

Studi Kinerja Baterai Aluminium – Udara Dengan Bata Merah Sebagai Katoda Untuk Penerangan Lampu LED Pada Kapal

Shahrin Febrian ^{1*}, Aldyn Clinton Partahi Oloan ²

¹Dosen Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Perada

²Dosen Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada
Jl. Taman Malaka Selatan No.22, Pondok Kelapa, Duren Sawit, DKI Jakarta, Indonesia 13450

*Koresponden : shahrin.unsada@gmail.com

Abstrak

Teknologi baterai logam yang memanfaatkan udara muncul sebagai sumber energi alternatif yang menjanjikan, dan perkembangannya dipantau secara global. Teknologi ini diterapkan dalam berbagai bidang seperti kendaraan listrik dan bahkan perahu listrik. Aluminium yang digunakan sebagai bahan anoda menawarkan keunggulan dibandingkan logam lain, sementara bata merah muncul sebagai alternatif potensial untuk katoda baterai dalam logam bertekanan udara; kombinasi kedua bahan ini telah diteliti secara intensif di berbagai negara maju sebagai pengganti produksi katoda baterai. Di Indonesia, bahan ini telah digunakan sejak zaman dahulu kala untuk berbagai tujuan bermanfaat, termasuk keramik dan bahan bangunan, hingga bata merah. Selanjutnya, uji coba dilakukan untuk menilai kemampuan bahan ini sebagai katoda udara dalam baterai aluminium-udara menggunakan larutan elektrolit 6 Mol Kalium Hidroksida. Dimensi sel Ø25 mm dan ketebalan 10 mm menghasilkan tegangan puncak 1,30 Volt dan arus 30 mA, memungkinkan aplikasi optimal sel baterai untuk lampu 1 Watt saat 27 sel baterai dihubungkan secara seri.

Kata kunci: Aluminium; bata; baterai; katoda; udara

Abstract

Metal battery technology utilizing air is emerging as a promising alternative energy source, and its development is being monitored globally. This technology finds applications in diverse areas like electric vehicles and even electric boats. Aluminum used in anode material offers benefits compared to other metals, while red brick has emerged as a potential alternative for battery cathodes in air-conditioned metals; a combination of these two materials has been researched extensively in various developed nations as a substitute for battery cathode manufacturing. In Indonesia, it has been utilized since our ancestors' era for various beneficial purposes, including pottery and construction materials, up to red bricks. Subsequently, trials were performed to assess this material's capacity as a cathode air in an Aluminum-air battery using 6 Mol Potassium Hydroxide as the electrolyte solution. The cell dimensions of Ø25 mm and 10 mm thickness generated the peak voltage of 1.30 Volts and a current of 30 mA, enabling optimal application of the battery cells for a light of 1 Watt when 27 series battery cells are connected

Keywords: air; Aluminum; battery; bricks; cathode

1. Pendahuluan

Secara Sumber energi alternatif menjadi hal yang sering diperbincangkan oleh para ilmuwan di seluruh dunia, perkembangan teknologi memacu setiap negara maju maupun berkembang untuk terus meningkatkan kualitas teknologinya, beberapa tahun ini baterai logam udara menjadi perhatian khusus bagi para peneliti karena baterai ini mampu menghasilkan listrik dari reaksi oksidasi logam oleh udara.

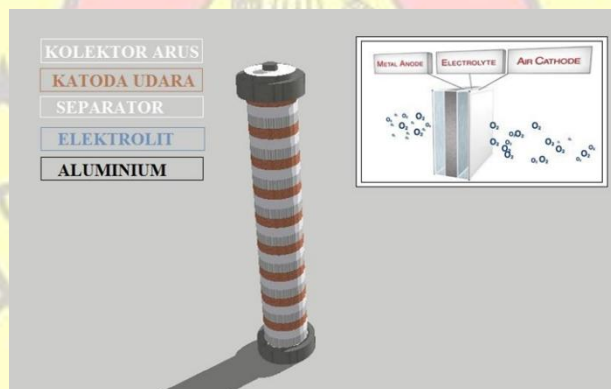
Pemilihan material elektroda yang baik akan mempengaruhi besarnya energi yang dihasilkan, diketahui beberapa negara maju telah meneliti campuran material karbon dan tanah liat untuk mendapatkan elektroda baterai [1]. Jika metode ini diterapkan di negara-negara tersebut sebagai langkah untuk memajukan teknologi, maka metode pencampuran antara kedua material tersebut telah dikenal oleh nenek moyang kita sejak dahulu kala. Diketahui bahwa material batu bata memiliki kesamaan dimana bahan yang digunakan

