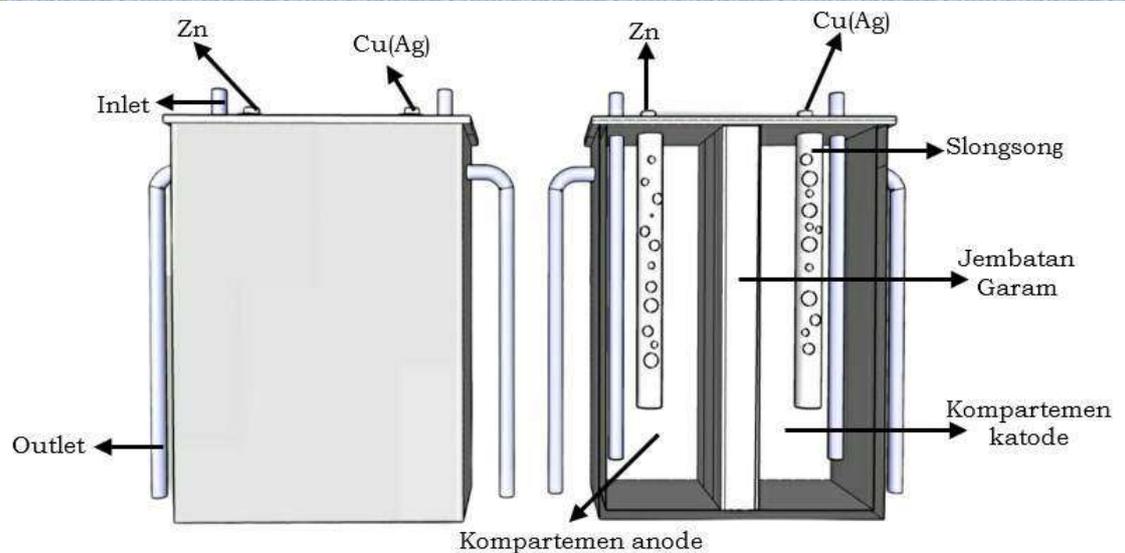


ISU UTAMA

Analisis Pengaruh Variasi pH Larutan *Acid Zinc* Pada Sel Volta Dua Kompartemen dengan Elektrode Cu(Ag)-Zn

Hal. 21 - 30



Gambar 2. hal. 23

Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology

ISSN 2747-2043, Volume 3, Nomor 1, Tahun 2022

PENANGGUNG JAWAB

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)
Universitas Lampung

PIMPINAN REDAKSI

Gurum Ahmad Pauzi

DEWAN REDAKSI

Donni Kis Apriyanto
Humairoh Ratu Ayu
Agus Riyanto
Arif Surtono
Amir Supriyanto
Sri Wahyu Suciwati
Junaidi
Leni Rumiyanti
Ediman Ginting Suka
Syafriadi
Pulung Karo-karo
Suprihatin
Iqbal Firdaus

MITRA BESTARI

Warsito (UNILA)
Posman Manurung (UNILA)
Simon Sembiring (UNILA)
Dwi Asmi (UNILA)
Yanti Yulianti (UNILA)

ALAMAT REDAKSI

Jurusan Fisika, Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung
Telp. 0721-701609 Ext. 719 Fax. 0721-704625
Email: jemit@fmipa.unila.ac.id
<http://jemit.fmipa.unila.ac.id/>

Jurnal ini diterbitkan oleh Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung bekerja sama dengan Himpunan Fisika Indonesia Cabang Lampung, sebagai sarana untuk mempublikasikan hasil penelitian, artikel review dari peneliti-peneliti di bidang fisika energi, material dan teknologi instrumentasi. Jurnal ini terbit empat kali setahun (Februari, Mei, Agustus, dan November). Volume pertama terbit pada tahun 2020 dengan nama **Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology (JEMIT)** dengan ISSN 2747-2043.

DAFTAR ISI

	Halaman
Perhitungan Laju Reaksi Neutron Dalam Reaktor Supercritical Water Reactor (SCWR) Model Perangkat (Assembly) Heksagonal Berbahan Bakar Uranium	1 – 7
Sharen Herya Reafinola, Yanti Yulianti dan Syafriadi	
Ekstrak Daun Sawo (Manilkara Zapota L) Sebagai Inhibitor Terhadap Laju Korosi Baja Aisi 1018 dalam Medium Korosif NaCl 3%	8 – 14
Riski Wulan Sari, Ediman Ginting Suka dan Pulung Karo Karo	
Perhitungan Burn Up Model Assembly Heksagonal Pada Reaktor Scwr Menggunakan Bahan Bakar Thorium	15 – 20
Mey Puji Astuti, Yanti Yulianti, Posman Manurung, dan Simon Sembiring	
Analisis Pengaruh Variasi pH Larutan Acid Zinc Pada Sel Volta Dua Kompartemen Dengan Elektrode Cu(Ag)-Zn	21 – 30
Gurum Ahmad Pauzi, Nilla Anggi Pratiwi, Arif Surtono, dan Sri Wahyu Suciwati	
Pengendalian Laju Korosi Baja Aisi 1018 Dalam Medium Korosif NaCl 3% Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang (Terminalia catappa L.)	31 – 38
Ulfa Nurini Ediman Ginting Suka dan Roniyus Marjunus	



Analisis Pengaruh Variasi pH Larutan Acid Zinc Pada Sel Volta Dua Kompartemen Dengan Elektrode Cu(Ag)-Zn

Gurum Ahmad Pauzi*, Nilla Anggi Pratiwi, Arif Surtono, dan Sri Wahyu Suciwati

Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

Article Information

Article history:

Received December 3th, 2021

Received in revised form December 13th, 2021

Accepted February 19th, 2022

Keywords: Salt bridge, Electrical characteristics, Acid zinc solution, Voltaic cell.

