

Pengaruh Jenis Anoda dan Ukuran Kabel Terhadap Penurunan Tegangan Pada Rangkaian Baterai Aluminium Udara

1st Haamid Ahmad Saragih
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

anonymoussahmad@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Ekki Kurniawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id

3rd Wahmisari Priharti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

wpriharti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh jenis anoda dan ukuran kabel terhadap penurunan tegangan pada rangkaian baterai aluminium-udara, yang merupakan teknologi penyimpanan energi dengan potensi tinggi namun menghadapi tantangan dalam hal stabilitas tegangan. Dengan menggunakan dua jenis anoda, yaitu aluminium murni dan aluminium sepuh, serta dua ukuran kabel, 14 AWG dan 20 AWG, eksperimen ini dilakukan untuk mengevaluasi performa baterai di bawah kondisi beban yang berbeda. Metode pengujian melibatkan pengukuran tegangan pada berbagai kondisi untuk menentukan dampak material dan ukuran kabel terhadap kinerja baterai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aluminium murni secara signifikan mengurangi penurunan tegangan dibandingkan aluminium sepuh, terutama ketika digunakan dengan kabel 14 AWG, yang menghasilkan kinerja paling stabil. Kesimpulan utama dari penelitian ini adalah bahwa pemilihan jenis anoda dan ukuran kabel yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dan stabilitas tegangan pada baterai aluminium-udara, memberikan panduan penting untuk optimasi desain baterai di masa depan.

Kata kunci— Anoda aluminium, Baterai aluminium-udara, Efisiensi energi, Penurunan tegangan

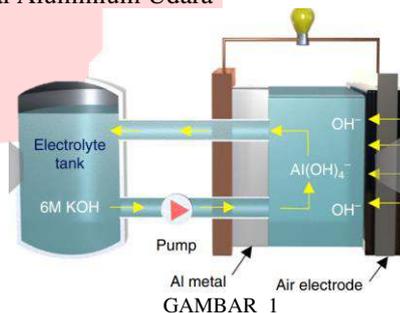
I. PENDAHULUAN

Baterai logam udara merupakan salah satu jenis baterai yang sedang banyak dikembangkan dan diteliti karena dianggap menjanjikan. Salah satu jenis logam yang sedang banyak digunakan sebagai katoda pada baterai logam udara ini adalah aluminium. Aluminium banyak dipilih karena memiliki densitas energi yang tinggi yaitu 8.1 kWh kg^{-1} . Densitas energi sendiri mempunyai pengaruh terhadap kemampuan baterai ini untuk menyimpan dan menghasilkan energi[1].

Namun baterai aluminium udara ini masih ada beberapa kelemahan seperti kecilnya tegangan dan tidak stabilnya tegangan yang dihasilkan oleh baterai udara ini. Penelitian lainnya. Dan pada rangkaian baterai aluminium udara didapati adanya tegangan turun (*voltage drop*) pada rangkaian baterai udara ini. Oleh karena itu pada jurnal ini akan menganalisa mengenai penyebab terjadinya *drop voltage* pada rangkaian baterai aluminium udara.

II. KAJIAN TEORI

A. Baterai Aluminium Udara



Struktur dasar baterai Al-udara primer terdiri dari anoda Al, katoda udara, dan elektrolit yang sesuai[1]. Baterai ini memanfaatkan reaksi reduksi dan oksidasi antara udara dan plat logam khusus untuk menghasilkan energi listrik[2]. Baterai ini menggunakan larutan elektrolit sebagai penghantar ion-ion dari katoda udara ke anoda logam. Ion-ion ini yang nantinya akan digunakan sebagai sumber listrik atau mencatu komponen akses penerangan jalan di daerah tertinggal tersebut. Baterai ini bersifat primer yang berarti tidak dapat diisi ulang muatan listrik kembali (*un-rechargeable*)[3].

Nilai tegangan teoritis dan persamaan reaksi dari baterai aluminium udara yang menggunakan katoda jenis tembaga dapat dituliskan sebagai berikut :

a. Reaksi pada anoda (Aluminium):



b. Reaksi pada katoda (Oksigen):



c. Secara keseluruhan reaksi dapat dituliskan :



Dari persamaan diatas, dapat diketahui tegangan potensial dengan menghitung nilai potensial reduksi standar dari masing-masing pelat[4].