menggunakan material tanah liat dan abu sekam padi sebagai pengikat atau binder. Demikian pula telah dibahas mengenai cara meningkatkan kualitas katoda udara baterai ini dengan menggunakan perlakuan kimia dan fisika. Dimana pada dasarnya bata merah diberi perlakuan panas hingga 1500 °C, oleh karena itu, dari hipotesis ini kami menyimpulkan bahwa bahan ini dapat digunakan sebagai katoda udara pada Aluminium-air battery. Untuk selanjutnya akan dilakukan uji coba pembuatan sel baterai dan pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sel baterai tersebut.

Selain sebagai sumber energi alternatif, penelitian ini akan sangat membantu sebagai salah satu langkah awal dalam mengenalkan salah satu bentuk sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, ketersediaannya melimpah, mudah didapat, dan memiliki nilai harga material yang murah kepada masyarakat.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Mekanik Universitas Darma Persada. Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Mesin gerinda dan gunting yang digunakan untuk memotong Aluminium dalam pembuatan elektroda, gergaji besi untuk memotong katoda udara pengumpul arus, gelas ukur sebagai pengukur volume air untuk campuran kalium hidroksida, solder digunakan untuk menyambungkan kabel pada elektroda, multimeter digital yang digunakan sebagai alat pengukur arus dan tegangan alat, kamera dokumentasi untuk merekam kegiatan pembuatan prototipe baterai Aluminium-udara, dan kamera digital untuk merekam kegiatan pembuatan prototipe baterai Aluminium-udara, kamera dokumentasi untuk merekam kegiatan pembuatan prototipe baterai Aluminium-air, penjepit buaya digunakan untuk membuat sambungan dan berbagai macam rangkaian seperti serial dan paralel, stop kontak dan saklar listrik sebagai alat bantu percobaan dan amplas digunakan sebagai alat untuk membersihkan permukaan anoda. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang Aluminium berdiameter 25 mm dengan ketebalan 5 mm, sebagai bahan anoda per sel, larutan Kalium Hidroksida sebanyak 6 mol sebagai elektrolit aki udara Aluminium, kertas tisu pemisah sebagai bahan pemisah antara anoda dan katoda, pipa PVC sebagai wadah aki, batu bata merah yang sudah dihaluskan dan diberi perlakuan panas dan lampu DC 1 watt sebagai alat ukur arus dan tegangan.



Gambar 1. Desain rangkaian baterai

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan melakukan percobaan pada baterai multiple cell yang telah disiapkan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang dihasilkan dari masing-masing sel. Hal pertama yang dilakukan adalah memotong batangan Aluminium dengan diameter 25 mm dan tebal 5 mm yang akan digunakan sebagai bahan anoda pada baterai Aluminium-air. Proses pembersihan dilakukan secara manual dengan menggunakan amplas untuk menghilangkan lapisan terluar guna mendapatkan nilai efektif pada percobaan, yang dikhawatirkan akan mengganggu proses oksidasi maksimal yang akan terjadi pada anoda, selanjutnya persiapan katoda yang akan digunakan, yaitu proses pembuatan material katoda udara dari bata merah dan diberikan proses pembakaran tidak sempurna, dimana bata merah yang sudah dihaluskan di oven dengan variabel waktu tertentu pada suhu 700 °C [2]. Dari proses ini akan didapatkan material yang akan digunakan sebagai bahan pembuatan katoda udara. Pembuatan larutan elektrolit dengan ukuran campuran air dan kalium hidroksida. Selanjutnya dilakukan penyesuaian dan pengaturan antara anoda, separator, elektrolit dan katoda udara yang disesuaikan dengan desain yang telah dirancang.



