

PENGARUH TEMPERATUR *SINTERING* KARBON AKTIF BERBASIS TEMPURUNG KEMIRI TERHADAP SIFAT LISTRIK ANODA BATERAI LITIMUM

Vamellia Sari Indah Negara, Astuti

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, Padang
Kampus Unand Limau Manis, Pauh Padang 25163

e-mail: v_amelzt@yahoo.com

ABSTRAK

Sintesis material anoda baterai litium telah dilakukan dengan bahan baku dari litium hidroksida (LiOH) dan karbon aktif. Pembuatan karbon aktif dilakukan menggunakan aktivasi kimia dari arang kemiri dengan temperatur aktivasi 600 °C dan H₃PO₄ 2,5% sebagai aktivator. Karbon aktif dikarakterisasi menggunakan SEM-EDS. Sintesis material anoda menggunakan metode sol-gel dengan variasi temperatur *sintering* 400 °C, 450 °C dan 500 °C. Material anoda dibuat dalam bentuk pellet dan dikarakterisasi menggunakan SEM, XRD, LCR meter dan *Cyclic Voltammetry*. Hasil SEM menunjukkan semakin tinggi temperatur *sintering* dihasilkan material yang lebih padat dengan pori-pori yang lebih kecil, sedangkan hasil XRD menunjukkan semua sampel memiliki fasa Li₂CO₃ dengan struktur kristal monoklinik. Konduktivitas listrik maksimum sebesar 1,0805x10⁻⁴ S/cm dan kapasitansi 198,6 µF yaitu pada sampel dengan temperatur *sintering* 450 °C.

Kata kunci : baterai litium, arang kemiri, temperatur *sintering*

ABSTRACT

Synthesizing anode material of lithium battery has been done from lithium hydroxide (LiOH) and activated carbon. The manufacturing of activated carbon was done using chemical activation made from candlenut charcoal with an activation temperature was 600 °C and the activator was 2.5% H₃PO₄. Activated carbon was characterized using SEM-EDS. The anode material was synthesized using sol-gel method with variation of sintering temperature of 400 °C, 450 °C, and 500 °C. Anode material was manufactured in the form of pellets and characterized using SEM, XRD, LCR meters and Cyclic Voltammetry. SEM results show that the higher sintering temperature, the denser material produced and the smaller pores size. The XRD results show that all samples have Li₂CO₃ phase with monoclinic crystal structure. The maximum conductivity is 1.0805x10⁻⁴ S/cm and the capacitance is 198.6 µF at the sample with the sintering temperature of 450 °C.

Keywords : lithium battery, charcoal hazelnut, sintering temperature

I. PENDAHULUAN

Perangkat elektronik di era globalisasi tidak terlepas dari kehidupan sehari-hari manusia. Perangkat elektronik yang digunakan memerlukan baterai sebagai sumber energi, seperti telepon seluler, laptop, kamera digital. Mobil hibrid juga memerlukan baterai sebagai sumber penggerak. Baterai yang banyak digunakan masyarakat luas sebagai media penyimpanan energi pada perangkat elektronik yaitu baterai litium. Baterai litium memiliki daya serap yang tinggi, ringan dan bisa dipakai berkali-kali. Baterai litium adalah baterai isi ulang yang banyak dikembangkan di bidang industri karena memiliki kapasitas penyimpanan yang lebih baik dan tidak memiliki sifat *memory effect*, sehingga dapat diisi ulang setiap hari.

Energi yang tersimpan dalam baterai litium merupakan jenis energi elektrokimia. Energi elektrokimia yaitu perubahan energi kimia menjadi energi listrik menggunakan proses elektrokimia, dimana komponen sel baterai litium terdiri dari elektroda, elektrolit dan separator. Elektroda baterai litium terdiri dari katoda dan anoda. Anoda pada baterai litium terbuat dari litium hidroksida (LiOH) dan karbon aktif. Dalam Rossi dkk. (2013), Liu dkk. (2008) menyatakan bahwa nanopori karbon atau yang dikenal dengan karbon aktif telah luas digunakan sebagai material penyimpan energi, disebabkan luas permukaannya yang besar, stabil, mudah terpolarisasi dan murah. Karbon aktif dapat dihasilkan dari dekomposisi senyawa organik seperti tempurung kemiri. Tempurung kemiri adalah bahan yang mengandung karbon dan berpori sehingga dapat diolah untuk menghasilkan karbon aktif (Lempang, 2009).