Abstract

The research was conducted to analyze the effect of variations in pH of acid zinc solution in two compartment voltaic cells with Cu(Ag)-Zn electrodes on the value of electrical characteristics and the resulting corrosion rate. The Cu(Ag)-Zn pair is used to generate voltage and current in the cell with seawater electrolyte and zinc acid solution. The two compartments are lined with salt bridge made from mixture of Al_2O_3 (aluminum oxide), NaCl (seawater) 1 mole concentration dissolved in "tiga roda" white cement. The voltaic cell consisted of 5 cells arranged in series circuit, for each cell at the cathode (Cu(Ag)) containing ± 250 ml seawater and at the anode (Zn) containing ± 200 ml acid zinc solution which was varied with a pH of 4, 5 and 6. The voltaic cell was measured with multimeter every 1 hour for 3 days. Based on the research that has been done, it can be concluded that by using an acid zinc electrolyte solution which has a lower pH value, it will increase the value of the electrical characteristics and increase the corrosion rate produced by voltaic cell.

Informasi Artikel

Proses artikel:

Diterima 3 Desember 2021

Diterima dan direvisi dari 13 Desember 2021

Accepted 19 Februari 2022

Kata kunci: Jembatan garam, Karakteristik elektrik, Larutan acid zinc, Sel volta.

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi pH larutan acid zinc pada sel volta dua kompartemen dengan elektrode Cu(Ag)-Zn terhadap nilai karakteristik elektrik dan laju korosi yang dihasilkan. Pasangan Cu(Ag)-Zn digunakan untuk menghasilkan tegangan dan arus dalam sel dengan elektrolit air laut dan larutan acid zinc. Dua kompartemen dibatasi dengan jembatan garam yang terbuat dari campuran Al_2O_3 (aluminium oksida), NaCl (air laut) konsentrasi 1 mol yang terlarut dalam semen putih tiga roda. Sel volta terdiri dari 5 sel yang disusun secara seri, untuk setiap sel pada bagian katode (Cu(Ag)) berisi ± 250 ml air laut dan pada bagian anode (Zn) berisi ± 200 ml larutan acid zinc yang divariasikan dengan pH 4, 5 dan 6. Sel volta diukur dengan multimeter setiap 1 jam sekali selama 3 hari. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa dengan penggunaan elektrolit larutan acid zinc yang memiliki nilai pH lebih rendah akan meningkatkan nilai karakteristik elektrik serta meningkatkan laju korosi yang dihasilkan sel volta.

1. Pendahuluan

Air laut merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui serta terdapat dalam jumlah yang banyak. Indonesia sebagai negara maritim berpotensi dalam mengembangkan energi alternatif berbasis air laut. Air laut dapat dijadikan sebagai bahan baku sel bahan bakar dan baterai, sehingga air laut telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai penelitian (Kholiq, 2015). Kandungan air laut terdiri dari 96,5% air murni dan 3,5% berupa zat terlarut yang biasa disebut garam (Nybakken, 1992). Air laut mengandung senyawa NaCl (natrium klorida) yang tinggi dan merupakan suatu garam yang dapat terionisasi secara sempurna menjadi ion Na^+ dan Cl^- , dengan adanya ion bebas yang terdapat dalam air laut dapat menghasilkan arus listrik (Kuwahara, 2001). Munculnya arus listrik ini dapat digunakan sebagai sumber energi listrik alternatif dengan metode sel volta.

Penggunaan air laut sebagai elektrolit pada sel volta telah banyak diteliti. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Pauzi et al. (2016) mengenai analisis uji karakteristik elektrik air laut sebagai sumber energi listrik terbaru menggunakan elektrode C-Zn, Cu-Zn dan Cu-Al serta penelitian Yulianti et al. (2017) menganalisis kelistrikan sel volta memanfaatkan logam bekas menggunakan elektrode Cu-Al, Cu-Fe, Cu-Zn, Al-Zn dan Fe-Zn, keduanya menunjukkan bahwa pasangan elektrode Cu-Zn menghasilkan energi listrik yang lebih besar dibandingkan dengan elektrode lainnya. Namun, pasangan Cu-Zn memiliki masalah korosi apabila digunakan dalam jangka waktu yang lama, yang mengakibatkan energi listrik yang dihasilkan menurun. Hal tersebut dibuktikan dengan penelitian Pauzi et al. (2017) yang menunjukkan nilai karakteristik elektrik yang dihasilkan Cu-Zn selama

* Corresponding author.

E-mail address: gurum@fmipa.unila.ac.id

72 jam semakin lama semakin menurun dan terjadi korosi pada elektrode yang digunakan. Menurut Pangestu et al. (2018) korosi terjadi pada permukaan Zn, hal itu ditandai dengan lapisan hitam pada permukaan Zn. Elektrode yang berfungsi sebagai anode merupakan elektrode yang mempunyai potensial elektrode lebih negatif sehingga anode cenderung bersifat korosif (Wiston, 2008).

Korosi adalah proses degradasi atau perusakan material yang disebabkan oleh reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungan sekelilingnya (Einar, 2003). Sehingga salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi, sedangkan logam lainnya akan terlindungi dari serangan korosi. Dengan timbulnya korosi dapat menyebabkan turunnya kualitas dan kekuatan suatu bahan (Vlack, 1992) serta dapat mempengaruhi keluaran daya listrik pada output sel volta. Namun, kualitas sel volta dapat dikembalikan lagi dengan mereduksi kembali elektrode anode menggunakan atom yang sama dengan proses elektrolisis pada sel volta. Pada penelitian ini menggunakan sistem sel volta dengan dua kompartemen yang dibatasi dengan jembatan garam campuran Al_2O_3 (aluminium oksida), NaCl (air laut) dan semen putih tiga roda. Penggunaan jembatan garam berfungsi untuk menyeimbangkan elektrolit dengan memberi ion positif atau negatif (Badea et al., 2007). Setiap sel terdapat sepasang elektrode Cu(Ag)-Zn yang pada kompartemen katode (Cu(Ag)) berisi air laut sedangkan pada kompartemen anode (Zn) berisi larutan *acid zinc* dengan variasi pH. Larutan *acid zinc* biasanya digunakan sebagai elektrolit pada proses *zinc electroplating*, dimana larutan ini berfungsi melapisi sebuah logam untuk mengambat laju korosi serta memperbaiki kualitas permukaan benda kerja (Ansari et al., 2017). Penggunaan larutan *acid zinc* pada penelitian ini diharapkan akan dapat mengembalikan kualitas elektrode anode yang telah teroksidasi. Sehingga untuk mengetahui hal tersebut dilakukan analisis pengaruh larutan *acid zinc* (variasi pH) terhadap karakteristik elektrik dan laju korosi pada sistem sel volta dua kompartemen dengan elektrode Cu(Ag)-Zn.

2. Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: media elektrolit air laut yang terbuat dari *acrylic*, sel dari bahan *acrylic* yang tebalnya 3 mm dengan tinggi 16 cm, lebar 7,5 cm dan panjang 14 cm, logam *zinc* dengan ukuran $4 \times 7 \times 0,002$ cm, serabut Cu yang terelektroplating Ag dengan panjang 120 cm, 20 buah LED yang dipasang seri, dan multimeter. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: air laut, NH_4Cl , ZnCl_2 , aquades. Bahan jembatan garam yaitu Al_2O_3 (Aluminium oksida) 1 mol, NaCl (air laut) 1 mol dan semen putih merk tiga roda 50 gram. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu proses elektroplating Ag pada Cu, pembuatan jembatan garam, pembuatan larutan *acid zinc*, perancangan dan pembuatan sistem sel volta serta pengujian alat dan pengambilan data.

2.1 Proses Elektroplating Ag pada Cu

Proses elektroplating menggunakan batang karbon sebagai anoda dan serabut Cu ukuran diameter 2,5 mm dan panjang 120 cm sebagai katoda. Pada proses elektroplating Ag pada Cu menggunakan larutan sepuh perak (AgNO_3) 0,02M sebanyak 300ml sebagai larutan elektrolitnya. Sebelum elektroplating serabut Cu dibersihkan menggunakan larutan HNO_3 1% untuk mengurangi kandungan lemak yang menempel pada serabut Cu. Kemudian serabut Cu dibersihkan kembali menggunakan etanol 96% untuk menghilangkan kandungan HNO_3 yang masih menempel pada Cu. Selanjutnya, elektroplating dilakukan dengan tegangan 2 volt selama 5 menit.

2.2 Pembuatan jembatan garam

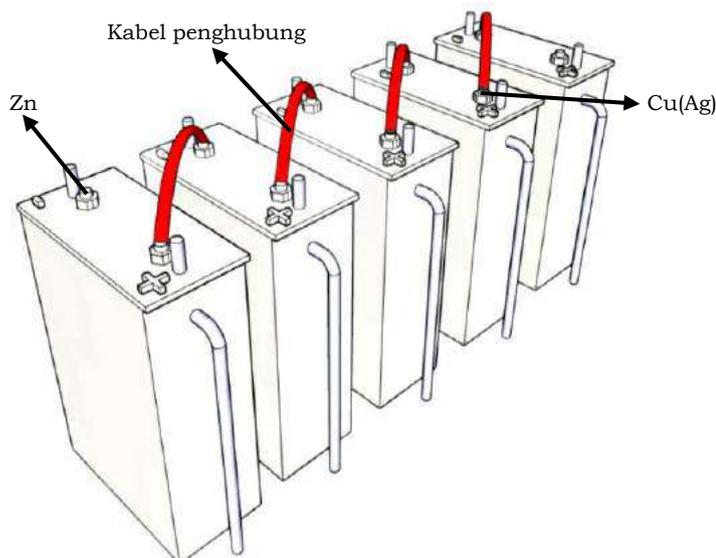
Pada tahap ini dilakukan proses pembuatan jembatan garam campuran Al_2O_3 (aluminium oksida) + NaCl (air laut) + semen putih tiga roda. Langkah awal membuat jembatan garam ini yakni mencampurkan 102 gram untuk Al_2O_3 1 mol, 58,5 gram untuk NaCl 1 mol dan 50 gram semen putih tiga roda, kemudian diaduk hingga tiga bahan tersebut tercampur. Kemudian campuran bahan tersebut dicetak langsung didalam sel untuk menghindari kebocoran, lalu keringkan dan tunggu hingga mengeras. Tujuan pembuatan jembatan garam ini untuk menjaga kenetralan muatan listrik pada larutan.

2.3 Pembuatan larutan *acid zinc*

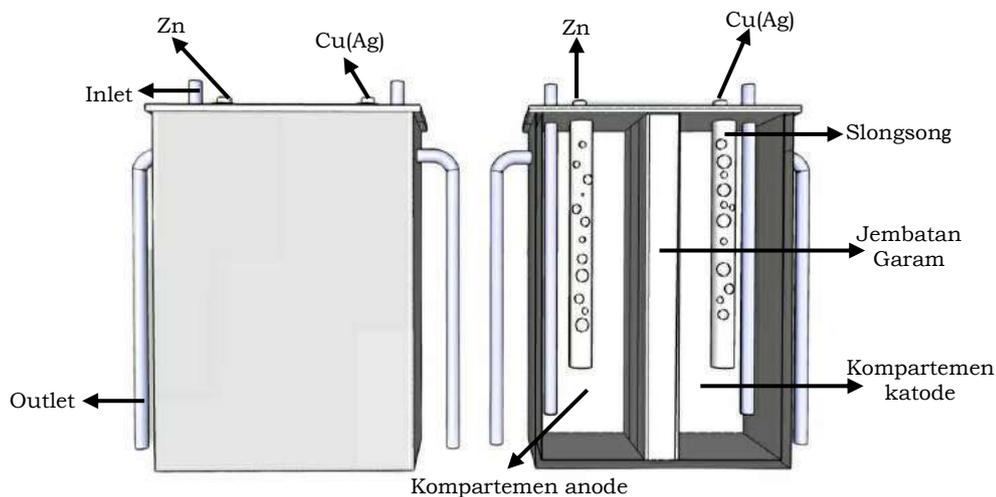
Proses pembuatan larutan *acid zinc* ini yakni mencampurkan Ammonium Klorida (NH_4Cl) 150 gram, Zinc Klorida (ZnCl_2) 40 gram dan aquades sebanyak 1 liter (Ansari et al., 2017). Kemudian cek pH pada larutan menggunakan kertas pH universal. Larutan dengan campuran NH_4Cl 150 gram+ ZnCl_2 40 gram dan aquades sebanyak 1 liter memiliki nilai pH 5. Pada penelitian ini digunakan variasi pH yakni pH 4, 5 dan 6, untuk meningkatkan pH larutan tersebut menjadi pH 6 perlu ditambahkan dengan KOH (kalium hidroksida) dan untuk menurunkan pH menjadi pH 4 larutan tersebut perlu di tambahkan dengan larutan HCl (asam klorida).

