

# PEMBUATAN SILIKA DARI ABU BOILER KELAPA SAWIT SEBAGAI KATODA UDARA PADA BATERAI LOGAM UDARA

## *FABRICATION OF SILICA FROM PALM OIL BOILER ASH AS AIR CATHODE IN METAL AIR BATTERY*

Romi Andrian<sup>1</sup>, Rizqi Lestari Ningrum<sup>1</sup>, Mardiah<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Engineering Faculty, Mulawarman University  
Jl. Sambaliung No. 9, Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia  
\*email : mardiah@ft.unmul.ac.id

(Submitted: 5 Oktober 2020; Reviewed: 01 November 2020; Accepted: 03 Desember 2020)

### Abstrak

Baterai logam udara merupakan salah satu sumber energi baru yang memiliki nilai energi yang tinggi. Komponen-komponen nya yaitu elektroda (katoda dan anoda) dan elektrolit. Anoda yang di gunakan pada penelitian ini adalah alumunium dan katoda udara yang digunakan adalah silika dari abu boiler pabrik kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performa dari silika sebagai material katoda udara.. Metodologi penelitian ini meliputi persiapan anoda dari alumunium lalu pembuatan silika dari abu boiler sebagai katoda, lalu perakitan baterai dengan susunan berlapis yaitu alumunium, kertas saring, silika dan larutan elektrolit kemudian di lakukan pengukuran kuat arus dan tegangan dengan alat multimeter. Hasil dari penelitian ini adalah hasil pengukuran tegangan listrik dan kuat arus dengan multimeter menunjukkan bahwa variasi jenis larutan elektrolit yang paling besar adalah pada larutan elektrolit NaOH dengan nilai tegangan listrik paling tinggi 1,26 volt pada berat silika 3 gram dan konsentrasi elektrolit 1 M, dan nilai kuat arus paling tinggi pada larutan elektrolit HCl yaitu sebesar 5,17 mA pada silika 1 gram dengan konsentrasi elektrolit 3 M.

**Kata Kunci** : abu boiler, baterai logam udara, elektrolit, katoda udara, silika ,

### Abstract

*Metal air battery is a new energy source that has a high energy value. Its components are electrodes (cathode and anode) and electrolytes. The anode used in this research is aluminum and the air cathode used is silica from the oil palm boiler ash. This research was conducted to determine the performance of silica as an air cathode material . The methodology of this research includes preparation of anode from aluminum, then making silica from boiler ash as a cathode, then assembling a battery with a layered arrangement, namely aluminum, filter paper, silica and electrolyte solution, then measuring the current and voltage strength with a multimeter. The results of this study are the results of measuring the electric voltage and current strength with a multimeter showing that the greatest variation in the type of electrolyte solution is in the NaOH electrolyte solution with the highest electrical voltage value of 1.26 volts at 3 grams of silica weight and 1 M electrolyte concentration, and The highest value of current strength in the HCl electrolyte solution is 5.17 mA in 1 gram of silica with an electrolyte concentration of 3 M.*

*Keywords: air cathode, boiler ash, electrolyte, metal air battery, silica*

## 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 penyimpanan energi yang baik. Baterai logam udara terdiri dari kombinasi antara metal dengan densitas energi yang tinggi (Zn, Al, Mg, Li) pada bagian anoda dan pada bagian katoda terdapat elektro katalis seperti logam mulia, campuran logam dengan karbon, dan oksida logam transisi yang berfungsi untuk mereduksi oksigen didalam udara (Cheng *et al.*, 2012).

Saat ini, bahan  $\text{Li}_2\text{CoSiO}_4$  banyak dikaji potensinya sebagai kandidat katoda pada sistem baterai ion litium karena dapat menyimpan energi dengan kerapatan yang tinggi. Secara teoritis, baterai dengan katoda  $\text{Li}_2\text{CoSiO}_4$  dapat menyimpan energi dengan kerapatan sekitar 325 mAh/g. Silika ( $\text{SiO}_2$ ) sebagai salah satu senyawa penting dalam pembentukan  $\text{Li}_2\text{CoSiO}_4$ . Sejumlah riset terdahulu melaporkan bahwa silika amorf dengan tingkat kemurnian yang tinggi di atas 98 % dapat diekstrak (Riyanto *et al.*, 2019).

Mengingat abu sawit paling banyak mengandung silika yaitu 60%, secara laboratoris dipandang perlu untuk dilakukan suatu penelitian untuk mengkonversikan abu sawit menjadi bahan bernilai ekonomis (Pausa *et al.*, 2015).