Potensial reduksi standar untuk aluminium adalah:

$$E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}} = -1.66\text{V}$$

Potensial reduksi standar untuk reaksi ini adalah:

$$E_{\text{O}_2/\text{oh}} = +0.40\text{V}$$

Maka voltase sel adalah :

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{Katoda}} - E_{\text{Anoda}} \quad (2.4)$$

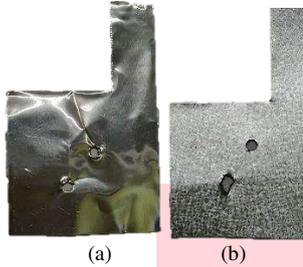
$$E_{\text{sel}} = E_{\text{Katoda}} - E_{\text{Anoda}}$$

$$E_{\text{sel}} = +0.40\text{V} - (-1.66\text{V})$$

$$E_{\text{sel}} = +2.06$$

Tegangan teoretis yang dihasilkan oleh baterai aluminium-udara dari reaksi ini adalah sekitar 2.06 V, yang merupakan nilai tertinggi yang dapat dicapai dalam kondisi ideal dengan konsentrasi dan temperatur standar. Namun, dalam kenyataannya, tegangan yang dihasilkan mungkin lebih rendah karena berbagai faktor, termasuk resistansi internal, konsentrasi elektrolit, dan efisiensi katalisator[5].

B. Aluminium



GAMBAR 2
(Jenis Pelat Aluminium (a. Murni) (b.Sepuh))

Dalam baterai aluminium-udara, perbedaan antara aluminium murni (Gambar 2a) dan aluminium sepuh (alloy) (Gambar 2b) memiliki dampak signifikan terhadap kinerja dan efisiensi baterai. Aluminium murni, yang memiliki kemurnian tinggi dengan kandungan aluminium di atas 99%, cenderung lebih reaktif dengan air atau larutan elektrolit, sehingga menghasilkan energi listrik yang lebih tinggi[6]. Namun, aluminium murni juga lebih rentan terhadap korosi, yang dapat menyebabkan pembentukan lapisan oksida yang lebih cepat. Lapisan oksida ini bisa menghambat reaksi kimia yang diperlukan untuk menghasilkan listrik, meskipun pada awal penggunaan, aluminium murni dapat memberikan efisiensi energi yang lebih baik.

Di sisi lain, aluminium sepuh adalah aluminium yang dicampur dengan elemen lain seperti magnesium, silikon, tembaga, atau zinc. Campuran ini dirancang untuk meningkatkan kekuatan mekanis dan ketahanan terhadap korosi. Aluminium sepuh memiliki reaktivitas yang lebih rendah dibandingkan aluminium murni, sehingga efisiensi produksi listriknya sedikit berkurang[7]. Namun, ketahanan terhadap korosi yang lebih baik membuat aluminium sepuh mampu memberikan kinerja yang lebih stabil dan umur baterai yang lebih panjang. Kekuatan mekanis yang lebih tinggi pada aluminium sepuh juga penting untuk menjaga integritas struktural baterai.

C. Elektrolit

Elektrolit merupakan komponen utama baterai Al-air. Elektrolit berbasis air dapat diklasifikasikan tergantung pada nilai pH-nya sebagai asam (pH 2-7), netral (pH 7) dan basa (pH 7-13)[8]. Larutan basa seperti larutan kalium hidroksida (KOH) dan natrium hidroksida (NaOH) merupakan elektrolit yang paling umum dikembangkan untuk digunakan dalam baterai Al-air, dan elektrolit berbasis KOH lebih disukai daripada NaOH karena konduktivitas ioniknya yang lebih tinggi, viskositas yang lebih rendah, koefisien difusi oksigen yang lebih tinggi, dan kinetika reaksi yang lebih cepat[9], di mana baterai Al-air yang menggunakan kombinasi elektrolit basa KOH dan katode udara nanoplate perak manganat baru-baru ini dilaporkan mampu menyediakan kapasitas sel spesifik yang besar[10].

D. Penurunan Tegangan

Penurunan tegangan, atau yang dikenal dengan istilah **drop voltage**, adalah fenomena penurunan tegangan yang terjadi saat arus listrik mengalir melalui komponen atau elemen dengan resistansi atau impedansi tertentu, seperti kabel atau penghantar listrik lainnya[11]. Penurunan tegangan ini disebabkan oleh sifat resistif dari elemen-elemen tersebut, yang menyebabkan sebagian dari tegangan listrik hilang sebagai panas. Fenomena ini sangat penting untuk diperhatikan dalam perancangan sistem kelistrikan karena dapat mempengaruhi performa dan efisiensi perangkat yang terhubung.