2.4 Perancangan dan Pembuatan Sistem Sel Volta

Sebelum dilaksanakannya penelitian dilakukan pembuatan desain media sel volta dua kompartemen dengan aplikasi sketchUp 2013 sebagai acuan pembuatan seperti yang ditampilkan pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**. Pada penelitian ini sistem sel volta tersusun dari 5 sel yang terbuat dari bahan *acrylic* yang tebalnya 3mm. Setiap sel berisi sepasang elektrode Cu(Ag)-Zn dengan berbeda kompartemen yang dibatasi oleh sebuah jembatan garam. Jembatan garam yang digunakan yakni campuran Al_2O_3 (aluminium oksida) + NaCl (air laut) menggunakan konsentrasi 1 mol yang terlarut dalam semen putih tiga roda. Pada setiap sel volta elektrolit yang digunakan pada kompartemen katode (Cu(Ag)) berisi ± 250 ml air laut, sedangkan pada kompartemen anode (Zn) berisi ± 200 ml larutan *acid zinc* yang di variasikan dengan pH 4, 5 dan 6. Elektrolit yang digunakan akan diganti setiap 24 jam sekali. Sistem sel volta pada penelitian ini dihubungkan secara seri menggunakan kabel penghubung.



Gambar 1. Desain 5 sel volta



Gambar 2. Desain sel volta

2.5 Pengujian Alat dan Pengambilan Data

Pengujian alat dilakukan dengan menghubungkan sel volta ke multimeter yang telah terhubung ke beban (20 LED). Analisis energi listrik dilakukan dengan proses pengambilan data berupa tegangan tanpa beban (volt), tegangan beban (volt), arus (I), intensitas cahaya (lux), perhitungan hambatan dalam (R_{in}) (KOhm) menggunakan **Persamaan 1** serta dilakukan perhitungan daya yang dihasilkan menggunakan **Persamaan 2**. Pengambilan data berupa massa elektrode sebelum dan sesudah juga dilakukan untuk menghitung laju korosi yang terjadi pada elektrode, menggunakan **Persamaan 3**. Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali selama 72 jam.

$$R_{in} = \frac{OCV - CCV}{I} \quad (1)$$

$$P = CCV \cdot I \quad (2)$$

$$r = \frac{K_m}{\rho A T} \quad (3)$$

Open circuit voltage adalah pengukuran variabel listrik saat beban yang telah digunakan selama beberapa waktu dilepaskan. Sedangkan *close circuit voltage* adalah pengukuran variabel listrik yang telah digunakan selama beberapa waktu saat beban terpasang. Pada **Persamaan 1** R_{in} = hambatan dalam (Ω), OCV = *open circuit voltage* (volt), CCV = *close circuit voltage* (volt) dan I = kuat arus (ampere). Pada **Persamaan 2** P = daya (watt), CCV = *close circuit*

voltage (volt) dan I = kuat arus (ampere). Pada **Persamaan 3** r = laju korosi (mm/year), K = konstanta ($8,76 \times 10^4$), $m = m_0 - m_1$ = massa awal-massa akhir (gr), ρ = Densitas (gr/cm^3), A = Luas permukaan (cm^2) dan T = Waktu (jam).

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Realisasi Sistem Sel Volta

Realisasi sistem sel volta dua kompartemen berbahan elektrolit air laut dan larutan *acid zinc* untuk menghasilkan listrik dapat dilihat pada **Gambar 3**. Pada penelitian ini karakteristik elektrik sel volta (teganga, arus dan intensitas cahaya) diukur menggunakan multimeter dan *lux* meter untuk menguji karakteristik elektrik yang dihasilkan. Sistem ini dibuat dalam tempat tertutup yang bertujuan untuk meminimalisir terjadinya korosi yang terjadi pada elektrode akibat adanya kontak langsung dengan udara. Udara merupakan salah satu faktor yang menyebabkan meningkatnya korosi apabila bereaksi secara langsung dengan elektroda (Amanto dan Daryanto, 1999).

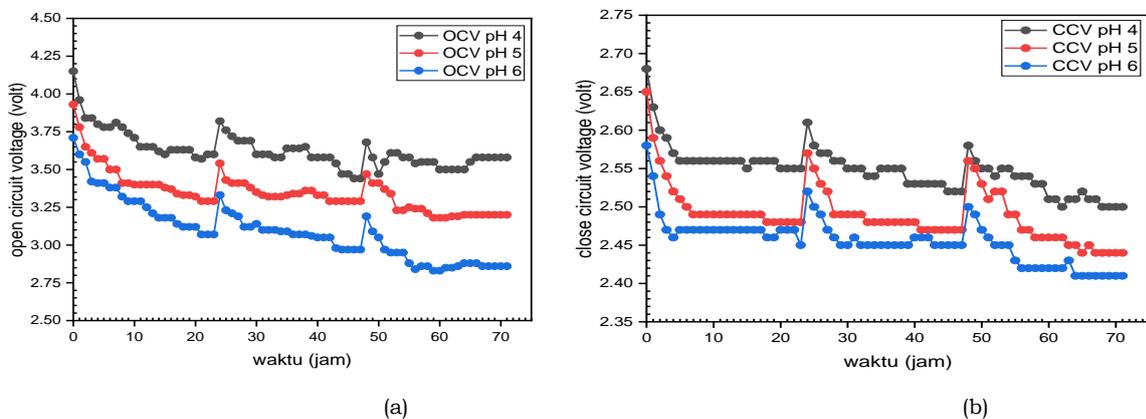


Gambar 3. Realisasi sistem sel volta

3.2 Data Karakteristik Elektrik

Open Circuit Voltage (OCV) dan Close Circuit Voltage (CCV)

