

**ANALISIS PEMANFAATAN VARIASI KONSENTRASI ALUMINA DAN  
CARBON DALAM JEMBATAN GARAM PADA SEL ELEKTROKIMIA  
 $\text{Zn}|\text{Zn}^{2+}_{(\text{Aq})}||\text{Ag}^{+}_{(\text{Aq})}|\text{Cu}(\text{Ag})$  DENGAN ELEKTROLIT AIR LAUT DAN  
*ACID ZINC* SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF**

(Skripsi)

Oleh

**Mayang Shavira**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### ANALISIS PEMANFAATAN VARIASI KONSENTRASI ALUMINA DAN CARBON DALAM JEMBATAN GARAM PADA SEL ELEKTROKIMIA $Zn|Zn^{2+}_{(Aq)}||Ag^{+}_{(Aq)}|Cu(Ag)$ DENGAN ELEKTROLIT AIR LAUT DAN *ACID ZINC* SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Oleh

MAYANG SHAVIRA

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan variasi jembatan garam pada sel volta dua kompartemen dengan electrode Cu(Ag)-Zn terhadap nilai karakteristik elektrik yang dihasilkan. Pasangan Cu(Ag)-Zn digunakan untuk menghasilkan tegangan dan arus dalam sel dengan elektrolit air laut dan *acid zinc*. Dua kompartemen dibatasi dengan jembatan garam yang terbuat dari  $Al_2O_3$  (aluminium oksida), dan Carbon, NaCl (air laut) yang terlarut dalam semen putih tiga roda. Sel volta terdiri dari 4 sel yang tersusun secara seri yang setiap sel terisi dengan  $\pm 200$  ml air laut (bagian katode) dan  $\pm 200$  ml larutan *acid zinc* (bagian anode). Sel volta diukur dengan multimeter setiap 1 jam sekali selama 3 hari. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa variasi jembatan garam carbon 12 gram memiliki nilai karakteristik elektrik yang paling besar.

**Kata kunci:** Air laut, jembatan garam, larutan *acid zinc*, sel volta

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF UTILIZATION OF VARIATION OF ALUMINA AND CARBON CONCENTRATIONS IN SALT BRIDGES IN ELECTROCHEMICAL CELLS $Zn/Zn^{2+}_{(aq)}//Ag^{+}_{(aq)}|Cu(Ag)$ WITH ELECTROLYTE SEAWATER AND ZINC ACID AS ALTERNATIVE ENERGY SOURCES**

**By**

**MAYANG SHAVIRA**

*This study was conducted to analyze the comparison of variations in the salt bridge in a two-compartment voltaic cell with a Cu(Ag)-Zn electrode on the resulting electrical characteristics. The Cu(Ag)-Zn pair is used to generate voltage and current in the cell with seawater electrolyte and zinc acid. The two compartments are lined with a salt bridge made of  $Al_2O_3$  (aluminum oxide), and Carbon, NaCl (seawater) dissolved in Tiga Roda white cement. The voltaic cell consists of 4 cells arranged in series, each cell filled with  $\pm 200$  ml of seawater (cathode part) and  $\pm 200$  ml of acid zinc solution (anode part). The voltaic cell was measured with a multimeter every 1 hour for 3 days. Based on the research that has been done, it can be concluded that the variation of the carbon salt bridge with a concentration of 12 grams has the greatest electrical characteristic value.*

*Keywords: seawater, salt bridge, zinc acid, voltaic cell*

**ANALISIS PEMANFAATAN VARIASI KONSENTRASI ALUMINA DAN  
CARBON DALAM JEMBATAN GARAM PADA SEL ELEKTROKIMIA  
 $Zn|Zn^{2+}_{(aq)}||Ag^{+}_{(aq)}|Cu(Ag)$  DENGAN ELEKTROLIT AIR LAUT DAN  
ACID ZINC SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF**

**Oleh**

**Mayang Shavira**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**Judul Skripsi** : Analisis Pemanfaatan Variasi Konsentrasi Alumina dan Carbon dalam Jembatan Garam pada Sel Elektrokimia  $Zn|Zn^{2+}(aq)||Ag^+(aq)|Cu(Ag)$  dengan Elektrolit Air Laut dan Acid Zinc sebagai Sumber Energi Alternatif

**Nama Mahasiswa** : Mayang Shavira

**Nomor Pokok Mahasiswa** : 1717041029

**Jurusan** : Fisika

**Fakultas** : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing I

Pembimbing II

**Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP. 19801010 200501 1 002

**Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.**  
NIP. 19710829 199703 2 001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

**Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP. 19801010 200501 1 002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**



**Sekretaris : Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing: Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.**  
**NIP 19740705 200003 1 001**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 6 Februari 2023**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukuman yang berlaku.

Bandar Lampung, 6 Februari 2023  
Penulis.



Mayang Shavira

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Mayang Shavira, dilahirkan di Pondokkaso Tonggoh, Kecamatan Cidahu, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat pada hari Kamis, tanggal 20 Mei 1999. Penulis merupakan anak kedelapan dari Sembilan bersaudara, dari pasangan Bapak Aang Panji Tunggara dan Ibu Siti Maesaroh.

Penulis menyelesaikan Pendidikan di SD Negeri 2 Babakan pada tahun 2011, Diniyah Takmilyah Awaliyah (DTA) Al-Mahmudiyah pada tahun 2011, SMP Negeri 1 Cicurug pada tahun 2014, dan SMA Negeri 1 Cicurug pada tahun 2017. Penulis diterima di jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur penerimaan SNMPTN. Selama menempuh pendidikan, penulis pernah aktif dalam kegiatan organisasi seperti menjadi anggota bidang Kaderisasi tahun 2018-2019. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2020 di Desa Cisalada, Kecamatan Cigombong, Kabupaten Bogor. Pada tahun 2021 penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Fisika Inti dan Eksperimen dan Laboratorium Material di Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Lampung dengan judul “Pembuatan Alat Ukur Voltmeter Digital Sederhana Berarus Bolak Balik (AC) dan Berarus Searah (DC)”



## MOTTO

"Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatu apa pun, dan Dia memberimu pendengaran, penglihatan, dan hati agar kamu bersyukur."

