

## THE EFFECT OF CARBON AND ZINC ELECTRODES USING SEA WATER ELECTROLYTE ON AIR BATTERY POWER

Sudarmanto

Program Studi Teknik Mesin  
Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto  
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta  
Email: [ir.sudar@yahoo.com](mailto:ir.sudar@yahoo.com)

### Abstract

*The air-zinc battery uses oxygen from the atmosphere to produce electrochemical energy. After opening the battery into the air, oxygen diffuses into the cell and used as a cathode reagent. The air passes through the active surface of cathode in contact with the electrolyte liquid, namely sea water. On the active surface, the air cathode catalytically encourages the reduction of oxygen in the electrolyte liquid. This study aims to determine the effect of zinc anode on air batteries that are in direct contact with activated carbon as a source of electrical energy and find out the influence of electrolyte of seawater as an alternative source of electrical energy in air batteries. The research method uses Volta cells. Other advantages are safety and ecological benefits and low energy costs, as well as maximum power capability on environmentally friendly tolerance. In this study four salinity were used. They were namely salinity of 3.56%, salinity of 3.99%, salinity 4.60% and salinity 5.02%. The results obtained are the highest voltage 1.144 Volt and the highest current of 4.85 mA is found in salt water salinity 5.02%.*

*Keyword: zinc-air battery, sea water, maximum power.*

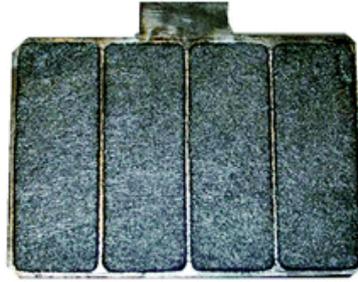
### 1. Pendahuluan

Baterai digunakan sebagai sumber energi untuk banyak perangkat portabel. Namun, kelemahan penting baterai yang digunakan saat ini adalah mereka memiliki kepadatan energi rendah sedangkan baterai dengan kepadatan energi tinggi relatif mahal. Selain itu, keamanan dan dampak lingkungan sepanjang siklus hidup mereka juga merupakan masalah penting. Banyak peneliti fokus pada fabrikasi baterai dengan kepadatan energi tinggi memiliki biaya lebih rendah dan lebih ramah lingkungan. Baterai seng-udara memegang janji terbesar untuk energi masa depan aplikasi. Baterai ini menggunakan energi dan biaya yang relatif murah apalagi baterai tersebut punya energi tinggi dengan kepadatan  $1,084 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Selain itu, mereka menggunakan pelarut berair dan seng (Zn) yang relatif stabil dalam air dan basa media tanpa korosi yang signifikan. Baterai seng-udara (tidak dapat diisi ulang pada kode IEC: A, P) dan sel bahan bakar seng-udara yang dapat diisi ulang secara mekanis adalah baterai logam-udara yang diberi tenaga oleh oksidasi seng dengan oksigen dari udara. Baterai ini memiliki kepadatan energi yang tinggi dan relatif murah untuk diproduksi. Ukuran berkisar dari sel tombol yang sangat kecil untuk alat bantu dengar, baterai yang lebih besar digunakan dalam kamera film yang sebelumnya menggunakan baterai merkuri hingga baterai yang sangat besar yang dapat digunakan untuk penggerak kendaraan listrik. Selama reaksi kimia terjadi maka massa partikel seng membentuk anoda berpori yang jenuh dengan elektrolit air laut. Oksigen yang berasal dari udara bereaksi pada katoda dan membentuk ion hidroksil yang berpindah ke pasta seng dan akan membentuk sengat yaitu  $\text{Zn}(\text{OH})_2^{-4}$  akan melepaskan elektron untuk menuju ke katoda. Sengat meluruh menjadi seng

