

Peningkatan Karakteristik Listrik Sel Elektrokimia Cu(Ag)-Zn dengan Penggunaan Anoda Tumbal Mg pada Accumulator Berbahan Air Laut

Gurum Ahmad Pauzi^{(1)*}, Mia Abi Nisa⁽¹⁾, Ahmad Saudi Samosir⁽²⁾, Sri Ratna Sulistiyanti⁽²⁾, Wasinton Simanjuntak^{(3)*}

⁽¹⁾Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145;

⁽²⁾Jurusan Teknik Elektro, FT, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145

⁽³⁾Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145

* email korespondensi: gurum@fmipa.unila.ac.id, miaabinisa.mn@gmail.com, wasinton.simanjuntak@fmipa.unila.ac.id

Diterima (26 September 2019), Direvisi (4 Nopember 2019)

Abstract. This research was conducted to study the use of magnesium (Mg) as a sacrificial anode to protect Zn, which is used as an anode in electrochemical cells as an accumulator to produce electrical energy from seawater. Ag is used as a sacrificial anode to coat and protect Cu from cathodic corrosion. Electrochemical cells are composed of 20 cells arranged in series, and each cell is filled with seawater as much as 300 mL. The accumulator cell was connected to a 3 watt 12 volt LED load for 72 hours and data collection every 1 hour. The electrical characteristics consist of voltage, current, and light intensity from the voltage and current data, calculated the amount of resistance internal. The results showed the use of Mg as a sacrificial anode produced electrical characteristic data including no-load voltage two times greater, voltage with a more stable load, current and higher while reducing resistance in electrochemical cells compared to without the use of Mg as a sacrificial anode.

Keywords: Electrical characteristic, electrochemical, sacrificial anode, seawater, accumulator cell.

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari penggunaan magnesium (Mg) sebagai anoda tumbal untuk melindungi Zn yang digunakan sebagai anoda dalam sel elektrokimia sebagai accumulator untuk menghasilkan energi listrik dari air laut. Ag digunakan sebagai anoda korban untuk melapisi dan melindungi Cu dari korosi katodik. Sel elektrokimia dirangkai terdiri dari 20 sel yang disusun secara seri, dan masing-masing sel diisi air laut sebanyak 300 mL. Sel accumulator dihubungkan dengan beban LED 3 watt 12 volt selama 72 jam dan pengambilan data setiap 1 jam, karakteristik listrik meliputi tegangan, arus, dan intensitas cahaya. Dari data tegangan dan arus, dihitung besarnya hambatan dalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Mg sebagai anoda tumbal menghasilkan data karakteristik listrik meliputi tegangan tanpa beban 2 kali lebih besar, tegangan dengan beban yang lebih stabil, arus dan yang lebih besar sekaligus menurunkan hambatan dalam sel elektrokimia dibanding tanpa penggunaan anoda tumbal Mg.

Kata kunci: Air laut, anoda tumbal, karakteristik listrik, sel elektrokimia, sel elektrokimia

PENDAHULUAN

Proses elektrokimia dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan arus listrik, melalui

proses galvanis dalam sistem *accumulator* berbahan air laut. Bagian utama sel galvanis adalah logam yang berfungsi sebagai elektroda dan larutan elektrolit. Air laut

adalah salah satu larutan elektrolit yang baik dengan ion Na^+ dan Cl^- yang cukup tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan konsentrasi salinitas rata-rata sebesar 35‰ [1].

Pemanfaatan air laut sebagai *accumulator* telah dilaporkan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Penelitian tentang sistem energi listrik dengan elektrolit air laut dilakukan oleh Pauzi dkk pada tahun 2016 [2] dengan menggunakan air laut sebagai larutan elektrolit dan Cu-Zn sebagai elektroda. Sistem dibuat dengan mendesain sebuah alat penghasil energi alternatif secara berkelanjutan dimana bahan elektrolit yang digunakan dapat diisi ulang. Sistem didesain sebagai sistem tertutup yang terdiri dari 40 sel elektrokimia, setiap sel dihubungkan secara seri. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian pengisian elektrolit air laut setiap 24 jam dalam rentang waktu 72 jam, kemudian diuji dengan memberikan beban LED 1,2 watt.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada tegangan awal saat pengisian air laut pertama kali diperoleh tegangan maksimum tanpa beban adalah sebesar 32,81 volt, namun semakin lama *accumulator* digunakan maka karakteristik listrik yang dihasilkan semakin menurun. Pada pengisian kedua diperoleh tegangan tanpa beban 23,30 dan 14,60 volt untuk pengisian ketiga. Pada pengisian pertama kali diperoleh daya listrik sebesar 47,89 watt.