Karbon aktif yang dihasilkan dari proses karbonisasi dan aktivasi dapat digunakan sebagai bahan penyusun anoda pada baterai litium. Karbon aktif memiliki adsorpsi yang baik, hal ini disebabkan oleh adanya struktur pori pada karbon aktif tersebut sehingga memperluas permukaan adsorpsi. Luas permukaan juga menjadi faktor penting yang menentukan kapasitas penyimpanan muatan. Semakin besar luas permukaan maka kapasitansi akan semakin besar pula (Rosi, dkk., 2013).

Pada penelitian ini disintesis anoda baterai litium berbahan karbon aktif dari tempurung kemiri dengan menggunakan metode sol-gel. Metode ini mempunyai keunggulan yaitu peralatan yang digunakan sederhana dan pengolahan yang mudah serta menjaga kemurnian fasa. Menurut Kim dkk. (2008) dalam Yuniarti (2013), metode sol-gel yaitu metode sintesis menggunakan pelarut berupa aquades sehingga menghasilkan partikel dengan morfologi yang baik dan homogen.

II. METODE

2.1 Pembuatan Karbon Aktif

Tempurung kemiri dibersihkan lalu dikarbonisasi dalam *furnace* dengan temperatur 500 °C selama 20 menit. Setelah itu dihaluskan hingga berbentuk serbuk. Serbuk tersebut di ayak dengan *Standard Test Sieve* 200, kemudian direndam dalam larutan H₃PO₄ dengan konsentrasi 2,5% selama 24 jam. Setelah direndam, kemudian dipanaskan pada temperatur 600 °C dan menghasilkan arang. Arang dicuci dengan aquades hingga mencapai pH netral, kemudian dikeringkan pada temperatur 120 °C. Komposisi/kandungan arang serta ukuran pori dan morfologi dilihat dengan menggunakan SEM-EDS. Berdasarkan hasil BET diperoleh luas permukaan arang 391,567 m²/g yang tergolong ke dalam karbon aktif.

2.2 Pembuatan Bahan Anoda

Karbon aktif digunakan sebagai bahan baku pembuatan anoda baterai litium. Karbon aktif dan LiOH dicampur, kemudian diaduk dan digerus. PEG 6000 dimasukkan ke dalam gelas ukur kemudian dilarutkan dengan etanol 95% dengan temperatur 50 °C sambil diaduk menggunakan *Hot Plate Magnetic Stirrer* hingga homogen. Campuran serbuk LiOH dan karbon aktif dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berisi larutan PEG 6000 sambil diaduk dan diikuti dengan penambahan asam sitrat 4 molar hingga pH asam. Setelah pH tercapai, temperatur pengadukan dinaikkan hingga 100 °C hingga berbentuk gel selama 1 jam. Gel tersebut dikalsinasi pada temperatur 300 °C. Kalsinasi dilakukan untuk menghilangkan kandungan air dan zat organik lainnya. Gel kering tersebut dicetak dalam bentuk pelet lalu di *sintering* dengan variasi temperatur 400 °C, 450 °C dan 500 °C. Pelet yang telah di *sintering* lalu dikarakterisasi dan dilakukan pengukuran menggunakan SEM, XRD, LCR meter dan CV.

