

MENINGKATKAN SUPLAY DAYA BATERAI ALUMINIUM UDARA MENGGUNAKAN BAHAN KONDUKTIF TEROPTIMASI CAMPURAN SILIKA XEROGEL DAN TiO_2 PADA KATODA UDARA

Linda Faridah¹, Euis Nur F²

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia¹

Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia²

email: lindafaridah@unsil.ac.id

Abstrak

Teknologi baterai berkembang dalam beberapa tahun terakhir seiring dengan berkembangnya kebutuhan divais daya untuk kendaraan listrik dan peralatan elektronik portabel seperti laptop, handphone, kamera, dan lain-lain. Pengembangan teknologi ini diarahkan untuk menciptakan baterai ramah lingkungan, mempunyai rapat daya dan energi cukup tinggi, siklus hidup yang lebih lama serta baterai berdimensi kecil dan berbobot ringan. Untuk baterai kecil dan ringan, itu perlu rekayasa teknologi pada bodi baterai. Salah satu rekayasa teknologi adalah penggunaan oksigen pada baterai Aluminium udara (baterai Al udara), sehingga itu akan memimaliasikan dimensi dan bobot baterai. Salah satu komponen baterai Al udara adalah katoda udara yang mempunyai fungsi penting untuk memfasilitasi reaksi reduksi oksigen. Selama terjadi reaksi, itu menghasilkan endapan produk reaksi yang menutupi katoda udara, sehingga reaksi terganggu. Untuk mengatasi gangguan itu, maka itu perlu melapiskan material aktif pada katoda udara yang berfungsi untuk menyediakan saluran pori, sehingga reaksi reduksi oksigen dalam katoda udara akan berlangsung terus menerus. Dalam penelitian ini, material TiO_2 dan silika xerogel (SX) digunakan untuk bahan lapisan aktif katoda udara. Lapisan aktif katoda udara disiapkan dengan menambahkan dari 2, 5, 10, dan 20 SX ke dalam TiO_2 . Lapisan aktif dideposisikan pada permukaan *current collector* baterai dan kemudian dipasang pada struktur baterai Al udara. Baterai Al udara dengan variasi lapisan aktif diuji dengan *Baterai Testing System* (BTS) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) berturut-turut untuk menentukan kapasitas baterai dan resistansi internal baterai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada korelasi yang jelas antara variasi komposisi SX/ TiO_2 dan perubahan terkait kapasitas pengosongan sel baterai Al-udara. Baterai dengan komposisi lapisan katoda udara 2 wt.% SX telah menunjukkan kapasitas pengosongan tertinggi sebesar 36,6 mAh/g. Selanjutnya, kapasitas pengosongan terukur menurun dari 36,6 menjadi 10,1 mAh/g karena komposisi SX meningkat dari 2% berat menjadi 20% berat. Penurunan kapasitas pengosongan dikaitkan dengan resistansi transfer muatan dari antarmuka katoda dan elektrolit (R_{ct}) karena akumulasi produk reaksi elektrokimia pada permukaan anoda permukaan dan pada pintu masuk mikropori pada permukaan katoda udara.

Kata Kunci: Baterai Aluminium Udara, silika xerogel, kapasitas baterai, EIS, BTS

I. PENDAHULUAN

Energi angin dan matahari menjadi salah satu energi listrik terbarukan yang secara terus menerus berproduksi tetapi ada salah satu permasalahan teknis yang sering terjadi yaitu ketika malam hari matahari tidak bersinar dan putaran angin yang juga mempunyai kecepatan yang tidak stabil sehingga dalam energi angin dan matahari kurang efektif dalam menyimpan energy listrik. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan cara lain untuk menyimpan energi listrik [1]

Teknologi baterai berkembang dalam beberapa tahun terakhir seiring dengan berkembangnya kebutuhan divais daya untuk kendaraan listrik dan peralatan elektronik portabel seperti laptop, handphone, kamera, dan lain-lain. Pengembangan teknologi ini diarahkan untuk menciptakan baterai ramah lingkungan, mempunyai rapat daya dan energi cukup tinggi, siklus hidup yang lebih lama serta baterai berdimensi kecil dan berbobot ringan. Untuk baterai kecil dan ringan, itu perlu rekayasa teknologi pada bodi baterai.