Peran jarak antar elektroda Cu-Zn juga berpengaruh pada besarnya arus dan tegangan yang dihasilkan. Dimana semakin dekat jarak antar elektroda maka semakin besar arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *accumulator* [3]. Sedangkan peran *accumulator* perbedaan salinitas air laut juga sangat berpengaruh pada besarnya arus yang dihasilkan oleh sel elektrokimia [4], selain itu air laut juga dimanfaatkan sebagai elektrolit untuk baterai hibrida [5].

Penelitian tentang analisis laju korosi pada sistem elektrokimia penghasil energi listrik dengan elektrolit air laut dilakukan

oleh Pangestu pada tahun 2017 [6], dengan tujuan untuk menekan laju korosi elektroda Zn yang digunakan, melalui penambahan larutan natrium bikarbonat (NaHCO_3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi elektroda Zn lebih besar tanpa penambahan natrium bikarbonat [7].

Upaya lain untuk menekan laju korosi pada anoda Zn pada sistem *accumulator* dengan pasangan elektroda Cu-Zn menggunakan elektrolit air laut adalah penggunaan anoda tumbal (*sacrificial anode*) yaitu Mg [8]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Mg dapat mempertinggi daya listrik dan memperkecil laju korosi pada Zn. Pemanfaatan logam Mg disebabkan logam ini memiliki potensial oksidasi yang lebih besar dibanding logam Zn [9].

Korosi tidak hanya terjadi pada anoda, namun juga terjadi pada katoda Cu. Dalam penelitian sebelumnya [10], untuk mengurangi korosi Cu, elektroda Cu dilindungi dengan cara melapisinya dengan logam Ag menggunakan proses *electroplating*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Cu(Ag) lebih tahan terhadap korosi oleh air laut dengan laju korosi 5 kali lebih rendah dibandingkan Cu. Pasangan elektroda Cu(Ag)-Zn menghasilkan nilai karakteristik elektrik yang lebih besar dan stabil dibandingkan Cu-Zn [2].

Sebagai upaya untuk meningkatkan besarnya output karakteristik listrik yang dihasilkan oleh *accumulator* air laut, maka pada penelitian ini dilakukan penggabungan dengan memanfaatkan peran katoda Cu yang telah dielektroplating dengan Ag (Cu(Ag)) dan Zn yang diberikan perlindungan katodik Mg.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik listrik *accumulator* elektrolit air laut menggunakan elektroda

Cu-Zn, dengan melapisi elektoda Cu menggunakan metode elektroplating dengan logam Ag, dan penambahan anoda tumbal logam Mg pada Zn dengan tambahan sekat berpori antara Zn dan Mg.

Langkah pertama: membuat elektroda Cu dari serabut elektroda tembaga (Cu) dari kabel listrik serabut. Pemanfaatan elektroda serabut adalah untuk memperluas luas permukaan elektroda yang bersentuhan dengan larutan elektrolit. Selain itu bahwa elektroda serabut Cu lebih mudah untuk diperoleh dibandingkan dengan elektroda berbentuk plat Cu. Elektroda berdimensi panjang 2 m, sebanyak 25 helai yang kemudian dielektroplating dengan menggunakan logam Ag, kemudian dililitkan pada penyangga. Adapun gambar serabut Cu dapat dilihat pada **Gambar 1**.



(a)



(b)

Gambar 1. Serabut Cu yang telah dielektroplating (a) sebelum dililit (b) sesudah dililit pada penyangga.

Elektroda Zn yang digunakan dalam penelitian ini disiapkan dari lempengan Zn

murni berdimensi 10 cm x 3,5 cm. Sebelum digunakan, Zn dibersihkan dengan alkohol 70% kemudian dibilas dengan aquades. selanjutnya Zn gulung dengan diameter 0,5 cm dan panjang 10 cm seperti pada **Gambar 2**.