2.3 Pembuatan Membran

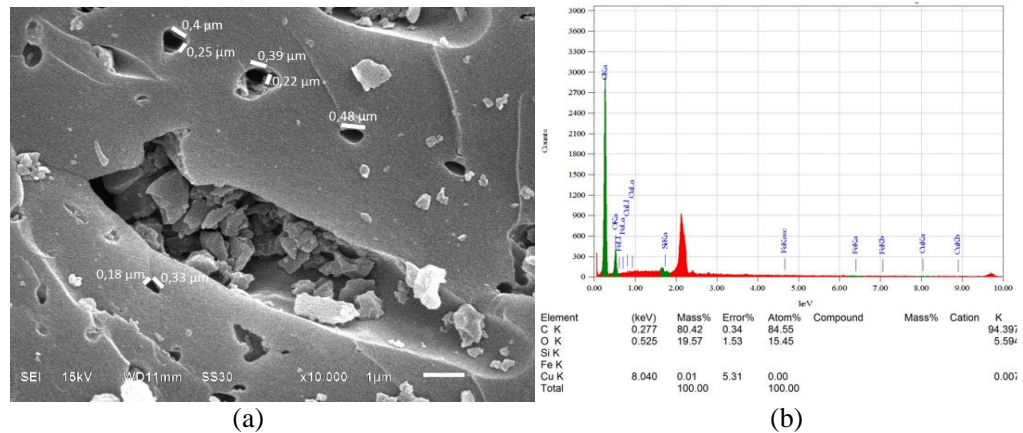
Membran digunakan sebagai elektrolit dan separator dalam pengukuran konduktivitas listrik maupun kapasitansi. Pembuatan membran dilakukan dengan mencampurkan PVA dengan aquades lalu dimasukkan ke dalam gelas ukur dan diaduk pada *Hot Plate Magnetic Stirrer* hingga homogen pada temperatur 40 °C selama 1 jam. Setelah itu ditambahkan larutan NaCl 3 molar dan diaduk kembali selama 10 menit pada temperatur 40 °C hingga homogen. Sampel dicetak dalam cawan petri dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 120 °C selama 30 menit.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi morfologi permukaan serta unsur-unsur yang terkandung dalam karbon aktif

Morfologi permukaan dan unsur-unsur yang terkandung dalam karbon aktif yang di aktivasi menggunakan H₃PO₄ 2,5% dapat diidentifikasi menggunakan SEM-EDS dengan perbesaran 10.000 x. Hasil uji SEM dilakukan untuk mengamati bentuk dan ukuran pori yang terbentuk pada karbon aktif, sedangkan EDS dilakukan untuk mengamati unsur apa saja yang

terdapat pada karbon aktif. Hasil dari uji EDS ini juga dapat diketahui berapa kadar unsur yang terkandung didalam karbon aktif . Gambar 1 menampilkan hasil dari uji SEM-EDS.



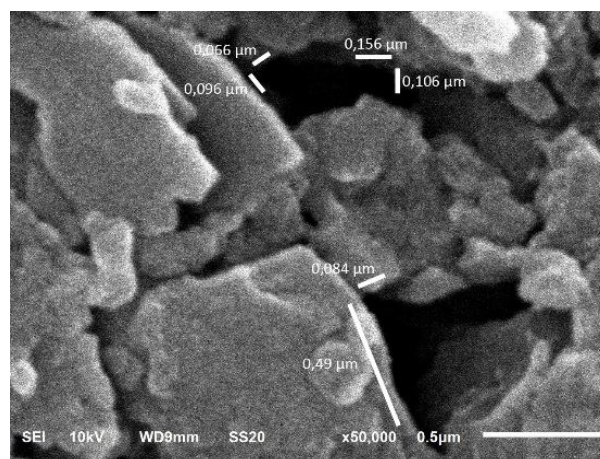
Gambar 1 (a) Foto SEM karbon aktif dengan perbesaran 10.000x dan (b) EDS karbon aktif

Dari Gambar 1 (a) terlihat distribusi pori karbon aktif hampir merata, dimana ukuran pori hampir sama antara satu dengan yang lainnya. Ukuran pori yang didapat memiliki panjang rata-rata 4 μm dan lebar rata-rata 2 μm. Proses aktivasi yang telah dilakukan dengan temperatur 600 °C menyebabkan pori-pori pada permukaan karbon aktif banyak yang terbuka. Hal ini dikarenakan larutan pengaktivasi H₃PO₄ dapat mengurangi hidrokarbon yang melapisi permukaan karbon aktif.

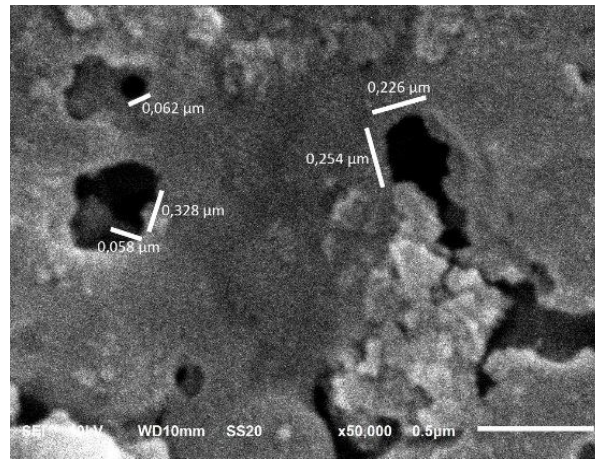
Gambar 1 (b) merupakan EDS karbon aktif yang telah diaktivasi dengan H₃PO₄ 2,5%, dimana terdeteksi unsur C, O dan Cu. Unsur karbon yang terdapat pada karbon aktif sebesar 80,42%, oksigen 19,57% dan Cu 0,01%. Hal tersebut telah memenuhi persyaratan standar karbon aktif SII 0258 – 79 dengan syarat kualitas karbon aktif murni dalam bentuk serbuk minimal 65%.