Gambar 2. Persiapan anoda baterai

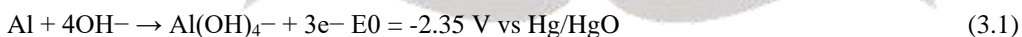
3. Landasan Teori

Baterai logam-udara (logam= Li, Zn, Al, Mg, Fe, dan Ca) memiliki energi spesifik yang jauh lebih tinggi daripada kebanyakan baterai primer dan baterai isi ulang yang ada saat ini [1,2], sehingga baterai ini telah menarik banyak perhatian dalam penelitian elektrokimia. Di antara sistem ini, baterai aluminium-udara (AAB) adalah salah satu anggota penting dengan densitas energi spesifik praktis sebesar 400 Wh kg⁻¹ [1,2]. AAB juga merupakan salah satu anggota yang paling banyak dikembangkan karena biaya yang rendah dan kelimpahan logam aluminium. AAB biasanya digunakan sebagai baterai logam-udara primer dengan anoda aluminium dan katoda yang bernapas dengan udara yang bersentuhan dengan elektrolit berair, biasanya natrium hidroksida, kalium hidroksida, atau natrium klorida [3].

Sejumlah besar pekerjaan dilakukan pada AAB pada tahun 1960-an dan awal 1970-an; pekerjaan terkait pada AAB dalam 50 tahun terakhir telah dirangkum oleh beberapa peneliti seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 [1], yang sebagian besar dapat diakses sebagai publikasi dan paten, sementara yang lain (seperti laporan internal perusahaan) lebih terbatas. Karya-karya terkait terutama berfokus pada elektrokimia AAB dan aplikasi pengembangannya. Upaya besar di lapangan diterima untuk memecahkan masalah yang terkait dengan elektroda udara, manajemen termal, dan reversibilitas sistem. Pada tahun 2014, sebuah mobil listrik yang dilengkapi dengan sistem AAB dan dikembangkan oleh dua perusahaan (Phinergy, Amerika Serikat, dan Alcoa, Israel) memulai debut lintasannya [4]. Ketika digunakan untuk melengkapi baterai lithium-ion, baterai tersebut dapat memperluas jangkauan mobil listrik sekitar 1.600 km (994 mil) [4]. Laporan-laporan tersebut memberikan kami kepercayaan diri yang cukup untuk meyakini bahwa AAB memiliki prospek yang menjanjikan dalam aplikasinya. AAB akan menjadi tenaga yang ideal di abad kedua puluh satu.

Berbeda dengan kebanyakan baterai normal lainnya (bukan baterai logam-udara), AAB sebagai baterai logam-udara berbeda karena bahan katoda aktif (oksigen) tidak disimpan di dalam baterai. Sebaliknya, oksigen dapat diserap dari lingkungan dan kemudian direduksi oleh permukaan katalitik di elektroda udara. Gambar 4 [3] menunjukkan struktur khas AAB.

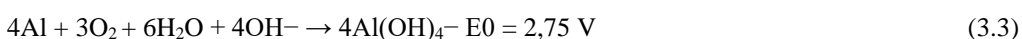
Reaksi pelepasan pada elektroda aluminium (yang melibatkan oksidasi aluminium menjadi ion aluminat) dapat dituliskan sebagai berikut [1,2]:



Elektroda katoda adalah elektroda difusi udara atau gas, biasanya terdiri dari struktur berbasis karbon yang membuat oksigen dan elektrolit bersentuhan dengan permukaan katalis, yang menghasilkan reduksi oksigen [1,2]:

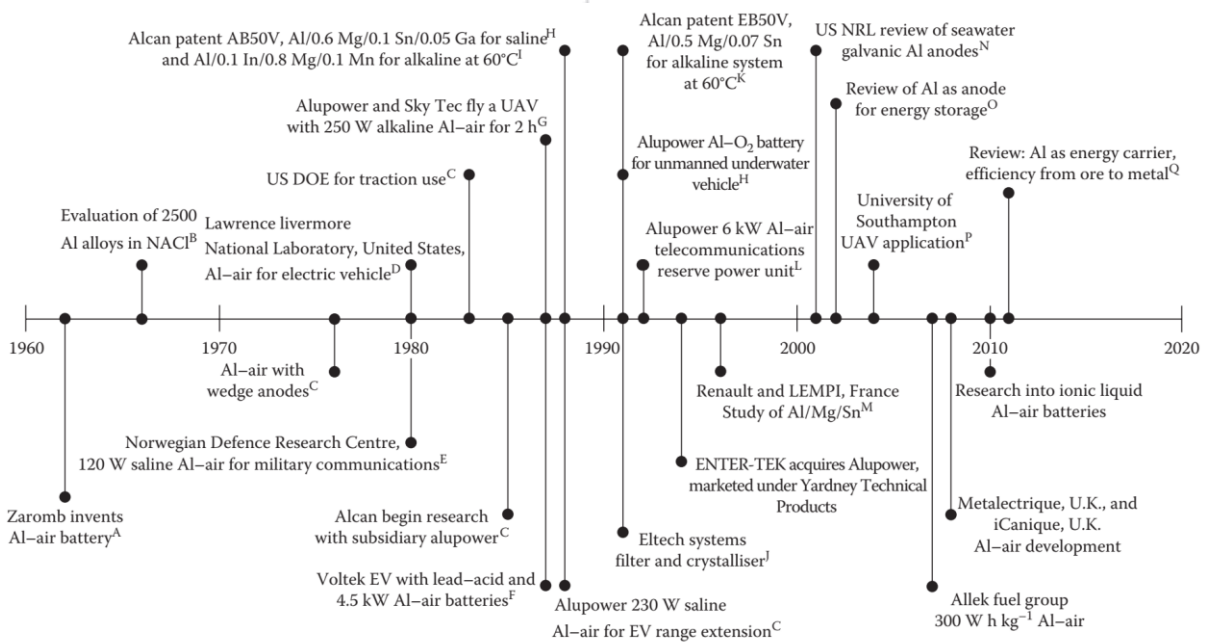


Reaksi pelepasan keseluruhan yang ideal dari AAB dapat dinyatakan sebagai [1,2]

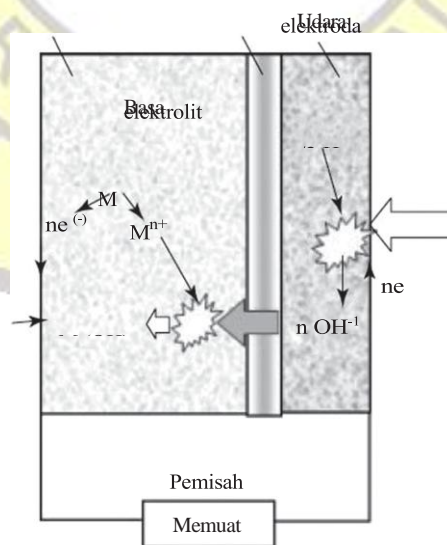


Jadi, tegangan teoritis AAB adalah 2,75 V, tetapi sebenarnya, tegangan operasi menurun dalam kisaran 1,0-2,0 V. Alasan elektroda Al beroperasi pada tegangan yang jauh lebih rendah dapat diringkas sebagai berikut [1,2]:

1. Lapisan oksida menutupi permukaan dan meningkatkan resistansi internal, yang akan menyebabkan penundaan dalam mencapai tegangan kondisi tunak. Pada akhirnya, larutan menjadi jenuh karena pembentukan endapan aluminium hidroksida:

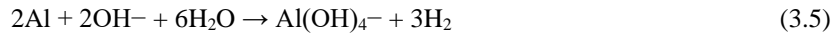


Gambar 3. Garis waktu sejarah perkembangan AAB



Gambar 4. Skematik AAB

2. Selain itu, Al juga mengalami reaksi korosi parasit, yang mengakibatkan berkurangnya pemanfaatan logam dan pembentukan hidrogen:



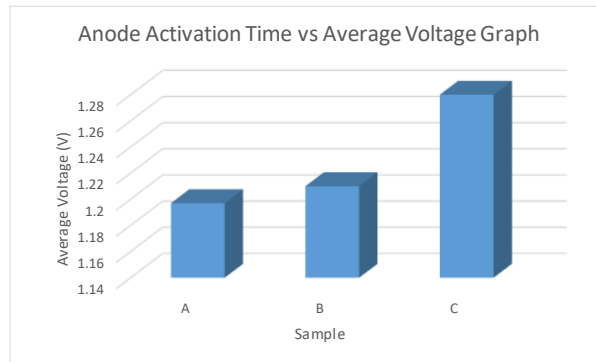
4. Hasil Dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan multimeter digital terhadap sel baterai Aluminium udara terdapat 3 sampel dengan data sampel A (tanpa aktivasi) sampel B (700°C) dalam waktu 30 menit dan sampel C (700°C) dalam waktu 60 menit dan masing-masing sel terdiri dari 5 gram katoda udara yang terbuat dari bata merah, 6 Mol Kalium Hidroksida dan kertas tisu sebagai pemisahannya, maka didapatkan tegangan dengan nilai arus sebagai berikut:

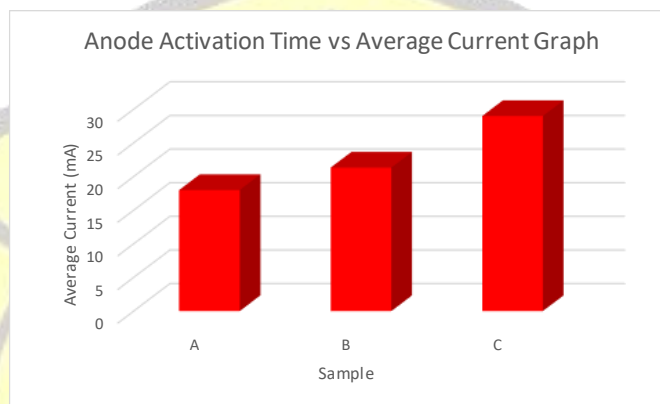
Tabel 1. Hasil pengujian tegangan dan arus

Perlakuan Panas 700 °C/Menit	Tegangan (V)	Rata-rata Tegangan (V)	Arus (mA)	Rata-rata Arus (mA)
Sampel A (tanpa perlakuan panas)	1.21	1.201	20	20
	1.2		16	
	1.18		18	
Sampel B (30 menit)	1.25	1.22	25	21.40
	1.18		20	
	1.2		19	
Sampel C (60 menit)	1.29	1.30	30	30
	1.25		28	
	1.3		29	

Kemudian dari tabel di atas dapat dibuat grafik perbandingan sebagai berikut:



Gambar 5. Waktu aktivasi anoda vs tegangan rata-rata



Gambar 6. Waktu aktivasi anoda vs arus rata-rata

Dari data diatas menunjukkan bahwa sampel C yang telah diaktivasi pada temperatur 700°C selama 60 menit memiliki nilai tegangan dan arus yang paling efektif, maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan fisik dengan pemberian panas 700°C pada material bata merah dapat meningkatkan efektifitas katoda udara. Selanjutnya sampel C akan dibuat secara seri untuk mendapatkan nilai daya yang baik, dimana satu set rangkaian sel baterai Alumunium-udara akan digunakan sebagai sumber alternatif untuk memenuhi kebutuhan penerangan dengan daya lampu DC 1 watt. Untuk menghitung daya dari arus bolak-balik (AC) berbeda dengan arus searah (DC), karena arus AC memiliki frekuensi yang memerlukan perhitungan khusus. Sementara itu, untuk arus DC yang mengalir melalui resistor guna menghitung daya yang dihasilkannya, dapat diterapkan rumus:

$$P = V \times I \tag{4.1}$$

Dimana P = Daya (Watt)
V = Beda Potensial (Volt)
I = Arus listrik (Ampere)

Dari data di atas kami mencoba mendapatkan daya untuk menyuplai kebutuhan sistem penerangan dengan beban 1 watt sehingga akan dihitung berapa jumlah sel yang dibutuhkan untuk membuat rangkaian pada desain baterai. Dari data di atas didapatkan nilai daya masing-masing sampel sebagai berikut:

Sample A: $1,201 \times 0,02 = 0,02402$ Watt
Sample B: $1,22 \times 0,0214 = 0,026$ Watt
Sample C: $1,30 \times 0,03 = 0,039$ Watt

Dari perhitungan di atas didapatkan sampel C dengan nilai tertinggi untuk selanjutnya sampel C akan dijadikan patokan untuk mencukupi daya penerangan sebesar 1 Watt DC, kemudian dari data tersebut didapatkan jumlah sel sebanyak 27 sel dimana ukuran sel berdiameter 25 mm serta ketebalan 10 mm yang bakal diaplikasikan dalam perancangan baterai.