Misalnya, jika sebuah kabel memiliki resistansi yang tinggi atau jika arus yang mengalir cukup besar, tegangan yang diterima di ujung kabel akan lebih rendah dibandingkan dengan tegangan yang diberikan oleh sumber[12]. Hal ini dapat mengakibatkan perangkat atau beban listrik tidak menerima tegangan yang cukup untuk beroperasi dengan optimal. Oleh karena itu, dalam desain dan implementasi sistem listrik, perlu dilakukan perhitungan drop voltage dengan cermat untuk memastikan bahwa setiap komponen mendapatkan tegangan yang sesuai.

Perhitungan dari penurunan tegangan dapat ditulis sebagai berikut:

$$V_{Drop} = V_{open\ circuit} - V_{load} \quad (2.5)$$

Keterangan:

V_{drop} adalah tegangan yang turun/hilang

$V_{open\ circuit}$ adalah tegangan rangkaian terbuka

V_{load} adalah tegangan saat diberi hambatan 33k dan 120 Ω

E. Hambatan dalam

Hambatan dalam, atau resistansi internal, adalah resistansi yang ada di dalam komponen atau sumber daya listrik, seperti baterai atau akumulator[13]. Resistansi ini mempengaruhi efisiensi aliran arus listrik karena sebagian energi yang disuplai oleh sumber daya akan hilang sebagai panas akibat hambatan ini. Sebagai contoh, ketika sebuah baterai mengeluarkan arus, resistansi internalnya dapat menyebabkan penurunan tegangan efektif yang tersedia untuk beban eksternal. Hal ini mengakibatkan penurunan performa dan efisiensi dari sumber daya tersebut.

Untuk menghitung internal resistansi menggunakan rumus berikut[14]:

$$R_{int.(ps)} = \frac{(V_{(Open\ circuit)} - V_{(Load)})}{I_{(Load)}} \quad (2.6)$$

Keterangan :

$R_{int.(ps)}$ adalah internal resistansi

$V_{(Open\ circuit)}$ adalah tegangan rangkaian terbuka

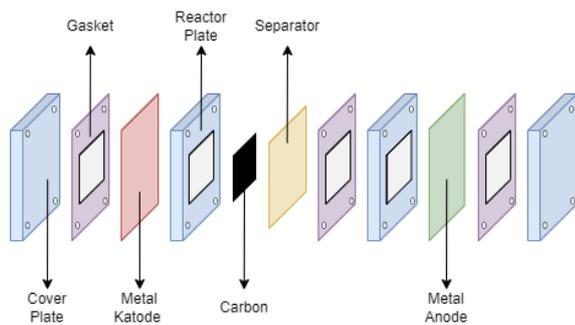
$V_{(Load)}$ adalah tegangan saat diberi hambatan 33k dan 120 Ω

$I_{(Load)}$ arus yang telah dihitung

III. METODE

Pada bagian ini akan membahas prosedur pengujian untuk menemukan faktor-faktor yang dapat menimbulkan penurunan tegangan pada rangkaian baterai aluminium udara.

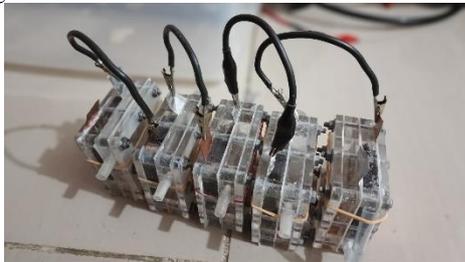
A. Struktur Sel Baterai



GAMBAR 3
(Struktur Sel Baterai Aluminium Udara)

Gambar 3 merupakan struktur sel baterai aluminium udara. Sel ini menggunakan desain two-reactor plate. Desain ini membantu dalam pengisian larutan elektrolit kedalam baterai aluminium udara karena adanya aliran air yang berpindah dari bagian katoda menuju anoda ketika akan mengisi sel betarai. Desain ini juga membantu dalam perpindahan ion-ion yang ada pada sel baterai aluminium udara.