3.2 Karakterisasi Morfologi Permukaan Material Anoda

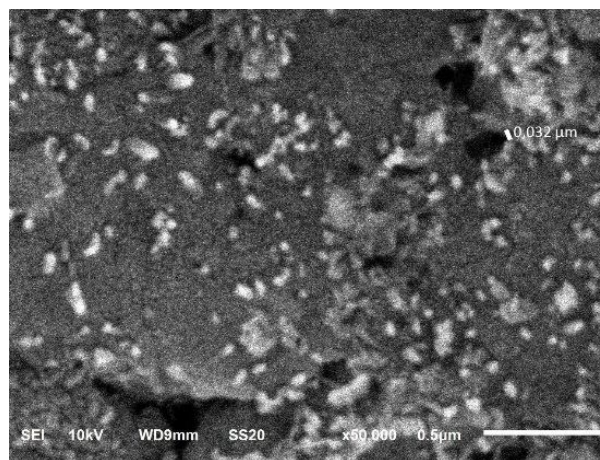
Morfologi permukaan dari material anoda baterai litium di karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan perbesaran 30.000x dan 50.000x. Dari Gambar 2 (a), 2 (b) dan 2 (c) terlihat jelas kontur permukaan material anoda berbeda-beda untuk setiap variasi temperatur *sintering* 400 °C, 450 °C dan 500 °C.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2 Hasil uji SEM material anoda dengan perbesaran 50.000x (a) temperatur *sintering* 400 °C; (b) temperatur *sintering* 450 °C; (c) temperatur *sintering* 500 °C

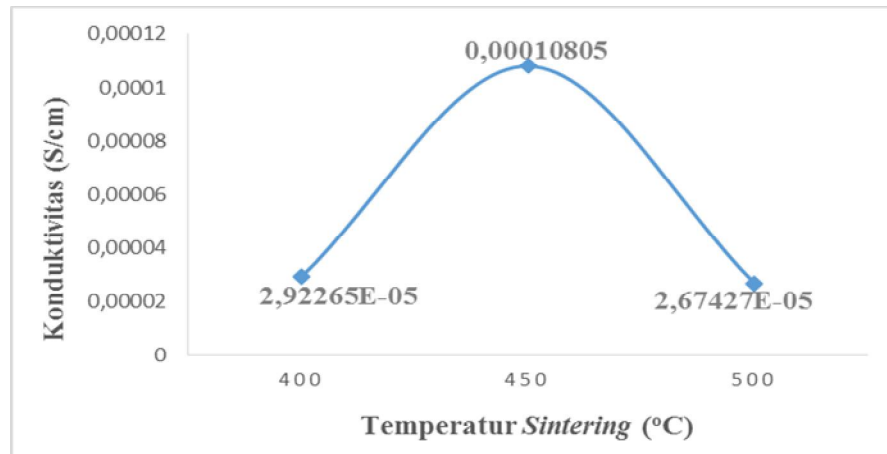
Dari Gambar 2 (a) dapat dilihat permukaan material anoda kurang merata dan masih terdapat pori-pori antar partikel dengan ukuran panjang 0,96 μm , 0,106 μm , 0,49 μm dan lebar 0,066 μm , 0,156 μm , 0,084 μm . Hal ini dikarenakan belum terjadinya proses difusi antar partikel dengan sempurna.