Data hasil penelitian *open circuit voltage* dan *close circuit voltage* yang dihasilkan oleh sel volta dengan elektrolit air laut-larutan *acid zinc* dengan variasi pH 4, 5 dan 6 selama 72 jam dengan beban LED 20 buah dapat dilihat pada **Gambar 4 (a)** dan **4 (b)**. Pada **Gambar 4 (a)** nilai *OCV* yang dihasilkan oleh sistem dengan elektrolit air laut-larutan *acid zinc* dengan variasi pH 4, 5 dan 6 satu jam pertama berturut-turut sebesar 4,15 volt, 3,93 volt dan 3,71 volt, sedangkan nilai *OCV* pada jam ke-72 adalah 3,58 volt, 3,20 volt dan 2,86 volt. Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa *OCV* mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa nilai *OCV* mengalami penurunan setelah satu jam pertama (Pauzi et al., 2018). Peristiwa tersebut dikarenakan keadaan elektrode pada satu jam pertama masih murni dan belum terdekomposisi sehingga menghasilkan nilai *OCV* yang maksimal. Pada 1 jam berikutnya elektrode yang digunakan mulai terdekomposisi dengan ion-ion lain sehingga aktivitas elektron pada elektrode mulai terhambat sehingga *OCV* mengalami penurunan.



Gambar 4 (a). Hubungan antara nilai *OCV* terhadap waktu
(b). Hubungan antara nilai *CCV* terhadap waktu

Pada **Gambar 4 (b)** menunjukkan nilai *CCV* satu jam pertama pada sistem dengan elektrolit air laut-larutan *acid zinc* dengan variasi pH 4, 5 dan 6 berturut-turut sebesar 2,68 volt, 2,65 volt dan 2,58 volt, sedangkan nilai *CCV* pada jam ke-72 berturut-turut sebesar 2,5 volt, 2,44 volt dan 2,41 vol. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa nilai *CCV* mengalami penurunan, hal ini terjadi karena nilai *CCV* berbanding lurus dengan nilai *OCV*. Hubungan antara *OCV* dan *CCV* dapat terlihat pada **Persamaan 4**.

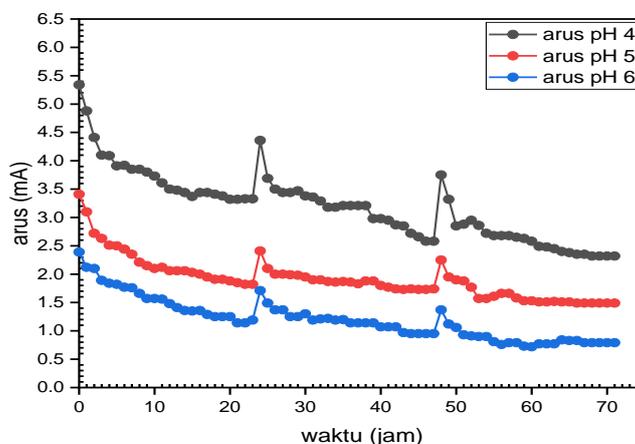
$$OCV = CCV + (I \cdot r) \quad (4)$$

Pada **Persamaan 4** *OCV* = *open circuit voltage* (volt), *CCV* = *close circuit voltage* (volt), *I* = kuat arus (ampere) dan *r* = hambatan dalam (Ω). Semakin besar nilai *OCV* maka nilai *CCV* yang dihasilkan juga akan semakin besar dan begitu sebaliknya. Akan tetapi pada **Gambar 4 (a)** dan **(b)** menunjukkan nilai *OCV* dan *CCV* pada jam ke-25 dan jam ke-49 mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh pergantian elektrolit setiap 24 jam sekali yang menyebabkan perubahan kadar oksigen terlarut yang terjadi pada anode Zn yang mengalami reaksi oksidasi. Menurut Wicaksono et al. (2021) semakin tinggi kadar oksigen terlarut dalam elektrolit maka semakin tinggi juga nilai tegangan yang dihasilkan. Meskipun begitu, nilai *OCV* dan *CCV* pada jam ke-25 jam ke-48 tidak sebesar pada jam pertama karena terjadinya korosi pada elektrode Zn yang tidak terlindungi serta adanya *electrical double layer*.

Hasil dari penelitian ini nilai *OCV* yang dihasilkan pada 1 jam pertama lebih besar dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pauzi et al. (2021). Pada penelitian Pauzi et al. (2021) dilakukan penelitian menggunakan sistem sel volta dua kompartemen yang dibatasi jembatan garam campuran Al_2O_3 1 mol + $CaCO_3$ 0,1 mol + NaCl 1 mol dengan elektrolit pada kedua kompartemen yakni air laut memperoleh hasil *OCV* pada 1 jam pertama yakni 4,04 volt, memiliki selisih 0,11 volt dengan penelitian ini. Sedangkan nilai *CCV* pada 1 jam pertama yang dihasilkan pada penelitian Pauzi et al. (2021) lebih besar yakni 2,73 volt dan memiliki selisih dengan penelitian ini sebesar 0,05 volt. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai *OCV* dan *CCV* yang dihasilkan pada penelitian ini serupa dengan penelitian Pauzi et al. (2021).

Kuat Arus, Hambatan Dalam dan Daya

Data hasil penelitian diperoleh nilai kuat arus, hambatan dalam dan daya yang dihasilkan oleh sistem sel volta dengan elektrolit air laut-larutan *acid zinc* dengan variasi pH 4, 5 dan 6 selama 72 jam dengan beban LED 20 buah dapat dilihat pada **Gambar 5, 6** dan **7**.