Limbah padat berupa cangkang digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan energi mekanik dan panas pada penggilingan minyak sawit. Masalah yang kemudian timbul adalah dari sisa pembakaran pada boiler berupa abu cangkang dibuang dekat pabrik sebagai limbah padat yang tidak dimanfaatkan dan menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan kesehatan (Fauziah, 2013).

Komposisi abu kelapa sawit memiliki kadar silika yang cukup besar untuk dapat digunakan sebagai material katoda udara. Silika pun bertindak untuk membatasi produksi korosi logam anoda agar tidak masuk pada sistem elektroda katoda udara. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Komposisi Abu Sawit Hasil Pembakaran**

Senyawa	Serat (%)	Cangkang (%)
Kalium (K)	9.2	7.5
Natrium (Na)	0.5	1.1
Kalsium (K)	4.9	1.5
Magnesium(Mg)	2.3	2.8
Klor (Cl)	2.5	1.3
Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )	2.6	1.9
Nitrogen (N)	0.04	0.05
Pospat (P)	1.4	0.9
Silika ( $\text{SiO}_2$ )	59.1	61

(Graille dkk,1985).

Baterai logam udara memiliki energi skala besar untuk masa depan karena biaya rendah dengan nilai kapasitas spesifik teoritis tinggi dengan nilai tertinggi kedua setelah litium serta jauh lebih tinggi daripada magnesium dan seng. Selain itu, aluminium murah, berlimpah dan logam ramah lingkungan dengan daur ulang tinggi. *Aluminium Air Battery* memiliki tegangan teoritis dan densitas energy yang tinggi. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Baterai Logam Udara**

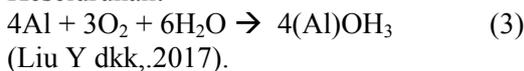
Baterai Teoritis	Tegangan (V)	Kapasitas (Ah Kg-1)	Kepadatan energi Teoritis ( $\text{kWh kg}^{-1}$ )	Pengoperasian Tegangan Praktis (V)
Li-air	3.4	1170	13.0	2.4
Zn-air	1.6	658	1.3	1.0 - 1.2
Mg-air	3.1	920	6.8	1.2 - 1.4
Na-air	2.3	687	1.6	2.3
Al-air	2.7	1030	8.1	1.2 - 1.6

(Liu Y dkk.,2017).

Secara skematis dasar struktur baterai logam udara, yang 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.



Keseluruhan:



## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas kimia, batang pengaduk, kertas saring, corong, oven, neraca analitik, cawan, *aluminium foil*, *hot plate*, *stirrer*, *termometer*, labu takar, pipet tetes, penggaris, spidol, tisu, solasi, avometer, pH meter dan gunting. Bahan yang digunakan adalah akuades, plat aluminium, abu boiler kelapa sawit, akuades, NaOH (1 M, 2 M dan 3 M), HCl (1 M, 2 M dan 3 M) dan NaCl (1 M, 2 M, dan 3 M).

### 2.2 Persiapan Anoda

Plat aluminium yang memiliki ketebalan 0,03 mm dipotong dengan ukuran ukuran 5x5 cm.

### 2.3 Pembuatan Silika dari Abu Boiler Kelapa Sawit sebagai Katoda

Awal mula abu di rendam dengan air demin selama 24 jam. Kemudian silika dalam abu diekstrak dengan NaOH pada temperatur 80 -90°C selama 5 jam sambil diaduk untuk mendapatkan larutan Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Larutan Natrium Silikat yang dihasilkan kemudian ditambahkan dengan larutan HCl hingga pH 4 dan didapatkan silika gel. Gel yang terbentuk kemudian disaring lalu endapan yang didapatkan dicuci dengan akuades. Kemudian disaring kembali, endapan yang terbentuk dikeringkan menggunakan oven pada suhu 150 °C hingga konstan. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa produk silika yang dihasilkan dari proses ekstraksi berwujud bubuk berwarna putih (Putra dkk, 2013).

### 2.4 Perakitan Baterai

Silika yang telah siap dimasukan ke dalam aluminium dan ditekan hingga menyatu dengan kertas saring. Larutan elektrolit yang telah disiapkan NaOH dengan konsentrasi 1 M sebanyak 3 mL disuntikan hingga tisu menyerap larutan hingga menyentuh keseluruhan plat. Perlakuan diulang dengan variasi larutan elektrolit NaCl dan HCl dengan konsentrasi 1 M, 2 M dan 3 M masing-masing sebanyak 3 mL.

