STUDI PENGARUH KEMASAN KALENG, KARBON DARI SISA PEMBAKARAN TEMPURUNG KELAPA, DAN AIR LAUT TERHADAP TEGANGAN BATERAI ALUMINIUM-UDARA

STUDY OF EFFECT CANS, WASTE OF COCONUT SHELL, AND SEA WATER TOWARD ALUMINIUM-AIR BATTERY VOLTAGE

Angistu Palamarta[1], Drs. Suwandi, M.Si[2], Dr. Edy Wibowo[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[1]angistup@gmail.com , [2]suwandi.sains@gmail.com , [3]edyw.phys@gmail.com

Abstrak

Aluminium-Air Battery merupakan baterai sederhana yang menggunakan aluminium, karbon aktif, dan air garam sebagai bahan dasar baterai. Anoda yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium foil, kaleng Coca-cola, kaleng Pocari sweat, kaleng Green Sand dengan tingkat kemurnian aluminium masing-masing adalah 99%; 10,33%; 12,63%; 15,80%. Untuk katoda yang digunakan adalah karbon aktif tempurung kelapa dan karbon tempurung kelapa yang tidak diaktifkan. Elektrolit pada beterai ini adalah air garam dan air laut. Hasil dari penelitian ini adalah semua kombinasi dari bahan-bahan yang telah disiapkan dapat menghasilkan tegangan. Tegangan yang dihasilkan oleh baterai ini adalah 0,56V. Tegangan sel dihasilkan dari tegangan katoda dikurangi dengan tegangan anoda. Hal ini dapat terjadi karena tingkat kemurnian pada aluminium foil mencapai 99% dan oksigen yang terkandung pada karbon aktif lebih banyak dari pada karbon biasa. Zat pengotor yang terkandung pada anoda dan katoda dapat meneyebab kan penurunan tegangan baterai.

Kata kunci : Baterai Aluminium-Udara, Baterai Al/Udara, Baterai, Elektrokimia, Redoks

Abstract

Aluminum-Air Battery is a simple battery that uses aluminium, activated carbon, and salt water as a battery base. The anodes in this research is aluminum foil, Coca-cola cans, Pocari sweat cans, Green Sand cans with each aluminium purity is 99%; 10.33%; 12.63%; 15.80%. For the cathode activated carbon from coconut shell and coconut shell carbon which are not activated is used. The electrolytes in this battery are used salt water and sea water. This battery produced 0.56V. Cell voltage is generated from the cathode voltage minus the anode voltage. This is can happened because the purity level of aluminum foil reaches 99% and the oxygen contained in activated carbon is more than ordinary carbon. The impurity substances contained in the anode and cathode can cause a decrease in battery voltage.

Keyword : Aluminium-Air Battery, Al/Air Battery, Battery, Electrochemisty, Redox

1. Pendahuluan

Sampah dapat diolah menjadi baterai, dengan pengolahan yang tidak terlalu rumit dan bahan yang di butuhkan cukup mudah ditemukan, yaitu *Aluminium-Air Battery*. Baterai ini bekerja seperti layaknya baterai bisaa. Walaupun tegangan yang dihasilkan terbilang kecil dalam satu selnya namun baterai ini bisa dijadikan solusi pengolahan sampah menjadi sumber energi. Bahan yang dibutuhkan untuk membuat baterai ini cukup dengan aluminium dan karbon aktif sebagai elektroda serta air garam sebagai elektrolitnya [11]. Skema susunan material Aluminium-Air Battery tampak seperti Gambar 1.2 dibawah ini. Bukan hanya Tamez dan rekannya yang melakukan percobaan Aluminium-Air Battery. Percobaan juga telah dilakukan oleh University of Washington dimana pada percobaanya membuat baterai ini menghasilkan tegangan sebesar 0,7 V pada satu selnya [12]. Baterai ini memungkinkan dapat menghasilkan tegangan dengan material yang berasal dari kemasan kaleng sebagai anoda serta sisa pembakaran tempurung kelapa sebagai elektrodanya dan air laut sebagai elektrolitnya.