B. Rangkaian Baterai Aluminium Udara



GAMBAR 4
(Baterai Aluminium Udara Dirangkain Seri)

Pengujian yang akan dilakukan menggunakan 5 sel baterai aluminium udara yang akan dirangkai secara seri. Rangkaian seri gunakan untuk melihat tegangan yang dihasilkan oleh baterai aluminium udara. Sambungan yang digunakan dalam rangkaian ini berupa kabel dengan jenis inti yaitu sebut. Jenis kabel ini dipilih karena kabel sebut lebih fleksibel sehingga meminimalkan resiko terputusnya inti kabel pada proses perangkaian baterai udara. Selain itu kabel serabut juga memiliki inti kabel yang lebih tipis sehingga membuat arus yang dialirkan lebih sedikit dan membuat kabel tidak mudah panas.

C. Pengujian Rangkaian



GAMBAR 5
(Pengujian Rangkaian Baterai Aluminium Udara)

Pengujian rangkaian dilakukan dengan menggunakan lima sel baterai aluminium yang dirangkai secara seri. Ada beberapa kondisi yang akan digunakan dalam pengujian rangkaian baterai aluminium udara antara lain sebagai berikut:

Jenis anoda:

- Aluminium sepuh (alloy)
- Aluminium murni

Ukuran kabel:

- 14 AWG
- 20 AWG

Beban:

- 33k Ohm (Ω)
- 120 Ohm (Ω)

Adapun prosedur pengujiannya rangkaian baterai aluminium udara sebagai berikut:

- 1) Menyusun setiap komponen sel baterai aluminium udara dengan anoda jenis aluminium sepuh.
- 2) Sel-sel baterai yang sudah disatukan kemudian dihubungkan menggunakan kabel 14 AWG.
- 3) Menyalakan sistem untuk memasukkan larutan elektrolit kedalam setiap sel baterai aluminium udara.
- 4) Setelah setiap sel terisi larutan elektrolit, maka tegangan baterai akan diukur menggunakan multimeter untuk melihat tegangan yang dihasilkan rangkaian baterai udara.
- 5) Rangkaian baterai dihubungkan dengan beban 33k Ohms, ukur hasil tegangan menggunakan multimeter.
- 6) Kemudian ganti beban dengan 120 Ohm dan ukur ulang tegangan yang dihasilkan rangkaian.
- 7) Ganti kabel dengan 20 AWG.
- 8) Ulangi langkah 5&6.
- 9) Setelah selesai maka ulangi dari lagkah 1-9 dengan mengganti anoda menjadi aluminium murni.
- 10) Mengumpulkan hasil pengukuran dan melakukan pengolahan hasil pengujian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian rangkaian baterai aluminium udara dengan katoda aluminium yang telah dilakukan, maka hasil pengujian didapatkan bahwa:

A. Hasil Pengujian Aluminium Sepuh (Alloy)

TABEL 1
(Hasil Pengujian Dengan Anoda Aluminium Sepuh)

Ukuran Kabel	Tegangan (Open Circuit)	Tegangan Saat Diberi Hambatan (V)	
		33k Ohm (Ω)	120 Ohm (Ω)
14 AWG	5,72	5,61	1,7
20 AWG	5,09	5	1,2

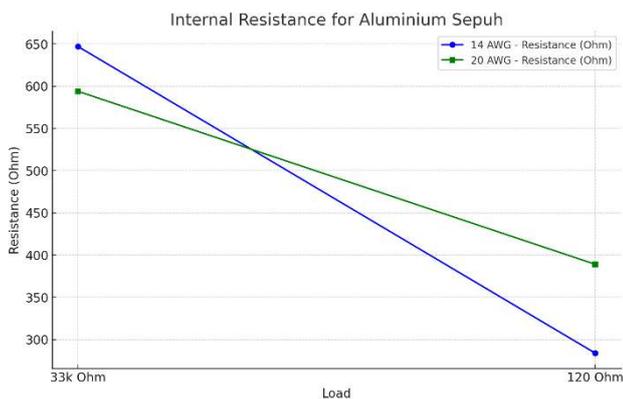
Tabel 1 menampilkan hasil pengujian tegangan dari baterai aluminium-udara dengan anoda aluminium sepuh, yang menggunakan dua ukuran kabel, yaitu 14 AWG dan 20 AWG. Dalam kondisi open circuit (tanpa beban), kabel 14 AWG menunjukkan tegangan sebesar 5,72 V, yang sedikit menurun menjadi 5,61 V saat diberi hambatan 33k Ohm, dan turun lebih drastis menjadi 1,7 V pada hambatan 120 Ohm. Sementara itu, kabel 20 AWG mencatat tegangan open circuit sebesar 5,09 V, yang kemudian berkurang menjadi 5 V dengan hambatan 33k Ohm, dan lebih lanjut turun menjadi 1,2 V pada hambatan 120 Ohm.