(Q.S An-Nahl: 78)

"Di mana saja kamu berada, kematian akan mendapatkanmu, kendati pun kamu berada dalam benteng yang tinggi dan kukuh."

(Q.S An-Nisa: 78)

"Try not to become a man of success, but rather try to become a man of value".

(Albert Einstein)

"Kehidupan itu seperti langit yang selalu bergerak dan berubah."

(Tanjirou Kamado)

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

### **PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbil'alamiin, karya ini kupersembahkan kepada:

Orang tuaku:

**Alm. Bapak Aang Panji Tenggara**

dan

**Mama Siti Maesaroh**

Terima kasih atas semua kasih sayang, doa tulus, dukungan, perjuangan, pengorbanan, keridhoan dan kesabarannya yang membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir dengan baik.

**Kakak-kakakku dan Adikku Tersayang**

Terima kasih karena selalu memberikan dukungan, semangat dan pengorbanan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Pemanfaatan Variasi Konsentrasi Alumina dan Carbon dalam Jembatan Garam pada Sel Elektrokimia  $Zn|Zn^{2+}_{(Aq)}||Ag^{+}_{(Aq)}|Cu(Ag)$  dengan Elektrolit Air Laut dan Acid Zinc sebagai Sumber Energi Alternatif**” yang merupakan syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada bidang Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa dalam penyajian skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya. Aamiin.

Bandar Lampung, 6 Februari 2023

Mayang Shavira

## SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas karunia-Nya penulis masih diberikan kesempatan menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Pemanfaatan Variasi Konsentrasi Alumina dan Carbon dalam Jembatan Garam pada Sel Elektrokimia  $Zn|Zn^{2+}_{(Aq)}||Ag^{+}_{(Aq)}|Cu(Ag)$  dengan Elektrolit Air Laut dan *Acid Zinc* sebagai Sumber Energi Alternatif**”. Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. sebagai Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, motivasi, nasihat serta ilmunya.
2. Ibu Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si. sebagai Pembimbing Kedua yang senantiasa membimbing dan memberi pemahaman serta memberikan arahan dalam melakukan penelitian sampai menyelesaikan skripsi.
3. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. sebagai dosen Penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan dalam penulisan skripsi.
4. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan bimbingan, nasihat, saran dan motivasi yang membangun selama perkuliahan.

5. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah banyak membekali ilmu bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
8. Kedua orang tua dan kakak-kakakku tersayang Neng Hernawati, Alm. Wawan Hendrawan, Erwin PS, Heru Nugraha, Angga Afrizal, Allisa Yuniar, dan Reynaldi Pamungkas, adikku Abi Mulki Maulana, yang selalu memberikan motivasi, dukungan, pengorbanan serta doa untuk penulis.
9. Sahabat-sahabat yang aku sayangi Jessy Oktayulia Sari, Anies Lutfiana, Maya Oktia Sari, sahabat SMA dan SMP yang selalu ada disaat senang dan susah untuk memberikan dukungan, motivasi dan semangat dalam menyelesaikan skripsi.
10. Teman-teman Fisika 2017 terima kasih atas kebersamaan, keceriaan, suka duka selama masa perkuliahan dan teman terdekatku Dimas B Novaldi yang membantu, menyemangati dan mengingatkan dari sebelum perkuliahan dimulai sampai selesai
11. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dan mendukung penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Semoga kebaikan yang sudah diberikan mendapat balasan dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Bandar Lampung, 6 Februari 2023  
Penulis,

Mayang Shavira

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	ii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	viii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>SAWACANA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
1.5. Batasan Masalah.....	5

## II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait .....	6
2.2. Dasar Teori .....	8
2.2.1. Sel Volta.....	8
2.2.2. Jembatan Garam.....	10
2.2.3. Sel Elektrokimia.....	12
2.2.4. Elektrolit .....	13
2.2.5. Elektroda .....	14
2.2.6. Elektroplating.....	15
2.2.7. Tembaga (Cu) .....	17
2.2.8. Perak (Ag).....	18
2.2.9. Seng (Zn) .....	19
2.2.10. Karbon (C) .....	19

## III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
3.2. Alat dan Bahan .....	22
3.3. Prosedur Penelitian .....	24
3.3.1. Perancangan dan Pembuatan Sel Volta.....	25
3.3.2. Proses Elektroplating Ag dan Cu .....	26
3.3.3. Pembuatan Jembatan Garam .....	26
3.3.4. Pembuatan larutan <i>Acid Zinc</i> .....	28
3.3.5. Pengujian Sistem.....	28
3.4. Rancangan Data Hasil Penelitian.....	28

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Realisasi Sistem Sel Volta .....	33
4.2. Hasil Penelitian .....	34