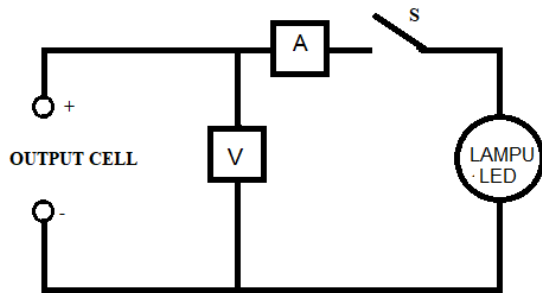
Gambar 2. Elektroda Zn

Langkah kedua: membuat sel elektrokimia dari bahan pipa paralon berbentuk silinder yang disusun secara seri sebanyak 20 sel. masing-masing diisi dengan elektroda Cu(Ag)-Zn(Mg) dan air laut yang telah disaring sebanyak 300 mL. Adapun gambar sel elektrokimia yang telah dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Realisasi sel elektrokimia 1). Box sel elektrokimia accumulator air laut, 2). Mulltimeter, 3) Light meter, 4).Wadah lampu LED, 5) Sensor light meter, 6). Saklar, 7). Sel elektrokimia

Langkah ketiga: Pengukuran karakteristik listrik yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur berupa Multimeter tipe HELES UX37 digunakan untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan, dan lightmeter tipe LX-103 digunakan untuk mengukur intensitas cahaya lampu 3 watt 12 volts sebagai beban. Data pengamatan diambil setiap 1 jam sekali selama 72 jam dengan variasi data tanpa anoda tumbal Mg dan dengan anoda tumbal Mg. Rangkaian sistem pengukuran karakteristik listrik adalah seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Rangkaian pengukuran karakteristik listrik A (amper meter), V (voltmeter)

Data karakteristik listrik yang diukur adalah tegangan saat beban dilepas (V_{bl}) yaitu saat saklar terbuka, tegangan saat beban terpasang (V_b), arus, dan intensitas cahaya. Kemudian dihitung pula hambatan dalam (R_{in}) dengan **Persamaan 1**

$$R_{in} = \frac{V_{bl} - V_b}{I} \quad (1)$$

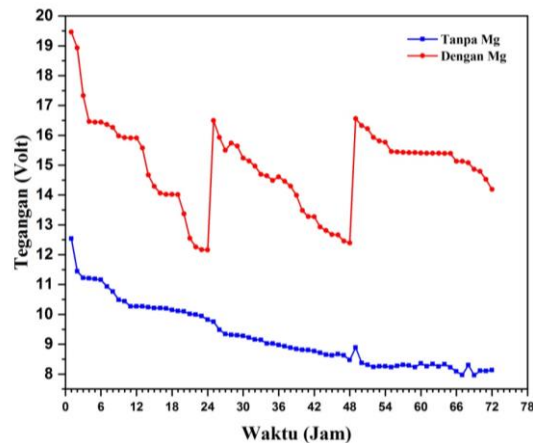
Dimana R_{in} = hambatan dalam ($k\Omega$), V_{bl} = tegangan saat beban dilepas (volt), V_b = Tegangan dengan beban (volt), I = arus (A).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Tegangan tanpa Beban

Pengukuran tegangan tanpa beban (V_{bl}) dilakukan ketika beban dilepas setiap 1 jam selama 72 jam. Hasil pengukuran V_{bl}

untuk elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg dan tanpa anoda tumbal Mg dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Pengukuran tegangan tanpa beban

Gambar 5 menunjukkan nilai V_{bl} pada satu jam pertama yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg dan tanpa anoda tumbal Mg berturut-turut adalah 19,46 volt dan 12,54 volt. Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai V_{bl} yang dihasilkan oleh elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg lebih besar dibandingkan tanpa Mg. Keadaan ini dikarenakan berdasarkan nilai potensial deret Volta, pasangan Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg memiliki nilai beda potensial standar sel +3,17 volt, sedangkan tanpa Mg memiliki nilai beda potensial sebesar +1,56 volt. Nilai beda potensial pada deret Volta yang semakin besar menghasilkan tegangan yang besar pula. Oleh sebab itu, elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg menghasilkan V_{bl} yang lebih besar dari elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa anoda tumbal Mg. Penelitian terkait juga menunjukkan bahwa elektroda Cu(Ag)-Zn dengan Mg mempunyai nilai konduktivitas listrik yang lebih tinggi [4,5].