Dari data yang didapatkan, maka dapat dihitung nilai resistansi internal baterai aluminium udara dan turunan tegangannya dengan hasil sebagai berikut:

TABEL 2
(Hasil Perhitungan Resistansi Internal dan Drop Voltage Anoda Aluminium Sepuh)

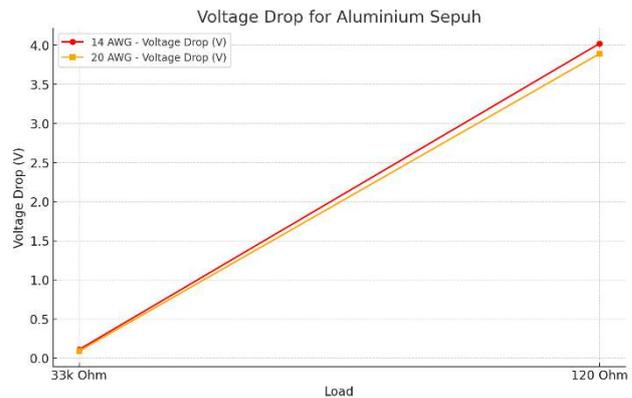
Ukuran Kabel	Resistansi Internal (V)		Drop Voltage (V)	
	33k Ohm (Ω)	120 Ohm (Ω)	33k Ohm (Ω)	120 Ohm (Ω)
14 AWG	647,05	283,77	0,11	4,02
20 AWG	594	389	0,09 V	3,89

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan resistansi internal dan drop voltage dari baterai aluminium-udara yang menggunakan anoda aluminium sepuh, dengan dua ukuran kabel, yaitu 14 AWG dan 20 AWG. Pada beban 33k Ohm, resistansi internal untuk kabel 14 AWG tercatat sebesar 647,05 Ohm, yang menurun menjadi 283,77 Ohm pada beban 120 Ohm. Sebaliknya, kabel 20 AWG memiliki resistansi internal sebesar 594 Ohm pada beban 33k Ohm, tetapi resistansi ini meningkat menjadi 389 Ohm pada beban 120 Ohm. Dalam hal drop voltage, kabel 14 AWG mengalami penurunan tegangan sebesar 0,11 V pada beban 33k Ohm dan meningkat signifikan menjadi 4,02 V pada beban 120 Ohm. Kabel 20 AWG menunjukkan penurunan tegangan yang sedikit lebih rendah, yaitu 0,09 V pada beban 33k Ohm dan 3,89 V pada beban 120 Ohm.



GAMBAR 6
(Grafik Resistansi Internal Anoda Aluminium Murni)

Gambar 6, terlihat bahwa kabel 14 AWG memiliki resistansi yang lebih tinggi pada beban 33k Ohm (647,05 Ohm) dibandingkan dengan 120 Ohm (283,77 Ohm). Ini menunjukkan bahwa resistansi internal menurun secara signifikan saat beban menurun. Kabel 20 AWG, meskipun ukurannya lebih kecil, menunjukkan resistansi yang lebih rendah pada beban 33k Ohm (594 Ohm) dibandingkan 14 AWG, tetapi resistansi meningkat pada 120 Ohm (389 Ohm). Ini menandakan bahwa ukuran kabel yang lebih kecil cenderung memiliki resistansi yang lebih rendah pada beban yang lebih rendah, meskipun perbedaannya menjadi lebih kecil pada beban yang lebih tinggi.



GAMBAR 7
(Grafik Drop Voltage Anoda Aluminium Murni)