## V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan .....	48
5.2. Saran .....	49

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1.</b> Rangkaian sel volta dengan jembatan garam .....	11
<b>Gambar 2.2.</b> Rangkaian alat elektroplating.....	16
<b>Gambar 3.1.</b> Diagram Alir Penelitian.....	24
<b>Gambar 3.2.</b> Desain satu sel volta.....	25
<b>Gambar 3.3.</b> Desain susunan sel volta .....	25
<b>Gambar 3.4.</b> Elektroplating Ag pada Cu .....	26
<b>Gambar 3.5.</b> Sel kompartemen dengan jembatan garam.....	27
<b>Gambar 3.6.</b> Rangkaian untuk mengukur nilai (a) $V_{bl}$ dan (b) $V_b$ .....	29
<b>Gambar 3.7 (a).</b> Grafik pengukuran $V_{bl}$ terhadap waktu.....	31
<b>(b).</b> Grafik pengukuran $V_b$ terhadap waktu.....	31
<b>Gambar 3.8 (a).</b> Grafik pengukuran kuat arus terhadap waktu.....	32
<b>(b).</b> Grafik pengukuran intensitas cahaya terhadap waktu.....	32
<b>Gambar 3.9 (a).</b> Grafik pengukuran hambatan terhadap waktu.....	32
<b>(b).</b> Grafik pengukuran daya terhadap waktu.....	32
<b>Gambar 4.1.</b> Realisasi sistem sel volta.....	33
<b>Gambar 4.2 (a).</b> Hubungan antara nilai $V_{bl}$ $Al_2O_3$ terhadap waktu .....	35
<b>(b).</b> Hubungan antara nilai $V_{bl}$ Carbon terhadap waktu.....	35



<b>Gambar 4.3 (a).</b> Hubungan antara nilai $V_b$ $Al_2O_3$ terhadap waktu.....	36
<b>(b).</b> Hubungan antara nilai $V_b$ Carbon terhadap waktu.....	36
<b>Gambar 4.4 (a).</b> Hubungan nilai arus $Al_2O_3$ terhadap waktu.....	38
<b>(b).</b> Hubungan nilai arus carbon terhadap waktu.....	38
<b>Gambar 4.5.</b> Contoh intensitas yang dihasilkan.....	39
<b>Gambar 4.6 (a).</b> Hubungan nilai intensitas cahaya $Al_2O_3$ terhadap waktu.....	40
<b>(b).</b> Hubungan nilai intensitas cahaya carbon terhadap waktu.....	40
<b>Gambar 4.7 (a).</b> hubungan antara nilai $R_{in}$ $Al_2O_3$ terhadap waktu.....	42
<b>(b).</b> hubungan antara nilai $R_{in}$ carbon terhadap waktu.....	42
<b>Gambar 4.8 (a).</b> hubungan antara nilai daya $Al_2O_3$ terhadap waktu.....	43
<b>(b).</b> hubungan antara nilai daya carbon terhadap waktu .....	43
<b>Gambar 4.9 (a).</b> Perbandingan nilai $V_{bl}$ alumina dan carbon.....	44
<b>(b).</b> Perbandingan nilai $V_b$ alumina dan carbon.....	44
<b>Gambar 4.10.</b> Perbandingan nilai arus alumina dan carbon.....	45
<b>Gambar 4.11.</b> Perbandingan intensitas cahaya alumina dan carbon.....	46
<b>Gambar 4.12 (a).</b> Perbandingan nilai hambatan alumina dan carbon.....	47
<b>(b).</b> Perbandingan nilai daya alumina dan carbon.....	47

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 2.1.</b> Nilai potensial elektrode.....	10
<b>Tabel 3.1.</b> Konsentrasi Jembatan Garam Alumina.....	27
<b>Tabel 3.2.</b> Konsentrasi Jembatan Garam Carbon.....	27
<b>Tabel 3.3.</b> Data pengukuran karakteristik energi listrik dengan jembatan garam Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	30
<b>Tabel 3.4.</b> Data pengukuran karakteristik energi listrik dengan jembatan garam Carbon.....	30
<b>Tabel 3.5.</b> Hasil perhitungan karakteristik energi listrik jembatan garam Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	31
<b>Tabel 3.6.</b> Hasil perhitungan karakteristik energi listrik jembatan garam Carbon.....	31

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi sangat penting dalam kehidupan masyarakat karena hampir semua aktivitas manusia selalu membutuhkan energi. Sumber energi yang diserap lambat laun semakin menipis dan akan habis. Energi yang banyak dipakai saat ini adalah energi fosil, yaitu sumber energi yang akan habis dan tidak dapat diperbarui. Oleh karena itu, demi memenuhi kebutuhan energi listrik, pengembangan-pengembangan energi listrik mulai diambil dari energi alternatif salah satunya air laut.

Air laut merupakan salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan. Air laut mengandung unsur Natrium Klorida ( $\text{NaCl}$ ) yang tinggi dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Prastuti, 2017). Secara kimia, air laut merupakan elektrolit yang menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan proses elektrokimia (Prastuti, 2017). Elektrokimia merupakan ilmu kimia yang mempelajari hubungan antara energi listrik dan proses kimia. Untuk menghasilkan energi listrik, jenis sel elektrokimia yang digunakan adalah sel volta. Sel volta suatu elektrolit air laut diberikan dua buah logam sebagai elektroda yang terhubung satu sama lain dan memiliki beda potensial yang menghasilkan energi listrik (Riyanto, 2013).

Penggunaan air laut sebagai elektrolit pada sel volta telah banyak diteliti. Berdasarkan penelitian yang diteliti dilakukan oleh Aristian (2016), dengan menggunakan elektroda Cu-Zn menghasilkan energi listrik alternatif dari air laut. Susunan sel elektrokimia air laut yang tersusun secara seri menghasilkan karakteristik elektrik yang semakin besar sebanding dengan jumlah sel yang digunakan, tetapi semakin lama waktu pengambilan data nilai karakteristik elektrik yang dihasilkan semakin menurun. Salah satu penyebab penurunan nilai karakteristik elektrik, yaitu terjadinya korosi pada elektroda.

