 V dengan laju imbasan 1, 2 dan 5 mV/s (Gambar 1(f). Hasil pengujian siklis voltammetri dapat menentukan nilai kapasitansi spesifik (C_{sp} , F/g) sel superkapasitor. C_{sp} sel superkapasitor dihitung dengan menggunakan Pers. (1) (Taer et al, 2017).

$$: C_{sp} = \frac{I_c - I_d}{s \times m} \quad (1)$$

dimana I_c adalah arus *charge* (A), I_d adalah arus *discharge* (A), s adalah laju imbasan (V/s) dan m adalah massa elektroda (g).

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian yang diperoleh berupa densitas dan kapasitansi spesifik superkapasitor dari PT. Persentase pengurangan dimensi (diameter, tebal) dan densitas elektroda karbon PT pada proses sebelum dan setelah karbonisasi aktivasi ditunjukkan pada Tabel 1.

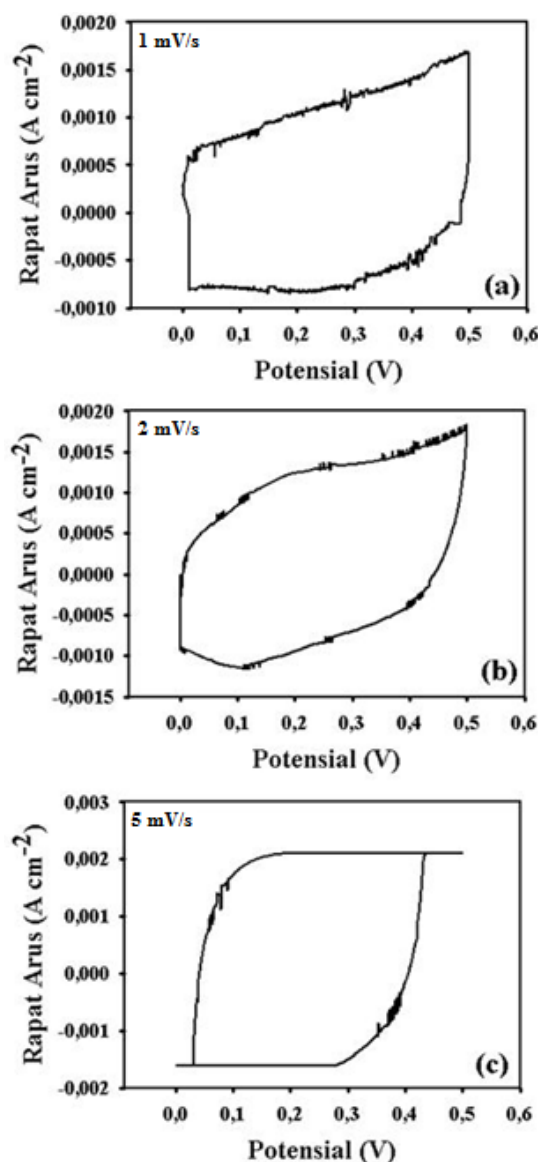
Tabel 1 Persentase pengurangan dimensi dan densitas elektroda karbon sebelum dan setelah karbonisasi aktivasi

No	Massa (g)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	Densitas (g/cm^3)
1	0,72	1,95	0,28	0,85
2	0,29	1,59	0,22	0,78

Catatan: 1 sebelum proses karbonisasi aktivasi
2 setelah proses karbonisasi aktivasi

Persentase pengurangan tertinggi terdapat pada massa elektroda sebesar 43%. Hal ini disebabkan terputusnya ikatan senyawa lain terhadap rantai karbon. Dimensi elektroda (diameter dan tebal) juga mengalami pengurangan tetapi persentasenya lebih kecil dibandingkan pengurangan massa. Persentase pengurangan diameter dan tebal elektroda masing-masing sebesar 36 dan 6%. Pengurangan ini disebabkan oleh penyusunan kembali rantai karbon selama proses karbonisasi dan aktivasi. Pengurangan massa dan dimensi selama proses karbonisasi dan aktivasi menyebabkan pengurangan densitas. Pengurangan densitas yang terjadi sebesar 7% yang mengindikasikan keberadaan porositas pada elektroda karbon. Densitas berbanding terbalik dengan porositas, semakin rendah densitas maka porositas yang dihasilkan semakin tinggi. Porositas

yang tinggi mengindikasikan banyaknya pori-pori karbon yang terbentuk pada elektroda karbon. Semakin banyak pori maka akan semakin banyak pasangan muatan yang terjadi. Pasangan muatan tersebut membentuk kapasitor-kapasitor mini yang dapat meningkatkan nilai C_{sp} total dari superkapasitor. Grafik SV sel superkapasitor yang menggunakan elektroda karbon PT ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Kurva SV elektroda karbon superkapasitor dengan laju imbasan (a) 1 mV/s (b) 2 mV/s dan (c) 5 mV/s.

Secara umum grafik siklis voltammetri yang dihasilkan pada Gambar 2 berbentuk histeresis, ini merupakan bentuk standar siklis voltammetri elektroda karbon untuk bahan berbasis biomassa (Taer et al, 2017). C_{sp} sel superkapasitor dengan variasi laju imbasan dihitung menggunakan Pers.

(1). Besarnya arus I_c - I_d dan hasil perhitungan C_{sp} superkapasitor ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan tabel ditunjukkan bahwa C_{sp} menurun seiring dengan peningkatan laju imbasan. Hasil yang sama juga diperoleh pada elektroda superkapasitor dari kayu karet (Taer dkk, 2016). C_{sp} yang diperoleh berturut-turut yaitu 58, 33 dan 23 F/g untuk laju imbasan 1, 2 dan 5 mV/s.

