PEMBUATAN KOMPOSIT KATODA KARBON BERPORI-SULFUR DARI ARANG AKTIF ECENG GONDOK

OTONG NURHILAL *, SAHRUL HIDAYAT, KARINA R.A.P., RISDIANA

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

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

Abstrak. Eceng gondok merupakan gulma yang mengandung lignoselulosa yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon berpori. Karbon berpori bisa dimanfaatkan dalam banyak aplikasi salah satunya adalah untuk komposit katoda pada baterai. Dalam komposit katoda, karbon berpori berperan sebagai matrik untuk meningkatkan kontak elektrik dengan bahan aktif baterai. Oleh karenanya matrik tersebut harus memiliki konduktivitas yang tinggi. Dalam aplikasi baterai litium sulfur karbon berpori digunakan untuk matrik sulfur yang memiliki konduktivitas yang rendah. Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan karbon berpori dari limbah eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C dan aktivator KOH 30%. Selanjutnya karbon berpori digunakan untuk komposit katoda sulphur/karbon pada baterai litium sulfur. Komposit dibuat dengan perbandingan karbon berpori dan sulfur 1:3, yang di panaskan pada suhu 155°C selama 15 jam, serta di-annealing pada suhu 300°C selama 0,5 jam. Hasil pengujian menunjukkan luas permukaan karbon berpori sebesar 62,53 m²/g, total volume 0,054 cc/g, konduktivitas sebesar 2,403 x 10² S/m, dan kandungan sulfur pada komposit sebesar 7,6%.

Kata kunci: Baterai litium sulfur, eceng gondok, karbon berpori, komposit

Abstract. Water hyacinth is a weed plant containing lignocellulose which can be used as a raw material for making porous carbon. Porous carbon can be used in applications, wrong only for the cathode on the battery. In cathode composites, porous carbon is used as a matrix to increase electrical contact with the active ingredient of the battery. Therefore, this matrix must have a high conductivity. In lithium sulfur battery applications, porous carbon is used for sulfur matrices which have low conductivity. In this study a porous carbon was made from water hyacinth waste with a carbonization temperature of 400°C and an activator of 30% KOH. Furthermore, porous carbon is used for sulfur / carbon cathode composites in lithium sulfur batteries. Composites are made by releasing 1: 3 porous carbon and sulfur, which are heated at 155°C for 15 hours, and anneted at 300°C for 0.5 hours. The test results showed that the area of porous carbon was 62.53 m² / g, the total volume was 0.054 cc / g, the conductivity was 2.403 x 10² S/m, and the sulfur content of the composites was 7.6%.

Keywords: Composites, porous carbon, lithium-sulfur batteries, water hyacinth

1. Pendahuluan

Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah gulma yang tumbuh produktif sekaligus spesies invasif yang dapat menyebabkan masalah pada sistem navigasi, sistem irigasi, maupun sistem lain dikarenakan pertumbuhannya yang tidak terkontrol [1] dan menghalangi masuknya cahaya yang menyebabkan oksigen dalam air berkurang [2]. Di sisi lain tanaman ini memiliki keuntungan yaitu untuk memurnikan air dan menyerap polutan di air [3]. Eceng Gondok segar umumnya

terdiri dari 95,5% *moisture*, 0,04% nitrogen, 1,0% *ash*, 0,06% P_2O_5 , 0,20% K_2O , dan 3,5% bahan organik [4]. Selain itu, EG mengandung 8% hemiselulosa, 60% selulosa, dan 17% lignin [5]. Kandungan lignoselulosa yang ada memberikan potensi pemanfaatan EG untuk pembuatan karbon berpori [6]. Karbon berpori digunakan antara lain sebagai adsorben dan komponen penyimpan energi seperti superkapasitor dan baterai.

Khusus untuk baterai, karbon berpori di pakai sebagai matrik katoda pada baterai litium sulphur (Li-S). Baterai litium sulphur merupakan jenis baru dari baterai isi ulang yang menggunakan sulphur sebagai bahan aktif katoda. Secara teoritis sulfur mempunyai kapasitas spesifik sebesar 1675 mAh^{-1} dan kepadatan energi spesifik sebesar 2600 Whkg^{-1} . Sulfur dipilih sebagai bahan aktif katoda karena biaya pembuatan yang relatif rendah dan ramah lingkungan [7,8]. Namun, sulfur memiliki konduktivitas rendah yaitu $5 \times 10^{-30} \text{ S cm}^{-1}$ pada suhu 25°C . Untuk itu sulphur membutuhkan matrik berbasis karbon yang memiliki konduktivitas tinggi, luas permukaan spesifik tinggi, dan volume pori yang besar. Penggunaan biomassa sebagai bahan karbon berpori telah banyak digunakan seperti sekam padi, bamboo dan lain-lain. Penggunaan EG sebagai bahan baku karbon berpori akan memberikan peluang pemanfaatan limbah ini menjadi produk yang memiliki nilai tambah.