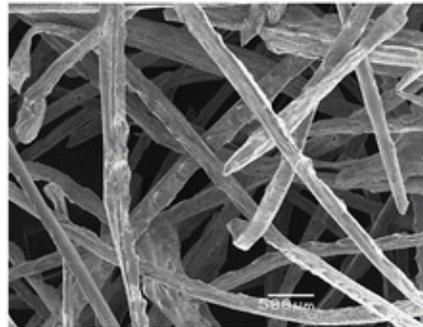
oksida dan air kembali ke elektrolit. Air dan hidroksil dari anoda didaur ulang pada katoda, sehingga air tidak dikonsumsi. Reaksi menghasilkan 1,65 volt teoritis, tetapi ini dikurangi menjadi 1,35-1,4 V dalam sel yang tersedia. Baterai seng-udara memiliki beberapa sifat sel antara lain seng adalah bahan bakar, laju reaksi dapat dikontrol dengan memvariasikan aliran udara dan elektrolit air laut dapat diganti dengan pasta. Baterai seng-udara dapat digunakan untuk mengganti baterai merkuri 1,35 V yang sekarang dihentikan yang pada tahun 1970-an hingga 1980-an umumnya digunakan dalam kamera foto. Kemungkinan aplikasi masa depan baterai ini termasuk penggunaannya secara luas sebagai baterai kendaraan listrik dan sebagai sistem penyimpanan energi tergantung manfaatnya. Baterai seng-udara berdasarkan kertas dan substrat polyethylene naphthalate (PEN) dengan anoda komposit seng, karbon dan polimer, mempolimerisasi poli (3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) katoda dan inkjet-printing sebuah elektrolit lithium klorida telah diamati oleh peneliti [1]. Baterai pada substrat PEN disediakan kapasitas debit  $1,4 \text{ mAh}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Namun baterai di atas kertas substrat menunjukkan tegangan rangkaian terbuka 1,2 V dan debit kapasitas  $0,5 \text{ mAh}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Performa film-tipis baterai seng-udara lebih ditingkatkan menggunakan natrium silikat sebagai pengikat untuk komponen anoda.

Sebuah film serat karbon nanoporous yang fleksibel untuk elektronik dipersiapkan melalui pirolisis electrospun polyimide. Ini menunjukkan aktivitas elektrokatalitik bifunctional yang sangat baik untuk pengurangan oksigen dan evolusi oksigen. Baterai zinc-air isi ulang yang fleksibel berdasarkan pada serat karbon menunjukkan efisiensi putaran-tinggi dan stabilitas mekanis yang tinggi [2]. Baterai aliran hibrid berbasis-seng adalah salah satu sistem yang paling menjanjikan untuk aplikasi penyimpanan energi skala menengah hingga besar, dengan keunggulan tertentu dalam hal biaya, tegangan sel dan kepadatan energi [3]. Katoda udara yang efisien, tahan lama dan murah sangat penting untuk baterai logam-udara berkinerja tinggi untuk aplikasi yang praktis. Katalis bifunctional komposit, nanofibers karbon nanopartikel  $\text{Co}_3\text{O}_4$  yang dihias (CNFs) sebagai katoda udara yang efisien dalam baterai Zn-udara isi ulang berperforma tinggi (ZnABs). Bahan partikel pada serat nanohybrid berasal dari electrospun logam-ion yang mengandung serat polimer diikuti oleh karbonisasi termal dan proses pasca annealing di udara pada suhu sedang. Studi elektrokimia menunjukkan bahwa bahan nanohybrid secara efektif mengkatalisis reaksi reduksi oksigen melalui proses transfer 4-elektron yang ideal dalam mengkatalisis reaksi evolusi oksigen [4]. Baterai zinc-air yang tipis, fleksibel, dan dapat diisi ulang yang memiliki kepadatan energi tinggi terutama untuk aplikasi elektronik portabel. Desain baterai bentuk bebas ini adalah yang pertama kali ditunjukkan dengan mengapit polimer elektrolit berpori dengan film seng berdiri bebas dan film elektrode katalitik bifungsional. Fleksibilitas baik film elektroda dan membran elektrolit polimer memberikan kebebasan besar dalam menyesuaikan geometri dan kinerja baterai [5].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh anoda seng pada baterai udara yang kontak langsung dengan karbon aktif sebagai sumber energi listrik dan untuk mengetahui pengaruh elektrolit air laut sebagai sumber energi listrik alternatif pada baterai udara. Logam dapat membagi dua katoda dan bahan aktif anoda juga bertindak sebagai terminal, isolasi antara dua wadah yang disediakan oleh plastik (paking). Gambar baterai seng-udara ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Baterai udara-seng berbentuk plat  
(Sumber <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/cs/c4cs00015c>)