Gambar 7, terlihat bahwa penurunan tegangan pada kabel 14 AWG cukup rendah pada beban 33k Ohm (0,11 V) namun meningkat tajam pada beban 120 Ohm (4,02 V). Hal ini menunjukkan bahwa pada beban yang lebih tinggi, tegangan turun secara signifikan, yang mungkin disebabkan oleh resistansi internal yang lebih tinggi pada beban yang lebih rendah. Kabel 20 AWG menunjukkan pola serupa, dengan penurunan tegangan yang sedikit lebih rendah pada beban 33k Ohm (0,09 V) dibandingkan 14 AWG, tetapi perbedaannya hampir hilang pada beban 120 Ohm (3,89 V). Ini mengindikasikan bahwa kabel yang lebih kecil sedikit lebih efisien dalam mengurangi penurunan tegangan pada beban rendah, meskipun efisiensinya mendekati kabel yang lebih besar pada beban yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan, ini menunjukkan bahwa resistansi internal menurun seiring dengan penurunan beban, dan kabel dengan ukuran yang lebih kecil memiliki resistansi yang lebih rendah. Selain itu, peningkatan beban menyebabkan peningkatan yang signifikan pada penurunan tegangan, dengan kabel yang lebih kecil menunjukkan sedikit keunggulan dalam efisiensi penurunan tegangan pada beban rendah.

B. Hasil Pengujian Aluminium Murni

TABEL 3
(Hasil Pengujian Dengan Anoda Aluminium Murni)

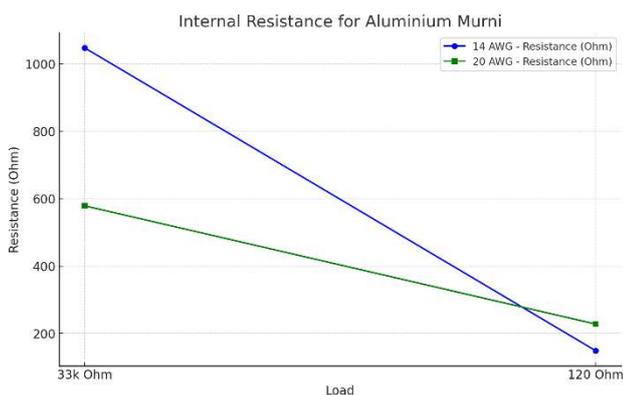
Ukuran Kabel	Tegangan (Open Circuit)	Tegangan Saat Diberi Hambatan (V)	
		33k Ohm (Ω)	120 Ohm (Ω)
14 AWG	6,5	6,3	2,5
20 AWG	5,8	5,7	2,3

Tabel 3 menggambarkan hasil pengujian tegangan baterai aluminium-udara dengan anoda aluminium murni, menggunakan kabel berukuran 14 AWG dan 20 AWG. Pada kondisi open circuit (tanpa beban), kabel 14 AWG mencatat tegangan sebesar 6,5 V, yang kemudian sedikit menurun menjadi 6,3 V ketika diberi hambatan 33k Ohm, dan lebih lanjut turun menjadi 2,5 V pada hambatan 120 Ohm. Kabel 20 AWG menunjukkan tegangan open circuit yang lebih rendah, yaitu 5,8 V, yang juga menurun menjadi 5,7 V dengan hambatan 33k Ohm, dan turun lagi menjadi 2,3 V saat diberi hambatan 120 Ohm.

TABEL 4
(Hasil Perhitungan Resistansi Internal dan Drop Voltage
Anoda Aluminium Murni)

Ukuran Kabel	Resistansi Internal (V)		Drop Voltage (V)	
	33k Ohm (Ω)	120 Ohm (Ω)	33k Ohm (Ω)	120 Ohm (Ω)
14 AWG	1047,62	148,97	0,2 V	3,6 V
20 AWG	578,95	228	0,1 V	3,8 V

Tabel 4 menampilkan hasil perhitungan resistansi internal dan drop voltage dari baterai aluminium-udara yang menggunakan anoda aluminium murni, dengan dua ukuran kabel, yaitu 14 AWG dan 20 AWG. Hasilnya menunjukkan bahwa resistansi internal pada kabel 14 AWG cenderung lebih tinggi pada beban 33k Ohm, mencapai 1047,62 Ohm, namun resistansi ini menurun drastis menjadi 148,97 Ohm pada beban 120 Ohm. Sebaliknya, kabel 20 AWG memiliki resistansi internal yang lebih rendah pada beban 33k Ohm, yaitu 578,95 Ohm, tetapi meningkat menjadi 228 Ohm pada beban 120 Ohm. Dalam hal penurunan tegangan (drop voltage), kabel 14 AWG mengalami penurunan tegangan yang lebih besar pada beban 120 Ohm sebesar 3,6 V dibandingkan dengan 3,8 V pada kabel 20 AWG. Namun, pada beban 33k Ohm, penurunan tegangan pada kabel 14 AWG lebih tinggi (0,2 V) dibandingkan dengan kabel 20 AWG (0,1 V).