Tabel 2 Hasil siklus voltammetri superkapasitor

Laju imbasan (V/s)	I_c (A)	I_d (A)	C_{sp} (F/g)
0,001	0,001086	-0,000804	58
0,002	0,001391	-0,000936	33
0,005	0,002105	-0,001614	23

Gambar 2(a) menampilkan grafik berbentuk *rectangular*. Gambar 2(a) dengan laju imbasan 1 mV/s memiliki C_{sp} tertinggi dibandingkan laju imbasan lainnya. Hal ini dapat dipahami karena pada laju imbasan rendah ion dengan mudah berdifusi sampai pori mikro sehingga C_{sp} menjadi lebih tinggi. Gambar 2(b) menampilkan grafik menyerupai daun. Laju imbasan 2 mV/s menghasilkan lebar arus I_c - I_d yang lebih besar tetapi C_{sp} yang lebih kecil bila dibandingkan dengan laju imbasan 1 mV/s. Gambar 2(c) menghasilkan grafik menyerupai persegi. Gambar 2(c) menghasilkan lebar arus I_c - I_d terbesar tetapi memiliki C_{sp} terkecil dibandingkan dengan Gambar 2(a) dan 2(b). Hal ini disebabkan pada laju imbasan tinggi, ion hanya melekat pada permukaan (tidak sampai pada pori mikro) yang menyebabkan penurunan nilai C_{sp} .

KESIMPULAN

Studi awal pembuatan elektroda superkapasitor dari rumput purun tikus telah berhasil dilakukan. Elektroda superkapasitor dibuat dalam bentuk pelet dengan ketebalan 0,3 mm. Hasil pengukuran dimensi elektroda didapatkan persentase pengurangan densitas sebelum dan setelah proses karbonisasi aktivasi sebesar 7%. Kapasitansi spesifik sel superkapasitor yang diperoleh sebesar 59 F/g untuk laju imbasan 1 mV/s. Hasil penelitian ini menunjukkan rumput purun tikus berpotensi untuk dikembangkan sebagai elektroda superkapasitor dan sebagai alternatif untuk mengurangi pendangkalan perairan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr.-Ing Lazuardi, M.Si yang telah memberikan

kesempatan untuk menyelesaikan jurnal ini sebagai syarat kelulusan Program Studi Magister Fisika UR. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada DRPM Dikti atas bantuan pendanaan penelitian dan publikasi dengan peneliti utama Bapak Dr. Erman Taer, M. Si

REFERENSI

- Asikin, S. dan Thamrin, M. 2012. Manfaat Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*) Pada Ekosistem Sawah Rawa. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(1): 35-42
- Arepalli, S., Fireman, H., Huffman, C., Moloney, P., Nikolaev, P., Yowell, L., Higgins, C. D., Kim, K., Kohl, P. A., Turano, S. P. and Ready W. J. 2005. Carbon-nanotube-based electrochemical double-layer capacitor technologies for spaceflight applications. *Journal of The Minerals, Metals and Materials Society*, 57:26-31.
- Erari, S.S., Mangimbulude, J., Lewerissa, K. 2012. Pencemaran Organik di Perairan Pesisir Pantai Teluk Youtefa Kota Jayapura, Papua. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*. ISBN 978-979-028-550-7. (C): 327-340.
- 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*. 132:254-261
- Feng, C.W., R.L. Tseng., C.C. Hu., C.C Wang., 2015, Effects of pore structure and electrolyte on the capacitive characteristics of steam and KOH activated carbons for supercapacitors, *Journal of power sources*. 144:302-309.
- Ionnidou, A and Zabaniotu. 2007. Agricultural residues of precursors for activated carbon production—a review, *Renewable and sustainable energy reviews*. 11:1705-1966.
- Kurniawan, F., Wongso, M., Ayucitra, A., Soetaredjo F.E., Angkawijaya A. E., Ju, Y. H., Ismadji, S. 2014. Carbon microsphere from water hyacinth for supercapacitor electrode. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 47: 197-201.
- Liu, B., Zhou, X., Chen, H., Liu, Y., Li, H. 2016. Promising porous carbons derived from lotus

- seedpods with outstanding supercapacitance performance. *Electrochimica Acta*. 208 :55–63.
- Taer, E., Mustika, W.S., Zulkifli, Syam, I.D.M., Taslim, R. Pengaruh Suhu Pengaktifan CO₂ Terhadap Luas Permukaan Elektroda Karbon dan Sifat Kapasitan Sel Superkapasitor dari Kayu Karet. 2015. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Andalas (SNFUA)*. 96-100
- Taer, E., Taslim, R., Aini, Z., Hartati, S.D., Mustika, W.S. 2017. Activated carbon electrode from banana-peel waste for supercapacitor applications. *AIP Conference Proceedings*. 1801:040004-1-040004-4.
- Taer, E., Zulkifli., Arif, E.N., Taslim, R. Analisa Kapasitansi Spesifik Elektroda Karbon Superkapasitor dari Kayu Karet Terhadap Laju Scan Berdasarkan Variasi Aktivasi HNO₃. 2016. *Spektra Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 1(1): 35-40.
- Yu, M., Han, Y., Li, J., Wang, L., 2016. CO₂-activated porous carbon derived from cattail biomass for removal of malachite green dye and application as supercapacitors. *Chemical Engineering Journal*. 17:1-41.