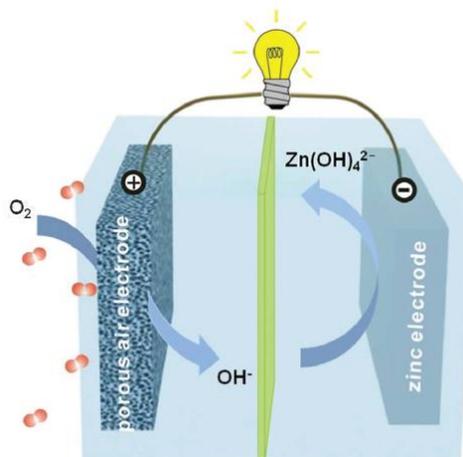


Gambar 2. Fiber seng melalui uji SEM  
(Sumber <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/cs/c4cs00015c>)

Baterai seng (*metal oxide*) ditampilkan untuk perbandingan. Alasan untuk peningkatan kepadatan energi dalam baterai udara-seng diilustrasikan secara grafis dengan membandingkan volume kompartemen anoda. Katoda yang sangat tipis dari baterai udara-seng (sekitar 0,5 mm) memungkinkan penggunaan dua kali lebih banyak seng di kompartemen anoda seperti yang dapat digunakan dalam oksida logam yang setara. Hal ini dikarenakan katoda seng di udara secara teoritis memiliki masa pakai yang tak terbatas, kapasitas listrik baterai hanya ditentukan oleh kapasitas anoda, yang menghasilkan setidaknya dua kali lipat kepadatan energi.

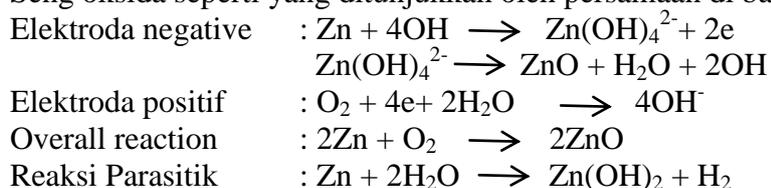
Lubang berlebih udara pada terminal positif baterai seng udara menyediakan jalur oksigen untuk memasuki sel dan menyebar ke situs katalis katoda. Laju di mana oksigen dan gas-gas lain yang masuk atau keluar dari sel diatur baik oleh area lubang atau oleh porositas membran difusi pada permukaan lapisan katoda. Pengaturan difusi oksigen menentukan batas kemampuan baterai kontinyu-seng air maksimum saat ini, karena arus operasi berbanding lurus dengan konsumsi oksigen ( $5,81 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$  oksigen per milliampere-detik) yang digunakan dalam katoda sel tombol. Membatasi arus, saat bergantung pada ketersediaan udara dan area permukaan elektroda aktif, juga merupakan fungsi dari aktivitas katalitik katoda. Katoda yang dibahas menggunakan katalis oksida logam,  $\text{MnO}_2$ , oksida logam transisi umum yang digunakan dalam katoda sel tombol. Studi aktivitas katalitik telah menunjukkan bahwa beberapa valensi keadaan oksida mangan mendorong dekomposisi peroksida yang lebih cepat, yang mengarah ke kinetika reaksi yang lebih cepat dan kinerja sel yang lebih baik. Setelah mencapai aktivitas katalitik maksimum, langkah selanjutnya adalah mengoptimalkan porositas katoda untuk mencapai transportasi oksigen yang baik. Porositas katoda harus seimbang antara penetrasi oksigen dan retardasi kehilangan uap air dari elektrolit. Desain katoda juga harus mempertimbangkan aplikasi akhir untuk baterai. Ini akan membantu menentukan bagaimana katoda harus dirancang untuk memastikan output energi maksimum dalam kondisi operasi normal. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia.