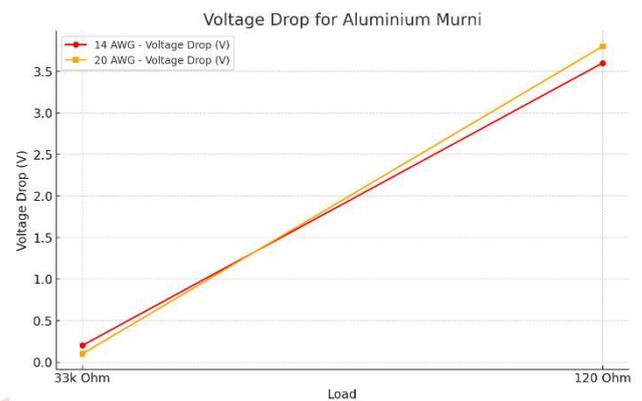


GAMBAR 8
(Grafik Resistansi Internal Anoda Aluminium Murni)

Gambar 8 menampilkan grafik resistansi internal untuk Aluminium Murni yang diukur dengan dua ukuran kabel berbeda, yaitu 14 AWG dan 20 AWG, di bawah dua kondisi beban resistansi: 33k Ohm dan 120 Ohm. Pada kabel 14 AWG, resistansi internal dimulai dari nilai yang sangat tinggi, sekitar 1047,62 Ohm pada beban 33k Ohm, kemudian menurun secara drastis menjadi sekitar 148,97 Ohm ketika beban resistansi berubah menjadi 120 Ohm. Penurunan ini menunjukkan bahwa resistansi internal Aluminium Murni dengan kabel 14 AWG sangat dipengaruhi oleh nilai beban resistansi, dengan perubahan yang tajam saat beban resistansi berkurang.

Sebaliknya, pada kabel 20 AWG, resistansi internal juga mengalami penurunan dari sekitar 578,95 Ohm pada 33k Ohm menjadi sekitar 228 Ohm pada 120 Ohm. Namun, penurunan resistansi internal ini lebih stabil dan tidak seberapa signifikan dibandingkan dengan kabel 14 AWG. Grafik ini menunjukkan bahwa ukuran kabel dan nilai beban resistansi memiliki pengaruh besar terhadap resistansi internal Aluminium Murni, dengan kabel yang lebih besar

menunjukkan perubahan resistansi yang lebih drastis ketika beban resistansi berubah.



Gambar 9
(Grafik Drop Voltage Anoda Aluminium Murni)

Pada grafik drop voltage, terlihat bahwa penurunan tegangan untuk kabel 14 AWG adalah 0,2 V pada beban 33k Ohm dan meningkat tajam menjadi 3,6 V pada beban 120 Ohm. Ini menunjukkan bahwa peningkatan beban menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam penurunan tegangan, yang bisa disebabkan oleh resistansi internal yang tinggi pada beban tinggi. Kabel 20 AWG menunjukkan penurunan tegangan yang sedikit lebih rendah pada beban 33k Ohm (0,1 V), namun penurunan ini justru sedikit lebih tinggi (3,8 V) pada beban 120 Ohm dibandingkan dengan 14 AWG. Hal ini mungkin disebabkan oleh distribusi resistansi internal yang berbeda pada kabel yang lebih kecil, yang mempengaruhi penurunan tegangan lebih signifikan pada beban yang lebih tinggi.

V. KESIMPULAN

Penurunan tegangan pada baterai aluminium-udara sangat dipengaruhi oleh jenis aluminium yang digunakan dan ukuran kabel yang diterapkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aluminium murni memiliki penurunan tegangan yang lebih kecil dibandingkan aluminium sepuh, terutama saat diuji dengan kabel 14 AWG. Sebagai contoh, pada beban 120 Ohm, aluminium murni mengalami penurunan tegangan sebesar 3,6 V, sementara aluminium sepuh menunjukkan penurunan yang lebih besar, yaitu 4,02 V. Ini mengindikasikan bahwa aluminium murni lebih efektif dalam mengurangi penurunan tegangan di bawah beban, sehingga mampu mempertahankan performa yang lebih baik. Ukuran kabel juga berpengaruh signifikan, di mana kabel dengan ukuran lebih besar seperti 14 AWG menyebabkan penurunan tegangan yang lebih rendah dibandingkan kabel 20 AWG. Dengan demikian, faktor jenis aluminium dan ukuran kabel secara langsung mempengaruhi besarnya penurunan tegangan, yang merupakan kunci dalam optimasi kinerja baterai aluminium-udara. Pemilihan aluminium murni dan kabel berukuran lebih besar terbukti lebih efektif dalam meminimalkan penurunan tegangan, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi baterai.

