

Pengaruh Material Konduktif Dan Rhutenium Oksida Pada Prestasi Superkapasitor

Ringkasan

Erman Taer* dan Rahmawati Farma

*email: erman.taer@yahoo.com

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

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh jenis material konduktif dan penambahan rhutenium oksida pada elektroda superkapasitor dari serbuk gergaji kayu karet (SGKK). Untuk menghasilkan elektroda superkapasitor, SGKK telah dipra-karbonisasi pada suhu 290 C selama 2 jam 40 menit. SGKK yang telah terpra-karbonisasi kemudian digiling dan diayak dengan ayakan 53 μm agar didapat butiran yang halus. Selanjutnya dilakukan proses aktivasi menggunakan agen aktivator KOH dengan perbandingan berat serbuk terhadap berat KOH adalah 1:3. Setelah itu dilakukan karbonisasi pada suhu 600 °C dalam aliran gas N_2 . Kemudian sampel karbon teraktif dicuci dengan HCL beberapa kali dan diteruskan dengan air suling sehingga pH menjadi netral. Setelah proses pencucian selesai serbuk karbon teraktif dikeringkan pada suhu 100 C selama 24 jam. Untuk proses penghasilan elektroda karbon yang siap digunakan pada sel superkapasitor dengan prestasi tinggi telah dilakukan pengujian pengaruh penambahan aseton saat pembuatan elektroda superkapasitor dari SGKK teraktif. Dilakukan pencampuran SGKK dan PVDF (sebagai perekat) dengan perbandingan 90:10 dari massa total, kemudian diaduk di dalam mortar. Pengadukan dilakukan dengan dan tanpa penambahan aseton. Dari pengujian nilai densitas diketahui bahwa elektroda karbon dengan penambahan aseton mempunyai nilai densitas yang lebih kecil, hal ini dikarenakan penambahan aseton bersifat melarutkan PVDF, sehingga terjadi pengurangan massa pada PVDF tetapi sifat merekatnya tetap ada.

Pengukuran impedansi spektroskopi elektrokimia (EIS) dilakukan pada sel superkapasitor yang dibuat menggunakan dua elektroda karbon, pengumpul arus yang digunakan adalah dari bahan stainless stell dan separator dari teflon. Pengukuran dilakukan dalam elektrolit H_2SO_4 pada daerah frekuensi 10 kHz sampai dengan 0,01 Hz, dengan amplitudo tegangan arus bolak balik sebesar 10 mV. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa

bentuk plot Nyquist yang menjelaskan hubungan antara impedansi riil (Z') dengan impedansi imajiner (Z''). Perbedaan nilai tahanan elektrolit dan tahanan sentuh antara pengumpul arus dan elektroda (R_s), tahanan internal elektroda (R_f), dan tahanan sel superkapasitor (R_p) untuk kedua cara pembuatan. Penambahan aseton telah menghasilkan nilai R_s , R_f , dan R_p yang lebih rendah yaitu 1,7 Ω , 169,23 Ω dan 165,93 Ω . Rendahnya nilai ini dipengaruhi oleh penambahan aseton yang menyebabkan sifat isolator massa dari PVDF berkurang. Nilai kapasitansi spesifik untuk masing-masing cara ini ialah 3,090 F/g untuk elektroda karbon menggunakan aseton dan 1,766 F/g untuk elektroda karbon tanpa aseton.

Untuk meningkatkan nilai konduktivitas elektroda karbon pada penelitian ini telah dilakukan penambahan material konduktif. Variasi jenis material konduktif yang digunakan adalah karbon nanotube, grafit dan karbon hitam. Elektroda karbon dibuat dengan menambahkan aseton, dengan campuran SGKK, PVDF dan material konduktif dengan perbandingan 85:5:10. Diketahui bahwa nilai densitas elektroda karbon dengan variasi material konduktif grafit, karbon nanotube dan karbon hitam masing-masing adalah 0,849 g/cm^3 , 0,801 g/cm^3 , dan 0,827 g/cm^3 . Perbedaan nilai densitas campuran ini disebabkan oleh perbedaan nilai densitas material konduktif itu sendiri, dimana nilai densitas grafit adalah 2,16 g/cm^3 , karbon hitam 2 g/cm^3 . Dari hasil pengukuran XRD untuk empat variasi elektroda karbon, diperoleh puncak yang lebar untuk bidang (002) dan (100) yang sesuai untuk struktur karbon muncul di keempat pola XRD tersebut. Puncak pertama berada pada sekitar sudut 2θ 20° dan puncak kedua pada 40°. Dari data XRD yang diperoleh, telah dapat ditentukan nilai parameter kisi dari elektroda karbon seperti diameter kisi (d), tinggi lapisan kisi (L_c) dan lebar lapisan kisi (L_a). Pada elektroda karbon tanpa penambahan material konduktif dan elektroda karbon dengan penambahan karbon hitam memiliki nilai 2θ pada puncak bidang (002) dan (100) yang tidak jauh berbeda, hal ini dikarenakan nilai d yang hanya mengalami penurunan sebesar 0,07 Å. Penambahan material konduktif juga mempengaruhi nilai L_c dan L_a . Pada penambahan penambahan grafit dan karbon nanotube terjadi penurunan nilai L_c dan L_a yang menunjukkan penurunan dimensi dari struktur kristalin. Pada pengujian SEM dari sampel dengan campuran yang berbeda diketahui bahwa proses pencampuran telah cukup baik dilakukan. Secara umum dapat diamati material konduktif telah menempati celah antara partikel karbon, sehingga secara umum setelah penambahan material konduktif telah dapat dilakukan dengan baik.