Karena pada dasarnya unsur yang terkandung pada kemasan kaleng di dominasi oleh aluminium dengan sedikit campuran logam lainnya. Komposisi unsur yang terkandung pada

kemasan kaleng [13]. Kemudian pengolahan tempurung kelapa yang dibakar dengan suhu tertentu serta cara pembakaran tertentu akan menghasilkan sisa pembakaran tempurung kelapa berupa karbon aktif [14] dan komposisi yang terkandung pada karbon aktif dengan pengaktifan secara kimia dengan KOH 1M dapat dilihat pada tabel 1.2 dibawah. Serta komposisi yang terkandung pada air laut pun terdapat ion natrium dan klorida dengan beberapa ion lainnya yang terlarut pada air laut seperti tabel 1.3 dibawah [15]. Dari unsur yang terkandung pada kemasan kaleng, sisa pembakaran tempurung kelapa, dan air laut memiliki kemungkinan dapat dijadikan pengganti material yang terdapat didalam Aluminium-Air Battery.

2. Dasar Teori

2.1. Elektrokimia

Elektrokimia adalah cabang ilmu yang mempelajari hubungan antara reaksi kimia dengan arus listrik [16]. Elektrokimia telah diaplikasikan oleh masyarakat luas mulai dari penyepuhan logam hingga baterai yang digunakan sehari hari untuk membantu aktifitas manusia. Elektrokimia bagai mempersatukan ilmu fisika pada focus kelistrikan dengan ilmu kimia. Elektrokimia telah kita dapatkan semasa kita menduduki bangku sekolah menengah atas. Pada dasarnya elektrokimia terbagi atas dua jenis, yaitu [17]:

a. Sel Galvani atau Sel Volta, dimana rekasi kimia yang terjadi secara spontan menghasilkan arus listrik seperti baterai dan aki.
b. Sel Elektrolisis, yaitu reaksi kimia yang memerlukan arus listrik untuk terjadinya rekasi seperti penyepuhan logam.

Pada reaksi redoks terdapat potensial sel yang berfungsi untuk mempermudah perhitungan setengah rekasi. Nilai potensial sel atau lebih sering disebut dalam fisika adalah GGL (Gaya Gerak Listrik) yang dimiliki atom hydrogen adalah nol. Maka elektroda yang mengalami reduksi (katoda) biasanya memiliki nilai potensial sel positif. Sedangkan untuk elektroda yang mengalami oksidasi (anoda) biasanya memiliki nila potensial sel negatif. Hasil selisih potensial sel katoda dengan potensial anoda adalah nilai dari potensial sel volta [16]

$$E^o = E^o_{katoda} - E^o_{anoda}$$

Persamaan diatas akan menunjukan apakah suatu reaksi akan berlangsung secara spontan atau tidak. Jika hasil E^o bernilai positif, maka suatu reaksi akan berlangsung secara spontan. Sebaliknya jika nilai E^o bernilai negatif, maka reaksi tersebut berlangsung tidak spontan.

2.2. Baterai

Prinsip yang digunakan baterai menggunakan prinsip elektrokimia. Reaksi kimia yang terjadi di dalam baterai menghasilkan arus listrik yang kemudian dapat digunakan [22]. Telah ditemukan berbagai jenis baterai dengan kegunaannya masing-masing. Tegangan atau arus yang dihasilkan bergantung pada material yang ada didalam baterai. Ada material yang sanggup untuk menghasilkan arus yang besar, ada pula material yang menghasilkan arus lemah, tergantung pada apa tujuan baterai itu dibuat. Saat pertama baterai ditemukan oleh Alessandro Volta, arus yang dikeluarkan akan habis ketika reaksi kimia dalam baterai sudah tidak berhenti bereaksi. Kini telah banyak baterai dengan kemampuan untuk mengisi ulang energinya dan mampu untuk mengeluarkan energinya kembali seperti sediakala.

