

BATERAI ALUMINIUM UDARA DENGAN BAHAN DASAR ZEOLIT ALAM YANG DIPANASKAN SEBAGAI ELEKTRODA

Sri Mulyo Bondan Respati*, Muhammad Taufiq, Agung Nugroho
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Wahid Hasyim, Semarang, Indonesia
Jl., Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang
E-mail: bondan@unwahas.ac.id

Abstrak

Baterai alumunium-udara menggunakan campuran zeolit alam, grafit, karbon hitam dan guar gum sebagai katoda telah dibuat. Karakteristik dari zeolit alam yang dipanaskan dan tanpa pemanasan telah dilakukan. Zeolit alam disiapkan tanpa pembakaran dan dengan pemanasan pada 300°C, 500°C, 700°C. Diameter serbuk zeolit alam diukur untuk mengetahui perbedaan pemanasan. Zeolit alam yang sudah dipanaskan dan tanpa pemanasan dicampurkan dengan bahan lainnya. Campuran zeolit alam, grafit, karbon hitam dan guar gum dilarutkan menggunakan larutan NaCl. Larutan itu dilapiskan pada permukaan katoda udara nikel mesh dimensi 6×5 cm untuk memperoleh lapisan yang melekat pada nikel mesh. Anoda digunakan plat alumunium dengan tebal 1,25 mm. Tujuan dari penelitian ini ke arah membuat baterai alumunium-udara yang menghasilkan tegangan listrik. Rangkaian baterai alumunium-udara 4 sel secara seri diuji untuk menyalakan lampu LED. Tegangan, arus diukur agar karakteristik dari baterai diketahui.

Kata kunci: alumunium-udara, baterai, suhu pemanasan, zeolit alam

PENDAHULUAN

Penelitian tentang baterai alumunium-udara menjadi kandidat untuk integrasi sumber energi terbarukan. Baterai alumunium-udara sebagai alternatif untuk pengembangan pembangkit dan penyimpan energi listrik karena harga yang murah dan memiliki kapasitas teoritis yang tinggi. Alumunium termasuk bahan yang murah, melimpah dan logam yang ramah lingkungan karena dapat didaur ulang. Baterai alumunium-udara menghasilkan energi listrik dari proses elektrokimia. Elektroda positif (katoda) dibuat untuk menyerap oksigen di udara, elektroda positif (katoda) ini dinamakan katoda udara. Baterai alumunium-udara terdiri dari alumunium sebagai anoda, material karbon sebagai lapisan katoda udara (katoda) dan larutan elektrolit. Katoda udara tersusun atas material karbon berpori, binder, current collector dan katalis. (Maulana dkk., 2019). Murahnya bahan alumunium ini dibahas oleh (Pan dkk., 2019), dia mengatakan bahwa baterai aliminium udara berbasis kapas dirancang untuk baterai yang portabel. Bahan alumunium folil 0,5 mm dapat digunakan berulang kali hanya mengganti separator kapas. Baterai dengan daya puncak

73 mW/cm², kapasitas spesifik 940 mAh/g dan energi spesifik 930 mWh/g. baterai murah ini diusulkan untuk perangkat portabel. Baterai alumunium-udara lebih ringan dibandingkan dengan baterai lithium-ion dengan biaya rendah satu sel baterai ini menghasilkan 0,7 volt (Krishna, 2020). Baterai alumunium-udara juga lebih aman.