Pemanfaatan sel volta merupakan hasil terapan sel elektrokimia untuk menghasilkan teknologi energi terbarukan (Harahap, 2016). Sel volta pada satu sel menyebabkan transfer elektron terjadi secara cepat menyebabkan korosi karena perbedaan potensial yang berada dalam suatu lingkungan elektrolit (Bardal, 2003 dan Wibowo, 2016). Oleh karena itu, diperlukan metode untuk menghambat terjadinya korosi pada sel volta dengan pengendalian laju transfer elektron dengan cara pelapisan seng Zn (Ansari dkk, 2017 dan Prabhu dkk, 2012). Pelapisan seng Zn dapat menggunakan prinsip jembatan garam pada sel elektrokimia salah satunya dengan memisahkan elektrolit air laut elektroda Zn dan elektroda Cu dalam dua sel yang berbeda. Jika sel air laut dipisahkan maka tidak terjadi aliran listrik, sehingga pada sel elektrokimia diperlukan jembatan garam supaya ion-ion dalam larutan seimbang dan terjadi perubahan kimia menjadi perubahan listrik (Chang, 2003).

Jembatan garam memiliki fungsi untuk menyetarakan kation dan anion dalam larutan. Adapun syarat jembatan garam yaitu bisa dilewati ion dan hanya sedikit melewati pelarut (Arizal dkk, 2017). Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Akbar dkk

(2017) membuat sel volta dengan bantuan jembatan garam menggunakan bakteri sebagai katalis untuk menghasilkan arus listrik dan Haq dkk (2018) membuat sel volta dengan bantuan jembatan garam untuk aplikasi pembangkit listrik menggunakan energi garam sebagai elektrolit. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa adanya jembatan garam pada sel volta menyebabkan aliran elektron dalam larutan seimbang sehingga menghasilkan arus listrik.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, Rizki (2019) telah berhasil membuat sel elektrokimia pada sel volta tanpa menggunakan bantuan jembatan garam dengan elektroda berbentuk plat Cu(Ag)-Zn untuk mengetahui karakteristik elektrik listrik dari air laut. Kekurangan dari penelitian ini karakteristik elektrik yang dihasilkan semakin berkurang karena terjadi pelepasan elektroda Zn akibat korosi. Penelitian ini kemudian diperbaiki oleh Anjarwati (2019). Penelitian ini merancang sel volta dengan bantuan jembatan garam menggunakan elektroda Cu(Ag)-Zn berbentuk serabut Cu (tembaga) dan menambahkan jembatan garam NaCl dan KCl dalam proses elektrokimia. Penelitian ini berhasil, pasangan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan penambahan jembatan garam lebih tahan terhadap korosi dari air laut.

Pada penelitian ini, elektroda pada katoda yang digunakan yaitu seng (Zn) dan elektroda pada anoda menggunakan tembaga (Cu) yang akan dilapisi dengan perak (Ag) untuk mengurangi tingkat percepatan korosi. Proses pelapisan Cu menggunakan metode elektroplating yang merupakan pelapisan suatu logam dengan logam lainnya dengan menggunakan bantuan arus listrik melalui elektrolit. Kemudian pada penelitian ini menggunakan variasi jembatan garam  $Al_2O_3$  (alumina) dan Carbon yang masing-

masing dicampurkan dengan NaCl dan Semen. Penelitian ini akan dikaji analisis tipe dan konsentrasi jembatan garam pada karakteristik elektrik pembangkit listrik berbahan elektrolit air laut dan larutan *acid zinc*. Hasil analisis ini akan menjadi dasar menghasilkan energi alternatif dari elektroda Cu(Ag)-Zn berbahan elektrolit air laut dan larutan *acid zinc*.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana analisis karakteristik elektrik dari perbandingan variasi konsentrasi jembatan garam  $Al_2O_3$  dan carbon untuk memperoleh energi listrik?
2. Bagaimana karakteristik elektrik pada sel volta saat dilakukan pemberian beban LED pada kedua variasi?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui hasil karakteristik elektrik dari berbagai variasi konsentrasi jembatan garam yang digunakan;
2. Menghasilkan data atau informasi mengenai karakteristik elektrik pada sel volta dua kompartemen sebagai sumber penerangan.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Menghasilkan energi alternatif berbasis air laut dan larutan *acid zinc*;

2. Memperoleh referensi baru tentang sains terkait energi listrik air laut yang dimanfaatkan sebagai sumber penerangan.

### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Penelitian ini dilakukan menggunakan elektroda Cu(Ag)-Zn;
2. Volume elektrolit 200 ml per sel yang tersusun secara seri;
3. Konsentrasi yang digunakan pada jembatan garam  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan Carbon yang masing-masing dicampurkan dengan NaCl dan semen untuk memperoleh energi listrik;
4. Elektrolit diganti setiap 24 jam sekali.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terkait

Penelitian tentang energi listrik alternatif menggunakan air laut dilakukan Aristian (2016). Metode yang digunakan, yaitu metode sel volta dengan air laut sebagai larutan elektrolit. Pasangan electrode yang digunakan Cu-Zn, jumlah sel yang digunakan adalah 40 sel, waktu pengambilan data setiap 1 jam sekali selama 72 jam, dan dilakukan pengisian dan pengosongan air setiap 24 jam. Hasil dari penelitian ini menunjukkan semakin banyak jumlah sel yang digunakan, maka karakteristik yang dihasilkan semakin besar tetapi semakin lama waktu pengambilan data nilai karakteristik elektrik yang dihasilkan semakin menurun. Salah satu penyebab penurunan nilai karakteristik elektrik, yaitu terjadinya korosi pada elektroda. Kekurangan dari penelitian ini yaitu sistem pengisian pengosongan air laut belum maksimal dan tidak diketahui laju korosi dari elektroda tersebut.