Konfigurasi baterai seng-udara seperti Pada gambar 3 menggambarkan struktur dasar dari baterai seng-udara. Ini terdiri dari Elektrode negatif seng, membrane separator dan elektrode positif udara berkumpul di alkali elektrolit. Berdasarkan discharge baterai, oksidasi seng terjadi, sehingga menimbulkan larut zincate ion yaitu  $Zn(OH)_4^{2-}$ . Proses ini biasanya berlangsung sampai terjadi jenuh di elektrolit, setelah ion zincate yang terurai untuk tidak bisa larut.



Gambar 3. Struktur dasar baterai seng-udara  
(Sumber <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2014/cs/c4cs00015c>)

Seng oksida seperti yang ditunjukkan oleh persamaan di bawah ini:

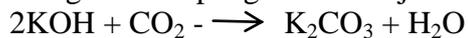


### Elektroda Seng

Sejak penemuan baterai pertama oleh Volta pada tahun 1796, logam Seng telah bahan Elektrode negatif pilihan untuk banyak sistem utama seperti seng-karbon, seng-mangan dioksida, seng-nikel dan zinc-air.1 memiliki seperangkat unik atribut termasuk rendah setara dengan berat, reversibility, tinggi spesifik rapat energi, kelimpahan dan toksisitas rendah, dan paling logam electropositif logam yang relatif stabil dalam larutan dan alkaline media tanpa korosi signifikan dalam banyak baterai seng komersial, seng elektroda bahan yang umumnya campuran gel seng pasir bubuk dalam kisaran 50 – 200 mesh dengan beberapa bentuk additif atau morfologi butiran seng telah ditemukan untuk menjadi sangat penting di mencapai lebih baik antar-partikel kontak dan menurunkan listrik [6].

Baterai seng udara-memiliki potensi standar 1,65 V. Dalam praktek, tegangan kerja mereka jelas nampak lebih rendah, biasanya 0.12 V untuk mendapatkan cukup cairan arus kepadatan. Untuk baterai isi ulang, reaksi elektrokimia tidak dapat dikembalikan sampai tegangan charging 2.0 V atau lebih tinggi diterapkan. Penyimpangan yang signifikan secara baik dan tegangan keluar dari nilai ekuilibrium yang sebagian besar kontribusi overpotentials besar dari oksigen electrocatalysis di elektroda positif sebagai hasilnya baterai elektrik isi ulang udara seng biasanya memiliki efisiensi energi 60%. Selain tantangan dengan elektrode positif dan negatif kendala utama operasi untuk baterai udara-seng serta alkali sel bahan bakar adalah mereka kepekaan terhadap  $CO_2$  konsentrasi dalam aliran gas. Reaksi  $CO_2$  dengan elektrolit mengarah pada pembentukan karbonat oleh reaksi yang menurun

konduktivitas elektrolinya. Curah hujan dari karbonat di udara elektroda juga menyumbat pori-pori negatif mempengaruhi kinerja baterai seperti pada reaksi dibawah ini:



Namun, seperti meningkatkan luas permukaan elektroda, korosi tingkat elektrode seng umumnya menjadi lebih signifikan. Reaksi samping ini mengkonsumsi elektrolit, menurunkan pemanfaatan efisiensi elektrode seng.

