

PEMANFAATAN ABU BOILER SAWIT SEBAGAI BAHAN MATERIAL KATODA UDARA PADA BATERAI ALUMUNIUM UDARA

UTILIZATION OF PALM BOILER ASH AS AIR CATHODE MATERIAL IN AIR ALUMINIUM BATTERY

Mutiara Rante Tandung¹, Sayidina Nur¹, Mardiah^{1*}

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia

*Email : mardiah@ft.unmul.ac.id

(Submitted: 06 November 2020; Reviewed: 12 Desember 2020; Accepted: 29 Desember 2020)

Abstrak

Baterai logam udara merupakan sumber energi baru yang memiliki nilai energi yang tinggi. Komponen yang terdapat pada baterai logam udara yaitu elektroda (anoda, katoda) dan elektrolit. Anoda yang di gunakan pada penelitian ini adalah alumunium dan katoda udara yang digunakan adalah abu boiler dari cangkang dan fiber dimana pada abu boiler ini berpotensi untuk menjadi bahan katoda udara. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi dari abu boiler sebagai material baterai alumunium udara, dan untuk mengetahui pengaruh jenis elektrolit NaOH; HCl; NaCl, konsentrasi larutan elektrolit 1 M; 2 M; 3 M dan berat abu boiler terhadap perolehan nilai tegangan dan arus baterai. Metodologi penelitian ini meliputi persiapan anoda dari alumunium lalu pembuatan katoda udara dengan bahan baku abu boiler, lalu perakitan batrai dengan susunan berlapis yaitu alumunium, kertas saring, abu boiler dan larutan elektrolit kemudian di lakukan pengukuran kuat arus dan tegangan dengan alat multimeter. Hasil dari penelitian ini adalah tegangan dan arus berturut-turut paling tinggi di tunjukkan pada larutan elektrolit NaOH.

Kata Kunci : Baterai logam udara; baterai alumunium udara; abu boiler; elektrolit.

Abstract

Metal air batteries are a new energy source that has a high energy value. Components contained in metal air batteries are electrodes (anode, cathode) and electrolyte. The anode used in this study is aluminum and air cathode used is boiler ash from shells and fibers which has the potential to become air cathode materials. This research was conducted to determine the potential of boiler ash as an aluminum air battery material, and to determine the effect of electrolyte type NaOH; HCl; NaCl, concentration of electrolyte solution 1 M; 2 M; 3M and the weight of boiler ash over the acquisition of battery voltage and current values. The methodology of this research includes the preparation of anodes from aluminum then making air cathodes from boiler ash raw materials, then assembling batteries with layered layouts namely aluminum, filter paper, boiler ash and electrolyte solutions and then measuring the current and voltage strength using a multimeter. The results of this study show the highest voltage and current are in NaOH electrolyte solution .

Keywords: Air metal batteries; aluminum air batteries; boiler ash; electrolyte.

1. PENDAHULUAN

Baterai logam udara merupakan salah satu sumber energi baru yang memiliki nilai

energi yang tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pada barang-barang elektronik, transportasi listrik, dan sebagai tempat penyimpanan energi yang baik.

Komponen-komponen yang terdapat pada baterai logam-udara sama halnya seperti baterai pada umumnya seperti elektroda (anoda, katoda) dan elektrolit. Anoda merupakan tempat terjadinya reaksi oksidasi dimana elektron dilepaskan. Sedangkan katoda menjadi tempat terjadi reaksi reduksi dimana elektron yang di hasilkan dari proses oksidasi digunakan untuk reaksinya. Pada bagian katoda baterai logam udara terdapat elektrokatalis seperti logam mulia, campuran logam dengan abu boiler, dan oksida logam transisi yang berfungsi untuk mereduksi oksigen didalam udara (Cheng & Chen, 2012).

Baterai aluminium udara memiliki berbagai kelebihan yakni biaya rendah, nilai kapasitas spesifik teoritis tinggi dengan nilai tertinggi kedua setelah lithium serta jauh lebih tinggi daripada magnesium dan seng. Selain itu, aluminium murah, berlimpah dan logam ramah lingkungan dengan daur ulang tinggi. Baterai aluminium udara memiliki tegangan teoritis dan densitas energi yang tinggi. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Baterai Logam Udara

Batteries Theoretical	Voltage (V)	Capacity (Ah Kg-1)	Theoretical energy density (kWh kg-1)	Practical operating voltage (V)
Li-air	3.4	1170	13.0	2.4
Zn-air	1.6	658	1.3	1.0 - 1.2
Mg-air	3.1	920	6.8	1.2 - 1.4
Na-air	2.3	687	1.6	2.3
Al-air	2.7	1030	8.1	1.2 - 1.6

(Liu *et al.*, 2017)

Berdasarkan prinsip kerja dari elektrokimia, maka proses elektrokimia membutuhkan tiga hal penting yaitu anoda adalah elektroda tempat berlangsungnya reaksi oksidasi, sehingga akan terjadi pelepasan elektron selama reaksi berlangsung, katoda adalah elektroda tempat berlangsungnya reaksi reduksi zat kimia, sehingga terjadi penangkapan elektron pada reaksi, dan larutan elektrolit merupakan larutan yang mempunyai sifat menghantarkan listrik (Riyanto, 2013).