Selisih rata-rata nilai V_{bl} tanpa Mg pada hari pertama, kedua, dan ketiga secara berturut-turut adalah sebesar 0,118 volt, 0,059 volt, dan 0,111 volt, sedangkan selisih rata-rata nilai V_{bl} dengan Mg pada hari pertama, kedua, dan ketiga secara berturut-

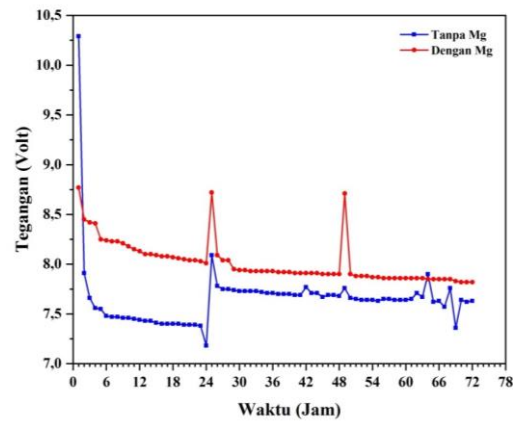
turut sebesar 0,317 volt, 0,21 volt, dan 0,103 volt. Nilai tersebut menunjukkan bahwa selisih rata-rata nilai V_{bl} yang dihasilkan oleh elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg lebih besar dibandingkan tanpa Mg. Selisih rata-rata nilai V_{bl} dengan anoda tumbal Mg 2 kali lebih besar dari pada tanpa anoda tumbal Mg.

Nilai V_{bl} yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan Mg dan tanpa Mg mengalami penurunan dari jam pertama sampai ke jam 72, yaitu secara berturut-turut sebesar 5,27 volt dan 4,41 volt. Penurunan tersebut terjadi karena keadaan elektroda pada satu jam pertama masih murni dan belum terdekomposisi sehingga aktivasi elektron pada elektroda paling efektif untuk menghasilkan nilai V_{bl} yang maksimum. Pada jam berikutnya elektroda yang digunakan mulai terdekomposisi dengan ion-ion lain sehingga aktivitas elektron pada elektroda mulai terhambat. Aktivitas elektron dari elektroda yang terhambat menyebabkan nilai V_{bl} mengalami penurunan [10].

Penurunan nilai V_{bl} yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan Mg secara signifikan terjadi setelah satu jam pertama yaitu sebesar 0,53 volt, kemudian turun sampai ke jam 24 sebesar 7,3 volt, dan terjadi kenaikan di jam ke 25 dan jam ke 49 yaitu secara berturut-turut sebesar 4,34 volt dan 4,17 volt. Sementara itu, nilai V_{bl} yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa anoda tumbal Mg mengalami fluktuasi dengan nilai sebesar 0,01 volt - 0,52 volt.

Pengukuran Tegangan dengan Beban

Pengukuran tegangan dengan beban (V_b) dilakukan setiap 1 jam setelah diberikan beban lampu. Hasil pengukuran V_b dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pengukuran tegangan dengan beban

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan nilai V_b pada satu jam pertama yang dihasilkan Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg dan tanpa anoda tumbal Mg berturut-turut adalah 8,77 dan 10,29 volt, sedangkan nilai pada jam ke-72 adalah 7,82 dan 7,63 volt. Nilai V_b yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan Mg terus mengalami penurunan setelah pengisian/penggantian elektrolit air laut. Penurunan terjadi setelah pengisian elektrolit air laut, yaitu setelah satu jam pengisian elektrolit hingga jam ke-4 dan mulai stabil pada jam ke-5 sampai pada jam ke-23. Pada grafik diatas terjadi kenaikan tegangan setiap 24 jam. Hal ini disebabkan adanya pengisian dengan air laut yang baru. Hal yang sama juga terjadi pada pasangan elektroda Cu(Ag)-Zn namun dengan besarnya tegangan yang lebih tinggi.