Gambar 5. Hubungan antara nilai *I* terhadap waktu

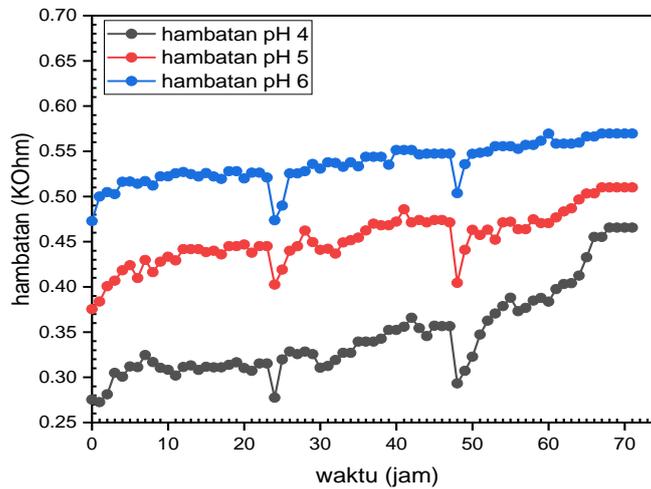
Grafik pada **Gambar 5** menunjukkan bahwa nilai *I* yang dihasilkan oleh sistem dengan elektrolit air laut-larutan *acid zinc* pH 4 lebih besar dibandingkan dengan pH 5 dan 6. Keadaan tersebut disebabkan karena nilai *I* yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai CCV_{ab} (*CCV*). Hubungan antara nilai *I* dan CCV_{ab} dapat dilihat pada **Persamaan 5**.

$$CCV_{ab} = I \cdot R \quad (5)$$

Pada **Persamaan 5** CCV_{ab} = tegangan saat dialiri arus atau *CCV* (volt), *I* = arus yang mengalir (ampere) dan *R* = hambatan beban (Ω). Semakin besar nilai *CCV* maka semakin besar muatan listrik yang dapat dipindahkan sehingga nilai *I* yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini disebabkan juga karena pengaruh perbedaan pH yang digunakan. Menurut Purnomo, (2010) arus listrik merupakan aliran elektron-elektron pada suatu penghantar dalam waktu tertentu. Pada elektrolit, aliran elektron-elektron ini dibawa oleh ion-ion penghantar, dimana semakin rendah pH suatu larutan maka semakin banyak ion yang dihasilkan dan begitu sebaliknya. Semakin rendah pH larutan maka arus yang dihasilkan akan semakin besar karena semakin banyak ion yang dapat dihasilkan sehingga kemampuan menghantarkan elektron akan semakin baik dan semakin tinggi pH larutan maka arus listrik yang

dihasilkan akan semakin kecil karena ion yang dihasilkan semakin sedikit sehingga kemampuan menghantarkan elektron pun akan semakin lemah.

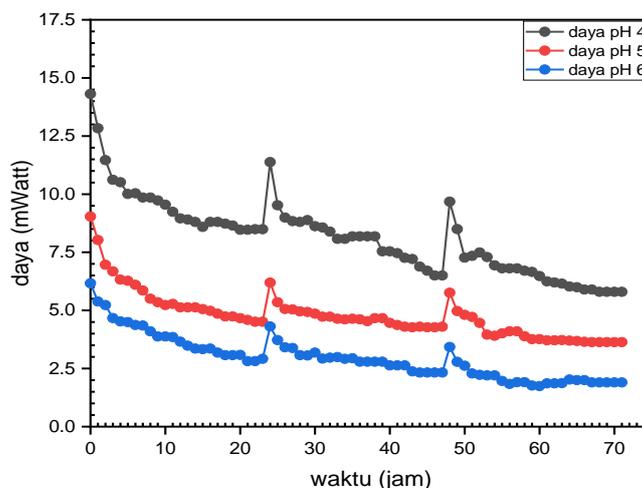
Hasil arus (I) yang diperoleh penelitian ini pun hampir serupa dengan penelitian Pauzi et al. (2021) pada nilai arus (I) awal yang dihasilkan, dimana nilai arus (I) 1 jam pertama pada penelitian tersebut memperoleh nilai I sebesar 5,56 mA sedangkan pada penelitian ini arus (I) yang didapat sebesar 5,34 mA, memiliki selisih 0,22 mA dengan penelitian Pauzi et al. (2021). Pada jam ke-72 nilai arus (I) yang dihasilkan memiliki selisih yang cukup besar, yang dihasilkan penelitian Pauzi et al. (2021) yakni sebesar 5,48 mA dan pada penelitian ini menghasilkan arus (I) sebesar 2,32 mA, memiliki selisih sebesar 3,16 mA.



Gambar 6. Hubungan antara nilai R_{in} terhadap waktu

Grafik pada **Gambar 6** menunjukkan bahwa nilai hambatan dalam (R_{in}) yang dihasilkan sistem dengan elektrolit air laut-larutan *acid zinc* dengan variasi pH 4 lebih besar dibanding dengan pH 5 dan 6. Nilai R_{in} yang dihasilkan oleh sistem dengan elektrolit air laut-larutan *acid zinc* variasi pH 4, 5 atau 6 mengalami kenaikan karena adanya korosi pada elektrode yang menjadi hambatan dalam sel. Semakin lama korosi yang terjadi semakin besar sehingga nilai R_{in} akan semakin besar pula. Hal ini juga sesuai dengan nilai OCV, CCV dan I yang diperoleh bila berdasarkan dengan Hukum Ohm, yaitu nilai hambatan berbanding terbalik dengan nilai tegangan dan arusnya. Nilai R_{in} pada pH 4 secara umum lebih rendah dibandingkan dengan pH 5 dan pH 6, akan tetapi pH 6 memiliki fluktuasi yang lebih stabil, dan menurut Nurbani (2018) semakin tinggi pH akan semakin rendah nilai laju korosinya Sehingga variasi pH 6 memiliki laju korosi yang lebih rendah dibandingkan dengan variasi pH 4 dan 5.

Hasil hambatan dalam (R_{in}) dari penelitian ini hampir serupa dengan penelitian oleh Pauzi et al. (2021). Pada penelitian tersebut nilai hambatan dalam (R_{in}) pada 1 jam pertama yang dihasilkan sebesar 0,236 K Ω sedangkan pada penelitian ini memiliki nilai R_{in} sebesar 0,275 K Ω , hanya memiliki selisih 0,085 K Ω . Pada jam ke-72 nilai hambatan dalam (R_{in}) yang dihasilkan pada penelitian Pauzi et al. (2021) sebesar 0,239 K Ω dan pada penelitian ini menghasilkan hambatan dalam (R_{in}) sebesar 0,466 K Ω , memiliki selisih 0,227 K Ω .



Gambar 7. Hubungan antara nilai P terhadap waktu.