Salah satu rekayasa teknologi adalah penggunaan oksigen pada baterai Aluminium udara (baterai Al udara), sehingga itu akan memimaliasikan dimensi dan bobot baterai. Salah satu komponen baterai Al udara adalah katoda udara yang mempunyai fungsi penting untuk

memfasilitasi reaksi reduksi oksigen. Baterai Aluminium udara menjadi alternative dalam pembangunan pembangkit dan penyimpanan energy listrik karena harga yang murah, melimpah dan logam yang ramah lingkungan karena dapat di daur ulang [2].

Prinsip kerja baterai udara adalah mengambil sebagian udara sekitar yang kontak langsung dengan katoda karbon aktif sehingga molekul-molekul udara tersebut akan bercampur dengan cairan elektrolit pada baterai dan menghasilkan tegangan dan arus listrik setelah katoda terhubung dengan anoda menggunakan aluminium foil.

Baterai Aluminium udara menghasilkan energy listrik dari proses elektrokimia. Elektroda positif (katoda) dibuat untuk menyerap oksigen di udara, elektroda positif (katoda) ini di namakan katoda udara. Baterai aluminium udara terdiri dari aluminium sebagai anoda, material karbon sebagai lapisan katoda udara (katoda) dan larutan elektrolit. Katoda udara tersusun atas material karbon berpori, binder, current collector dan katalis.

Baterai mempunyai rapat energi teoretis dalam kisaran 2-12 kWh/kg (Dengan, Xerogel, and Bahan 2019) yang sekitar 3 ~ 30 kali lebih tinggi daripada baterai lithium-ion, tegangan sel nominal 1 - 3 V dan rapat daya 1000-10000 W/kg. Parameter menguntungkan semacam itu memperkuat konsep penggantian baterai ion sebagai

media penyimpanan dan konversi dengan baterai logam udara di banyak sistem aplikasi dimana baterai ion digunakan (misalnya kendaraan listrik hibrida, sistem cadangan listrik, UPS dan lain-lain).

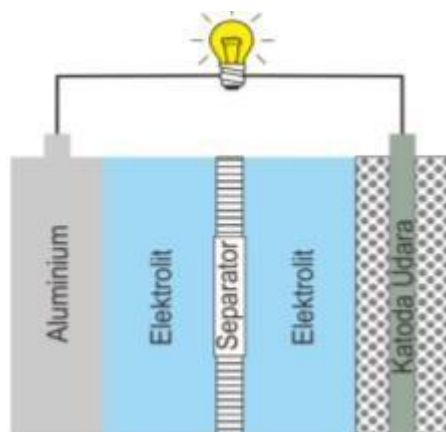
Baterai Aluminium Udara Terdiri dari anoda logam AL, elektrolit, separator dan bahan aktif katoda udara. Bahan Aktif adalah komponen Sangat penting dalam baterai, karena reaksi evolusi oksigen (OER) dan reaksi reduksi oksigen (ORR) dapat terjadi selama proses pengosongan [2].

Dalam penelitian ini, material TiO_2 dan silika xerogel (SX) akan digunakan untuk bahan lapisan aktif katoda udara. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan komposisi TiO_2 dan SX optimum yang menghasilkan kapasitas baterai Al udara maksimum dan mengetahui sejauhmana resistansi internal baterai mengurangi kapasitas baterai. Lapisan aktif katoda udara disiapkan dengan menambahkan dari 2, 5, 10, dan 20 wt.% SX ke dalam TiO_2 . Lapisan aktif dideposisikan pada permukaan *current collector* baterai dan kemudian dipasang pada struktur baterai Al udara. Baterai Al udara dengan variasi lapisan aktif diuji dengan *Baterai Testing System* (BTS) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) berturut-turut untuk menentukan kapasitas baterai dan resistansi internal baterai. Keterkaitan resistansi internal baterai dan kapasitas baterai terukur akan dianalisis dan diuraikan secara detail

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Baterai Aluminium Udara

Baterai Aluminium Udara terdiri dari logam aluminium sebagai anoda, katoda udara, separator dan larutan elektrolit. Baterai aluminium udara menghasilkan energi listrik diperoleh dari reaksi elektrokimia yaitu reaksi reduksi dan oksidasi,



Gbr 2.1 Struktur Baterai Aluminium Udara

Reaksi elektrokimia pada baterai aluminium-udara dapat didefinisikan sebagai berikut L

2.2 Silika Xerogel

Xerogel adalah hidrogel yang dihilangkan kandungan airnya secara konvensional untuk mendapatkan gel keringnya dengan menaikkan

temperatur ataupun menaikkan tekanan sehingga air dapat keluar dan membentuk gel keringnya [1]. Xerogel memiliki banyak aplikasi antara lain yaitu sebagai adsorben, katalis, kromatografi kolom, pada kosmetik, dan juga pada bidang farmasi [2]. Silika xerogel termasuk dalam jenis dari silika gel. Selain xerogel jenis lainnya yaitu aerogel dan cyrogel.