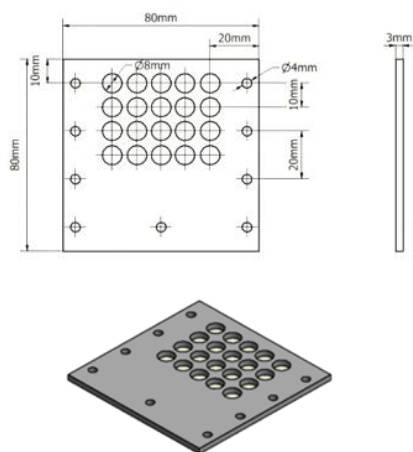
Baterai alumunium udara dengan elektrolit Na AlO₂ dianggap lebih aman jika dibandingkan dengan NaOH. Pada konsentrasi yang sama performanya sama (Takeda & Taguchi, 2018), selain aman baterai alumunium-udara juga dapat diisi kembali meskipun performa dari baterai ini masih belum sebanding dengan baterai performa tinggi (Schoetz dkk., 2017). Di Indonesia dikembangkan baterai alumunium-udara dengan elektrolit limbah batu bata merah. Baterai ini menghasilkan 1,28 volt dan arus 29 mA dengan ukuran sel 25 mm dan tebal 10 mm (Buwono & Febrian, 2020). Baru-baru ini mineral alam digunakan sebagai separator banyak diteliti.

Mineral alam yang digunakan sebagai separator adalah halloysite, attapulgite, sepiolite, montmorillonite dan zeolit (Liu & Chuan, 2021). Zeolit ZSM5-polymide yang dibuat komposit separator dapat

menghasilkan 2,4 – 4,7 Volt (Li dkk., 2020). Zeolit dapat digunakan sebagai pelapis polyacrylonitrile untuk elektrode. Baterai ini menghasilkan 2,5 – 5,2 Volt (Chen dkk., 2021) Zeolit adalah bahan berpori alami atau sintetis yang memberikan permeabilitas gas yang diperlukan. Hidrofobisitas elektroda yang diperlukan dipastikan dengan mencampur zeolit dengan jumlah polytetrafluoroethylene yang sesuai. Tiap sel baterai mempunyai siklus ± 2 mA/cm². (Miglana Slavova dkk., 2020). Bahan zeolit ini diusulkan sebagai bahan elektroda sekunder (M. Slavova dkk., 2020). Zeolit adalah batuan alam yang mengandung pori.

Karakter dari butiran zeolit sebagai bahan keramik anorganik alam disuguhkan (Respati dkk., 2016). Morphologi dari zeolit alam berbentuk pori-pori sebagai absorbent. Kadar air yang dalam zeolit dapat dikurangi dengan menggunakan kalsinasi atau pemanasan disajikan (Holub dkk., 2016). Dan karakter mikropori zeolit alam yang digunakan sebagai separator pemurni di review (Mgbemere dkk., 2017). Dasar zeolit ini akan diteliti penyimpanan arus listrik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui tegangan listrik dan waktu hidup yang terjadi pada baterai aluminium-udara.

METODE PENELITIAN



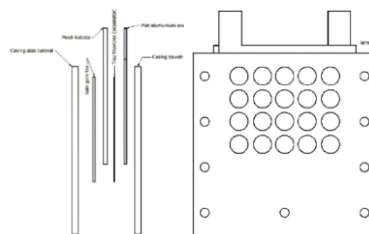
Gambar 1. Separator Acrylic

Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam yang dikalsinasi suhu 300, 500 dan 700 °C. Parameter suhu ini sebagai variabel bebas

dalam eksperimental. Variabel terikatnya adalah tegangan, diameter butir, dan waktu hidup baterai aluminium-udara saat pembebanan.

Pada penelitian ini menggunakan bahan pasir zeolit, sebuk grafit, NaCl, karbon hitam, plat aluminium, guar gum, kain gore tex, tisu triwipes dan saringan mesh 100. Bahan-bahan tersebut dirangkai dengan pemisah terbuat dari akrilik yang diberi lubang. Adapun bentuk pemisah akrilik dapat dilihat pada Gambar 1.