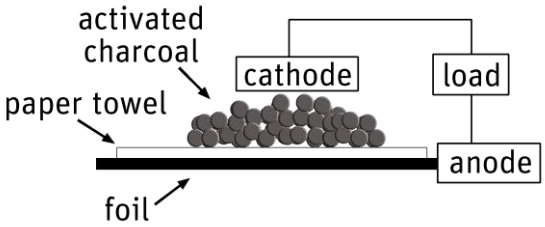
2.3. Aluminium-Air Battery

Baterai ini memanfaatkan oksidasi dari aluminium pada anoda dan reduksi dari oksigen pada katoda. Reaksi total dari Aluminium-Air Battery ini menghasilkan senyawa Aluminium Hidroksida. Pada umumnya baterai ini menghasilkan tegangan 1 volt dengan arus yang dihasilkan sebesar 1 mA. Voltase yang dihasilkan tergantung dari berapa banyak sel yang dibuat dan elektrolit apa yang digunakan. Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan oleh berbagai peneliti menujukan perbedaan elektrolit akan menghasilkan tegangan yang berbeda. Jika elektrolit yang digunakan adalah Potassium Hidroksida akan menghasilkan 1.2 V, sedangkan jika elektrolit yang digunakan adalah garam dapur tegangan yang dihasilkan sebesar 0.7 V. [23] [24]

Setengah reaksi yang terjadi pada anoda adalah $Al + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3 + 3e^-$

Setengah reaksi yang terjadi pada katoda adalah $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

Sehingga rekasi penuhnya adalah $4Al + 3O_2 + 6H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3$



Gambar 2. 1 Skema sel Aluminium-Air Battery

Umumnya komponen elektroda berbentuk lembaran. Namun ukuran lembaran elektroda tidak berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan. Karena tegangan yang dihasilkan sesuai dengan perhitungan pada rumus kimia. Cara yang tepat untuk memperbesar tegangan adalah dengan memperbanyak jumlah sel. Hal ini dapat kita perhatikan pada baterai Li-Po, dimana tegangan yang dihasilkan tergantung dari banyaknya sel. Setiap sel pada baterai Li-Po memiliki tegangan sebesar 3.7 V

2.4. Tegangan

Tegangan adalah suatu energi yang dibutuhkan untuk menggerakan elektron dari satu titik ke titik lain melalui konduktor [10]. Tegangan bisa juga disebut dengan beda tegangan. Satuan dari tegangan ialah Joule/Coulomb atau Volt berdasarkan Satuan Internasional. Secara matematika dapat ditulis dengan:

$$V = \frac{dw}{dq} \qquad (2.3)$$

Keterangan:
V = Tegangan (Volt)
w = Energi (Joule)
q = Muatan Listrik (Coulomb)

2.5. Molaritas

Pada larutan terdapat zat yang terlarut dalam suatu pelarut. Garam yang dilarutkan ke dalam air disebut dengan larutan garam. Dalam hal ini garam berperan sebagai zat yang terlarut. Sedangkan air berperan sebagai zat pelarut. Banyaknya garam yang terlarut dalam air disebut dengan konsentrasi atau dapat juga disebut dengan molaritas [3]. Dalam persamaan matematika molaritas ditulis sebagai berikut:

$$M = \frac{n}{V} \qquad (2.5)$$

Keterangan:
M = Molaritas
n = mol
v = Volume larutan

2.6. Aluminium Foil

Aluminium murni yang berada di pasaran tidak mencapai 100% murni aluminium. Produk yang mempunyai tingkat kemurnian aluminium ialah aluminium foil dengan tingkat kemurniannya 99%. Sisa persentase yang terkandung pada aluminium foil adalah zat pengotor. Zat pengotor yang ada pada aluminium foil akibat proses pembuatan aluminium foil atau bahkan dari proses daur ulang.

