

INTISARI

Superkapasitor adalah alat penyimpan energi yang digunakan secara luas baik dalam industri energi, elektronik maupun transportasi. Kandungan gugus fungsional oksigen pada material elektroda mempengaruhi kapasitansi spesifik dari superkapasitor. Untuk meningkatkan kandungan gugus fungsional oksigen dilakukan modifikasi kimia permukaan karbon berpori dari tempurung kelapa dan polimer. Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan pada tiga metode modifikasi yakni iradiasi gamma, ozonisasi dan *aqueous oxidation* untuk mendapatkan material karbon berpori kaya oksigen yang memenuhi karakteristik material elektroda superkapasitor.

Tahapan dari penelitian ini meliputi penyiapan karbon berpori tempurung kelapa, pembuatan material karbon berpori polimer *salicylic acid-phenol-formaldehyde* (APF), modifikasi permukaan karbon berpori, karakterisasi karbon berpori kaya oksigen, dan pengujian kapasitansi superkapasitor dengan karbon berpori kaya oksigen sebagai material elektroda. Prekursor karbon berpori polimer APF dibuat dari polimerisasi senyawa *salicylic acid* (A), *phenol* (P), dan *formaldehyde* (F). Karbonisasi bahan prekursor pada reaktor *furnace* dengan aliran nitrogen dari suhu 30 °C sampai 1000 °C dengan kenaikan 2,5 °C/menit dan dijaga selama dua jam pada suhu 1000 °C. Karakterisasi perubahan gugus fungsional oksigen pada permukaan karbon dilakukan dengan menggunakan *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) dan *thermogravimetric analyzer* (TGA), morfologi permukaan dipindai dengan *scanning electron microscope* (SEM), kemudian luas permukaan spesifik, struktur pori dan distribusi ukuran pori ditentukan dengan analisis penyerapan nitrogen. Sedangkan untuk menganalisis perilaku kapasitif karbon berpori kaya oksigen digunakan metode *cyclic voltammetry* (CV) dengan H₂SO₄ 1 M sebagai elektrolit.

Hasil karakterisasi karbon berpori kaya oksigen dari tempurung kelapa dan polimer *salicylic acid-phenol-formaldehyde* (APF) menunjukkan bahwa penambahan gugus fungsional oksigen pada permukaan material elektroda akan meningkatkan *wettability* dan kapasitansi spesifik superkapasitor. Modifikasi permukaan karbon berpori dengan iradiasi gamma memberikan hasil penambahan gugus fungsional oksigen yang lebih tinggi dibandingkan ozonisasi dan *aqueous oxidation*. Gugus fungsional oksigen meningkat dan mencapai titik optimum pada dosis radiasi 25 kGy baik pada medium basah maupun kering. Sedangkan luas permukaan spesifik karbon berpori mengalami penurunan yang tidak signifikan setelah mengalami modifikasi baik dengan iradiasi gamma, ozonisasi maupun *aqueous oxidation*. Namun, karbon berpori dengan luas permukaan spesifik yang lebih besar cenderung menghasilkan material elektroda superkapasitor dengan nilai kapasitansi spesifik lebih besar pula. Uji kapasitansi dari superkapasitor menggunakan karbon berpori polimer *salicylic acid-phenol-formaldehyde* (APF) menunjukkan nilai kapasitansi spesifik yang lebih tinggi dibandingkan karbon berpori tempurung kelapa yang luas permukaan spesifiknya lebih rendah. Kapasitansi spesifik tertinggi sebesar 176 F/g diperoleh jika menggunakan karbon berpori polimer *salicylic acid-phenol-formaldehyde* (APF) dengan dosis radiasi 25 kGy sebagai material elektroda superkapasitor.

ABSTRACT

Supercapacitors are energy storage devices that are widely used in the energy, electronics and transportation industries. The content of the oxygen functional group in the electrode material affects the specific capacitance of the supercapacitor. To increase the content of the oxygen functional group, the surface chemical modification of the coconut shell and the polymer porous carbon was carried out. In this study, the comparison of three modification methods was carried out, namely gamma irradiation, ozonization and aqueous oxidation to obtain oxygen-rich porous carbon materials with excellent characteristics for electrode material of supercapacitor.

The stages of this research include the preparation of coconut shell porous carbon, the manufacture of the polymer porous carbon materials, modification of the surface of porous carbon, characterization of oxygen-rich porous carbon, and testing of supercapacitor capacitance with oxygen-rich porous carbon as electrode material. Precursors of polymer porous carbon are made from polymerization of salicylic acid (A), phenol (P), and formaldehyde (F) compounds. Carbonization of precursor material in the furnace reactor with nitrogen flow from 30 °C up to 1000 °C at a heating rate of 2.5 °C/min and kept for two hours at 1000 °C. The characterization of the changes in the oxygen functional group on the carbon surface was carried out using fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and thermogravimetric analyzer (TGA). Surface morphology was scanned with a scanning electron microscope (SEM), then the specific surface area, pore structure and pore size distribution were determined by nitrogen absorption analysis. Meanwhile, to analyze the capacitive behavior of oxygen-rich porous carbon, the cyclic voltammetry (CV) method was used with 1 M H₂SO₄ as the electrolyte.

The results of characterization of oxygen-rich porous carbon from coconut shell and salicylic acid (A)-phenol (P)-formaldehyde (F) polymers showed that the addition of oxygen functional groups to the surface of the electrode material would increase the wettability and specific capacitance of the supercapacitor. Modification of the porous carbon surface with gamma irradiation results in the addition of a higher oxygen functional group than ozonization and aqueous oxidation. The oxygen functional group increases and reaches an optimum point at a radiation dose of 25 kGy in both wet and dry medium. Meanwhile, the specific surface area of porous carbon decreased insignificantly after undergoing modification either by gamma irradiation, ozonation or aqueous oxidation. However, oxygen-rich porous carbon with larger specific surface area produce the electrode material of supercapacitor with higher specific capacitance value. The capacitance test of the supercapacitor using oxygen-rich porous carbon from salicylic acid-phenol-formaldehyde (APF) polymers showed a higher specific capacitance value than coconut shell porous carbon which had a lower specific surface area. The highest specific capacitance of 176 F/g obtained when using APF oxygen-rich porous carbon at the radiation dose of 25 kGy as the supercapacitor electrode material.