## 2. Metodologi Penelitian

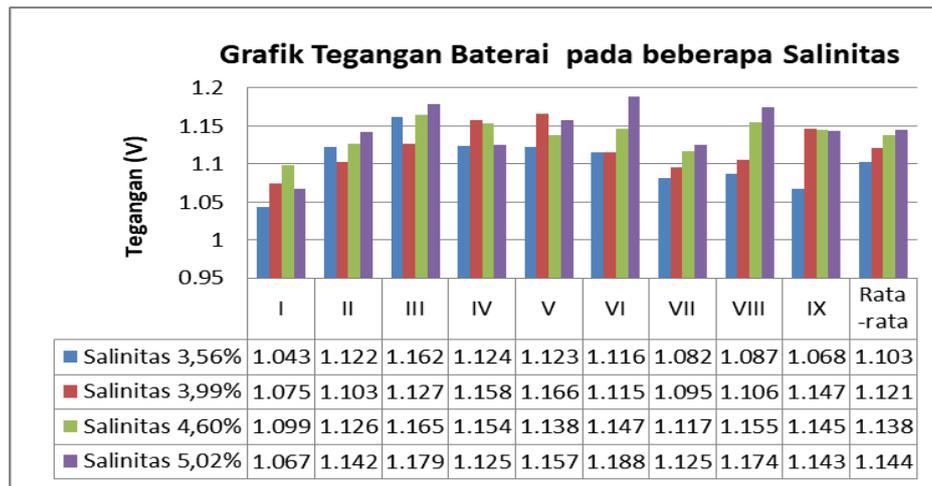
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gergaji. Gergaji digunakan untuk memotong besi. Kabel tembaga digunakan untuk menyalurkan daya listrik pada baterai ke lampu LED. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus listrik dan lampu LED untuk digunakan sebagai beban. Bahan yang digunakan adalah karbon, air laut dan seng. Karbon digunakan sebagai katoda, air laut digunakan sebagai cairan elektrolit dan seng digunakan sebagai anoda. Langkah-langkah penelitiannya yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan. Kemudian membuat baterai udara dengan cara meletakkan karbon pada lapisan pertama, dilanjutkan meletakkan kertas sebagai bahan pemisah antara katoda dan anoda. Langkah terakhir adalah meletakkan lapisan kedua yaitu karbon. Setelah disusun baterai seperti diatas maka diberikan cairan elektrolit dengan salinitas 3,56%; 3,99%; 4,60%; dan 5,02%.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Ada empat sampel air laut yang digunakan adalah air laut dengan kadar salinitas sebesar 3,56%, 3,99%, 4,60% dan 5,02% dengan cara menguapkan air laut sehingga semakin banyak air laut yang diuapkan maka semakin tinggi kadar salinitasnya. Konsentrasi garam-garam terlarut didalamnya juga meningkat. Data pengujian dari pengaruh variasi salinitas elektrolit terhadap tegangan yang dihasilkan pada baterai udara air laut dengan elektroda seng dan karbon menggunakan metode sel elektrokimia yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Data hasil pengujian tegangan pada baterai  
Tegangan (V) pada baterai dari berbagai variasi salinitas

Baterai	Salinitas 3,56%	Salinitas 3,99%	Salinitas 4,60%	Salinitas 5,02%
I	1.043	1.075	1.099	1.067
II	1.122	1.103	1.126	1.142
III	1.162	1.127	1.165	1.179
IV	1.124	1.158	1.154	1.125
V	1.123	1.166	1.138	1.157
VI	1.116	1.115	1.147	1.188
VII	1.082	1.095	1.117	1.125
VIII	1.087	1.106	1.155	1.174
IX	1.068	1.147	1.145	1.143
Rata-rata	1.103	1.121	1.138	1.144

