

INTISARI

Fabrikasi dan Karakterisasi Superkapasitor Berbasis Karbon nanopori dan Logam Transisi oksida

Oleh

Maryati Doloksaribu
14/373950/SPA/00508

Superkapasitor adalah piranti elektronik sebagai penyimpan energi dengan kapasitas yang besar karena memiliki elektroda dengan luas permukaan yang besar dan struktur nanopori. Luas permukaan spesifik merupakan luas area permukaan pada material per gram, jika jumlah pori semakin banyak maka luas permukaan semakin besar sehingga tempat penyimpanan ion semakin banyak mengakibatkan kapasitansi yang diperoleh juga besar. Karbon nanopori dengan karakteristik porositas yang baik dapat digunakan sebagai material elektroda pada superkapasitor.

Penelitian telah dilakukan untuk membuat superkapasitor berbasis karbon nanopori dan logam transisi oksida. Karbon nanopori telah dibuat dari tempurung kelapa dengan menggunakan metoda *simple heating* dengan gas pembawa (N_2) dengan variasi temperatur aktivasi ($600\text{ }^{\circ}\text{C}$, $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $800\text{ }^{\circ}\text{C}$) selama 60 menit untuk menghasilkan karbon nanopori. Proses aktivasi dilakukan dengan senyawa kimia kalium hidroksida (KOH) dengan perbandingan massa 1 : 3 (arang karbon : KOH) dan dipanasi pada tabung pemanas yang dialiri gas nitrogen dengan laju 10 mL/menit. Karbon nanopori yang dihasilkan memiliki luas permukaan spesifik 1056 sampai 1469 m^2/g dengan pori pada ukuran nanometer. Diperoleh kapasitansi spesifik maksimum sebesar 100 F/g dari karbon nanopori yang diaktivasi pada temperatur $700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hasil uji *cyclic voltammetry* menunjukkan bahwa kapasitansi spesifik tidak hanya bergantung pada luas permukaan spesifik tetapi juga ditentukan oleh distribusi ukuran pori terutama pada rentang mesopori.

Untuk meningkatkan konduktifitas, luas permukaan spesifik, serta meningkatkan nano porositas dari karbon aktif, yang nantinya meningkatkan kapasitansi spesifik superkapasitor maka dilakukan penambahan nanopartikel logam transisi oksida (Np LTO). Np LTO dapat mereduksi ukuran pori, akibatnya jarak diffusi transport ion akan semakin singkat sehingga memperkecil resistansi. Penggunaan Np LTO divariasi dari 0-20% dari massa total elektroda untuk mendapatkan hasil yang optimum. Nanopartikel TiO_2 , MnO_2 dan CuO berturut turut berukuran $36 \pm 8\text{ nm}$, $42 \pm 6\text{ nm}$, dan $38 \pm 10\text{ nm}$ telah dicampur dengan karbon nanopori, dan dibuat sebagai elektroda superkapasitor dengan perekat PVDF, DMAC serta membran *polypropylene* dan elektrolit berupa KOH 3M untuk mendapatkan hasil yang optimum. Elektrolit KOH digunakan karena memiliki konduktivitas ionik yang tinggi. Dari hasil uji struktural dengan difraksi sinar-X pada logam transisi oksida yang digunakan, menunjukkan tidak terjadi perubahan struktur kristal akibat pengkompositan dengan karbon sementara

perubahan jarak antar molekul karbon belum dapat dikonfirmasi. Hasil uji termal dengan *DSC* pada rentang 0-600 °C menunjukkan adanya komposit yang tersusun atas senyawa *DMAC*, *PVDF*, logam transisi oksida dan karbon nanopori. Hasil uji *cyclic voltammetry* menunjukkan bahwa penggunaan elektroda karbon nanopori/logam transisi oksida sebesar 0,002 g pada ketebalan sekitar 10 mikrometer menghasilkan kapasitansi spesifik berturut-turut 100 F/g (0% MnO₂), 372 F/g (5% MnO₂), 361 F/g (10% MnO₂), 226 F/g (15% MnO₂), 191 F/g (20% MnO₂), 100 F/g (0% CuO), 280 F/g (5% CuO), 272 F/g (10% CuO), 244 F/g (15% CuO), 213 F/g (20% CuO), 100 F/g (0% TiO₂), 290 F/g (5% TiO₂), 191 F/g (10% TiO₂), 146 F/g (15% TiO₂), 116 F/g (20% TiO₂). Hasil ini setara dengan densitas daya antara 156-471 kW/kg, dan kepadatan energi antara 50-186 kJ/kg

Nilai kapasitansi spesifik karbon/logam transisi oksida memiliki nilai optimum pada konsentrasi massa sebesar 5%. Dari jenis logam transisi oksida yang digunakan yang memberikan nilai kapasitansi terbesar bernilai 372 F/g, yang dihasilkan oleh komposit karbon nanopori/nanopartikel MnO₂ pada *scan rate* 10 mV/s. Hasil ini lebih baik dari beberapa peneliti sebelumnya dengan menggunakan komposisi logam transisi oksida yang lebih banyak. Hasil uji dengan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* menunjukkan resistansi ohmik masing masing superkapasitor adalah 4,09 ohm (5% MnO₂), 3,2 ohm (5% CuO), 7,3 ohm (5% TiO₂) yang paling kecil dihasilkan oleh CuO. Hasil uji luas permukaan spesifik menunjukKN nilai 1701 m²/g (5% MnO₂), 1613 m²/g (5% CuO), 1560 m²/g (5% TiO₂). Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan nanopartikel logam transisi oksida sebesar 5% pada karbon nanopori telah meningkatkan nilai kapasitansi spesifik yang optimum disebabkan oleh kenaikan luas permukaan spesifik dan ukuran pori pada fase mesopori.