Dari plot Nyquist untuk penambahan material konduktif yang berbeda, untuk penambahan karbon nanotube, terbentuk plot Nyquist yang sesuai dan memiliki daerah garis lurus yang lebih pendek dibandingkan dua sampel lainnya, ini menandakan bahwa elektroda karbon dengan penambahan karbon nanotube adalah yang paling konduktif di banding yang lain. Ini dikarenakan pengaruh nilai konduktivitas karbon nanotube adalah yang tertinggi yaitu $1,85 \times 10^3 (\Omega m)^{-1}$, sedangkan grafit $1,27 \times 10^2 (\Omega m)^{-1}$ dan karbon hitam $10^2 (\Omega m)^{-1}$. Meskipun nilai konduktivitas dari grafit dan karbon hitam tidak berbeda jauh, elektroda karbon dengan penambahan karbon hitam membentuk Plot Nyquist yang berbeda. Plot Nyquist pada elektroda karbon dengan penambahan karbon hitam memiliki bagian yang membentuk sudut 45° sedangkan pada elektroda karbon dengan penambahan grafit tidak terbentuk. Perbedaan ini dipengaruhi oleh nilai densitas elektroda karbon dengan penambahan grafit yang lebih tinggi, sehingga difusi ion hanya terjadi dipermukaan elektroda. Dari pengujian IES juga dapat diamati bahwa setengah lingkaran yang berhubungan dengan R_s , R_p dan R_f , terlihat bahwa diameter terkecil dibentuk oleh elektroda karbon dengan penambahan karbon hitam. Kecilnya diameter ini menunjukkan nilai R_s , R_p dan R_f yang rendah. Nilai kapasitansi spesifik untuk elektroda karbon dengan penambahan grafit, karbon nanotube, dan karbon hitam berurutan adalah 7,204 F/g, 21,847 F/g dan 11,414 F/g.

Dari pengukuran siklik voltammogram dapat dilihat bahwa luas daerah di dalam kurva yang dibentuk oleh elektroda karbon dengan penambahan karbon nanotube lebih besar dibandingkan dengan luas daerah di dalam kurva yang dibentuk oleh elektroda karbon dengan penambahan grafit dan karbon hitam. Perbedaan luas daerah ini disebabkan oleh perbedaan nilai arus cas (I_c) dan arus discas (I_d) yang dihasilkan pada jangkauan potensial pengukuran. Kombinasi dari I_c dan I_d inilah yang menyebabkan terjadinya perubahan luas kurva. Semakin luas daerah dalam kurva, maka semakin tinggi nilai kapasitansi spesifik elektroda karbon. Nilai kapasitansi spesifik tertinggi untuk elektroda karbon dengan penambahan carbon nanotube yaitu sebesar 29,252 F/g.

Berikutnya dilakukan penambahan rutenium oksida (Ru) dalam pembuatan elektroda karbon. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, telah diketahui bahwa karbon nanotube adalah bahan konduktif yang terbaik digunakan untuk penghasilan elektroda superkapasitor yang dapat menghasilkan kapasitan tertinggi. Berdasarkan hasil ini pada