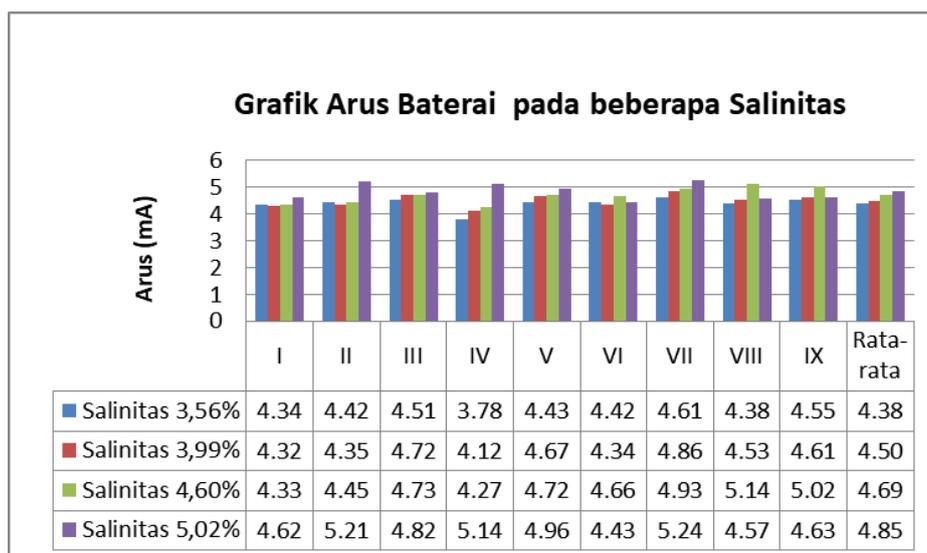


Gambar 4. Grafik tegangan baterai

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa tegangan rata-rata baterai udara dengan menggunakan elektrolit air laut salinitas 3,56% sebesar 1,103 V, sedangkan untuk air laut salinitas 3,99% tegangan yang dihasilkan sebesar 1,121 V, untuk air laut dengan salinitas 4,60% tegangan yang dihasilkan sebesar 1,138 V, selanjutnya untuk air laut salinitas 5,02% tegangan yang dihasilkan sebesar 1,144 V. Tegangan atau beda potensial antara dua titik adalah usaha yang dibutuhkan untuk membawa muatan satu coulomb dari satu kutub ke kutub lainnya. Tegangan merupakan perbedaan potensial antara dua titik yaitu kutub negatif dan positif dan aliran arus listrik terjadi akibat perbedaan potensial antara kutub positif dan negatif. Logam merupakan penghantar listrik yang baik seperti seng. Dalam logam terdiri dari kumpulan atom, tiap atom terdiri atas proton bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif.

Tabel 2. Data hasil pengujian arus listrik pada baterai Arus (mA) pada baterai dari berbagai variasi salinitas

Baterai	Salinitas 3,56%	Salinitas 3,99%	Salinitas 4,60%	Salinitas 5,02%
I	4.34	4.32	4.33	4.62
II	4.42	4.35	4.45	5.21
III	4.51	4.72	4.73	4.82
IV	3.78	4.12	4.27	5.14
V	4.43	4.67	4.72	4.96
VI	4.42	4.34	4.66	4.43
VII	4.61	4.86	4.93	5.24
VIII	4.38	4.53	5.14	4.57
IX	4.55	4.61	5.02	4.63
Rata-rata	4.38	4.50	4.69	4.85



Gambar 5. Grafik Arus listrik terhadap salinitas air laut

Data hasil pengujian dari pengaruh variasi salinitas air laut sebagai elektrolit terhadap arus listrik yang dihasilkan pada baterai udara dengan elektroda Seng dan karbon menggunakan metode sel elektrokimia yang dilakukan setiap 3 jam sekali selama 24 jam dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 5. Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa pada keadaan awal, arus listrik tertinggi baterai udara dengan menggunakan elektrolit air laut salinitas 3,56% sebesar 4,38 mA, sedangkan untuk air laut salinitas 3,99% arus listrik yang dihasilkan sebesar 4,50 mA, untuk air laut dengan salinitas 4,60% arus listrik yang dihasilkan sebesar 4,69 mA, selanjutnya untuk air laut salinitas 5,02% arus listrik yang dihasilkan sebesar 4,85mA. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar salinitas dari elektrolit air laut maka akan semakin besar arus listrik yang dihasilkan.

Adanya perbedaan muatan di dalam baterai mengakibatkan mengalirnya arus listrik di dalam rangkaian yang secara perbandingan ditentukan mengalir dari kutub positif baterai melalui beban tahanan kemudian masuk ke kutub negatif baterai. Dalam peristiwa ini dikatakan sebuah Gaya Gerak Listrik bekerja sehingga mengakibatkan mengalirnya arus listrik dalam rangkaian. Arus listrik adalah gerakan muatan listrik di dalam suatu penghantar pada satu arah tertentu. Muatan listrik dapat berupa elektron, ion atau keduanya. Di dalam penghantar, umumnya terdapat gerakan acak elektron bebas diantara atom-atom statis. Gerakan ini tidak menghasilkan arus listrik. Namun pada suatu keadaan tertentu, elektron bebas dapat dipaksa untuk bergerak dalam satu arah tertentu, yaitu ke satu titik yang kekurangan elektron. (perhatikan bahwa keadaan kekurangan elektron disebut muatan positif sedang kelebihan elektron disebut muatan negatif). Keadaan mengalirnya elektron pada satu arah tertentu dinamakan konduksi atau arus aliran elektron. Jadi arus listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh perpindahan dari ion-ion dan elektron yang ada pada sel elektrokimia, semakin banyak perpindahannya maka arus listrik yang dihasilkan semakin besar. Pada larutan elektrolit dengan kadar salinitas semakin tinggi, ion-ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  juga semakin banyak, sehingga semakin banyak pula perpindahan ion dan juga perpindahan elektron yang terjadi pada kedua elektroda tersebut.