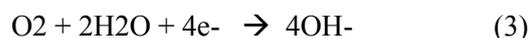
Secara skematis, dasar struktur baterai logam udara primer, terdiri dari logam anoda, katoda udara, dan elektrolit yang sesuai, biasanya terdiri dari natrium hidroksida

(NaOH), kalium hidroksida (KOH) atau natrium klorida (NaCl). Reaksi elektrokimia pada elektroda dapat ditandai sebagai berikut:

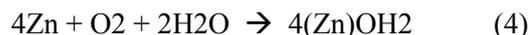
Anoda:



Katoda:



Keseluruhan:



(Liu *et al.*, 2017).

Ge dkk (2018) menyebutkan abu terbang dari batubara dapat digunakan sebagai adsorben berbiaya rendah dan efisien tinggi untuk penanganan polutan lingkungan baik air maupun udara karena memiliki porositas yang tinggi, luas permukaan spesifik yang besar, dan karakteristik alami lainnya. Oleh karena itu, abu terbang atau abu boiler memiliki potensi sebagai penyerap udara pada pembuatan baterai aluminium udara. Sementara itu, abu boiler kelapa sawit adalah abu yang telah mengalami proses hasil samping pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 500 – 700 °C didalam dapur tungku boiler (Eva & Nurdin, 2015). Adapun persentase komposisi tandan buah segar sawit dan komposisi abu dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Persentase Komposisi Tandan Buah Segar Sawit

Komposisi	Kadar %
TKKS	23
Fiber	13
Minyak sawit	20-22
Inti sawit	5
Cangkang	7

(Elisabeth and Ginting, 2003)

Tabel 3. Komposisi Abu Pembakaran Cangkang dan Serat Kelapa Sawit

Komposisi	Kadar (%)
SiO ₂	64,36
Al ₂ O ₃	4,36
Fe ₂ O ₃	3,41
CaO	7,92
MgO	4,58
SO ₃	0,04
K ₂ O	0,04

(Yuliana *et al.*, 2009)

Igwe dkk (2010) menggunakan ukuran partikel abu boiler kelapa sawit 450 μ m dan 850 μ m untuk mengadsorpsi warna, BOD dan TSS dari limbah cair pabrik kelapa sawit. Dengan menggunakan metode uji absorpsi metilen biru, luas permukaan spesifik abu boiler adalah 241, 4m²g⁻¹ untuk 850 μ m dan 280,6 m²g⁻¹ untuk 425 μ m. Sehingga abu boiler kelapa sawit memiliki potensi sebagai agen penyerap dan dapat dimanfaatkan sebagai katoda udara dalam penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan abu boiler (cangkang dan fiber) kelapa sawit sebagai material katoda udara 1,2, dan 3 gram, aluminium sebagai anoda dan elektrolit NaOH, NaCl dan HCl dengan variasi masing-masing 1 M, 2 M dan 3 M.

2.2 Persiapan Anoda

Alumunium yang memiliki ketebalan 0,03 mm dengan ukuran 1x1 meter di potong menjadi ukuran 4x4 cm.

2.3 Pembuatan Katoda

Abu sebanyak 100 gram direndam dalam 100 mL air demin selama 24 jam, lalu disaring. Kemudian abu boiler direndam dalam 100 mL zat aktivator NaOH 1 M selama 24 jam. Kemudian dilanjutkan dengan perendaman HCl 1 M hingga pH 7, kemudian abu yang diperoleh dibersihkan dari pengotor dan di bilas dengan akuades dan di oven pada suhu 100°C hingga kering dan beratnya konstan.

2.4 Perakitan Baterai

Dipotong plat alumunium dengan ukuran 4 x 4 cm disusun berlapis bersama kertas saring dan abu seperti Gambar 1. Larutan elektrolit yang telah disiapkan ditetaskan ke atas abu boiler aktif hingga menyentuh keseluruhan plat. Perlakuan di ulang dengan variasi larutan elektrolit NaOH, NaCl dan HCl 1 M, 2 M dan 3 M.