Bahan-bahan tersebut dirangkai dijadikan baterai. Adapun rangkai baterai aluminium-udara dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian baterai aluminium zeolit



Gambar 3. Pengujian tegangan menggunakan voltmeter

Sebagai parameter variabel zeolit alam dipanaskan. Pemanasan pada suhu 300, 500 dan 700 derajat Celsius. Sebagai pembandingan tanpa perlakuan pemanasan juga dibuat. Untuk mengetahui perbedaan pemanasan, diameter zeolit alam baik yang sudah dipanaskan dan yang belum diukur diameternya menggunakan mikroskop. Masing-masing zeolit yang sudah diperlakukan dirangkai menjadi baterai. Tiap baterai diukur tegangannya. Pengujian tegangan menggunakan *voltmeter*. Cara pengujian tegangan dapat dilihat pada Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

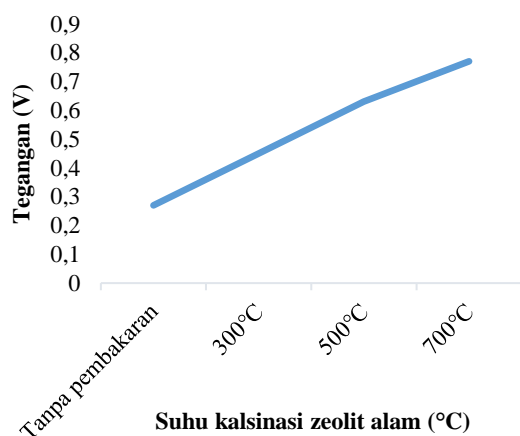
Pengujian tegangan

Pengujian tegangan menggunakan Volt meter dilakukan pada katoda dan anoda pada baterai alumunium udara. Hasil yang didapat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil tegangan pada baterai

Temperatur (°C)	Tegangan (V)
Tanpa Pembakaran	0,27
300	0,45
500	0,63
700	0,77

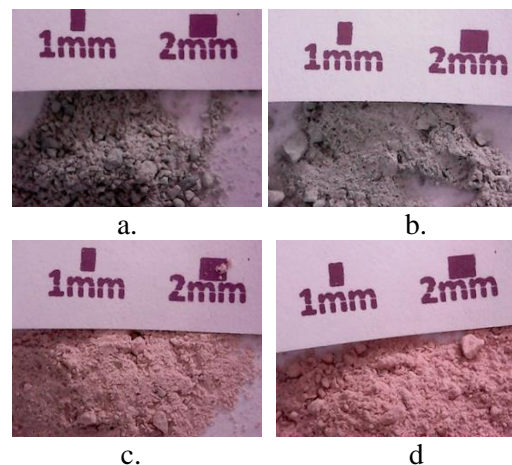
Dari Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa tegangan yang paling tinggi adalah pada suhu pemanasan kalsinasi 700 °C. jika digambarkan dengan grafik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik tegangan terhadap suhu kalsinasi zeolit alam.

Pengujian ini untuk melihat tegangan tiap sel baterai alumunium-udara, dengan pengujian menggunakan Volt meter terlihat arus seperti pada Tabel 1 dan Gambar 4. Hasilnya zeolit tanpa pembakaran 0,27 V sedangkan zeolit dengan pembakaran 300°C hasil 0,45 V , zeolit dengan pembakaran 500°C hasil 0,63 V dan zeolit pembakaran 700°C hasil 0,77 V. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pembakaran zeolit maka semakin tinggi juga tegangan yang dihasilkan. Peningkatan tegangan ini ditengarai semakin padatnya separator baterai zeolit alam. Untuk membuktikan