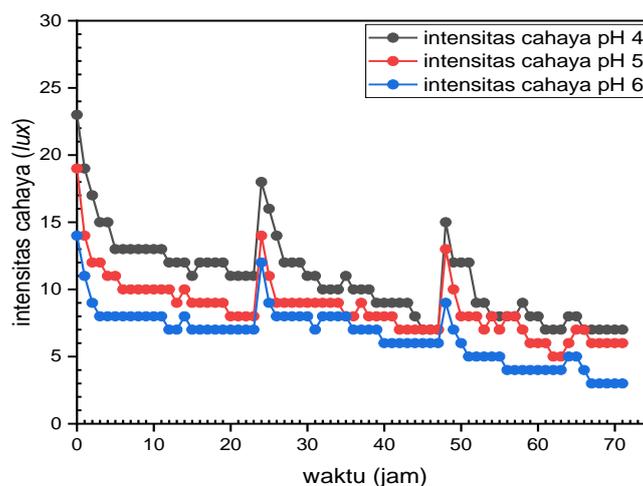
Grafik pada **Gambar 7** menunjukkan bahwa nilai daya (P) maksimum pada larutan *acid zinc* variasi pH 4, 5 dan 6 berturut-turut sebesar 14,311 mWatt, 9,037 mWatt dan 6,166 mWatt, sedangkan nilai P setelah 72 jam berturut-turut sebesar 5,8 mWatt, 3,636 mWatt dan 1,904 mWatt. Nilai P yang dihasilkan pada larutan *acid zinc* pH

4 lebih besar dibanding dengan pH 5 dan pH 6, keadaan ini terjadi karena nilai P merupakan hasil perkalian antara nilai CCV dengan nilai I yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai CCV dan I maka semakin besar juga nilai P yang dihasilkan dan begitupun sebaliknya. Berbanding terbalik dengan nilai R_{in} , nilai P yang dihasilkan pH 4, 5 dan 6 semakin lama semakin menurun. Hal ini terjadi karena adanya korosi pada elektrode yang menyebabkan berkurangnya energi listrik yang dihasilkan.

Hasil daya (P) pada 1 jam pertama yang diperoleh penelitian ini memiliki nilai yang hampir serupa dengan penelitian yang dilakukan Pauzi et al. (2021). Pada penelitian Pauzi et al. (2021) daya (P) yang diperoleh pada 1 jam pertama yakni sebesar 15,179 mWatt, memiliki selisih 0,868 mWatt dengan penelitian ini. Sedangkan pada jam ke-72 diperoleh nilai daya (P) sebesar 14,796 mWatt dan memiliki selisih 8,996 mWatt dengan penelitian ini.

Intensitas Cahaya

Data hasil penelitian diperoleh intensitas cahaya yang dihasilkan oleh larutan *acid zinc* variasi pH 4, 5 dan 6 selama 72 jam dengan beban LED 20 buah dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Hubungan antara nilai intensitas cahaya terhadap waktu

Grafik pada **Gambar 8** menunjukkan bahwa nilai intensitas cahaya pada satu jam pertama (maksimum) yang dihasilkan larutan *acid zinc* variasi pH 4, pH 5 dan pH 6 berturut-turut adalah 23, 19 dan 14, sedangkan nilai pada jam ke-72 adalah 7, 6 dan 3. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai intensitas cahaya yang dihasilkan larutan *acid zinc* pH 4 lebih besar dibandingkan dengan pH 5 dan pH 6. 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 akan semakin besar.

3.3 Laju Korosi Elektrode

Pada penelitian ini dilakukan juga pengambilan data massa elektrode Zn menggunakan larutan *acid zinc* dengan pH 4, 5 dan 6. Data tersebut digunakan untuk menghitung laju korosi dari masing-masing anode Zn dengan metode kehilangan massa. Berikut ini gambar anode Zn yang telah digunakan selama 3 hari pada variasi pH 4 (**Gambar 9**), pH 5 (**Gambar 10**) dan pH 6 (**Gambar 11**).



(a)



(b)



(c)

Gambar 9. Elektrode Zn setelah penggunaan selama 3 hari (a) larutan *acid zinc* pH 4, (b) larutan *acid zinc* pH 5 dan (c) larutan *acid zinc* pH 6

Gambar 9 (a) terlihat bahwa permukaan anode Zn pada larutan *acid zinc* pH 4 sudah terlihat beberapa bagian yang sudah terjadi pengelupasan. Sudah terjadi korosi tetapi kondisi elektrode dapat dikatakan masih baik karena tidak banyak mengalami pengelupasan, hanya sekitar 5,1% yang mengalami pengelupasan. **Gambar 9 (b)** menunjukkan elektrode Zn pada larutan pH 5 terlihat lebih gelap dan terjadi pengelupasan dipermukaannya lebih sedikit dibandingkan dengan larutan *acid zinc* pH 4, hanya sekitar 4,8% yang mengalami pengelupasan. Pada **Gambar 9 (c)** terlihat permukaan anode Zn larutan *acid zinc* pH 6 yang lebih bersih dan sedikit sekali pengelupasan di permukaannya dibandingkan dengan larutan *acid zinc* pH 4 dan pH 5, hanya sekitar 2,9% yang mengalami pengelupasan.

Laju korosi diperoleh dengan pengukuran massa sebelum dan sesudah digunakan untuk menghasilkan listrik dengan hambatan 20 LED dan hasil perhitungan laju korosi anode Zn pada berbagai pH dapat dilihat pada **Tabel 1-Tabel 3**.