Pada Gambar 2 (b) terlihat permukaan dari material hampir merata. Selain itu, terlihat juga material anoda dengan temperatur *sintering* 450 °C memiliki pori yang lebih kecil dibandingkan material anoda dengan temperatur *sintering* 400 °C. Dari Gambar 2 (b) juga dapat dilihat bentuk pori tidak beraturan dan memiliki ukuran pori berkisar dengan panjang 0,328 μm , 0,254 μm dan lebar 0,058 μm , 0,226 μm dan terdapat pori yang berbentuk lingkaran dengan diameter 0,062 μm . Peningkatan temperatur *sintering* mengakibatkan terjadinya penyusutan pori antara *grain boundary* (batas butir) dan diikuti oleh pertumbuhan *grain* serta peningkatan ikatan antar partikel yang berdekatan (Ratnasari, dkk., 2014).

Dari Gambar 2 (c) terlihat permukaan material anoda dengan temperatur *sintering* 500 °C hampir tidak memiliki pori jika dibandingkan dengan temperatur *sintering* 400 °C dan 450 °C. Pori dari material anoda dengan temperatur *sintering* 500 °C berbentuk lingkaran dengan diameter 0,032 μm . Meningkatnya temperatur *sintering* menyebabkan udara yang berada diantara celah-celah partikel menjadi berkurang bahkan cenderung menghilang dan terisi oleh partikel-partikel, sehingga akan menghasilkan kerapatan antar partikel yang semakin meningkat. Namun pada temperatur *sintering* 500 °C terdapat banyak pengotor yang menempel pada material. Hal ini disebabkan oleh temperatur *sintering* yang terlalu tinggi sehingga sebagian karbon yang berubah menjadi abu.

3.3 Karakterisasi Konduktivitas Listrik Material

Pengukuran konduktivitas listrik material anoda yang dibuat dalam bentuk pelet dilakukan dengan menggunakan LCR meter dengan frekuensi 1000 Hz. Hasil pengukuran yang didapatkan menggunakan LCR meter adalah nilai resistansinya. Gambar 3 menunjukkan nilai konduktivitas listrik material anoda untuk setiap variasi temperatur *sintering*.



Gambar 3 Grafik perubahan temperatur *sintering* terhadap nilai konduktivitas listrik

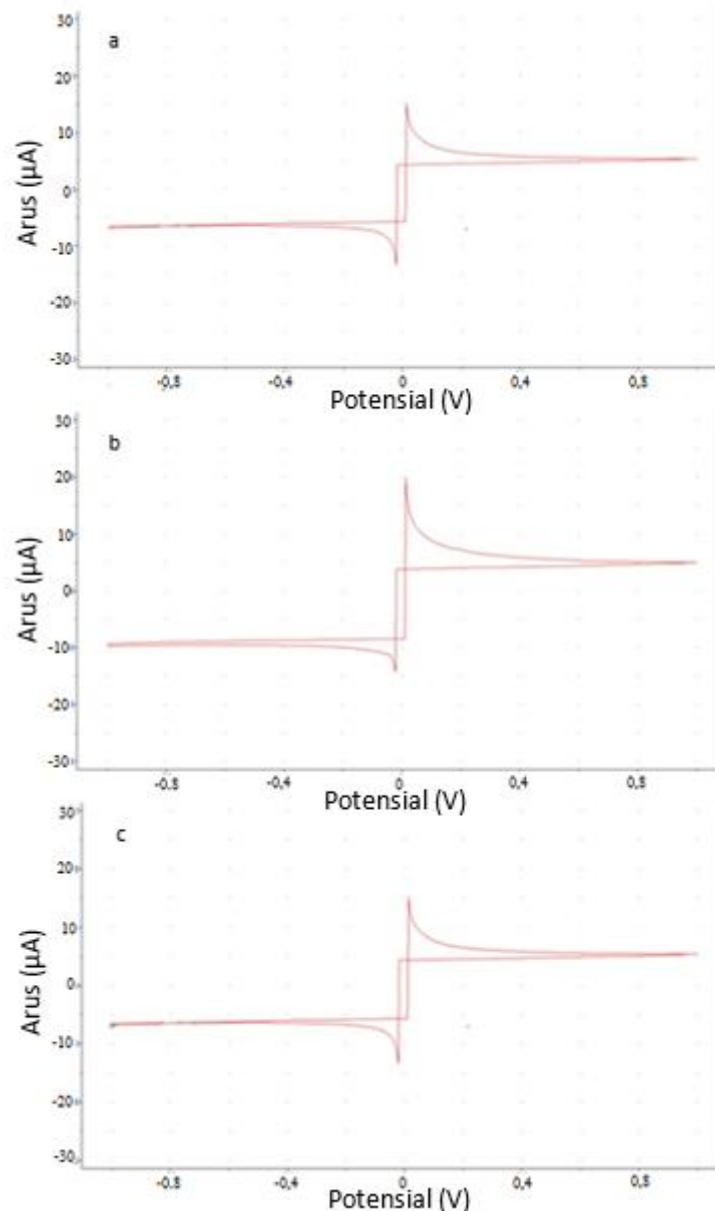
Nilai konduktivitas material anoda yang didapat pada temperatur *sintering* 400 °C adalah $2,92265 \times 10^{-5}$ S/cm. Sampel yang di *sintering* pada temperatur 400 °C memiliki lebih banyak pori yang menyebabkan konduktivitasnya lebih kecil. Menurut Subhan (2011) material yang memiliki porositas yang tinggi cenderung memiliki konduktivitas yang lebih rendah.