2.7. Kaleng Minuman

Kemasan kaleng terdiri dari beberapa unsur logam yang dicampurkan. Aluminium menjadi komponen dasar untuk pembuatan kemasan kaleng. Pada kemasan kaleng Coca-cola, Pocari Sweat, Green Sand terkandung unsur aluminium dengan persentase masing-masing 10,33%; 12,63%; 15,80% [27].

2.8. Karbon Aktif

Tempurung kelapa yang telah dibuat menjadi karbon aktif dengan suhu diatas 1000 ^{o}C dengan waktu 5 jam akan menghasilkan jumlah pori-pori yang lebih banyak dari pada karbon yang tidak melalui proses aktifasi. Kandungan karbon yang ada pada sisa pembakaran tempurung kelapa berkisar 49,86% dan 49,60% terkandung oksigen pada pori-pori karbon [17].

2.9. Air Garam

Garam dapur yang sering kita jumpai dapat digunakan sebagai larutan elektrolit. Larutan elektrolit yang dibuat dari garam dapur termasuk pada jenis elektrolit kuat. Unsur yang terkandung pada garam dapur adalah Natrium dan Klorida. Pembuatan larutan elektrolit dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Pengaturan kadar garam dapat dihitung dengan cara membandingkan massa garam dengan total massa larutan. Perbandingan ini disebut dengan Molaritas. Molaritas adalah banyaknya jumlah mol yang terkandung pada larutan dalam jumlah liter.

$n = \frac{gr}{mr}$

$M = \frac{n}{L}$

$M = \frac{gr}{mr.L}$

Keterangan:

n = mol

gr = Gram

mr = Massa Atom Relatif

M = Molaritas

L = Volume Pelarut Dalam Liter

Pada persamaan satu, n adalah jumlah zat. Pada persamaa dua, M adalah jumlah zat yang terkandung pada zat pelarut. Zat pelarut dapat berupa air H_2O. Dengan mensubtitusi persamaa satu dan persamaan dua, di dapat rumus yang lebih sederhana. Untuk pembuatan larutan garam dengan molarita yang diinginkan, maka sediakan air yang telah ditentukan pula banyak air tersebut dalam satuan liter. Massa atom relatif atau bias disingkat dengan mr dapat dilihat pada tabel periodik. Maka kita dapat menghitung berapa banyak garam yang diperlukan dalam satuan gram.

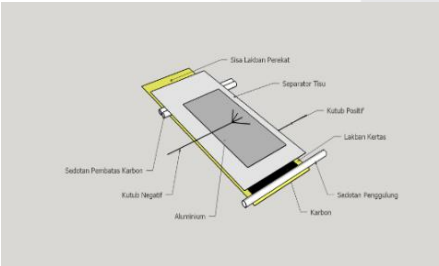
2.10. Kandungan Ion Pada Air Laut

Pada dasarnya air biasa mampu menghantarkan listrik. Air garam dapur memiliki kemampuan menghantarkan listrik lebih baik dari pada air biasa. Hal ini disebabkan karena dalam air garam dapur terkandung ion-ion yang terlarut pada air. Kandungan ion pada air laut lebih bervariasi lebih banyak dari pada garam dapur, namun konsentrasi ion pada air laut lebih sedikit dari pada air garam dapur. Hal ini disebabkan karena kandungan air pada air laut sekitar 96,5% dan 3,5% adalah garam yang terlarut menjadi ion-ion di air laut [26].