Pada penelitian ini dipelajarinya silika gel dalam bentuk xerogel dikarenakan xerogel dalam pembuatannya lebih mudah, bahan-bahan dasar yang digunakan mudah diperoleh, tidak menggunakan bahan-bahan organik sehingga tidak akan menimbulkan limbah dari hasil samping pembuatan sintesis silika xerogel dan tidak memakan biaya cukup banyak.

2.3 TiO_2

Titanium dioksida adalah bahan semikonduktor yang memiliki sejumlah besar aplikasi dan merupakan salah satu fotokatalis yang diselidiki paling luas. Hal ini terutama karena sifatnya yang menguntungkan seperti non-toksitas, inert, stabilitasnya yang tinggi dan karakteristik semikonduktornya mampu menghasilkan pembawa muatan yang menyerap energi foton (Benedix et al. 2000)

Titanium dioksida (TiO_2) memiliki tiga fasa struktur kristal, yaitu anatase, rutil, dan brookite, tetapi hanya anatase dan rutil yang keberadaannya cukup stabil. Dalam aktivitas fotokatalitik, fasa anatase dan rutil mempunyai peran penting. Secara termodinamik, fasa anatase kurang stabil bila dibandingkan rutil. Akan tetapi, pembentukannya lebih disukai pada suhu rendah. Anatase mempunyai struktur kristal tetragonal dimana Ti-O oktahedral *sharing* 4 sudut, sedangkan rutil mempunyai struktur mirip anatase, tetapi Ti-O oktahedral pada rutil *sharing* 4 sisi bukan 4 sudut. Struktur anatase dan rutil dapat digambarkan sebagai rantai oktahedral TiO_6 di mana tiap ion Ti^{4+} dikelilingi oleh enam ion O^{2-} kedua struktur kristal dibedakan oleh distorsi oktahedral dan pola susunan rantai oktahedralnya [3]

III. METODE

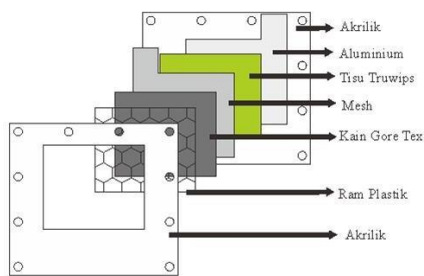
3.1 Preparasi Lapisan SX/ TiO_2

Silika xerogel (SX) amorf, TiO_2 , karbon hitam dan Polyvinylidene fluoride (PVDF) digunakan sebagai material komposit untuk lapisan aktif di katoda udara. SX dibuat dengan metode ekstraksi dari abu limbah sagu. Prosedur ekstraksi telah dijelaskan secara rinci di penelitian sebelumnya (Aripin dkk, 2011). Menggunakan teknik ini, kemurnian tinggi sekitar 98% silika xerogel amorf dengan ukuran partikel rata-rata 100-180 nm telah diproduksi. TiO_2 dan bubuk PVDF adalah bahan yang tersedia secara komersial, yang dipasok dari Sigma Aldrich. Suatu komposisi atas dasar kering 2% berat SX, 1% berat karbon hitam dan 97% berat TiO_2 dicampur dan kemudian dihaluskan selama 24 jam pada suhu kamar dengan penggilingan bola alumina. Rasio 1:1 untuk larutan PVDF dan N-methylpyrrolidone (NMP) digunakan sebagai pengikat. Kemudian, SX/ TiO_2 yang telah digiling dicampur dengan bahan pengikat kemudian