Pada temperatur *sintering* 450 °C terjadi peningkatan nilai konduktivitas material menjadi $1,0805 \times 10^{-4}$ S/cm. Pada temperatur *sintering* 450 °C terjadi difusi antar partikel dengan baik dan terbentuk ikatan antar butir sehingga nilai konduktivitasnya meningkat. Selain itu nilai konduktivitas material juga dipengaruhi oleh porositas material, dilihat dari hasil uji SEM terbentuk material yang padat dan pori-pori material semakin berkurang sehingga hambatannya semakin kecil sehingga elektron yang mengalir semakin banyak.

Pada temperatur *sintering* 500 °C nilai konduktivitas listriknya menurun menjadi $2,67427 \times 10^{-5}$ S/cm. Dilihat dari hasil uji SEM, pori-pori material anoda lebih sedikit dibandingkan dengan temperatur *sintering* 450 °C, namun material anoda pada temperatur *sintering* 500 °C sebagian materialnya sudah berubah menjadi abu. Hal itu yang menyebabkan nilai konduktivitas menurun karena tidak lagi dipengaruhi oleh kemurnian fasa.

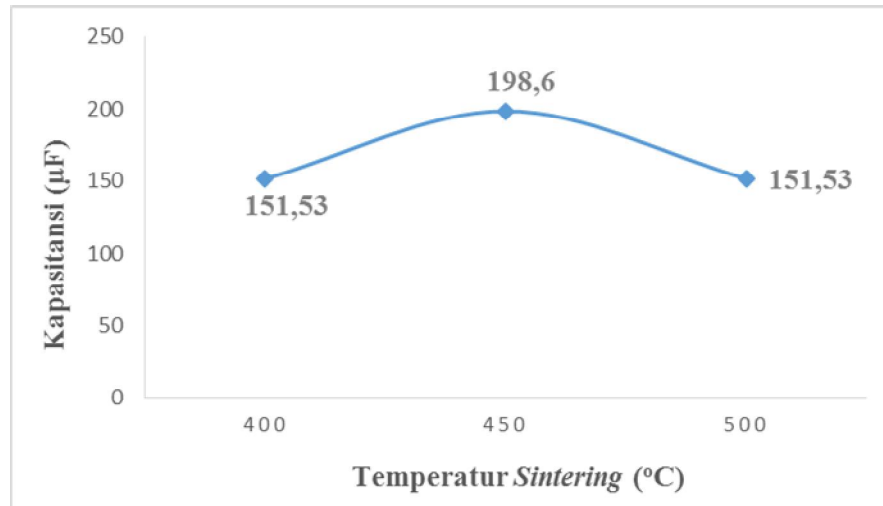
3.4 Karakterisasi Kapasitansi

Pengujian *Cyclic Voltammetry* bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitansi dari material anoda baterai litium. Data yang diperoleh berupa grafik voltammogram, yaitu kurva perbandingan antara potensial (V) terhadap arus (A). Pengujian ini dilakukan menggunakan membran sebagai elektrolit dengan tingkat *scan rate* 100 mV/s dan memiliki rentang potensial -1 V sampai 1 V. Gambar 4 menunjukkan kurva voltammogram hasil uji CV material anoda baterai litium.