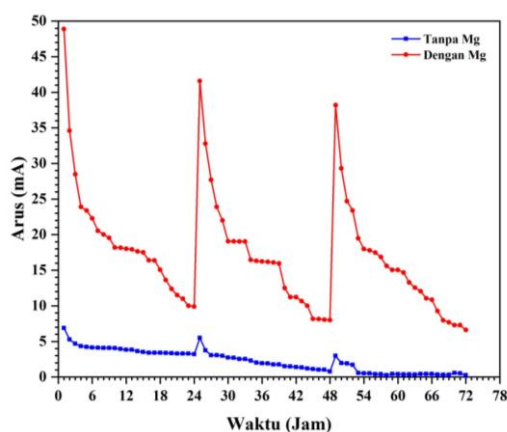
Hal tersebut dikarenakan keadaan elektroda pada satu jam pertama masih murni dan belum terdekomposisi sehingga aktivasi elektron pada elektroda paling efektif. Pada jam berikutnya elektroda yang digunakan mulai terdekomposisi dengan ion-ion lain sehingga aktivitas elektron pada elektroda mulai terhambat. Aktivitas elektron dari elektroda yang terhambat menyebabkan nilai V_b mengalami penurunan. Selain itu, peristiwa tersebut juga terjadi karena pada satu jam pertama keadaan air laut masih murni, konsentrasinya masih tinggi, dan ion-ion bebas dari air laut belum terdekomposisi.

Oleh karena itu, pada satu jam pertama terjadi konduksi ion yang paling efektif. Pada jam berikutnya konsentrasi air laut mulai berkurang karena ion-ion bebas dari air laut mulai terdekomposisi dengan ion lainnya. Konsentrasi air laut berkurang mengakibatkan nilai V_b mengalami penurunan.

Saat terjadi penggantian air laut, keadaan elektrolit menjadi murni kembali, konsentrasinya masih tinggi, serta ion bebas dari air laut belum terdekomposisi sehingga konduksi ion dari air laut menjadi efektif kembali. Konduksi ion yang efektif kembali menyebabkan energi listrik yang dihasilkan semakin besar sehingga nilai V_b yang dihasilkan mengalami kenaikan. Namun, ketika kondisi elektroda mencapai titik jenuh maka nilai V_b yang dihasilkan menjadi lebih stabil, jika ada fluktuasi nilainya tidak signifikan [10].

Pengukuran Arus listrik

Pengukuran arus (I) dilakukan setiap 1 jam setelah diberikan beban lampu. Hasil pengukuran I untuk elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg dan tanpa anoda tumbal Mg dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Pengukuran arus

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan nilai I pada satu jam pertama yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg dan tanpa anoda tumbal Mg berturut-turut

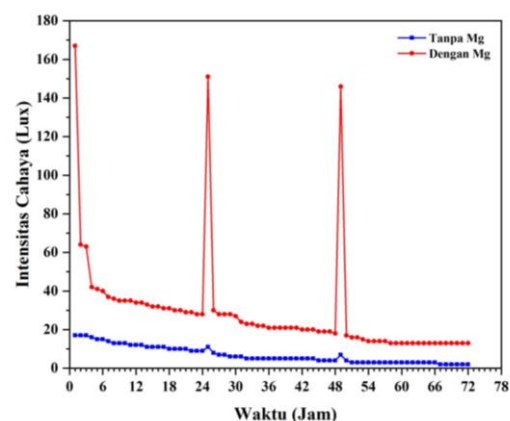
adalah 48,9 mA dan 6,88 mA, sedangkan nilai pada jam ke-72 adalah 6,61 mA dan 0,52 mA. Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai I yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg lebih besar daripada tanpa anoda tumbal Mg. Keadaan tersebut disebabkan karena nilai arus yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai tegangan (V_b). Hal ini didasarkan pada **Persamaan 2**.

$$V = I \times R \quad (2)$$

Semakin besar nilai V_b yang dihasilkan maka semakin besar muatan listrik yang dapat dipindahkan sehingga I yang dihasilkan semakin besar pula.

Pengukuran Intensitas Cahaya

Pengukuran intensitas cahaya dilakukan setiap 1 jam setelah diberikan beban lampu. Jarak pengukuran intensitas cahaya dari lampu ke alat *lightmeter* adalah 50 cm. Hasil pengukuran intensitas cahaya untuk elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg dan tanpa anoda tumbal Mg dapat dilihat pada **Gambar 8**.