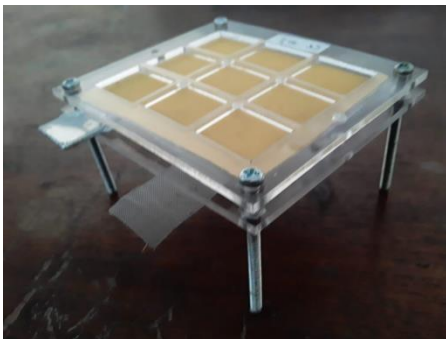
diaduk pada suhu kamar selama 30 menit sampai campuran menjadi slurry (bubur) yang homogen. Setelah itu, bubur diultrasonikasi selama minimal 10 menit untuk menghilangkan gelembung udara. Bubur yang diperoleh dilapisi pada permukaan substrat nikel 300 mesh dan kemudian dikeringkan pada oven pengering pada suhu 105°C selama 24 jam. Campuran yang mengandung SX dari 5% berat (5 berat% SX), 10% berat (10% berat SX) dan 20% berat (20% berat SX) disiapkan dalam prosedur yang sama seperti yang dijelaskan di atas

3.2 Perakitan Baterai Al-Udara

Gambar 1 dan 2 menunjukkan gambar skema dan foto struktur baterai Al-air. Sel baterai berbentuk persegi panjang dirakit dengan anoda dan katoda yang berukuran 5 x 6 cm². Plat aluminium dan lapisan komposit SX/TiO₂ yang diendapkan pada permukaan substrat nikel mesh adalah berturut-turut sebagai bahan anoda dan katoda udara. Anoda dan katoda dipisahkan oleh membran pemisah berpori tisu truwipes. KOH 1 M digunakan sebagai elektrolit, yang disuntikkan ke dalam separator.



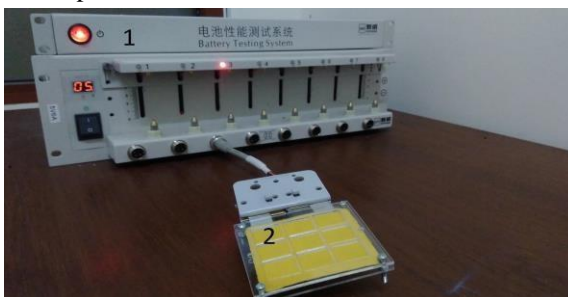
Gbr 3.1 Struktur Baterai Al-Udara



Gbr 3.2 Foto struktur baterai Al-udara

3.2 Pengujian Baterai Al-udara

Kapasitas pengosongan diuji menggunakan sistem pengujian baterai (BTS-MPTS, China) pada rapat arus konstan.



Gbr 3.3 Pengujian *charge/discharge*

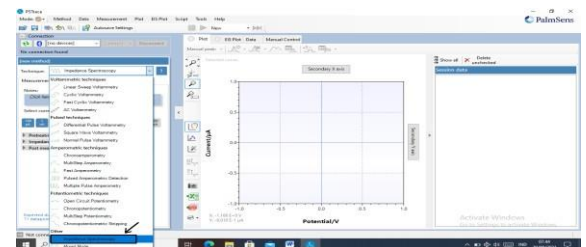
Gambar 3.3 menunjukkan pengujian *charge/discharge* dimana terdiri dari beberapa komponen yaitu: (1) BTS (Battery Testing System) dan (2) baterai. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan baterai ke alat BTS, dengan cara menghubungkan terminal positif BTS ke katoda baterai dan terminal negatif ke anoda baterai, kemudian nyalakan BTS dan hubungkan dengan laptop melalui kabel LAN. Setelah BTS dan laptop terhubung, lalu buka aplikasi Neware dan login. Setelah tegangan baterai terdeteksi kemudian buka menu lalu pilih pengujian *charge/discharge* kemudian diatur untuk arus, lama proses *charging* dan tegangan *cut off* untuk proses *discharging*.