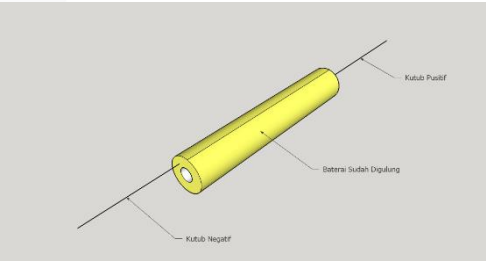
3. Pembahasan

3.1. Desain Baterai

Dibuat desain baterai yang memastikan jarak antar elektroda berada pada jarak yang paling dekat dengan hasil yang diperoleh menunjukan tegangan dan arus yaitu 0,5 V dan 1,5 mA. Desain ini menggunakan bahan-bahan sederhana yang mudah ditemukan. Baterai dibuat dari lakban kertas untuk menyimpan serbuk karbon agar tidak berhamburan serta serbuk karbon tidak menggumpal ketika ditetesi oleh elektrolit, sedotan untuk menggulung lakban kertas yang sudah disusun dengan tisu dan aluminium. Ukuran baterai ini adalah (4,8 x 10,5) cm^2 untuk karbon aktif, (5 x 9) cm^2 untuk tisu yang berfungsi sebagai separator dan resapan air garam, (8,5 x 3,5) cm^2 untuk aluminium.



Gambar 3.1 Desain Baterai



Gambar 3.2Desain Baterai

3.2. Analisa Tegangan

Perbedaan tegangan yang terjadi pada setiap baterai terjadi karena adanya perbedaan unsur penyusun pada setiap elektroda. Salah satu anoda atau katoda yang diganti atau seluruh elektroda yang diganti akan mengalami penurunan tegangan karena unsur pada kaleng tidak sepenuhnya aluminium [5] dan karbon yang berasal dari tempurung kelapa terdapat unsur pengotor yang

menyebabkan karbon tersebut tidak murni karbon. Akan tetapi setiap kombinasi anoda, katoda, dan elektrolit yang berbeda menghasilkan tegangan sehingga dapat digunakan sebagai baterai sederhana.

Tegangan pada anoda dan katoda yang dihasilkan dapat dilihat dari tabel setengah reaksi. Tabel tersebut menunjukan tegangan yang dihasilkan pada anoda dan katoda. Pada baterai Aluminium-Udara ini, unsur-unsur yang bereaksi adalah aluminium dan oksigen. Karbon pada baterai berfungsi sebagai tempat oksigen, karena setengah unsur penyusun karbon adalah oksigen [30]. Alasan mengapa karbon tidak bereaksi adalah karena karbon bukan unsur yang dapat bereaksi secara spontan dan karbon tidak ada dalam daftar tabel tegangan setengah reaksi. Tabel setengah reaksi menunjukan tegangan yang dimiliki aluminium adalah -1,66 V dan tegangan yang dimiliki oksigen adalah +1,23 V. Reaksi baterai Aluminium-Udara ini bersuasana basa yang berarti hasil dari reaksinya adalah basa yaitu $AL(OH)_3$ sehingga setiap reaksi anoda katoda akan ditambahkan OH^- dan setiap tegangan pada anoda katoda akan mengalami pengurangan 0,2 V setiap satu OH^- [31].

Anoda

$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$ $\qquad E^o_{anoda} = -1,66$ V

Karena aluminium lebih reaktif dari pada oksigen, maka aluminium melepaskan elektron.

$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$

Ruas kiri dan ruas kanan ditambahkan OH^-

$Al + OH^- \rightarrow Al^{3+} + OH^- + 3e^-$

$Al + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3 + 3e^-$ $\qquad E^o_{anoda} = -2,31$ V

Katoda

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2\,H_2O$ $\qquad E^o_{katoda} = 1,23$ V

Ruas kiri dan ruas kanan ditambahan OH^-

$O_2 + 4H^+ + OH^- + 4e^- \rightarrow 2H_2O + OH^-$

$O_2 + 4H^+ + 4OH^- + 4e^- \rightarrow 2H_2O + 4OH^-$

$O_2 + 4H_2O + 4e^- \rightarrow 2H_2O + 4OH^-$

$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ $\qquad E^o_{katoda} = 0.4$ V