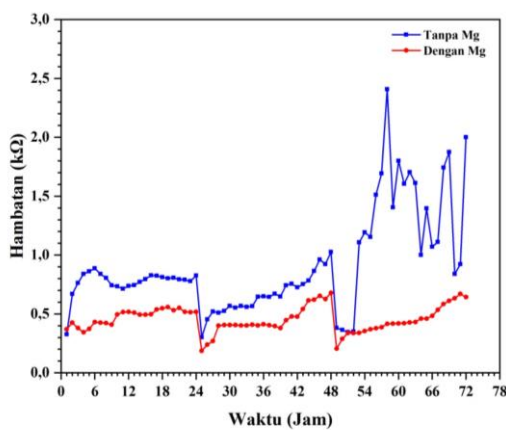
Gambar 8. Pengukuran intensitas cahaya

Gambar 8 menunjukkan nilai intensitas cahaya pada satu jam pertama (maksimum) yang dihasilkan Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg dan tanpa anoda tumbal Mg berturut-turut adalah 167 dan 17 lux,

sedangkan nilai pada jam ke-72 adalah 13 dan 2 lux. Kestabilan nilai intensitas cahaya yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg terjadi pada jam ke-4 sampai jam ke-24, jam ke 27 sampai jam ke-48, dan jam ke-50 sampai jam ke-72. Sementara itu, kestabilan nilai intensitas cahaya yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa anoda tumbal Mg terjadi pada jam ke-1 sampai jam ke-24, jam ke 26 sampai jam ke-48, dan jam ke-50 sampai jam ke-72. Hal tersebut menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg lebih besar dan stabil daripada elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa anoda tumbal Mg. Keadaan tersebut disebabkan karena nilai intensitas cahaya yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai I. Semakin besar nilai I maka nilai intensitas cahaya yang dihasilkan juga semakin besar [10].

Perhitungan Hambatan Dalam

Berdasarkan nilai V_{bl} , V_b , dan I yang telah didapat dari hasil pengujian, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai hambatan dalam (R_{in}). Adapun hasil perhitungan R_{in} dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Perhitungan hambatan dalam

Grafik pada gambar 9 di atas menunjukkan bahwa nilai R_{in} pada elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg lebih rendah

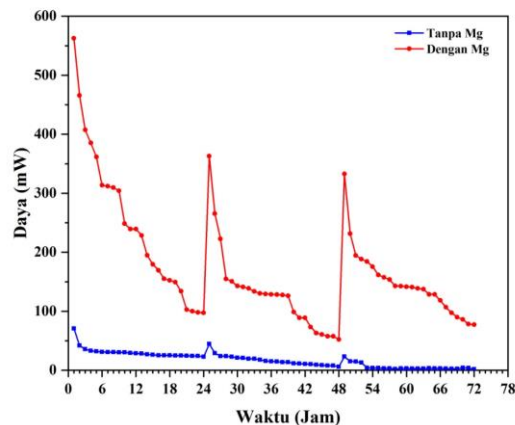
dibandingkan elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa anoda tumbal Mg. Hal tersebut terjadi karena laju korosi elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg lebih rendah dibandingkan elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa anoda tumbal Mg. Nilai R_{in} pada elektroda Cu(Ag)-Zn dengan Mg maupun elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa Mg mengalami kenaikan karena adanya korosi pada elektroda yang menjadi hambatan dalam sel. Semakin lama korosi yang terjadi semakin besar sehingga nilai R_{in} akan semakin besar pula. Keadaan ini juga sesuai dengan nilai V_{bl} , V_b , dan I yang diperoleh bila berdasarkan hukum Ohm, yaitu nilai hambatan berbanding terbalik dengan nilai tegangan dan arusnya [8]. Nilai R_{in} minimum yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg dan tanpa Mg terjadi pada 1 jam pertama, yaitu 0,37 kΩ dan 0,33 kΩ.

Perhitungan Daya

Selain nilai R_{in} , dilakukan pula perhitungan untuk mencari nilai daya (P) yang mampu dihasilkan oleh sistem sel volta. Perhitungan nilai P dilakukan menggunakan **persamaan 3**.

$$P = V_b \times I \tag{3}$$

Dimana P = Daya (W), V_b = Tegangan dengan beban (V), I = Arus (mA). Sehingga, didapat grafik nilai P pada elektroda Cu(Ag)-Zn dengan anoda tumbal Mg dan elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa anoda tumbal Mg yang dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Perhitungan daya

Grafik pada Gambar 10 di atas menunjukkan bahwa nilai P pada elektroda Cu(Ag)-Zn dengan Mg lebih besar daripada elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa Mg. Nilai P maksimum yang dihasilkan oleh elektroda Cu(Ag)-Zn dengan Mg dan elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa Mg berturut-turut adalah 562,39 dan 70,79 mW. Keadaan itu terjadi karena nilai P merupakan hasil perkalian antara nilai V_b dan I yang dihasilkan, sehingga jika nilai V_b dan I semakin besar maka nilai P semakin besar pula dan begitu sebaliknya. Berbanding terbalik dengan nilai R_{in} , nilai P yang dihasilkan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan Mg maupun elektroda Cu(Ag)-Zn tanpa Mg semakin lama semakin menurun. Hal tersebut karena adanya korosi pada elektrode dan berkurangnya konsentrasi air laut yang menyebabkan berkurangnya energi listrik yang dihasilkan [10].