3.3 Pengukuran Kapasitas dan Resistansi Internal Baterai



Gbr 3.4 pengujian EIS

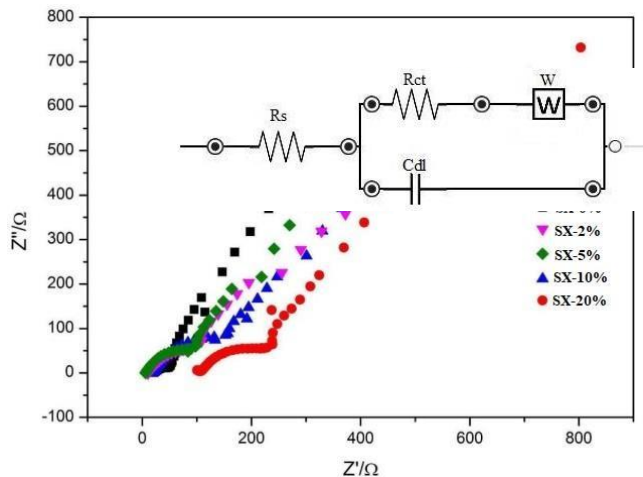
Pengujian EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy) dimana terdiri dari beberapa komponen yaitu : (1) Laptop, (2) palm sens, (3) baterai. Pengujian EIS dilakukan dengan menggunakan alat palm sens. langkah pertama adalah dengan menghubungkan palm sens ke laptop dengan menggunakan kabel usb setelah tersambung lalu menyalakan laptop dan palm sens. didalam alat palm sens terdapat konektor yang terdiri dari 3 elektroda yaitu *working electrode* (WE) *reference electrode* (RE) dan *counter electrode* (CE). *working electrode* dihubungkan ke katoda baterai, *reference electrode* dan *counter electrode* dihubungkan ke anoda baterai. Setelah baterai terhubung lalu buka aplikasi pstrace yang sudah terinstal di laptop. Setelah aplikasi terbuka dan tegangan baterai terdeteksi terdapat menu *technique* lalu pilih pengujian EIS (*Electrochemical Impedance spectroscopy*) seperti terlihat pada gambar 3.5



Gbr 3.5 Langkah Pengujian EIS

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4.1 menunjukkan plot Nyquist dari EIS dan model rangkaian ekivalen dari data yang dipasang untuk baterai Al-air menggunakan lapisan aktif pada kandungan SX yang berbeda dalam elektrolit KOH 1 M. Plot semi lingkaran dapat diamati di daerah frekuensi tinggi. Titik awal dari semi lingkaran kecil di plot Nyquist mewakili resistansi seri setara R_s yang terkait dengan larutan elektrolit, kolektor arus, dan resistansi kontak (Dees dkk, 2005). Semi lingkaran dapat dikaitkan dengan resistansi transfer muatan dari antarmuka katoda dan elektrolit (R_{ct}).



Gbr 4.1 Plot Nyquist

Plot Nyquist EIS dan model rangkaian ekivalen data pencocokan untuk baterai Al-udara menggunakan katoda udara dengan konten SX berbeda dalam larutan elektrolit KOH 6 M.

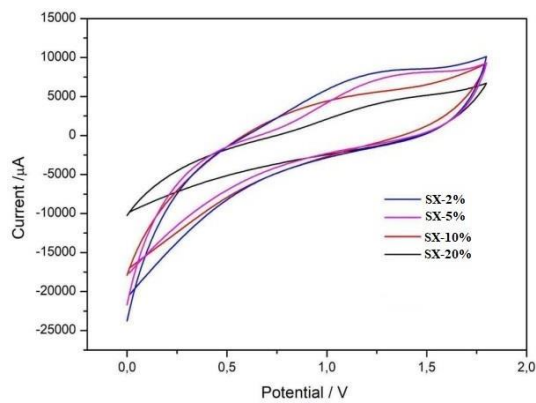
Tbl 1. Parameter pencocokan data EIS

Sample type	R_s (Ω)	R_{ct} (Ω)	C_{dl} (μF)	W ($K\sigma$)
SX-0%	6,68	48,15	80,12	0,119
SX-2%	11,05	74,12	62,37	0,257
SX-5%	19,47	78,08	35,33	0,284
SX-10%	22,06	146,20	22,16	0,333
SX-20%	106,4	187,43	17,23	0,360

yang diperoleh untuk baterai Al-udara dengan menggunakan katoda udara dengan konten SX berbeda dalam elektrolit KOH 6 M. Semi lingkaran besar dapat dikaitkan dengan resistansi transfer muatan dari antarmuka katoda dan elektrolit (R_{ct}). Dapat dilihat dari Tabel 1 bahwa R_s meningkat dengan peningkatan kandungan SX dari 2 menjadi 20 wt. %.