Tabel 1. Laju korosi anode Zn pada variasi pH 4 selama 3 hari

Elektrode ke-	K	$m_0(\text{gram})$	$m_1(\text{gram})$	$\Delta m(\text{gram})$	$r(\text{mm/year})$
1	87600	4,022	3,837	0,185	0,901
2	87600	3,995	3,785	0,210	1,022
3	87600	4,068	3,892	0,176	0,857
4	87600	4,028	3,873	0,155	0,755
5	87600	4,138	3,923	0,215	1,047
Rata-rata					0,916

Tabel 2. Laju korosi anode Zn pada variasi pH 5 selama 3 hari

Elektrode ke-	K	$m_0(\text{gram})$	$m_1(\text{gram})$	$\Delta m(\text{gram})$	$r(\text{mm/year})$
1	87600	4,086	3,954	0,132	0,643
2	87600	4,069	3,965	0,104	0,506
3	87600	4,088	3,968	0,120	0,584
4	87600	4,033	3,927	0,106	0,516
5	87600	4,045	3,847	0,198	0,964
Rata-rata					0,643

Tabel 3. Laju korosi anode Zn pada variasi pH 6 selama 3 hari

Elektrode ke-	K	m ₀ (gram)	m ₁ (gram)	Δm(gram)	r(mm/year)
1	87600	4,092	3,979	0,113	0,550
2	87600	4,077	3,981	0,096	0,467
3	87600	4,151	4,030	0,121	0,589
4	87600	4,068	3,991	0,077	0,375
5	87600	3,956	3,876	0,080	0,389
Rata-rata					0,474

Tabel 1, **Tabel 2** dan **Tabel 3** menunjukkan nilai laju korosi rata-rata anode Zn pada larutan *acid zinc* dengan variasi pH 4, 5, dan 6. Nilai yang diperoleh berturut-turut yakni 0,916 mm/year, 0,643 mm/year, dan 0,474 mm/year. Nilai tersebut menunjukkan nilai korosi terbesar dihasilkan oleh larutan *acid zinc* dengan variasi pH 4. Berbeda dengan larutan *acid zinc* pH 6 yang sedikit mengalami korosi. Hal tersebut dikarenakan semakin rendah pH yang digunakan pada suatu larutan maka semakin banyak ion yang dihasilkannya sehingga kemampuan menghantarkan elektron akan semakin baik, dengan kata lain larutan tersebut memiliki konduktivitas yang lebih tinggi dan begitu sebaliknya (Atina, 2015). Larutan dengan konduktivitas yang tinggi akan mengakibatkan reaksi korosi berlangsung dengan cepat sehingga akan meningkatkan laju korosi (Hakim, 2011). Semakin rendah pH maka akan semakin tinggi laju korosinya dan semakin tinggi pH yang digunakan akan semakin rendah laju korosi yang dihasilkan (Nurbani, 2018).

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa dengan penggunaan larutan *acid zinc* dengan pH yang lebih rendah akan meningkatkan karakteristik elektrik dari sel volta serta meningkatkan nilai laju korosi yang dihasilkan serta pemanfaatan larutan *acid zinc* membuat peluang untuk meregenerasi anode Zn dilihat dari karakteristik elektrik yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan penelitian yang menggunakan elektrolit air laut pada kedua kompartemennya.

5. Daftar Pustaka

- Amanto, H. dan Daryanto. (1999). *Ilmu Bahan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Ansari, I., Indra, B. W., Nurohmahwati, F., dan Zakaria, I. (2017) Pengaruh Waktu dan Luas Permukaan Terhadap Ketebalan Produk Pada Elektroplating *Acid Zinc*. *Jurnal Teknik kimia*. Tangerang Selatan: Universitas Pamulang. 1(1), 1-6.
- Atina. (2015). Tegangan dan Kuat Arus Listrik dari Sifat Asam Buah. *Sainmatika*. 12(2), 28-42.
- Badea, G. E., Corbu, I., Caraban, A., dan Cret. P. (2007). *Seawater Electrolysis for Hydrogen Production*. *Revue Roumaine de Chimie*. (54)1, 55-61.
- Einar, B. (2003). *Corrosion and Protection*. Norway: Springer.
- Hakim, A. A. (2011). Pengaruh Inhibitor Korosi Berbasis Senyawa Felonik untuk Proteksi Pipa Baja Karbon pada Lingkungan 0.5, 1.5, 2.5, 3.5% NaCl yang Mengandung Gas CO₂. *Skripsi*. Depok: Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM. *Jurnal IPTEK*. 19(2), 71-91.
- Kuwahara. (2001). *Geologi laut*. Jakarta: Erlangga.
- Nurbani, M. P. (2018). Analisa Pengaruh pH Terhadap Laju Korosi Baja S45c Hasil Galvanisasi Celup Panas Dengan Metode Kehilangan Berat. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.
- Pangestu, S. S. (2018). Analisis Laju Korosi Pada Sistem Energi Listrik Alternatif Berbasis Elektrolit Air Laut. *JURNAL Teori dan aplikasi fisika*. 6(1), 11-19.
- Pauzi, G. A., Arwaditha, R. K., dan Supriyanto, A. (2017). Desain dan Realisasi Akumulator Elektrolit Air Laut Dengan Penambahan *Sodium Bicarbonate* (NaHCO₃) Sebagai Sumber Energi Alternatif. *JURNAL Teori dan aplikasi fisika*. 8(2), 78-82.
- Pauzi, G. A., Anwar, S., Supriyanto, A., dan Suciwati, S. W. (2021). Analisis Jembatan Garam Campuran Alumina dan Kalsium Karbonat Pada Karakteristik Elektrik Pembangkit Listrik Sel Galvanis dengan Elektrolit Air Laut. *Journal of Energy, Material and Instrumentation Technology*. 2(4), 78-85.
- Pauzi, G. A., Hudaya, E., Supriyanto, A., Warsito, dan Surtono, A. (2016). Analisis Uji Karakteristik Elektrik Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika dan Aplikasinya IV*. 4, 1-8.
- Purnomo. (2010). Pengaruh Keasaman Buah Jeruk Terhadap Konduktivitas Listrik. *ORBITH*. 6(2), 276-281.
- Vlack, L.H. (1992). *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie, M.E., M.Met. Jakarta: Erlangga.

- Wicaksono, D., Bhakti, T. L., Taruno, R. B., Subroto, M. R. S., dan Mustikasari, A. (2021). Sistem Sensor Untuk Pemantauan Kadar Oksigen Terlarut Berbasis Galvanic Pada Kolam Budidaya Ikan Air Tawar. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*. 9(2), 83-89.
- Winston, R. R. (2008). *Corrosion And Corrosion Control An Introduction To Corrosion Science And Engineering Fourth Edition*. A John Wiley & Sons, Inc.
- Yulianti, D., Supriyanto, A., dan Pauzi, G. A. (2017). Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 5(1), 49-57.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN FISIKA**

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No.1 Bandar Lampung 35145 <http://fisika.fmipa.unila.ac.id>
Telp. 0721-704625 - Fax. 0721-704625

ISSN 2747-2043