Penelitian yang sama telah dilakukan Arwadhita (2017), pada penelitian ini setiap sel menggunakan 4 pasangan elektroda Cu-Zn yang dirangkai secara paralel dan ditamhkannya  $\text{NaHCO}_3$  sebagai katalis pada elektolit air laut. Pengambilan data pada air laut tanpa perlakuan dilakukan selama 72 jam, sedangkan pada air laut yang ditamhkan  $\text{NaHCO}_3$  dilakukan selama 5 hari. Nilai karakteristik elektrik yang



dihasilkan semakin lama semakin menurun dan dapat menghidupkan LED selama 3 hari, sedangkan dengan penambahan  $\text{NaHCO}_3$  dapat menghidupkan LED selama 5 hari. Laju korosi elektroda pada air laut semakin lama semakin besar, sedangkan dengan penambahan  $\text{NaHCO}_3$  tidak terjadi korosi. Kekurangan dari penelitian ini adalah karakteristik elektrik yang dihasilkan tidak stabil dan tidak diketahui laju korosi pada elektroda yang digunakan.

Penelitian Rizki (2019) dilakukan untuk menganalisis laju korosi pada elektroda  $\text{Cu}(\text{Ag})\text{-Zn}$  dengan jumlah sel yang digunakan 20 sel dalam system wadah tertutup. Setiap sel diisi dengan air laut yang telah di filter. Penelitian ini menggunakan perlakuan pengendalian korosi dengan metode elektroplating perak ( $\text{Ag}$ ) pada tembaga ( $\text{Cu}$ ) dengan larutan sepuh perak  $\text{AgNO}_3$  0,02 M sebanyak 300 ml sebagai larutan elektrolitnya. Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali selama 72 jam dengan pergantian air laut setiap 24 jam. Pasangan elektroda  $\text{Cu}(\text{Ag})\text{-Zn}$  menghasilkan nilai karakteristik yang lebih besar dan stabil dibandingkan dengan  $\text{Cu}\text{-Zn}$ . Hasil penelitian dibuktikan dari hasil tegangan tanpa beban pada saat awal pengamatan sebesar 17,93 volt, sedangkan 72 jam tegangan tanpa beban diperoleh sebesar 16,75 volt.

Pauzi dkk (2019) menganalisis karakteristik air laut sebagai sumber energi terbarukan. Metode yang dilakukan yaitu pengujian karakteristik air laut sebagai larutan elektrolit  $\text{Cu}(\text{Ag})\text{-Zn}$  sebagai pasangan elektrodanya. Variasi jembatan garam yang digunakan terdiri dari agar yang dilarutkan dengan 0,1 mol  $\text{NaCl}$ , 1 mol  $\text{NaCl}$ , 0,1 mol  $\text{KCl}$  dan 1 mol  $\text{KCl}$ . Volume elektrolit yang digunakan setiap sel yaitu  $\pm$  300 ml terdiri dari 20 Sel volta yang tersusun secara seri dan menggunakan beban lampu LED DC 3 watt 12 volt.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jembatan garam NaCl 1 mol menghasilkan karakteristik listrik dan laju korosi yang lebih tinggi pada elektroda Zn.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penelitian ini dibuat sistem sel volta dua kompartemen yang terdiri dari 4 sel yang tersusun secara seri dengan wadah tertutup dengan elektrolit air laut dan larutan *acid zinc* dengan elektrode Cu(Ag)-Zn. Penelitian ini akan dilakukan analisis dan variasi konsentrasi jembatan garam pada karakteristik elektrik pembangkit listrik berbahan elektrolit air laut dan larutan *acid zinc*. Hasil analisis ini akan menjadi dasar menghasilkan energi alternatif dari elektroda Cu(Ag)-Zn dengan jembatan garam Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Carbon.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Sel Volta**

Sel volta atau disebut juga sel galvani merupakan sel elektrokimia yang menghasilkan energi listrik karena adanya reaksi kimia yang dapat berlangsung dengan sendirinya. Alexander Volta dan Luigi Galvani (1786) merupakan ilmuwan pertama yang melakukan penelitian mengenai sel volta. Bermula dari penemuan baterai yang berasal dari cairan garam (Harahap, 2016). Sel volta pada satu sel menyebabkan transfer elektron terjadi secara cepat menyebabkan korosi karena perbedaan potensial yang berada dalam suatu lingkungan elektrolit (Bardal, 2003 dan Wibowo, 2016). Oleh karena itu, diperlukan metode untuk menghambat terjadinya korosi pada sel volta dengan pengendalian laju transfer elektron dengan cara pelapisan seng Zn (Ansari dkk, 2017 dan Prabhu dkk, 2012). Prinsip kerja sel volta adalah dengan pemisahan dua bagian reaksi redoks, yakni

setengah reaksi oksidasi di anoda dan setengah reaksi reduksi di katoda. Untuk syarat utama sel volta, yaitu adanya elektroda (anoda dan katoda) dan larutan elektrolit. Contoh sel volta, anoda dan katoda dicelupkan dalam suatu zat yang larut ke dalam bentuk ion-ion, hingga menjadi konduktor elektrik yang terhubung oleh jembatan garam. Jembatan garam berfungsi sebagai pemberi suasana netral dari larutan yang menghasilkan listrik (Bird, 1993).

Sel volta dibedakan menjadi tiga jenis, yakni sel volta primer, sel volta sekunder dan sel volta bahan bakar. Sel volta primer merupakan sel volta yang tidak dapat diperbarui (sekali pakai) dan bersifat tidak dapat balik (*irreversible*) contohnya baterai kering. Sel volta sekunder merupakan sel volta yang daya nya dapat diisi ulang dan bersifat dapat balik (*reversible*) ke keadaan semula, contohnya baterai aki. Sel volta bahan bakar adalah sel volta yang tidak dapat diperbarui tetapi tidak habis, contohnya sel campuran bahan bakar pesawat luar angkasa (Mulyono, 2017).