Peningkatan ini terkait dengan penambahan resistansi internal yang timbul dari pengeringan elektrolit di separator, kontak antara partikel SX individu, dan kontakannya dengan kolektor arus. Ketika 20 wt.% SX digunakan untuk baterai, R_s terbesar diukur dalam rangkaian. SX amorf tidak cukup untuk menjaga partikel konduktif bersama sebagai jaringan dan konektivitas yang tidak baik dikembangkan antara partikel SX di lapisan komposit. Oleh karena itu, SX amorf tidak menyediakan jalur elektron lancar antara lapisan komposit dan kolektor arus, yang mengarah ke reaksi lambat elektrolit dan oksigen di dalam pori-pori. Kemudian, konten SX dari SX-10% sampai SX-2%,

memungkinkan terbentuknya peningkatan jaringan interkoneksi antara partikel SX pada lapisan komposit karena kandungan SX lebih rendah dan menghasilkan R_s yang relatif kecil dibandingkan untuk konten 20 wt.%. Resistansi R_{ct} dikaitkan dengan adanya sejumlah produk reaksi $Al(OH)_3$ (Liew dkk, 2019) yang masuk ke pori-pori pada lapisan komposit dan teradsorpsi ke permukaannya. Proses transfer muatan antara permukaan pori-pori pada lapisan komposit dan larutan elektrolit terganggu sebelum waktunya dan menyebabkan perubahan resistansi transfer muatan. Nilai R_{ct} meningkat secara signifikan dengan meningkatnya kandungan SX dari 2 wt.% menjadi 20 wt.%. Temuan ini dikaitkan dengan keberadaan mikropori di SX. Pori mikro terlalu kecil untuk memasukkan $Al(OH)_3$ dan menurut literatur (Mori, 2017), pintu masuk mikropori dapat dengan mudah diblokir oleh $Al(OH)_3$, sehingga pori-pori ini tetap tidak terisi oleh oksigen dan ion elektrolit. Peningkatan R_{ct} disebabkan oleh fakta bahwa fraksi volume mikropori meningkat ketika kandungan SX meningkat dari 2 wt.% menjadi 20 wt.%, sehingga area kontak pori yang terhalang oleh $Al(OH)_3$ meningkat dan oleh karena itu, resistansi transfer muatan R_{ct} meningkat. Seperti diketahui, SX merupakan material nanostruktural dengan porositas tinggi (sekitar 95%) dan terutama mengandung mikro dan mesopori (Duraes dkk, 2012). Dengan demikian, pada kandungan SX yang lebih tinggi, lapisan komposit pada katoda udara memiliki jumlah saluran pori yang tinggi. Dalam hal ini, lebih banyak ion elektrolit dapat dengan mudah berdifusi melalui pori-pori dan reaksi oksigen dan air dapat berlangsung berulang kali untuk menghasilkan jumlah ion OH^- dan produk reaksi $Al(OH)_3$ yang lebih tinggi dalam media elektrolit. Karena permukaan anoda Al bersentuhan langsung dengan elektrolit dan setelah reaksi elektrokimia berlangsung, produk dari reaksi ini terakumulasi di permukaan dan menyebabkan korosi. Selain itu, beberapa pengulangan reaksi elektrokimia menyebabkan akumulasi sejumlah besar $Al(OH)_3$ pada permukaan anoda. Hal ini mengakibatkan peningkatan resistansi Warburg (W) yang menghambat migrasi OH^- ke anoda Al pada reaksi pelepasan. Interpretasi tersebut sesuai dengan temuan serupa dari studi tentang baterai lithium dan magnesium-udara (Kitaura, 2012).



Gambar 4.2 Kurva voltametri siklik untuk baterai udara Al menggunakan katoda udara dengan kandungan SX berbeda dalam elektrolit KOH 6 M.

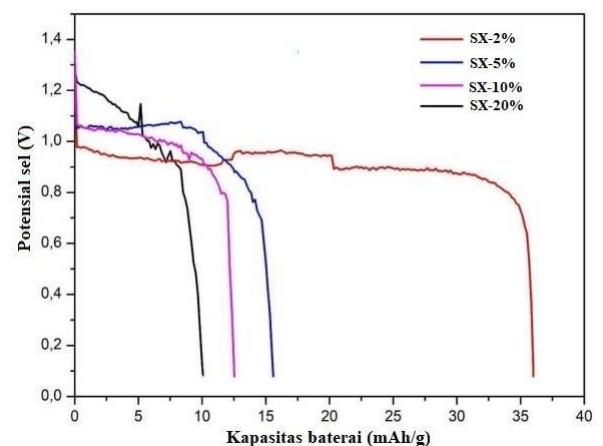
Gambar 4.2 menunjukkan kurva voltametri siklik (CV) untuk baterai udara Al menggunakan katoda udara dengan kandungan SX berbeda dalam elektrolit KOH 6 M. Pengukuran CV dicatat dalam rentang jendela tegangan dari