## 2.5 Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan Listrik

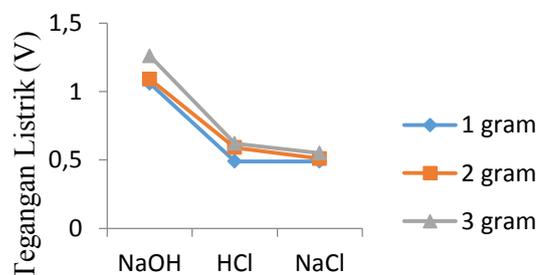
Pengukuran kuat arus dan tegangan listrik dilakukan dengan menggunakan multimeter dengan mengkontakan kutub positif pada anoda dan kutub negatif pada katoda.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

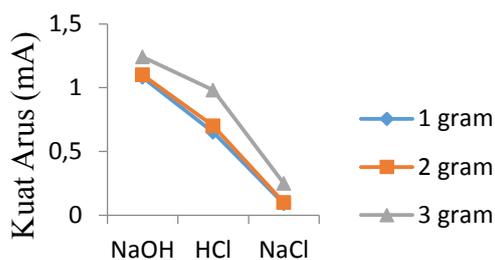
Hasil yang didapat dari pembuatan silika dari abu boiler yang diekstraksi dengan NaOH dengan perbandingan 1:2, dimana 800 g abu boiler menghasilkan 127 g silika dengan *yield* sebesar 15,87%. Kemudian dilakukan pengukuran tegangan listrik dan kuat arus dengan konsentrasi elektrolit dan berat abu boiler dengan multimeter.

### 3.1. Pengaruh Jenis Elektrolit terhadap Tegangan dan Kuat arus.

Gambar 1 dan Gambar 2 merupakan grafik hasil dari pengukuran pengaruh jenis elektrolit terhadap tegangan dan kuat arus. Berdasarkan data yang didapatkan basa kuat memiliki daya kelistrikan yang lebih baik ketimbang pada larutan asam kuat dan larutan garam. Ion dalam larutan basa kuat menghantarkan elektrolit ke karbon agar dapat menghasilkan energi listrik, karbon aktif yang baik memiliki konduktivitas yang tinggi agar memudahkan dalam daya penyerapan. Ketika baterai tersebut digunakan maka karbon tersebut akan menyerap udara dan ion larutan basa kuat tersebut. Namun ketika karbon tersebut sudah mulai jenuh maka energi kelistrikan tersebut akan mengalami penurunan.



Gambar 1. Pengaruh jenis elektrolit terhadap tegangan listrik

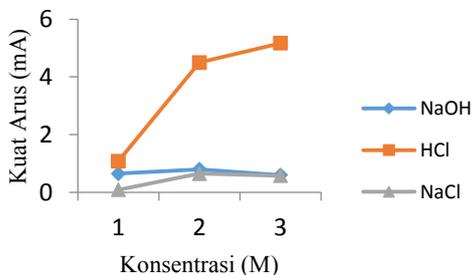


**Gambar 2. Pengaruh jenis elektrolit terhadap kuat arus**

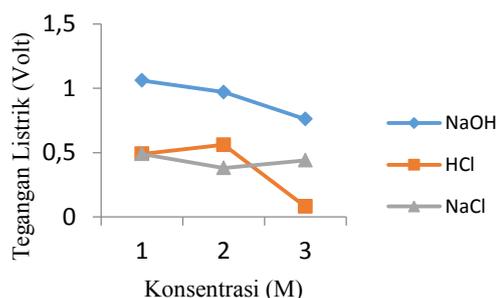
Pada Gambar 1. pengaruh jenis elektrolit terhadap tegangan listrik menunjukkan bahwa NaOH merupakan jenis elektrolit yang yang paling tinggi menghasilkan tegangan listrik dibandingkan HCl dan NaCl dengan konsentrasi 1 M, hal ini terjadi karena NaOH merupakan basa kuat. Sedangkan pada Gambar 2. untuk percobaan pengaruh jenis elektrolit terhadap kuat arus menunjukkan bahwa kuat arus tertinggi dengan menggunakan NaOH dibandingkan dengan HCl dan NaCl. Menurut Liu *et al* (2017) larutan basa kuat disukai karena ionik yang lebih baik dari segi konduktivitas, viskositas rendah, koefisien difusi oksigen lebih tinggi dan kinetika reaksi lebih cepat.