Reaksi total

$Al + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3 + 3e^-$ $\quad | \times 4$

$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ $\quad | \times 3$

$4Al + 12OH^- \rightarrow 4Al(OH)_3 + 12e^-$

$3O_2 + 6H_2O + 12e^- \rightarrow 12OH^-$

$4Al + 3O_2 + 6H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3$ $\qquad E^o_{sel} = E^o_{katoda} - E^o_{anoda}$

$E^o_{sel} = 0,4\text{ V}-(-2,31\text{ V})$

$E^o_{sel} = 2,71$ V

Tegangan dari baterai aluminium udara yang telah dibuat peneliti menghasilkan tegangan 0,57 V. Berbeda dari tegangan secara teori yang dihasilkan oleh reaksi kimia. Tegangan yang terhitung dari reaksi kimia adalah sebesar 2,71 V. Perbedaan ini terjadi karena adanya efisiensi baterai. Efisiensi ini dapat dihitung dari persamaan berikut.

$$\eta = \frac{Tegangan\ Baterai\ Secara\ Teori}{Tegangan\ Baterai\ Hasil\ Penelitian} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.572V}{2.71V} \times 100\%$$

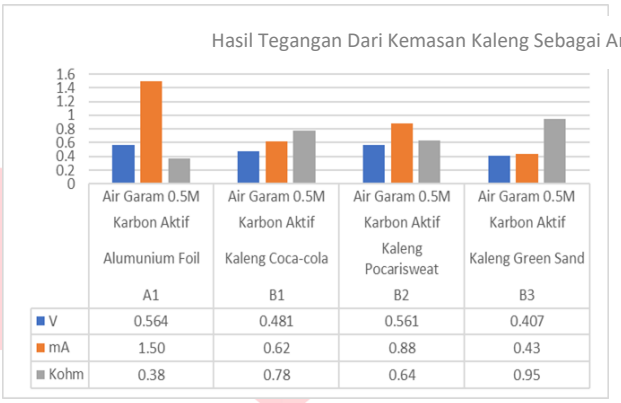
$$\eta = 21\%$$

Nilai efisiensi baterai aluminium-udara yang telah diuji adalah 21%. Tegangan hasil penelitian lebih kecil dari pada tegangan secara perhitungan reaksi kimia. Banyak faktor yang

menyebabkan efisiensi baterai menurun. Salah satunya adalah tingkat kemurnian bahan yang digunakan untuk pembuatan baterai.

3.3. Hasil Tegangan Dari Kemasan Kaleng Sebagai Anoda

Nilai tegangan dan arus dengan variasi anoda mengalami perubahan. Kombinasi aluminium foil, karbon aktif, dan air garam 0,5M menjadi parameter baterai standar karena tiap komposisinya menggunakan komposisi yang kemurniannya lebih besar dari pada yang lain. Dari berbagai variasi anoda, baterai yang telah diuji tidak ada yang melebihi nilai tegangan dan arus dari baterai standar.