Deret volta disusun berdasarkan daya oksidasi dan reduksi dari masing-masing logam. Urutan deret volta tersebut sebagai berikut:

Li – K – Ba – Sr – Ca – Na – Mg – Al – Zn – Cr – Fe – Cd – Co – Ni – Sn – Pb – H –  
Cu – Hg – Ag – Pt – Au

Pada deret volta, unsur dengan potensial elektroda yang lebih positif ditempatkan dibagian kanan, sedangkan unsur logam dengan potensial elektroda lebih negatif ditempatkan di bagian kiri. Daftar harga potensial elektrode untuk logam-logam yang penting disajikan pada Tabel 2.1.

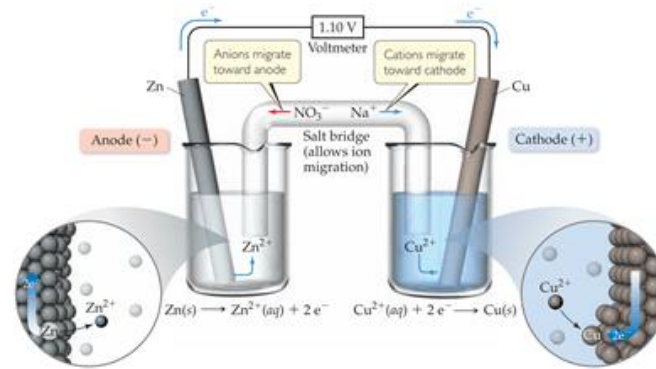
**Tabel 2.1.** Nilai potensial elektrode (Vlack, 1992)

Reaksi reduksi	Logam	E° (volt)
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$	Au	+1,50
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	$2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^-$	Pt	+1,20
$\text{Ag}^+ + \text{e}^-$	Ag	+0,80
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$	$\text{Fe}^{3+}$	+0,77
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$	$4(\text{OH})^-$	+0,40
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$	Cu	+0,34
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2$	0,00
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$	Pb	-0,13
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$	Sn	-0,14
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$	Ni	-0,25
$\text{Se}^{2+} + 2\text{e}^-$	Fe	-0,44
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$	Cr	-0,71
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	Zn	-0,76
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	Al	-1,66
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$	Mg	-2,37
$\text{Na}^+ + \text{e}^-$	Na	-2,71
$\text{K}^+ + \text{e}^-$	K	-2,92
$\text{Li}^+ + \text{e}^-$	Li	-2,96

### 2.2.2. Jembatan Garam

Jembatan garam dalam elektrokimia merupakan suatu peralatan laboratorium yang digunakan untuk menghubungkan setengah sel reduksi dan oksidasi dari suatu sel galvani (sel volta), salah satu jenis sel elektrokimia. Jembatan garam biasanya berupa tabung berbentuk U yang berfungsi untuk menjaga kenetralan muatan listrik pada larutan. Karena konsentrasi larutan elektrolit pada jembatan garam lebih tinggi daripada konsentrasi elektrolit di kedua bagian elektroda, sehingga ion negatif dan ion positif dari jembatan garam berdifusi ke bagian lain yang kelebihan muatan negatif (Hamann dkk, 1998). Jembatan garam memiliki fungsi untuk menyetarakan kation dan anion dalam larutan. Adapun syarat jembatan garam yaitu bisa dilewati ion dan hanya

sedikit melewati pelarut (Arizal dkk, 2017). Jembatan garam dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Rangkaian sel volta dengan jembatan garam (Brown dkk, 2015)

Gambar 2.1. memperlihatkan rangkaian sel galvani dengan dua kompartemen, masing-masing kompartemen merupakan setengah sel. Pada kompartemen kiri, didalam larutan ZnSO<sub>4</sub> terjadi setengah reaksi oksidasi ion Zn menjadi Zn<sup>2+</sup>, Sedangkan pada kompartemen kanan, didalam larutan CuSO<sub>4</sub> terjadi setengah reaksi reduksi ion Cu<sup>2+</sup> menjadi Cu. Logam Zn dan Cu pada sel volta tersebut sebagai elektroda. Logam Zn merupakan tempat terjadinya oksidasi Zn yang disebut sebagai anoda. Sedangkan logam Cu<sup>2+</sup> merupakan tempat terjadinya reduksi ion Cu<sup>2+</sup> yang disebut sebagai katoda. Kedua kompartemen dihubungkan dengan pipa kaca berbentuk U yang berisi larutan garam seperti NaNO<sub>3</sub> atau KCl dalam medium agar-agar yang disebut sebagai jembatan garam. Fungsi jembatan garam adalah untuk menetralkan muatan listrik dari kedua kompartemen setelah reaksi redoks dan menyuplai anion ke kompartemen anoda dan kation ke kompartemen katoda, serta memungkinkan terjadinya migrasi ion-ion pada kedua kompartemen dan membentuk rangkaian listrik tertutup. Gambar 2.2, sel volta menggunakan jembatan garam dengan larutan garam KNO<sub>3</sub>, pada ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> akan

bergerak menuju anoda yang berfungsi untuk menetralkan ion  $Zn^{2+}$  berlebih dari hasil oksidasi Zn, dan ion  $K^+$  akan bergerak menuju katoda yang berfungsi untuk menetralkan ion  $SO_4^{2-}$  berlebih dari larutan  $CuSO_4$  (Brown dkk, 2015).