**Gambar 1. Rangkaian Baterai**

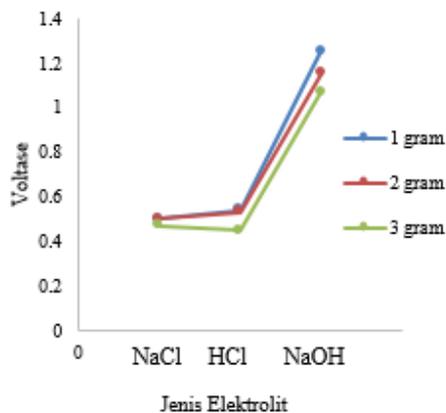
2.5 Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan Listrik

Pengukuran kuat arus dan tegangan listrik dilakukan dengan menggunakan multimeter dengan mengkontakan kutub positif pada anoda dan kutub negatif pada katoda.

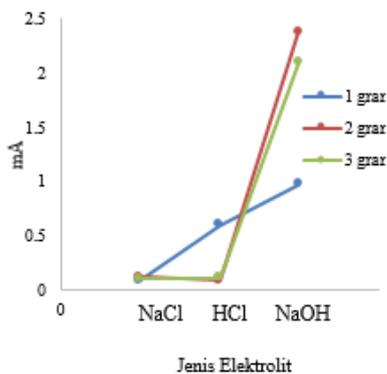
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Jenis Elektrolit terhadap Tegangan dan Kuat Arus

Pengaruh jenis elektrolit pada perolehan tegangan dan arus dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Secara keseluruhan tegangan dan arus adalah cenderung meningkat dari larutan NaCl lalu HCl dan perolehan nilai tertinggi pada jenis elektrolit NaOH hal ini dapat dikarenakan NaOH merupakan basa kuat, dan menurut Liu (2017) larutan basa kuat memiliki ionik yang lebih baik dari segi konduktivitas, viskositas rendah, koefisien difusi oksigen lebih tinggi dan kinetika reaksi lebih cepat. Tegangan tertinggi diperoleh pada 1,26 volt dengan elektrolit NaOH 2 M dan berat abu boiler sebesar 1 gram, untuk tegangan terendah diperoleh 0,40 pada elektrolit HCl 2 M dan berat abu boiler sebesar 1 gram.



Gambar 2. Perbandingan Jenis Elektrolit Terhadap Perolehan Tegangan



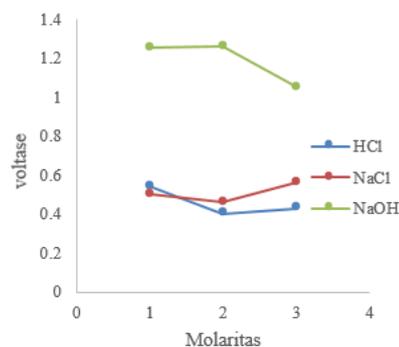
Gambar 3. Perbandingan Jenis Elektrolit Terhadap Perolehan Arus

Nilai tertinggi arus dari Gambar 3 adalah sebesar 2,38 mA pada konsentrasi larutan NaOH 1 M dengan berat abu boiler 2 gram, yang disusul oleh berat abu 3 gram hal ini dapat disebabkan karena terdapatnya hambatan ionik, suhu, viskositas sehingga mempengaruhi kuat arus yang dihasilkan. Diperoleh nilai arus tertinggi adalah 3,06 mA pada larutan elektrolit NaOH 2 M dengan berat abu boiler 3 gram, sedangkan untuk nilai terendah arus diperoleh sebesar 0.06 mA pada HCl 1 M dan berat abu boiler sebesar 1 gram.

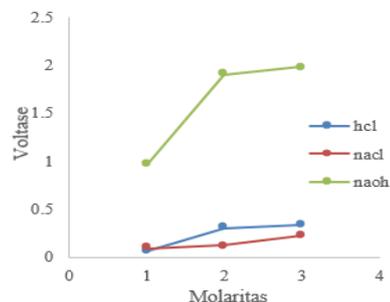
3.2 Pengaruh Konsentrasi Elektrolit terhadap Tegangan dan Kuat Arus

Pengaruh konsentrasi elektrolit pada perolehan tegangan dan arus dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Perolehan nilai

tegangan dan arus terhadap konsentrasi larutan elektrolit cenderung menurun. Agustyar (2016) mengatakan bahwa pada larutan encer, ion-ion dalam larutan tersebut mudah bergerak sehingga daya hantarnya semakin besar sedangkan pada larutan yang pekat, pergerakan ion lebih sulit sehingga daya hantarnya menjadi lebih rendah, maka dari itu semakin meningkat konsentrasi larutan maka perolehan nilai tegangan dan arus menurun, hal ini dapat dilihat pada larutan elektrolit NaOH pada saat konsentrasi 1 M dan 2 M tegangan yang diperoleh sebesar 1,25 dan 1,26 lalu menurun pada konsentrasi 3 M yaitu 1,05 volt begitu pula dengan hasil pada kuat arus, hasil yang diperoleh tidak jauh berbeda pada molaritas 2 M dan 3 M.