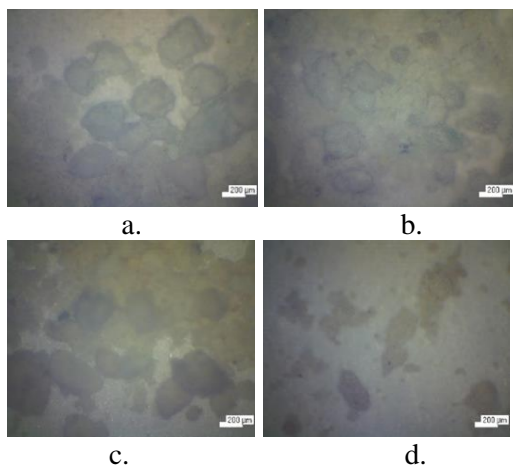
separator ini semakin padat, maka diukur diameter zeolit alam di masing-masing pemanasan kalsinasi. Sebagai pembanding juga diukur juga diameter zeolit alam tanpa pemanasan. Foto zeolit alam baik yang sudah di kalsinasi atau yang belum dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Foto zeolit alam

- a. Tanpa pemanasan,
- b. Pemanasan 300°C,
- c. Pemanasan 500°C,
- d. Pemanasan 700°C.

Gambar 5 menunjukkan foto zeolit alam tanpa pemanasan dan pemanasan 300°C,500°C,700°C. Pada sampel tanpa pembakaran, dapat diamati permukaan kasar dan pori-pori yang sangat besar dan masih mengandung kadar air yang banyak. Keberadaan sampel menunjukkan struktur yang sangat berpori dan warna menunjukkan hijau pekat. Untuk sampel yang dibakar pada 500°C dan 700°C dapat diamati bahwa permukaan memiliki struktur mikro dengan butiran kecil yang terdistribusi merata dengan berwarna merah. Warna merah menunjukkan bahwa zeolit terbakar dan mengering. Hal inilah yang menunjukkan bahwa semakin tinggi pemanasan zeolit maka semakin padat pula butiran yang dihasilkan. Untuk membedakan antara pemanasan 500°C dan 700°C maka difoto menggunakan mikroskop. Adapun hasil foto mikroskop dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Foto mikro butiran zeolit alam

- a. tanpa pemanasan,
- b. Pemanasan 300°C,
- c. Pemanasan 500°C,
- d. Pemanasan 700°C

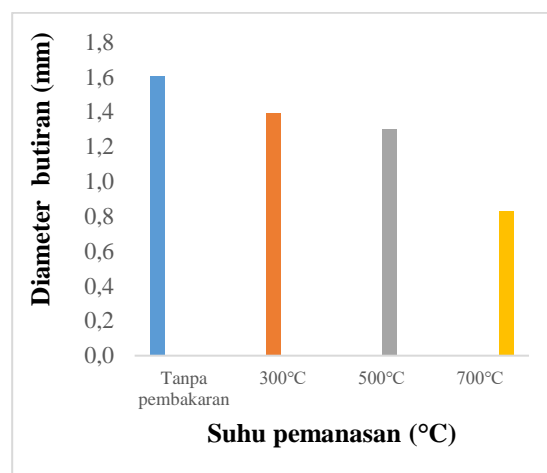
Gambar 6 memperlihatkan bahwa butiran-butiran zeolit yang semakin mengecil seiring meningkatnya pemanasan. Lebih jelasnya dapat diukur diameter butiran-butiran dari zeolit alam. Hasil pengukuran diameter dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran diameter butiran zeolit.

Temperatur (°C)	Diameter zeolit alam
Tanpa Pembakaran	1,6037
300	1,3924
500	1,2982
700	0,8305

Tabel 2 menjelaskan bahwa diameter butiran zeolit semakin memendek seiring dengan peningkatan pemanasan. Untuk dapat memperjelas maka dapat dilihat pada Gambar 7. Ukuran diameter paling panjang adalah pada tanpa pemanasan dan diameter yang paling pendek adalah pada pemanasan 700°C. Hal ini juga menunjukkan bahwa semakin kecil diameter maka luasan permukaan yang saling menempel akan lebih luas dan menghasilkan pori yang lebih kecil. Pori yang lebih kecil ini mengidentifikasi zeolit lebih padat. Warna pada Gambar 5 juga menunjukkan