Kata kunci: superkapasitor, karbon nanopori, tempurung kelapa, KOH, komposit, nanopartikel logam transisi oksida, luas permukaan.

ABSTRACT

Fabrication and Characterization of Supercapacitors Based on Nanopore Activated Carbon and Transition Metal Oxides

By

Maryati Doloksaribu
14/373950/SPA/00508

Supercapacitors are electronic devices as energy storage with a large capacity because they have electrodes with a large surface area and nanopore structure. Specific surface area is the surface area of the material per gram, if the number of pores is increasing, the surface area will increase so that the storage of ions will increase, resulting in large capacitance. Nanopore carbon with good porosity characteristics can be used as electrode material in supercapacitors

A composite of nanoporous activated carbon (NPAC) and metal oxide has been successfully fabricated as electrodes for supercapacitors. NPAC has been made from coconut shell using the simple heating method with carrier gas with variations in activation temperature (600 °C, 700 °C and 800 °C) for 60 minutes. The activation process was carried out with potassium hydroxide (KOH) with a mass ratio of 1: 3 (carbon charcoal: KOH) by heating it to a heating tube flowing with nitrogen gas at a rate of 10 ml/minute. The resulting nanoporous carbon has a specific surface area of 1056 to 1469 m²/g with pores in nanoporous and macroporous sizes. The maximum specific capacitance of 100 F/g is derived from 80% nanoporous fraction and 20% macroporous as a result of activation at a temperature of 700 °C for 60 minutes. The cyclic voltammetry test results show that the specific capacitance does not only depend on the specific surface area but also determined by the pore size distribution, especially in the mesoporous and sub-nanoporous ranges. The effect of porosity and crystallinity of nanoporous carbon on supercapacitor performance was also investigated. The results show that the degree of crystallinity has a significant impact on specific capacitance.

To improve the conductivity and specific surface area, and to increase the nanoporosity of the NPAC, which expectedly increases the supercapacitors specific capacitance, we have been investigated the use of nano-sized transition metal oxide materials. Supercapacitors electrodes composite of carbon nanoporous/nanoparticles transition metal oxide (NTMO), which are TiO₂, MnO₂, and CuO, have also been produced. The size of TiO₂, MnO₂, and CuO nanoparticles are 36 ± 8 nm, 42 ± 6 nm, and 38 ± 10 nm respectively. These NMO were mixed with nanoporous carbon, with variations in weight concentration from 0% up to 20% and made as supercapacitor electrodes with PVDF and DMAC, membrane polypropylene and electrolyte KOH 3M has also been investigated to get optimum results. From the X-ray diffraction data on the transition metal oxide, we found that no change in the crystal structure due to composting with

carbon while the change in distance between the carbon atoms could not be confirmed. The thermal test results show that the crystal structure of the constituent components does not interact so that the electrodes are in the form of carbon and metal oxide composites. The results of the cyclic voltammetry (CV) test showed that the use of electrode carbon nanoporous/metal oxide of 0.002 g at a thickness of about 10 micrometers produced a specific capacitance of 100 F/g (0% MnO₂), 372 F/g (5% MnO₂), 361 F/g (10% MnO₂), 226 F/g (15% MnO₂), 191 F/g (20% MnO₂), 100 F/g (0% CuO), 280 F/g (5% CuO), 272 F/g (10% CuO), 244 F/g (15% CuO), 213 F/g (20% CuO), 100 F/g (0% TiO₂), 290 F/g (5% TiO₂), 191 F/g (10% TiO₂), 146 F/g (15% TiO₂), 116 F/g (20% TiO₂). These results equivalence to the power density between 156-471 kWh/kg, and the energy density between 50-186 kJ/kg.

The specific capacitance of carbon nanoporous/transition metal oxide has an optimum value at a concentration of 5%. Of the types of metal oxides used which gave the largest capacitance value of 372 F/g, that was produced by MnO₂ at a scan rate of 10 mv/s. The results with Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) showed the ohmic resistance of each supercapacitor was 4.09 ohm (5% MnO₂), 3.2 ohm (5% CuO), 7.3 ohm (5% TiO₂) which was the smallest produced by CuO. Specific surface area results a value of 1701 m²/g (5% MnO₂), 1613 m²/g (5% CuO), 1560 m²/g (5% TiO₂). The results of the analysis show that the addition of 5% metal oxide nanoparticles on carbon nanoporous has caused on increase in specific capacitance and is followed by the appearance of a large specific surface area and the mesoporous fraction.

Keywords: supercapacitor, nanoporous carbon, coconut shell, KOH, composite, metal oxide nanoparticles, surface area.