0 dan 2,5 V pada laju pemindaian 1 mV/s. Kurva CV menunjukkan bentuk kapasitif yang serupa. Selama proses OER, puncak menit diamati pada 1,25 V untuk SX-2%, dan ketika konten meningkat hingga SX-20%, puncak bergerak ke potensial rendah. Adanya puncak kecil menunjukkan bahwa larutan elektrolit KOH memiliki aktivitas yang rendah dengan O_2 . Selama proses ORR dari 1,75 dan 0 V, puncak lebar untuk semua sampel juga diamati pada posisi relatif yang sama sekitar 1,1 hingga 1,2 V. Hal ini terkait dengan pengosongan ion OH^- dari pori-pori dan pembentukan aluminium hidroksida sebagai pembawa muatan dianggap berasal dari oksidasi sisa peroksida (HO_2^-), produk dari reduksi dua elektron O_2 pada lapisan katoda udara dalam media elektrolit (Chervin dkk, 2012). Dapat dilihat dengan jelas bahwa arus katodik dan anodik berkurang dengan bertambahnya konten SX dari SX-2% sampai SX-20%. Pengurangan arus secara signifikan dikaitkan dengan adanya volume mesopori di lapisan katoda udara. Volume mesopori yang lebih tinggi menyebabkan arus puncak yang lebih tinggi. Mesoporositas tinggi memungkinkan peningkatan jumlah transisi dalam sebagian besar elektrolit dan juga mempercepat degradasi elektrolit pada lapisan katoda udara. Asumsi ini didukung oleh beberapa literatur, yang menunjukkan bahwa arus puncak sangat bergantung pada volume mesopori untuk material karbon yang ditempa Aerosil® dengan kandungan sukrosa yang bervariasi (Postnot dkk, 2013). Selanjutnya juga ditemukan bahwa area terintegrasi dari masing-masing kurva voltametri menurun dengan meningkatnya kandungan SX. Semua area kurva yang terintegrasi dikaitkan dengan kapasitas pengisian dan pengosongan yang tersedia selama pemindaian. Peningkatan arus katodik dan anodik timbul dari reduksi O_2 .

Gambar 4.3 menunjukkan kurva kapasitas spesifik untuk baterai Al-udara menggunakan katoda udara dengan kandungan SX yang berbeda dalam elektrolit KOH 6 M. Dapat dilihat bahwa tegangan sel baterai pada permulaan pengoperasian meningkat dari 1 V

sampai 1,2 V jika kandungan SX bertambah dari 2% sampai 20%. Ketika kandungan SX menurun, tegangan sel juga menurun. Penurunan ini dikaitkan dengan peningkatan R_s terukur sebagai akibat dari pengeringan separator (Shen dkk, 2018).

Ditemukan juga bahwa kapasitas pelepasan spesifik meningkat dengan peningkatan konten SX. Perilaku tersebut terkait dengan penurunan R_{ct} yang diukur dan ini sejalan dengan interpretasi dari literatur (Cheng dkk, 1998). Diduga bahwa lapisan produk reaksi $Al(OH)_3$ terbentuk dan tumbuh pada permukaan anoda Al dan pintu masuk mikropori (Neves dkk, 2004). Keberadaan lapisan ini mengurangi aktivitas katalitik dalam reaksi elektrokimia pada permukaan Al anoda dan menghalangi ion elektrolit memasuki mikropori sehingga mengurangi jumlah ion OH^- yang dihasilkan dalam mikropori. Akibatnya, proses tersebut dapat menurunkan kapasitas pengosongan baterai Al-air



Gbr 4.3 Kapasitas baterai Al-udara spesifik menggunakan katoda udara dengan konten SX berbeda dalam larutan ekektrolit KOH 6 M.

V. KESIMPULAN

Silika xerogel berpori yang berasal dari abu limbah sagu bersama dengan TiO_2 telah berhasil digunakan sebagai bahan lapisan aktif katoda udara baterai Al-udara. Ditemukan bahwa ada korelasi yang jelas antara variasi komposisi SX/ TiO_2 dan perubahan terkait kapasitas pengosongan sel baterai Al-udara. Baterai dengan komposisi lapisan katoda udara 2 wt.% SX telah menunjukkan kapasitas pengosongan tertinggi sebesar 36,6 mAh/g. Selanjutnya, kapasitas pengosongan terukur menurun dari 36,6 menjadi 10,1 mAh/g karena komposisi SX meningkat dari 2% berat menjadi 20% berat. Penurunan kapasitas pengosongan dikaitkan dengan resistansi transfer muatan dari antarmuka katoda dan elektrolit (R_{ct}) karena akumulasi produk reaksi elektrokimia pada permukaan anoda permukaan dan pada pintu masuk mikropori pada permukaan katoda udara.