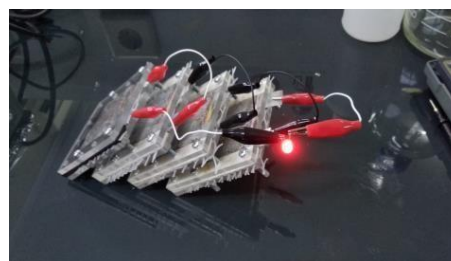
pada suhu pemanasan 700°C lebih merah. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit alam kering. Dengan butiran yang kering dan lebih kecil maka akan menghasilkan separator yang lebih padat. Semakin padatnya ini yang menyebabkan aliran arus semakin lancar dan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi.



Gambar 7. Diameter rata-rata butiran zeolit alam terhadap suhu pemanasan

Pengujian beban

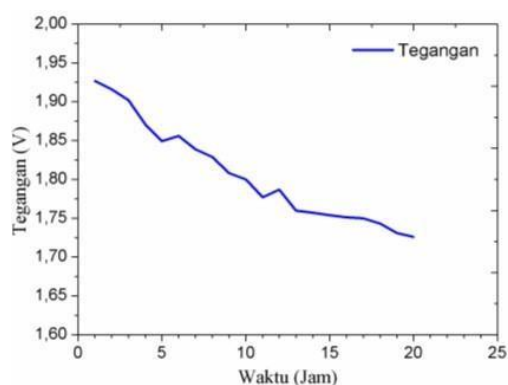
Pengujian beban dilakukan untuk mengetahui waktu hidup baterai aluminium-udara saat pembebanan. Pembebanan menggunakan lampu LED dengan spesifikasi tegangan kerja 1,5 V sampai 2 V dengan arus maksimum beban LED 20 mA. Pengukuran tegangan dan arus beban menggunakan Digital Multimeter SNANWA seri CD 800 a dengan ketelitian dua angka di belakang koma (0,00).



Gambar 8. Baterai aluminium-udara diberi beban lampu LED

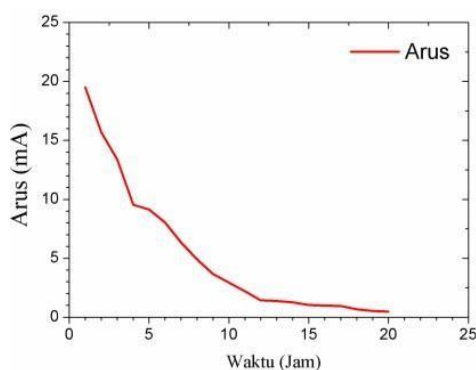
Pada pengujian ini menunjukkan bahwa baterai aluminium-udara dapat

bekerja dengan menghidupkan lampu LED. Baterai aluminium-udara disusun 4 sel untuk menghidupkan lampu LED. Saat pengujian pembebanan ini dapat dilihat pada gambar 8. Baterai aluminium-udara dapat bekerja. Bekerja ini dibuktikan dengan menghidupkan lampu LED. Pembebanan ini dilakukan sampai arus baterai habis dan diukur arus dan tegangannya. Pengukuran tegangan saat pembebanan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tegangan dengan beban lampu LED

Tegangan terbuka (*open circuit voltage*) 4 sel baterai yang dihubungkan secara seri mencapai 1,93 V. Saat terhubung lampu LED tegangan pada beban 1,73 V. Baterai mencapai titik cut off selama 20 jam pada tegangan 1,75 V. sedangkan arusnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Arus baterai aluminium-udara saat pembebanan.

Gambar 10 menjelaskan baterai aluminium-udara bekerja selama 20 jam.

Saat awal pembebanan arusnya 19 mA. Pembebanan selama 20 jam ini menurunkan arus hingga habis. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan baterai aluminium-udara telah berhasil meskipun hanya dapat menghidupkan satu lampu LED dengan empat sel.