bagian selanjutnya yaitu penambahan logam oksida ruthenium (Ru) CNT dipilih sebagai material konduktif. Telah dilakukan penambahan Ru pada serbuk karbon dari SGKK dengan persentase yang berbeda yaitu 2,5%, 5% dan 10%. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian impedans spektroskopi, dan siklik voltametri. Hasil pengujian impedans spektroskopi elektroda superkapasitor dengan beda persentase Ru menunjukkan bahwa pola plot Nyquist yang dihasilkan adalah sama, tetapi dapat diamati bahwa jari-jari setengah lingkaran dan nilai Z'' yang dihasilkan bertambah kecil seiring dengan penambahan persentase Ru. Pengurangan jari-jari setengah lingkaran dan Z'' ini menunjukkan bahwa rintangan sel superkapasitor yang dihasilkan bertambah rendah sedangkan pengurangan Z'' menunjukkan peningkatan nilai kapasitan sel superkapasitor yang dihasilkan. Dari pengujian IES dapat dilihat bahwa nilai tahanan elektrolit dan tahanan sentuh antara elektroda dan pengumpul arus adalah relatif sama dalam nilai lebih kurang sama dalam jangkauan 0,24 sampai 0,89 Ohm. Hal ini memang sudah dijangka sebelumnya karena dalam penelitian ini digunakan elektrolit yang sama dan pengumpul arus yang sama yaitu asam sulfat 1M dan stanlis steel. Tetapi nilai tahanan internal elektroda yang dihasilkan karena penambahan beda persentase Ru terlihat sangat signifikan berbeda. Untuk sampel tanpa Ru nilai tahanan internal mendekati 99 Ohm dan nilai ini terus berkurang seiring dengan penambahan persentase Ru. Untuk persentase Ru 10% diperoleh nilai tahanan internal elektroda terendah yaitu 15,5 Ohm. Dari kenyataan ini dapat dilihat penambahan logam oksida Ru dapat menyebabkan pengurangan nilai tahanan internal elektroda. Pengurangan nilai tahanan internal ini sendiri menyebabkan pengurangan nilai tahanan sel superkapasitor. Nilai kapasitan spesifik sel superkapasitor karena penambahan Ruthenium oksida telah dihitung. Diketahui bahwa nilai kapasitan spesifik meningkat dengan penambahan persentase Ru, pada 0% Ru diketahui nilai kapasitan spesifik kurang dari 20 F/g. Nilai ini bertambah seiring dengan penambahan persentase Ru. Peningkatan nilai kapasitan spesifik ini hampir mempunyai hubungan yang linier dengan penambahan persentase Ru. Pada persentase Ru 10% diperoleh nilai kapasitan spesifik mendekati 75 F/g. Peningkatan nilai kapasitan spesifik ini seperti yang diharapkan bahwa logam oksida dapat meningkatkan nilai kapasitan sel superkapasitor berdasarkan prinsip pseudokapasitan. Untuk penambahan 10% Ru diperoleh peningkatan nilai kapasitan hampir 400% (dari nilai mendekati 20 F/g pada saat 0% Ru). Peningkatan sebesar ini cukup efektif dalam meningkatkan prestasi superkapasitor. Dari pengujian sifat sel superkapasitor dengan metoda IES ini telah ditunjukkan bahwa Ru sangat berperan dalam meningkatkan

prestasi superkapasitor yaitu mengurangi nilai rintangan sel superkapasitor dan meningkatkan nilai kapasitan spesifik.

Pada pengujian sifat sel superkapasitor dengan menggunakan metoda CV untuk elektroda sel superkapasitor dengan persentase Ru yang berbeda pada laju imbas 1mV/s. Diketahui bahwa semakin tinggi persentase campuran Ru akan menghasilkan siklik voltamogram dengan kemiringan yang lebih rendah. Hal ini berkaitan dengan sifat resistif elektroda yang dihasilkan. Untuk 0% Ru diketahui kemiringan kurva paling tinggi hal ini berkaitan dengan nilai tahanan sel yang paling tinggi pula. Sedangkan untuk sel superkapasitor dengan persentase Ru 10% dihasilkan kurva dengan kemiringan paling rendah, hal ini bersesuaian dengan nilai tahanan sel yang paling rendah pula. Diketahui pula bahwa proses cas dan discas yang terjadi tanpa menghasilkan puncak redok. Secara umum diamati juga bahwa luas daerah yang dihasilkan untuk arus cas dan arus discas untuk masing-masing pengukuran CV tidak dapat dilihat berbeda secara signifikan. Hal ini mungkin disebabkan oleh tahanan sel superkapasitor yang dihasilkan secara keseluruhan masih relatif tinggi sehingga pengujian dengan menggunakan metoda CV tidak begitu efektif. Sehingga secara umum untuk peningkatan prestasi sel superkapasitor masih perlu dilakukan perbaikan. Siklik voltamogram untuk masing-masing persentase Ru pada elektroda superkapasitor dengan dengan laju mengimbas yang berbeda dari 1 mV/s hingga 20 mV/s telah dilakukan pula. Secara umum diketahui bahwa seiring dengan peningkatan laju mengimbas luas daerah cas dan discas yang dihasilkan semakin meningkat, juga diketahui bentuk siklik voltamogram yang dihasilkan hampir serupa, yaitu hampir menyerupai empat persegi panjang. Bentuk ini merupakan bentuk khas untuk superkapasitor dengan menggunakan elektroda karbon. Berdasarkan pengujian CV juga telah diketahui bahwa superkapasitor yang dihasilkan cukup baik walaupun laju pengimbas ditingkatkan sampai 20 mV/s. Hal ini menunjukkan pemakaian bahan elektroda superkapasitor dari campuran karbon yang bersal dari SGKK dan Ru sesuai digunakan untuk elektroda superkapasitor. Guna peningkatan prestasi superkapasitor kedepan mungkin dapat dibuat dengan cara penekanan yang lebih tinggi setelah elektroda dibuat secara manual menggunakan tanggan. Pemakaian daya kompresi yang lebih tinggi diharapkan dapat mengurangi nilai tahanan dalam elektroda yang dihasilkan sehingga secara umum dapat mengurangi nilai tahanan sel superkapasitor. Secara umum penelitian ini telah berhasil menentukan material konduktif

terbaik dan juga telah berhasil melihat efek penambahan Ru pada karbon teraktif dari SGKK dalam pembuatan elektroda superkapasitor.