Penurunan arus yang dihasilkan selama pengujian terjadi karena elektrolit yang digunakan sudah mengalami penurunan ionisasi artinya ion-ion pada elektrolit sudah tidak mampu secara maksimal menghantarkan arus listrik. Hal ini mengindikasikan bahwa baterai secara alami mengalami proses peruraian ion-ion yang terkandung didalamnya. Jadi semakin lama waktu penggunaan dari baterai maka arus listrik yang dihasilkan akan semakin berkurang.

#### 4. Kesimpulan

Pengaruh anoda seng pada baterai udara yang kontak langsung dengan karbon aktif sebagai sumber energi listrik adalah bahwa logam merupakan penghantar listrik yang baik seperti seng. Dalam logam terdiri dari kumpulan atom, tiap atom terdiri atas proton bermuatan positif dan dikelilingi oleh elektron yang bermuatan negatif. Pengaruh elektrolit air laut sebagai sumber energi listrik alternatif pada baterai udara adalah arus listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh perpindahan dari ion-ion dan electron yang ada pada sel elektrokimia, semakin banyak perpindahannya maka arus listrik yang dihasilkan semakin besar. Pada larutan elektrolit dengan kadar salinitas semakin tinggi, ion-ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  juga semakin banyak, sehingga semakin banyak pula perpindahan ion dan juga perpindahan elektron yang terjadi pada kedua elektroda tersebut.

#### Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Ketua STTA yang telah membantu pendanaan penelitian, kepala P3M STTA yang telah memberikan dukungan dana penelitian, kepala Departemen Teknik Mesin STTA yang telah membantu fasilitas di STTA dan seluruh dosen Teknik Mesin STTA yang luar biasa. Juga semua pihak yang terkait dalam pembuatan penelitian ini. Peneliti menyadari bahwa dalam penulisan penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu diharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk menyempurnakannya.

#### Daftar Pustaka

- [1] Hilder, M, Winther-Jensen, B & Clark, N. (2009). Paper-Based, Printed Zinc-Air Battery. *Journal of Power Sources*, 194, 1135.
- [2] Liu, Q., Wang, Y., Dai, L., & Yao, J. (2016). Scalable Fabrication of Nanoporous Carbon Fiber Films as Bifunctional Catalytic Electrodes for Flexible Zn Air Batteries. *Advanced Materials*, 28(15), 3000-3006.
- [3] Khor, A., Leung, P., Mohamed, M. R., Flox, C., Xu, Q., An, L., & Shah, A. A. (2018). Review of zinc-based hybrid flow batteries: From fundamentals to applications. *Materials today energy*, 8, 80-108.
- [4] Li, B., Ge, X., Goh, F. T., Hor, T. A., Geng, D., Du, G., & Zong, Y. (2015). Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles decorated carbon nanofiber mat as binder-free air-cathode for high performance rechargeable zinc-air batteries. *Nanoscale*, 7(5), 1830-1838.
- [5] Fu, J., Lee, D. U., Hassan, F. M., Yang, L., Bai, Z., Park, M. G., & Chen, Z. (2015). Flexible High Energy Polymer Electrolyte Based Rechargeable Zinc–Air Batteries. *Advanced Materials*, 27(37), 5617-5622.
- [6] Li, Y., & Dai, H. (2014). Recent advances in zinc–air batteries. *Chemical Society Reviews*, 43(15), 5257-5275.