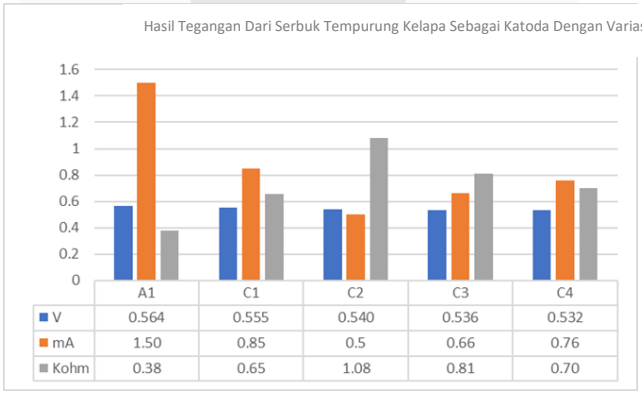


Grafik 4. 1 Hasil Tegangan Dari Kemasan Kaleng Sebagai Anoda

Penurunan tegangan disebabkan dari kemurnian aluminium pada kaleng yang digunakan sebagai anoda tidak sebanyak aluminium pada aluminium foil. Unsur aluminium yang terkandung pada kaleng Coca-cola, Pocarisweat, dan Green sand memiliki nilai rata-rata 10,33%, 12,63%, 15,8% sehingga terkandungan logam selain aluminium [29]. Unsur selain aluminium ini yang memungkinkan terjadinya oksigen bereaksi dengan logam selain aluminium. Bereaksinya oksigen dengan logam lain memungkinkan terjadi potensial sehingga mengurangi potensial baterai aluminum-udara.

3.4. Hasil Tegangan Dari Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Katoda Dengan Variasi Anoda

Variasi katoda menggunakan serbuk tempurung kelapa tanpa pengaktifan karbon. Perbandingan variasi katoda dibandingkan dengan baterai standar. Nilai tegangan yang dihasilkan hampir memiliki nilai yang sama yaitu 0,56 V untuk baterai standar dan 0,55V untuk baterai yang katodanya diganti dengan serbuk tempurung kelapa. Perubahan yang terlihat adalah arus yang dihasilkan pada masing masing baterai.



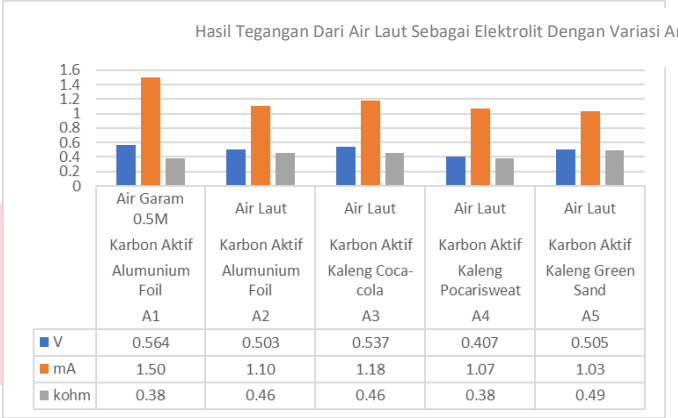
Grafik 4. 2 Hasil Tegangan Dari Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Katoda Dengan Variasi Anoda

Masing-masing baterai dari grafik diatas menunjukan bahwa tegangan yang dihasilkan rata-rata adalah 0.5 V. Hal ini disebabkan oleh kandungan dari tiap karbon memiliki oksigen.

Perbedaan yang paling mencolok dari grafik 4.2 adalah arus yang dihasilkan dari katoda karbon aktif lebih besar dibandingkan dengan yang lain

3.5. Hasil Tegangan Dari Air Laut Sebagai Elektrolit Dengan Varias Anoda

Tegangan yang dihasilkan dari elektrolit air garam dan air laut memiliki rata-rata 0,5 V. Baterai dengan elektrolit air laut menghasilkan arus paling kecil dibandingkan dengan elektrolit air garam.



	Air Garam 0.5M Karbon Aktif Alumunium Foil A1	Air Laut Karbon Aktif Alumunium Foil A2	Air Laut Karbon Aktif Kaleng Coca-cola A3	Air Laut Karbon Aktif Kaleng Pocarisweat A4	Air Laut Karbon Aktif Kaleng Green Sand A5
V	0.564	0.503	0.537	0.407	0.505
mA	1.50	1.10	1.18	1.07	1.03
kohm	0.38	0.46	0.46	0.38	0.49