PENUTUP

Kesimpulan

Tegangan yang dihasilkan meningkat seiring dengan naiknya suhu kalsinasi pada zeolit alam. Ukuran diameter butiran zeolit memendek dengan naiknya suhu kalsinasi. Baterai aluminium-udara telah dibuat dan dapat menghidupkan lampu LED. Baterai aluminium-udara dapat bekerja selama 20 jam.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dan Laboratorium Material Universitas Wahid Hasyim yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Buwono, A., & Febrian, S. (2020). *The Aluminium Air Battery Performace by Using Red Brick As The Cathode to Turn on The Led Lights*. X(2), 86–91.
- Chen, D., Wang, X., Liang, J., Zhang, Z., & Chen, W. (2021). A novel electrospinning polyacrylonitrile separator with dip-coating of zeolite and phenoxy resin for Li-ion batteries. *Membranes*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/membranes11040267>
- Holub, M., Balintova, M., Demcak, S., & Hurakova, M. (2016). Characterization of Natural Zeolite and Determination Its Adsorption Properties. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*, 63. <https://doi.org/10.7862/rb.2016.192>
- Krishna, R. N. (2020). Design and Development of Aluminium Air Battery. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(8), 380–382. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.3>

- 0904
- Li, Y., Wang, X., Liang, J., Wu, K., Xu, L., & Wang, J. (2020). Design of a high performance zeolite/polyimide composite separator for lithium-ion batteries. *Polymers*, *12*(4). <https://doi.org/10.3390/POLYM12040764>
- Liu, F., & Chuan, X. (2021). Recent developments in natural mineral-based separators for lithium-ion batteries. *RSC Advances*, *11*(27), 16633–16644. <https://doi.org/10.1039/d1ra02845f>
- Maulana, I., Aripin, & Chobir, A. (2019). Studi Elektrokimia Baterai Aluminium-. *Journal of Energy and Electrical Engineering (JEEE)*, *01*(01), 25–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.37058/jjee.v1i1.1193>
- Mgbemere, H. E., Ekpe, I. C., & Lawal, G. I. (2017). Zeolite Synthesis, Characterisation and Application Areas: A Review. *International research journal of environmental sciences*, *6*(10), 45–59.
- Pan, W., Wang, Y., Kwok, H. Y. H., & Leung, D. Y. C. (2019). A low-cost portable cotton-based aluminum-air battery with high specific energy. *Energy Procedia*, *158*, 179–185. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.067>
- Respati, S. M. B., Soenoko, R., Irawan, Y. S., & Suprpto, W. (2016). Effect of Low Temperature Sintering on the Porosity and Microstructure of Porous Zeolite Ceramic. *Applied Mechanics and Materials*, *836*, 219–223. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.836.219>
- Schoetz, T., de Leon, C. P., Ueda, M., & Bund, A. (2017). Perspective—State of the Art of Rechargeable Aluminum Batteries in Non-Aqueous Systems. *Journal of The Electrochemical Society*, *164*(14), A3499–A3502. <https://doi.org/10.1149/2.0311714jes>
- Slavova, M., Mihaylova-Dimitrova, E., Mladenova, E., Abrashev, B., Burdin, B., & Vladikova, D. (2020). Zeolite based air electrodes for secondary batteries. *Emerging Science Journal*, *4*(1), 18–24. <https://doi.org/10.28991/esj-2020-01206>
- Slavova, Miglena, Mihaylova-Dimitrova, E., Mladenova, E., Abrashev, B., Burdin, B., & Vladikova, D. (2020). Zeolite based carbon-free gas diffusion electrodes for secondary metal-air batteries. *Journal of Electrochemical Science and Engineering*, *10*(2), 229–234. <https://doi.org/10.5599/JESE.763>
- Takeda, Y., & Taguchi, K. (2018). Proposal of NaAlO₂ as an electrolyte of aluminum-air battery. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, *10*(3S), 793–800. <https://doi.org/10.4314/jfas.v10i3S.68>