Gambar 4 Kurva voltammogram hasil uji *Cyclic Voltammetry* material anoda dengan variasi temperatur *sintering* (a). 400 °C; (b). 450 °C; (c). 500 °C

Gambar 4 (a) adalah kurva voltammogram untuk material anoda dengan temperatur *sintering* 400 °C. Dari Gambar 4 (a) dapat dilihat adanya puncak reduksi dan oksidasi, dimana puncak reduksi berada pada 0,0140 V sedangkan puncak oksidasi berada pada -0,0220 V. Adapun jarak antara kurva redoks tersebut sebesar 0,036 V. Kurva voltammogram untuk material anoda dengan temperatur *sintering* 450 °C yang terlihat pada Gambar 4 (b) menunjukkan hasil yang sama dengan temperatur *sintering* 400 °C. Begitu juga dengan material anoda dengan temperatur *sintering* 500 °C yang terlihat pada Gambar 4 (c). Hubungan temperatur *sintering* dengan kapasitansi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik nilai kapasitansi terhadap perubahan temperatur *sintering*

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai kapasitansi material anoda pada temperatur *sintering* 400 °C adalah 151,53 µF. Nilai kapasitansi terbesar dihasilkan pada proses *sintering* dengan temperatur 450 °C, dimana nilai kapasitansinya sebesar 198,6 µF. Besarnya nilai kapasitansi dipengaruhi oleh pori-pori yang terdapat pada material, jika pori-pori kecil maka luas permukaannya besar, sehingga kapasitansinya juga semakin besar. Pada kenaikan temperatur *sintering* 500 °C nilai kapasitansinya menurun menjadi 151,53 µF. Dilihat dari morfologi permukaannya, material anoda dengan temperatur *sintering* 500 °C memiliki pori-pori yang lebih sedikit, tetapi pada permukaan anoda banyak terdapat abu yang menempel yang dapat menghambat proses pengisian dan pengosongan muatan. Menurut Rosi, dkk (2013) pada proses pengisian muatan, ion-ion akan tersimpan pada antar muka elektroda dan elektrolit. Berdasarkan teori, semakin luas permukaan, maka nilai kapasitansi spesifiknya akan semakin tinggi, Xing, dkk (2006) dalam Yanuar, dkk (2010).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil SEM-EDS karbon aktif yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi standar SII 0258-79. Konduktivitas optimal didapatkan sebesar $1,0805 \times 10^{-4}$ S/cm dan nilai kapasitansi material anoda paling besar didapatkan sebesar 198,6 µF dengan temperatur *sintering* 450 °C. Berdasarkan hasil penelitian ini, karbon aktif dari tempurung kemiri sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai material anoda baterai litium.

DAFTAR PUSTAKA

- Lempong, M., 2009, Sifat-Sifat Arang Aktif Tempurung Kemiri dan Aplikasinya sebagai Komponen Media Tumbuhan pada Tanaman Melina (*Gmelina arborea* Roxb.), Tesis, Sekolah Pasca Sarjana, ITB, Bandung.
- Ratnasari, D.D. dan Purwaningsih, H., 2014, Pengaruh Variasi Kecepatan Stirring dan Temperatur Sintering terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Fase Material Sensor Gas TiO₂, Jurnal Teknik POMITS, Vol. 3, No. 1, Surabaya.
- Rosi, M., Iskandar, F., Abdullah, M. dan Khairurrijal., 2013, Sintesis Nanopori Karbon dengan Variasi Jumlah NaOH dan Aplikasinya sebagai Superkapasitor, Prosiding Seminar Nasional Material 2013, Bandung.
- Subhan, A., 2011, Fabrikasi dan Karakterisasi Li₄Ti₅O₁₂ untuk Bahan Anoda Baterai Lithium Keramik, Tesis, Program Studi Magister Ilmu Bahan, Universitas Indonesia, Depok.
- Yanuar., Iwantono., Taer, E. dan Andriani, R., 2010, Pengaruh Ketebalan Elektroda Terhadap Nilai Kapasitansi Spesifik dan “Retained Ratio” Serbuk Gergaji Kayu Karet untuk Pembuatan Superkapasitor, Prosiding Seminar Nasional Fisika II, Surabaya.
- Yuniarti, E., 2013, Pengaruh pH, Suhu dan Waktu Pada Sintesis LiFePO₄/C dengan Metode Sol-gel sebagai Material Katoda untuk Baterai Sekunder Lithium, Tesis, Program Studi S2 Ilmu Fisika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.