REFERENSI

- [1] R. Mori, "Recent Developments for Aluminum–Air Batteries," Jun. 01, 2020, *Springer Science and Business Media B.V.* doi: 10.1007/s41918-020-00065-4.
- [2] I. Muhammad, W. Hasan, E. Kurniawan, and B. S. Aprillia, "ANALISIS PENGGUNAAN AIR ELEKTROLIT PADA SEL ELEKTROLISIS DAN SEL GALVANI SEBAGAI PENYIMPAN DAYA LISTRIK (SYSTEMS THE ANALYSIS OF ELECTROLYTE WATER USE AT ELECTROLYSIS CELL AND GALVANI CELL AS ELECTRICAL POWER CONTAINER)."
- [3] B. Rani, J. K. Yadav, P. Saini, A. P. Pandey, and A. Dixit, "Aluminum-air batteries: current advances and promises with future directions," Jun. 03, 2024, *Royal Society of Chemistry.* doi: 10.1039/d4ra02219j.
- [4] S. Zaenab, N. Haq, E. Kurniawan, and M. Ramdhani, "ANALISIS PEMBANGKIT ELEKTRIK MENGGUNAKAN MEDIA AIR GARAM SEBAGAI LARUTAN ELEKTROLIT ANALYSIS OF POWER PLANT USING SALT WATER AS ELECTROLYTE."
- [5] X.-B. Zhang and Z. Chang, *Metal-Air Batteries: Fundamentals and Applications*, 1st ed. Changchun: Wiley, 2018. Accessed: Aug. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.perlego.com/book/993025/metalair-batteries-fundamentals-and-applications-pdf>
- [6] Y. Wang, H. Liu, Z. Jia, B. Yang, and L. He, "The Electrochemical Performance of Al-Mg-Ga-Sn-xBi Alloy Used as the Anodic Material for Al-Air Battery in KOH Electrolytes," *Crystals (Basel)*, vol. 12, no. 12, Dec. 2022, doi: 10.3390/cryst12121785.
- [7] W. Zhang *et al.*, "Electrochemical Performance of Al-1Zn-0.1In-0.1Sn-0.5Mg-xMn (x = 0, 0.1, 0.2, 0.3) Alloys Used as the Anode of an Al-Air Battery," *Processes*, vol. 10, no. 2, Feb. 2022, doi: 10.3390/pr10020420.
- [8] A. Fauziah, E. Kurniawan, and M. Ramdhani, "SISTEM CATU DAYA PENGHASIL AIR ALKALI DENGAN MODUL SOLAR CELL ALKALINE WATER SUPPLY POWER SYSTEM WITH SOLAR CELL MODULE."
- [9] Y. Liu, Q. Sun, W. Li, K. R. Adair, J. Li, and X. Sun, "A comprehensive review on recent progress in aluminum–air batteries," Jul. 01, 2017, *KeAi Publishing Communications Ltd.* doi: 10.1016/j.gee.2017.06.006.
- [10] J. Ryu, H. Jang, J. Park, Y. Yoo, M. Park, and J. Cho, "Seed-mediated atomic-scale reconstruction of silver manganate nanoplates for oxygen reduction towards high-energy aluminum-air flow batteries," *Nat Commun*, vol. 9, no. 1, Dec. 2018, doi: 10.1038/s41467-018-06211-3.
- [11] R. C. Mullin and P. Simmons, *Electrical Wiring Residential*. Cengage Learning, 2020. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=vu_FDwAAQBAJ
- [12] T. L. Floyd and D. M. Buchla, *Principles of Electric Circuits: Conventional Current*. in What's New in Trades and Technology Series. Pearson Education, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=KYUluwEACAAJ>
- [13] S. S. M. S. D. I. D. M. S. Dr. Zikri Noer, *Dasar-Dasar Baterai*. GUEPEDIA, 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=ziBLEAAAQBAJ>
- [14] J. D. Irwin and R. M. Nelms, *Basic Engineering Circuit Analysis*. Wiley, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=QtYNEAAAQBAJ>