### **2.2.3. Sel Elektrokimia**

Elektrokimia merupakan ilmu kimia yang mempelajari hubungan antara energi listrik dan proses kimia. Konsep elektrokimia didasari oleh reaksi reduksi-oksidasi dan larutan elektrolit. Reaksi redoks merupakan gabungan dari reaksi reduksi dan oksidasi yang berlangsung pada proses elektrokimia. Pada reaksi reduksi terjadi peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi merupakan peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada media pengantar pada sel elektrokimia (Harahap, 2016). Proses elektrokimia tidak terlepas dari logam yang dicelupkan pada larutan yang disebut sebagai elektroda yang terdiri dari katoda dan anoda. Ada dua jenis sel elektrokimia, yaitu sel galvanik dan sel elektrolit. Metode elektrokimia membutuhkan media pengantar sebagai terjadinya serah terima elektron di suatu sistem reaksi yang dinamakan larutan. Larutan dapat dikategorikan menjadi tiga bagian yakni larutan elektrolit lemah, larutan elektrolit kuat dan larutan bukan elektrolit. Penemuan dan pemahaman reaksi elektrokimia telah memberikan kontribusi untuk mengembangkan sel bahan bakar dan baterai, serta pemahaman logam relatif terhadap satu sama lain dalam elektrolisis dan korosi. Jika reaksi kimia didorong oleh beda potensial, maka secara eksternal disebut elektrolisis. Ada dua prinsip sel elektrokimia:

1. sel yang melakukan kerja dengan melepaskan energi dari reaksi spontan, dan

2. sel yang melakukan kerja dengan menyerap energi dari sumber listrik untuk menggerakkan reaksi non spontan.

Sel elektrokimia baik yang melepas atau menyerap energi selalu melibatkan perpindahan elektron-elektron dari satu senyawa ke senyawa yang lain dalam suatu reaksi oksidasi reduksi (Mulyono, 2017).

#### **2.2.4. Elektrolit**

Elektrolit merupakan suatu zat yang terurai ke dalam bentuk ion-ion. Elektrolit mempunyai sifat asam, basa atau garam. Contohnya ikatan ion NaCl, salah satu jenis garam yaitu garam dapur. NaCl dapat menjadi elektrolit dalam bentuk larutan dan lelehan atau bentuk *liquid* dan *aqueous* (Fariya dan Rejeki, 2015). Air merupakan substansi kimia dengan rumus kimia H<sub>2</sub>O, satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0°C) (Maroon dan Lando, 1998). Molekul air bisa diuraikan menjadi unsur-unsur asalnya dengan mengalirinya arus listrik. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H<sub>2</sub> dan ion hidroksida. Sementara itu pada anoda, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O<sub>2</sub>), melepaskan 4 ion H<sup>+</sup> serta mengalirkan elektron ke katoda. Ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air. Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan (Sunde, 2012). Air laut terdiri dari campuran

96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garam, bahan-bahan organik, gas-gas terlarut, dan partikel-partikel tak terlarut. Air laut berasa asin karena memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Kandungan garam di setiap laut berbeda-beda kandungannya. Apabila air sungai mengalir ke lautan, maka air tersebut membawa garam. Lama-kelamaan air laut menjadi asin karena banyak mengandung garam (Yuningsih dan Masduki, 2011). Karena konsep dasar elektrokimia yaitu adanya pertukaran ion-ion positif dan negatif. Sedangkan garam itu mengandung ion positif dan negatif, semakin banyak kadar garam maka akan menghasilkan energi listrik yang besar (Ramlan dan Pradhani, 2008).

#### **2.2.5. Elektroda**

Elektroda merupakan konduktor yang dapat dilalui arus listrik dari satu media ke media yang lain. Elektroda biasanya terbuat dari logam, seperti tembaga, perak, timah, atau seng, tetapi terdapat juga elektroda yang terbuat dari bahan konduktor listrik non-logam, seperti grafit. Elektroda dapat digunakan dalam baterai, dan industri untuk proses yang melibatkan elektrolisis (Chang, 2003). Pasangan elektroda yang sering dimanfaatkan pada sel elektrokimia yang memiliki kinerja serta keluaran energi listrik yang baik adalah logam tembaga dan Zinc (Hudaya, 2016; Susanto dkk, 2017a; Susanto dkk, 2017b). Menurut Suyatna (2013), pasangan elektroda pada logam Cu dan Zn jika digunakan pada sel elektrokimia maka akan mengalami reaksi reduksi dan oksidasi. Reaksi reduksi adalah reaksi yang terjadi penurunan bilangan oksidasi melalui penangkapan elektron. Reaksi dari elektroda tersebut dapat dilihat seperti berikut.





Sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi yang terjadi peningkatan bilangan oksidasi melalui pelepasan elektron, contohnya:



Reaksi reduksi dan oksidasi terjadi secara simultan, sehingga reaksi diatas menjadi:



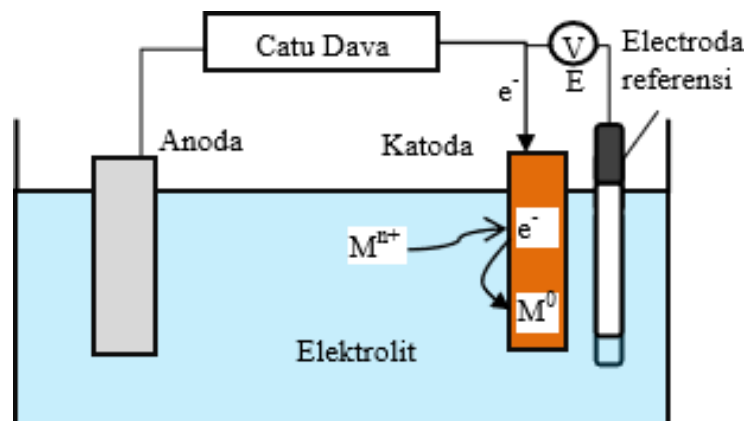
### 2.2.6. Elektroplating

Elektroplating atau penyepuhan merupakan pelapisan suatu logam dengan logam lainnya. Proses elektroplating terjadi adanya proses perpindahan ion logam dengan bantuan listrik melalui larutan elektrolit, sehingga ion logam anoda mengendap pada logam yang akan dilapisi (katoda). Proses elektroplating dikatakan kebalikan dari proses korosi, karena pada proses elektroplating yang mengalami penyusutan adalah bahan pelapis atau anoda, sedangkan yang terjadi pengendapan yaitu pada permukaan katoda atau material yang akan dilapisi (Tauvana, 2016).