Gambar 4. Perbandingan Molaritas Elektrolit Terhadap Perolehan Tegangan



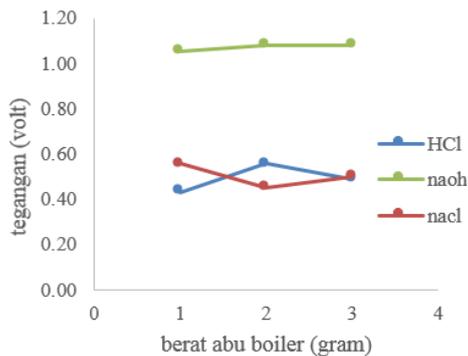
Gambar 5. Perbandingan Molaritas Elektrolit Terhadap Perolehan Arus

Selain itu dijelaskan pula (Agustyar, 2016) bahwa konduktivitas molar elektrolit tidak bergantung pada konsentrasi. Adanya hambatan seperti hambatan ionik, suhu dan

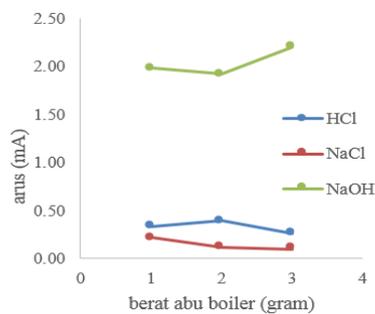
viskositas dapat pula mempengaruhi kuat arus dan tegangan yang dihasilkan.

3.3 Pengaruh berat abu boiler terhadap Tegangan dan Kuat Arus

Pengaruh berat abu boiler pada perolehan tegangan dan arus dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7



Gambar 6. Perbandingan Berat Abu Boiler Elektrolit Terhadap Perolehan Tegangan



Gambar 7. Perbandingan Berat Abu Boiler Elektrolit Terhadap Perolehan Arus

Perolehan nilai tegangan dan arus terhadap perbandingan berat abu boiler yang di ukur menggunakan multimeter pada larutan NaCl perolehan tegangan dan kuat arus cenderung fluktuatif walaupun perubahan yang di dapatkan tidak berbeda setiap variasi berat

abu boiler, begitu pula dengan perolehan tegangan dan arus pada larutan HCl yang fluktuatif namun tidak jauh berbeda pada perolehan hasil tegangan, pada larutan NaOH nilai perolehan tegangan dan kuat arus lebih besar dari larutan HCl dan NaCl hal ini dapat dipengaruhi karena NaOH merupakan basa kuat. Selain itu, hal ini kemungkinan dapat dipengaruhi juga karena adanya hambatan seperti penetrasi larutan elektrolit ke dalam pori pori sehingga tersumbatnya pori-pori abu boiler dan menyebabkan penyerapan udara tidak terjadi maksimal..

3.4 Analisis Data

Analisis data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan model Regresi Linier Berganda dengan bantuan Microsoft Excel 2016. dengan permodelan sebagai berikut:

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \quad (1)$$

dimana y adalah variabel terikat (tegangan dan arus), α adalah *intercept*, β adalah koefisien, variable x_1 menunjukkan konsentrasi dan x_2 adalah abu boiler. Nilai R atau koefisien korelasi menunjukkan tingkat (keeratan) hubungan linier antara variable terikat dengan variable bebas (Hidayat, 2012) dan nilai R^2 atau koefisien determinasi menunjukkan persentase variasi total dalam variable terikat terhadap variable bebas. Hasil analisis dengan menggunakan *add on* pada Microsoft Excel didapatkan hasil regresi tegangan untuk larutan elektrolit NaOH sebagai berikut:

Tabel 3. Model Regresi Linier Berganda

No	X ₁ (M)	X ₂ (gram)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
1	NaOH	Abu boiler	$y = 1,3178 - 0,0433x_1 - 0,0517x_2$ (R = 0,7543; R ² = 0,5689)	$y = 0,9156 + 0,11x_1 + 0,416x_2$ (R = 0,6101; R ² = 0,3722)
2	HCl	Abu boiler	$y = 0,4867 - 0,007x_1 - 8,2E-18x_2$ (R = 0,0993; R ² = 0,0099)	$y = 0,0322 + 0,12x_1 - 0,04x_2$ (R = 0,8648; R ² = 0,7479)
3	NaCl	Abu Boiler	$y = 0,5011 + 0,0067x_1 - 0,015x_2$ (R = 0,4099; R ² = 0,1680)	$y = 0,1233 + 0,02167x_1 - 0,0217x_2$ (R = 0,674; R ² = 0,4543)

Berdasarkan hasil analisis data model regresi linier berganda yang dapat dilihat pada Tabel 3. Diperoleh koefisien (R) pada persamaan tegangan adalah 0,7543; 0,0993; dan 0,4099. Sedangkan untuk Kuat Arus diperoleh koefisien korelasi (R) sebesar 0,6101; 0,8648; dan 0,6740, dengan koefisien determinasi (R²) berada pada 0,0099 – 0,7479.

Dimana menurut Khadom dkk (2018) nilai koefisien korelasi (R²) koefisien korelasi antara 0,5 – 0,7 menunjukkan hubungan yang signifikan dan penting antara variable terikat dan variable bebasnya. Dan untuk nilai koefisien determinasi dimana menjelaskan bahwa masih terdapat faktor-faktor atau variable bebas yang lain yang mempengaruhi besaran tegangan dan kuat arus selain faktor-faktor yang telah diujikan dalam penelitian ini faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi arus yang tidak dimasukkan dalam model regresi .

4. KESIMPULAN

Hasil pengukuran tegangan dan arus dengan multimeter menunjukkan bahwa variasi jenis elektrolit yang paling besar adalah pada larutan elektrolit NaOH dengan nilai tegangan paling tinggi 1,26 volt pada berat abu boiler aktif 1 gram dan konsentrasi elektrolit 2 M, dan nilai arus paling tinggi adalah sebesar 3,06 mA pada abu boiler aktif 3 gram dengan konsentrasi elektrolit 2 M.

DAFTAR PUSTAKA

Agustyar. 2016. *Faktor Yang Mempengaruhi Daya Hantar Listrik*.

akhmadawaludin.web.ugm.ac.id
website:

<http://akhmadawaludin.web.ugm.ac.id/faktor-yang-mempengaruhi-daya-hantar-listrik/>

Cheng & Chen, 2012, Metal–Air Batteries: From Oxygen Reduction Electrochemistry To Cathode Catalysts, Nankai University, Republic of China.

Elisabeth, J., & Ginting, S. P., 2003, Pemanfaatan hasil Samping Industri Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pakan Ternak Sapi Potong, Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.

Eva, M.G. & Nurdin B., 2015, Karakterisasi Campuran Nano Partikel Abu Sekam Padi Dan Abu Boiler Kelapa Sawit Menjadi Nano Komposit Termoplastik HDPE, Prosiding Simposium Fisika Nasional XXVII, Universitas Udayana, Bali.

Ge, J. C., Yoon, S. K., & Choi, N. J., 2018, Application of Fly Ash as An Adsorbent for Removal of Air and Water Pollutants, Applied Sciences (Switzerland) 8(7). <https://doi.org/10.3390/app8071116>

Igwe, J. C., Onyegbado, C. O., & Abia, A. A., 2010, Adsorption Isotherm Studies of BOD, TSS and Colour Reduction from Palm Oil Mill Effluent (POME) using Boiler Fly Ash, *Ecletica Quimica* 35(3), pp 195–208, <https://doi.org/10.1590/S0100-46702010000300020>.

- Khadom, A. A. . Abd, A. N , Ahmed N. A., 2018, Xanthium Strumarium Leaves Extracts as A Friendly Corrosion Inhibitor of Low Carbon Steel in Hydrochloric Acid: Kinetics and Mathematical Studies, South African J. Chem. Eng. 25 pp. 13–21.
- Liu, Y., Sun, Q., Li, W., Adair, K. R., Li, J., & Sun, X., 2017, *A Comprehensive Review on Recent Progress in Aluminum–Air Batteries*, University of Western Ontario, London.
- Rahman, R. A., & Latifah, N., 2019, *Pembuatan Abu boiler Aktif Dari Limbah Biomassa Sebagai Bahan Baku Katoda Udara*, Mulawarman University, Samarinda.
- Riyanto, 2013, *Elektrokimia & Aplikasinya*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Yuliana, R., Muhardi, & Fatnanta, F., 2009, *Karakteristik Fisis dan Mekanis Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash) dalam Geoteknik*, Universitas Riau, Riau.