2. Metode Penelitian

EG (batang dan daun) diambil di sekitar daerah Cikarang Utara, Bekasi Jawa Barat. Limbah EG sebelum dikeringkan, terlebih dahulu dicuci sampai bersih. Selanjutnya, limbah ini dikeringkan dibawah matahari selama 8 jam. EG kering kemudian dikarbonisasi pada suhu 400°C selama 1 jam. Arang yang telah dikarbonisasi dihaluskan menggunakan blender. Setelah halus, arang di keringkan lagi dengan oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Arang sekanjutnya dihaluskan dengan *mesh* 325. Selanjutnya arang diaktivasi secara kimia dengan KOH 30% dengan rasio (1:3) selama 24 jam. Karbon berpori kemudian disaring menggunakan kertas saring *Whatman* No.42, kemudian dicuci dengan menggunakan HCl 3M dan aquades, sampai didapatkan pH netral. Karbon berpori yang telah disaring dan dicuci dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 12 jam hingga karbon berpori kering. Selanjutnya pengujian sampel yang meliputi uji proksimat, uji luas permukaan dengan metode BET, uji struktur permukaan dengan SEM, uji struktur Kristal dengan XRD dan uji konduktivitas. Untuk uji konduktivitas, film katoda dibuat dari 1 gram karbon berpori yang dilarutkan ke dalam 10 ml aquades. Kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 50°C selama 3 jam. Larutan katoda kemudian dideposisikan pada substrat dengan metode *spraying*. Proses deposisi dengan metode *spraying* diawali dengan membersihkan permukaan substrat dengan aseton, kemudian menempatkan substrat pada *hotplate* bersuhu 150°C . Larutan yang telah terpasang pada *air sprayer gun* kemudian di semprotkan secara merata pada permukaan substrat. Uji konduktivitas dilakukan dengan menempatkan film katoda (yang di deposisikan pada substrat kaca) pada peralatan *four line probe*. Film diapit pada *four line probe* kemudian dihubungkan dengan *DC Current/Voltage source* dan multimeter. Nilai arus pada *DC Current/Voltage source* divariasikan sebesar 0,5mA sampai 3mA dengan kenaikan 0,5mA, kemudian mencatat nilai tegangan yang terukur pada multimeter.

Tahap selanjutnya adalah uji komposit karbon berpori/sulphur. Komposit dibuat dengan mencampurkan karbon berpori dan sulfur dengan perbandingan berat 1:3,

kemudian diaduk dan dicampurkan sampai merata menggunakan mortar dan alu. Komposit dipanaskan dan dipertahankan menggunakan oven dengan suhu 155°C selama 15 jam, tujuannya adalah molekul dari sulfur memasuki *nanopore* melalui aksi kapiler karena sulfur memiliki viskositas terendah pada 155°C. Selanjutnya, komposit ini di-*annealing* pada 300°C selama 0,5 jam dibawah aliran Ar untuk menghilangkan kelebihan sulfur melalui proses sublimasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil uji proksimat diperoleh kadar karbon terikat sampel sebesar 37,79 %. Nilai ini masih berada dibawah SNI untuk pembuatan karbon berpori. Karbon terikat tersebut diperoleh dari hemiselulosa yang terdekomposisi pada suhu rendah. Hemiselulosa merupakan senyawa yang pertama kali mengalami perubahan karena struktur hemiselulosa bercabang dan amorf [9]. Dekomposisi sebagian hemiselulosa akan melepaskan gas CO dan CO₂. Pada suhu 300°C, dekomposisi hemiselulosa lebih intensif [10] dan mencapai titik tertinggi pada suhu 260°C [11]. Pada suhu 300°C dekomposisi selulosa juga mulai berlangsung. Proses ini menyebabkan berkurangnya bahan mudah menguap dan terjadi penataan unsur karbon dengan meningkatnya karbon terikat dan tingkat aromatisasi. Peningkatan suhu karbonisasi akan meningkatkan kadar karbon terikat dengan terdekomposisinya lignin. Hasil uji BET diperoleh luas permukaan spesifik sebesar 62,53 m²/g, total volume 0,054 cc/g.

Kurva isotherm N₂ ditunjukkan pada Gambar 1a. Kurva menunjukkan isotherm adsorpsi tipe II yaitu lapisan tunggal dan terbentuk makropori. Luas permukaan spesifik ini masih jauh dibawah standar SNI. Proses aktivasi untuk pembentukan pori sangat bergantung pada jumlah karbon terikat dan sempurna proses kimia antara sampel dengan aktivator. Hasil uji BET ini dikuatkan dengan hasil uji SEM (Gambar 1b) menunjukkan struktur permukaan tanpa porositas yang dominan.