Grafik 4. 3 Hasil Tegangan Dari Air Laut Sebagai Elektrolit Dengan Variasi Anoda

Perbedaan tegangan dan arus yang ada pada masing-masing baterai dipengaruhi oleh konsentrasi elektrolit. Semakin Air laut mengandung ion-ion terlarut seperti larutan garam, sehingga air laut dapat dijadikan elektrolit pada baterai aluminium udara. Tegangan yang dihasilkan mempunyai rata-rata nilai 0,5 V. Hal ini disebutkan pada buku Raymond Chang bahwa tegangan yang dihasilkan oleh baterai berasal dari perbedaan potensial dari elektroda dan tidak berhubungan dengan elektrolit [3]. Pada buku Raymond Chang disebutkan pula bahwa elektrolit bagaikan suatu kabel yang menjadi jalan elektron untuk bergerak. Semakin banyak ion yang terlarut makan semakin banyak pula elektron yang bergerak. Persentase air garam 0,5 molar sekitar 5% dan kadar garam pada air laut sekitar 3,5% sehingga air garam 0,5 molar lebih baik dalam menghantarkan listrik dari pada air laut

Simpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kemasan kaleng Coca-cola dapat digunakan sebagai anoda untuk Aluminium-Air Battery.
2. Karbon dari serbuk tempurung kelapa dapat digunakan sebagai katoda untuk Aluminium-Air Battery.
3. Air laut dapat digunakan sebagai elektrolit untuk Aluminium-Air Battery.

Daftar Pustaka

[1] M. Tamez and J. H. Yu, "Aluminium-Air Battery," 2007.

[2] University of Washington, "Aluminium-Air Battery Activity," *Clean Energy,* pp. 1-6, 2015.

[3] W. Aditya, "Laporan Pengujian Komposisi Kimia," *Departemen Teknik Metalurgi dan Material,* p. 6, 2011.

[4] R. H. Khuluk, "Pembuatan dan Karakteristik karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa (Cocous nucifera L.) Sebagai Absorben Zat Warna Metilen Biru," pp. 6-17, 2016.

[5] Lab Oseanografi MIPA Universitas Sriwijaya, "Komponen Air Laut," 2013. [Online]. Available: http://laboseanografi.mipa.unsri.ac.id/wp-content/uploads/2012/05/1.-komponen-air-laut.pdf.

[6] S. Sopiah, "Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Elektrolisis Larutan CuSO4 Sebagai Bahan Kajian Dalam Pembuatan Modul Praktikum dan Pembelajaran Elektronik," *TESIS,* pp. 5-6, 2008.

[7] P. Riyanto, Elektrokimia dan Aplikasinya, Yogyakarta: Cetakan Pertama, 2013.

[8] R. Manurung, "Analisis Daya Pada Baterai Dengan Metode Charge dan Discharge," *Skripsi,* p. 4, 2014.

[9] University of Washington, "Aluminium Air Battery Activities," 2015.

[10] S. V. Chasteen, N. D. Chasteen and P. Doherty, The Salty Science of the Aluminium-Air Battery, The Physics Theacher, 2008.

[11] O. P. Prastuti, "Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik," *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan,* vol. I, p. 36, 2017.

[12] S. Mulyadi, "Karakteristik Sifat Mekanis Kaleng Minuman (larutan Lasegar, Pocari Sweat dan Coca-cola," *Prosiding Seminar Nasional Fisika,* vol. IV, p. 1, 2015.

[13] F. M. Wachid and D. , "Analisis Fasa Karbon pada Proses Pemanasan Tempurung Kelapa," *Jurnal Teknik Pomits,* p. 2, 2012.

[14] A. N. Imamah, "EFEK VARIASI BAHAN ELEKTRODA SERTA VARIASI JARAK ANTAR ELEKTRODA TERHADAP KELISTRIKAN YANG DIHASILKAN OLEH LIMBAH BUAH JERUK (Citrus sp.)," *Skripsi,* p. 59, 2013.

[15] R. Chang, Chemistry-10th Edition, New York: McGraw-Hill, 2010.

[16] A. Satriady, W. Alamsyah, A. Hisaad and S. Hidayat, "Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai LiFePO4," *Jurnal Material dan Energi Indonesia,* vol. 6, p. 48, 2016.