### 3.2. Pengaruh Konsentrasi Elektrolit Terhadap Tegangan dan Kuat arus.

Kemudian grafik hasil dari pengukuran pengaruh konsentrasi elektrolit terhadap tegangan dan kuat arus. Hasil tersebut menggunakan berbagai konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



**Gambar 3. Pengaruh konsentrasi elektrolit terhadap tegangan listrik**

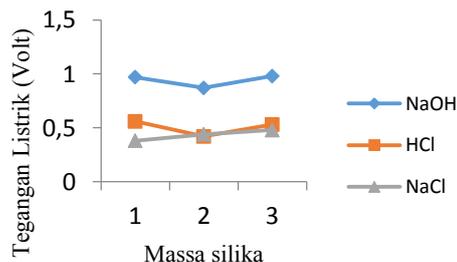


**Gambar 4. Pengaruh konsentrasi elektrolit terhadap kuat arus**

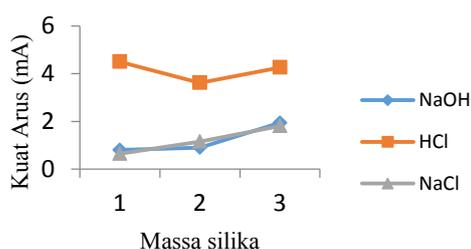
Pada Gambar 3. untuk percobaan pengaruh konsentrasi elektrolit terhadap kuat arus, dimana elektrolit HCl menghasilkan arus listrik paling besar dimana semakin tinggi konsentrasi elektrolitnya maka semakin besar arus listrik yang dihasilkan, namun pada elektrolit NaOH dan NaCl berbeda dimana konsentrasi dan kuat arus tidak berbanding lurus. Kemudian pada Gambar 4. untuk percobaan konsentrasi elektrolit terhadap kuat arus bahwa elektrolit NaOH dapat menghasilkan kuat arus terbesar dimana semakin besar konsentrasinya maka semakin kecil kuat arusnya yang dihasilkan, namun hal tersebut berbeda dengan elektrolit HCl dan NaCl. Hal ini kemungkinan karena adanya hambatan seperti hambatan ionik dan suhu dapat pula mempengaruhi kuat arus dan tegangan listrik yang dihasilkan (Halliday, 1960).

### 3.3. Pengaruh Massa Silika Terhadap Tegangan dan Kuat arus.

Berikut adalah grafik hasil dari pengukuran pengaruh massa silika terhadap tegangan dan kuat arus. Hasil tersebut menggunakan berbagai massa silika yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



**Gambar 5. Pengaruh massa silika terhadap tegangan listrik**



**Gambar 6 Pengaruh Massa Silika Terhadap Kuat Arus**

Pada Gambar 5. perolehan perbandingan massa silika terhadap tegangan listrik tidak memiliki perubahan yaitu pada larutan elektrolit perolehan tegangan listrik cenderung fluktuatif walaupun perubahan yang didapatkan tidak terlalu berbeda dan pada setiap variasi massa silika yang digunakan, begitu pula pada perolehan kuat arus pada Gambar 6. tidak memiliki

perubahan. Pada larutan elektrolit NaOH mempunyai tegangan listrik lebih besar dibandingkan yang lain namun pada elektrolit HCl mempunyai kuat arus yang besar dibandingkan yang lain, hal ini dapat dipengaruhi karena NaOH dan HCl merupakan basa kuat dan asam kuat. Serta kemungkinan terdapatnya hambatan seperti penetrasi larutan elektrolit ke dalam pori-pori sehingga tersumbatnya pori-pori silika dan menyebabkan penyerapan udara tidak terjadi maksimal.

### 3.4 Analisis Data

Dalam melakukan analisis data hasil penelitian yaitu dengan menggunakan pendekatan model Regresi Linear Berganda menggunakan Microsoft Excel 2016.