Hasil uji XRD (Gambar 2a) menunjukkan karbon berpori memiliki struktur kristal yang mirip dengan grafit. Terdapat empat puncak yang dapat diamati. Puncak pertama dengan nilai $2\theta = 28,317^\circ$ yang apabila dibandingkan mendekati hasil dari

bidang grafit dengan nilai $2\theta = 26,29^\circ$, dan pada puncak yang lain $40,501^\circ$, $45,366^\circ$, $50,159^\circ$ yang sesuai dengan superposisi (100), (101), dan (102) yang merupakan refleksi kisi untuk grafit atau heksagonal karbon yang juga menggambarkan karbon berada pada campuran fasa amorf dan kristal [12]. Refleksi (10) memperlihatkan derajat grafitisasi tertentu yang menunjukkan konduktivitas yang baik dari matrik karbon [13]. Pengukuran konduktivitas menggunakan metode *four line probe*. Kurva arus-tegangan selama pengukuran ditunjukkan pada gambar (2b). Dengan dua kali pengukuran diperoleh nilai konduktivitas rata-rata sebesar $2,403 \times 10^2 \text{ S/m}$.

Besarnya kandungan sulfur dalam komposit diukur dengan analisis termografimetri (ATG). Gambar 3 menampilkan kurva ATG antara karbon berpori dan komposit karbon/sulfur. Berdasarkan kurva ATG massa sulfur pada komposit sebesar 7,6%.

4. Kesimpulan

Karbon terikat yang terdapat pada arang hasil karbonisasi jumlahnya kurang dari standar SNI. Hal ini berpengaruh terhadap proses pembentukan pori pada sampel. Selain itu proses aktivasi juga berpengaruh pada proses pembentukan pori. Hasil karbon berpori yang dibuat memiliki luas permukaan spesifik dan volume pori yang kecil. Namun demikian karbon berpori yang dihasilkan memberikan nilai konduktivitas yang baik untuk aplikasi sebagai komposit katoda.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Padjadjaran yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Internal Unpad tahun 2019.

Daftar Pustaka

1. FAO, *Crop Production*, www.fao.org. 8 October 2019.
2. A. D. Khuluq, *Potensi Pemanfaatan Limbah Tebu sebagai Pakan Fermentasi Probiotik*, Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri, Vol. 4, Issue 1 (2012), p. 37-45.
3. S. Omwoma, M. Arowo, J. O. Lalah, K.W. Schramm, *Environmental Impacts of Sugarcane Production, Processing and Management: A Chemists Perspective*, Environmental Research Journal, Vol. 8, Issue 3 (2014), p. 195-223.
4. M. Yang, K. A. Rosentrater, *Environmental Effects and Economic Analysis of Adhesives: a Review of Life Cycle Assessment (LCA) and Techno-Economic Analysis (TEA)*, The 2015 ASABE Annual International Meeting. New Orleans, USA, 26-29 July 2015.
5. A. Ahmed, A. Moahmed and N. Abdel, "Pretreatment and enzymic saccharification of water hyacinth cellulose," *Carbohydrate Polymers*.
6. S. Rezania, M. Ponraj, M. F. Md Din, A. R. Songip, F. M. Sairan and S. Chelliapan, "The diverse applications of water hyacinth with main focus on sustainable energy and production for new era: Anover view," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 41, pp. 943-954, 2015.
7. A. Manthiram, Y. Fu and Y.-S. Su, *Accounts of chemical research*, vol. 46, pp. 1125-1134, 2013.
8. K. Patel, "Lithium-Sulfur Battery : Chemistry, Challeges, Cost, and Future," 2016.
9. M. & T. S. John, "Biofibres and biocomposites.," *Carbohydrate Polymers*, 343, 2008.
10. R. Pettersen, "The chemical composition of wood. Dalam Rowell R. (Ed.),," *The Chemistry of Solid Wood*, pp. 57-126, 1984.
11. G. W. S. & L. R. (. Lv, "Characteristics of corn stalk hemicellulose pyrolysis in a tubular reactor," *BioResources*, vol. 5(4), pp. 2051-2062., 2010.
12. Y. Yan, M. Shi, Y. Wei, C. Zhao, M. Carnie, R. Yang and Y. Xu, "Process optimization for producing hierarchical porous bamboo derived carbon materials with ultrahigh specific surface area for litium-sulfur batteries," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 738, pp. 16-24, 2018.

13. T. Yang, Q. Gao, Y. Tan, W. Tian, L. Zhu and C. Yang, "Microporous carbon derived from Apricot shell as cathode material for lithium–sulfur battery," *Microporous and Mesoporous Materials*, pp. 235-241, 2014.