Jika diketahui Ferry Ro-Ro 2000 GRT memiliki kebutuhan daya untuk sistem penerangan darurat sebesar 1.600 Watt, maka dapat dihitung jumlah baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi beban daya sebesar 1.600 tersebut yaitu dengan jumlah sel baterai per set sebesar $27 \text{ sel} \times 1600 = 43.200 \text{ sel}$, dimana dari sel baterai tersebut diketahui berat anoda adalah 30 gr maka dapat diketahui berat total anoda yang dibutuhkan sebesar $43.200 \text{ sel} \times 30 \text{ gram} = 1.926 \text{ Kg}$.



Gambar 7. Percobaan uji coba lampu LED 1 Watt

5. Kesimpulan

Material bata merah dapat diaplikasikan sebagai katoda udara pada aki Aluminium dengan nilai tegangan tertinggi sebesar $\pm 1,30 \text{ Volt}$ dan arus $\pm 0,03 \text{ A}$. Sampel C memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan sampel A dan sampel B dengan nilai tegangan dan arus yang diperoleh masing-masing sebesar 1,30 Volt dan arus 0,03 A. Diperoleh kesimpulan lama proses pengaktifan akan mempengaruhi keefektifan kinerja katoda udara yang terbuat dari bata merah. Untuk memenuhi kebutuhan daya sebesar 1 watt DC dengan nilai daya pada 1 sel sebesar 0,039 Watt dibutuhkan 27 sel secara seri

Ucapan Terima kasih

Sebagai penutup, kami selaku peneliti dan penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada Wakil Dekan II dan Kepala Laboratorium Teknologi Mekanik atas izin yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Kanbara Takaki, Yamamoto Takakazu, Tokuda Koichi, Aoki Koichi, 1987. Komposit sebagai Elektroda Kapasitor Lapisan Ganda Listrik, Tokyo.
- [2] Pino, M, Herranz, D, Chacon, J, Fatás, E 2016. *Paduan aluminium komersial yang diolah dengan karbon sebagai anoda untuk baterai aluminium-udara dalam elektrolit natrium klorida*, Spanyol: Madrid.

- [3] C. Daniel and J.O Besenhard, Metal-air batteries , in *Handbook of Battery Materials* Wiley-VCH Verlag GmbH (2011)
- [4] Hari Wisudo, S, Adi Susanto.2014. *Baterai Air Laut dengan Elektroda Al-Cu, Zn-Cu, Gal-Cu untuk Lampu Penangkap Ikan.* Indonesia: Jurnal Penelitian Energi Terbarukan
- [5] Hongyang, Z 2009, *Kinerja elektrokimia paduan magnesium dan aplikasinya pada baterai air laut*, Elsevier, Jepang.
- [6] Huda, M, Hastuti, E 2012, *Pengaruh Temperatur Pembakaran Dan Penambahan Abu Terhadap Kualitas Keramik,* Malang: Jurnal neutrino.
- [7] B. Jang, S. Han, 2005, *Sintesis sederhana mikrosfer timah dioksida berongga dan aplikasinya pada anoda baterai lithium-ion*, Korea.
- [8] Mori, R 2016, *Keterbatasan dalam Kemampuan Isi Ulang Baterai Li-O₂ dan Kemungkinan Penyebabnya*, Amerika Serikat: California.
- [9] Soo Lee, J, Sun Tai Kim, Ruiguo C.2011. *Baterai Logam-Udara dengan Kepadatan Energi Tinggi: Li-Air versus Zn-Air.* China: Beijing
- [10] Sun, YK 2016, *Baterai lithium-oksigen berdasarkan lithium superoksida:* Alam