**Tabel 3. Regresi Koefisien Korelasi**

No	X <sub>1</sub> (M)	X <sub>2</sub> (gram)	Tegangan (V)	Kuat Arus (mA)
1	NaOH	Silika	$y = 1,1133 - 0,1166x_1 + 0,0566x_2$ (R = 0,7696, R <sup>2</sup> = 0,5923)	$y = 0,7178 - 0,105x_1 + 0,2933x_2$ (R = 0,725, R <sup>2</sup> = 0,5257)
2	HCl	Silika	$y = 0,532 - 0,11x_1 + 0,08x_2$ (R = 0,7366, R <sup>2</sup> = 0,5426)	$y = 0,1367 + 1,535x_1 - 0,145x_2$ (R = 0,7416, R <sup>2</sup> = 0,55)
3	NaCl	Silika	$y = 0,3511 + 0,0033x_1 + 0,0667x_2$ (R = 0,6737, R <sup>2</sup> = 0,4539)	$y = -0,2767 + 0,0033x_1 + 0,6083x_2$ (R = 0,7301, R <sup>2</sup> = 0,5331)

Model regresi linear berganda yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \quad (3.1)$$

dimana y adalah masing-masing tegangan dan arus, x<sub>1</sub> adalah konsentrasi elektrolit dan x<sub>2</sub> adalah massa silika.

Berdasarkan hasil analisis data model regresi linear berganda sebagaimana tampak pada Tabel 3. diperoleh koefisien korelasi (R) pada persamaan tegangan yakni 0,77; 0,74 dan 0,67 dan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) berada pada 0,59; 0,54 dan 0,45. Sementara itu pada kuat arus diperoleh koefisien korelasi (R) yaitu 0,725-0,74 dan 0,73 dan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) berada pada 0,53 dan 0,55.. Khadom dkk (2018) menyatakan bahwa koefisien korelasi 0,5-0,7 menunjukkan

hubungan yang signifikan dan penting antara variabel terikat dan variabel bebas nya.

Sementara itu, dari koefisien determinasi dapat diketahui bahwa masih terdapat faktor-faktor atau variabel bebas yang lain yang mempengaruhi besaran tegangan dan kuat arus selain faktor-faktor yang telah diujikan dalam penelitian ini.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran tegangan listrik dan kuat arus dengan multimeter menunjukkan bahwa variasi jenis larutan elektrolit yang paling besar adalah pada larutan elektrolit NaOH dengan nilai

tegangan listrik paling tinggi 1,26 volt pada berat silika 3 gram dan konsentrasi elektrolit 1 M, dan nilai kuat arus paling tinggi pada larutan elektrolit HCl yaitu sebesar 5,17 mA pada silika 1 gram dengan konsentrasi elektrolit 3 M.

Riyanto, A., Sembiring, S., Megawati, M., Mabarroh, N., Junaidi, J., Ginting, E. 2019. *Analisis Transisi Fasa dan Sifat Dielektrik Pada Li<sub>2</sub>CoSiO<sub>4</sub> yang Dipreparasi dari Silika Sekam Padi dan Produk Daur Ulang Katoda Baterai Ion Litium Bekas*. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, Vol. 15(1) 2019, 89-103.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cheng, F. dan Chen, J. (2012) 'Metal-air batteries: From Oxygen Reduction Electrochemistry To Cathode Catalysts', *Chemical Society Reviews*, 41(6).
- Fauziah, M., dan Febriansyah, H. (2013) : *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kekuatan Dan Keawetan Campuran Asphal Concrete Binder Course (AC-BC)*, Prosiding Seminar Nasional, FT-Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Graille, J., Lozano, P., Pioch, D., Geneste, P. 1985. *Essais d' alcoolise d'huiles Vegetales avec des Catayseurs Naturels Pour la Production de Carburants Diesel*, Oleagineux.
- Halliday, David., Resnick, Walker. 1960. *Fisika Dasar*. Erlangga . Jakarta .
- 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.*, vol. 25, pp. 13–21.
- Liu, Yisi, Qian Sun, Wenzhang Li, Keegan R. Adair, Jie Li, Xueliang Sun. 2017. *Review Article : A comprehensive review on recent progress in aluminumeair batteries*. *Green Energy & Environment.*, Vol 2, pp 246-277.
- Pausa, Y., Malino, MB., Arman, Y. 2015. *Optimasi Tingkat Kemurnian Silika, SiO<sub>2</sub>, Dari Abu Cangkang Sawit Berdasarkan Konsentrasi Pengasaman*. *PRISMA FISIKA* ISSN : 2337-8204, Vol. III, No. 01, Hal. 1-4.
- Putra, A.N.H.E., Tjahjanto R.T., Khunur, M.M.. 2013. *Optimasi Ekstraksi Silika dan Alumina dari Lumpur Sidoarjo*. *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*. Vol 2. No. 1.