REFERENSI

- [1] Aripin H, Mitsudo S, Sudiana I N, Tani S, Sako K, Fujii Y, Saito T, Idehara T, Sabchevski S, (2011), Rapid sintering of silica xerogel ceramic derived from sago waste ash using sub-millimeter wave heating with a 300 GHz CW gyrotron, *Journal of Infrared Millimeter and Terahz Waves*, **Vol. 32**, hal. 867 – 876.
- [2] Aripin, H. “Performance of Graphite / SiO₂ Composites as Cathode Electronic Active Layer in Al-Air Batteries.”
- [3] Benedix, Roland, Frank Dehn, Jana Quaas, and Marko Orgass. 2000. “Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self-Cleaning Building Materials.” *Lacer*: 157–68. http://nanocoating.se/Sjalvrengorande_byggnadsmaterial_genom_Titandioxid_och_PCO.pdf.
- [4] Cheng S, Zhang J, Liu H, Leng Y, Yuan A, Cao C, (1998), Study of early cycling deterioration of a Ni/MH battery by electrochemical impedance spectroscopy, *Journal of Power Sources*, **Vol. 74**, hal. 155 – 157.
- [5] Chervin, CN., Long, J., Brandell, N., Wallace1, N., Kucko, N., Rolison, R., (2012). Redesigning air cathodes for metal–air batteries using MnOx-functionalized carbon nanofoam architectures, *Journal of Power Sources*, **Vol. 207**, hal. 191– 198.
- [6] Dees D, Gunen E, Prakash J, Abraham D, Jansen A, (2005), Alternating current impedance electrochemical modeling of lithium-ion positive electrodes, *Journal of Electrochemical Society*, **Vol. 152**, hal. A1409 – A1417.
- [7] Duraes L, Ochoa M, Rocha N, Patricio R, Duarte N, Redondo V, Portugal A, (2012), Effect of the drying conditions on the microstructure of silica based xerogels and aerogels, *Journal of Nanoscience Nanotechnology*, **Vol. 12**, hal. 6828 – 6834.
- [8] Kitaura H, Zhou H, (2012), Electrochemical Performance of Solid-State Lithium–Air Batteries Using Carbon Nanotube Catalyst in the Air Electrode, *Advance Energy Material*, **Vol. 2**, hal. 889 – 894.
- [9] Liew S, Juan J, Lai C, Pan G, Thomas C, Yang K, Lee T, (2019), An eco-friendly water-soluble graphene-incorporated agar gel electrolyte for magnesium-air batteries, *Ionics*, **Vol. 25**, hal. 1291 – 1301.
- [10] Li, Yanguang, and Jun Lu. 2017. “Metal-Air Batteries: Will They Be the Future Electrochemical Energy Storage Device of Choice?” *ACS Energy Letters* 2(6): 1370–77.
- [11] Mori R, (2017), Electrochemical properties of a rechargeable aluminum–air battery with a metal–organic framework as air cathode material, *RSC Advances*, **Vol. 7**, hal. 6389 – 6395.
- [12] Neves S, Fonseca, C P, (2004), Mixed solid device based on conducting polymer composite and polymer electrolyte, *Journal of the Brazilian Chemistry Society*, **Vol. 15**, hal. 395 – 399.
- [13] Postnov, VN., Peretrukhina, YV., Aleksey Novikov, A., Novikov, A., (2013). A porous carbon material prepared by template synthesis using Aerosil, *Russian Journal of Applied Chemistry*, **Vol. 86**, hal. 662-666.
- [14] Shen C, Xie J, Liu T, Zhang M, Andrei P, Dong L, Hendrickson M, Plichta J, Zheng P, (2018), Influence of Pore Size on Discharge Capacity in Li-Air Batteries with Hierarchically Macroporous Carbon Nanotube Foams as Cathodes *Journal of Electrochemical Society*, **Vol. 165**, hal. A2833 – A2839.
- [15] Wang, Chen Chi, and Jackie Y. Ying. 1999. “Sol-Gel Synthesis and Hydrothermal Processing of Anatase and Rutile Titania Nanocrystals.” *Chemistry of Materials* 11(11): 3113–20.