KESIMPULAN

Penggunaan Mg sebagai anoda tumbal pada sistem elektrokimia accumulator air laut menghasilkan data karakteristik listrik tegangan tanpa beban dengan selisih rata-rata 2 kali lebih besar dari pada tanpa anoda tumbal Mg, tegangan beban yang lebih stabil arus serta luminasi lampu led yang lebih besar. Penggunaan Mg sekaligus menurunkan hambatan dalam sel dibanding

dengan sel elektrokimia tanpa penggunaan anoda tumbal Mg.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada LPPM Universitas Lampung atas bantuan dana hibah penelitian pada hibah *prototype*. Peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika dan Fisika Inti dan Eksperimen atas izin tempat pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. W. Nybakken. 1992. *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis*. PT Gramedia Pustaka. Jakarta.
- [2] G.A. Pauzi, J. Aristian, A. Supriyanto, 2017. Desain dan Aplikasi Sistem Elektrolit Air Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Berkelanjutan (*Sustainable Energy*. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika. Volume 05, Nomor 01, Januari Tahun 2017
- [3] A. Susanto, M. S. Baskoro, S. H. Wisudo, M. Riyanto, and F. Purwangka, "Performance of Zn-Cu and Al-Cu Electrodes in Seawater Battery at Difernt Distance and Surface Area," *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 7, no. 1, 2017.
- [4] W. G. Morais, G. Lima, W. J.A.S. Gomes, and F. Huguenin, "Electrochemical Systems for Renewable Energy Conversion from Salinity and Proton Gradients," *J. Braz Chem. Soc.* vol. 29. no. 5, 934-947. 2018.
- [5] D. Desai, E. S. Beh, S. Sahu, V. Vedharathinam, Q. V. Overmeere, C. F.

- Lannoy, A. P. Jose, A. R. Volkel, and J. B. Rivevest, "Electrochemical Desalination of Seawater and Hypersaline Brines with Coupled Electricity Storage," *ACS Energy Lett.* no. 3, 375-379. 2018.
- [6] S.S. Pangestu, G.A Pauzi, S.W Suciwati, Analisis Laju Korosi Elektroda Seng pada Sistem Energi Listrik Alternatif Berbasis Elektrolit Air Laut, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, Vol. 06, No. 01, Januari 2018.*
- [7] G. A. Pauzi, R. K. Arwaditha, A. Supriyanto, S.W Suciwati, A. Surtono, Junaidi, Warsito, "Desain dan Realisasi Akumulator Elektrolit Air Laut dengan Penambahan Sodium Bicarbonate (NaHCO₃) sebagai Sumber Energi Alternatif," *Jurnal Fisika*, 8, (2), 78-8, 2018.
- [8] L. Kamalia. G.A. Pauzi, S.W. Suciwati 2018, "Analisis Laju Korosi Elektrode Bahan Cu-Zn dengan Metode Sacrificial Anode Pada Sistem Energi Listrik alternatif Berbasis Air laut," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika.* vol. 06, no 02. pp 249-255, tahun 2018.
- [9] P. Atkins, J. Paula. 2006. *Physical Chemistry, Eighth Edition.* W. H. Freeman and Company: New York.
- [10] G.A. Pauzi, K.C. Riski, S.W. Suciwati, Junaidi, A. Surtono, A. Supriyanto, and Warsito. 2018. Improvement of Electrical Characteristics of Electrochemical Cells made from Sea Water Using Electroplating Method of Cu (Ag)-Zn Electrode as Renewable Energy Source. *Proceeding 2ND International Conference Applied Sciences Mathematics and Informatics 2018.* Bandar Lampung. Indonesia

Gurum, dkk : Peningkatan Karakteristik Listrik Sel Elektrokimia Cu(Ag)-Zn dengan Penggunaan Anoda Tumbal Mg pada Accumulator Berbahan Air Laut.