Proses elektroplating biasanya dilakukan dalam suatu bejana yang disebut sel elektrolisis yang berisi cairan elektrolit. Diperlukan dua buah elektroda dan sumber arus listrik dalam proses elektroplating. Sumber arus listrik dapat dihasilkan dari suatu sumber arus listrik searah (DC), dapat berupa batu baterai, *accumulator* atau pengubah, arus (*rectifier*) yang dihubungkan dengan kedua elektroda (anoda dan katoda). Anoda terhubung dengan kutub positif sumber arus (+), sedangkan katoda terhubung dengan kutub yang berlawanan (-). Anoda yang digunakan ada yang larut dalam elektrolit, ada

pula yang tidak. Anoda yang tidak larut berfungsi sebagai penghantar arus listrik saja, sedangkan anoda yang larut selain berfungsi sebagai penghantar arus listrik juga berfungsi sebagai bahan pelapis. Ketika arus listrik searah dari sumber arus dialirkan di antara kedua elektroda dalam larutan elektrolit, maka pada anoda akan terjadi pelepasan ion logam dan reduksi oksigen, selanjutnya ion logam tersebut dan gas hidrogen dicelupkan pada katoda (Supriadi dan Fadlil, 2013).

Berikut ini rangkaian alat elektroplating dapat dilihat pada Gambar 2.2.

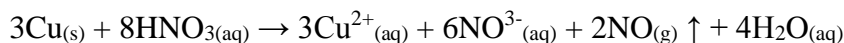


**Gambar 2.2.** Rangkaian alat elektroplating (Widayatno dkk, 2015)

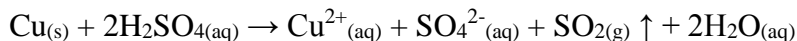
Reaksi reduksi pada permukaan katoda dapat berlangsung karena pergeseran potensial elektroda dari kondisi setimbangnya yang disebabkan oleh dorongan potensial listrik (*potential driving force*) dari catu daya. Perbedaan potensial ini disebut overpotensial ( $\eta$ ). Arus listrik akan mengalir dari anoda ke katoda pada saat elektroda disambungkan ke catu daya (Paunovic dan Schlesinger, 1998). Elektroplating sangat dipengaruhi oleh generasi sel elektrokimia, pH dan konduktivitas larutan elektrolit, konduktivitas elektroda, kinetika reaksi elektrokimia di permukaan elektroda dan transfer massa ion-ion yang bereaksi (Widayatno, 2016).

### 2.2.7. Tembaga (Cu)

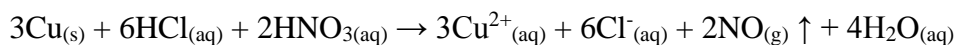
Tembaga merupakan logam yang berwarna merah muda, yang memiliki sifat fisik lunak, dapat ditempa, dan liat. Tembaga dengan simbol Cu, memiliki nomor atom 29, massa atom 63,5 g/mol, konfigurasi elektron  $[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$  yang terdapat pada golongan IB unsur transisi dan melebur pada suhu  $1083^\circ \text{C}$ . Potensial elektroda standar  $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$  adalah positif (+0.43 V), sehingga Cu tidak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya oksigen Cu hanya bisa larut sedikit. Asam nitrat yang sedang (8M) dengan mudah melarutkan tembaga:



Asam sulfat pekat panas juga melarutkan tembaga :



Tembaga mudah juga larut dalam air raja (larutan yang dibuat dari percampuran asam klorida pekat (HCl) dan asam nitrat pekat (HNO) dengan perbandingan 3:1):



Ada dua deret senyawa tembaga, yakni tembaga (I) dan tembaga (II).

Senyawa-senyawa tembaga (I) diturunkan dari tembaga (I) oksida  $\text{Cu}_2\text{O}$  yang merah, dan mengandung ion tembaga (I),  $\text{Cu}^+$ . Senyawa-senyawa tersebut tidak berwarna, kebanyakan garam tembaga (I) tidak dapat larut dalam air dan perilakunya mirip senyawa perak (I). Tembaga (I) mudah dioksidasi menjadi tembaga (II), yang dapat diturunkan dari tembaga (II) oksida,  $\text{CuO}$  yang berwarna hitam. Garam-garam tembaga (II) umumnya berwarna biru, baik dalam bentuk hidrat, padat, maupun dalam larutan-

air. Warna ini benar-benar khas hanya untuk ion *tetraakuokuprat* (II)  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2-}$  saja (Vogel, 1985).

### 2.2.8. Perak (Ag)

Perak merupakan unsur logam dengan nomor atom 47 dan memiliki lambing Ag. Ag murni termasuk kedalam logam transisi yang lunak, berwarna putih dan berkilau. Ag memiliki konduktivitas listrik, panas dan reflektivitas tertinggi diantara semua logam, serta nilai resistansinya yang sangat kecil. Nilai konduktivitas listrik dan panas dari logam Ag mencapai  $6,3 \times 10^7$  S/m dan 429 W/mK. Ag memiliki nilai densitas sebesar 10,49 gr/cm<sup>3</sup>. Ag murni bersifat stabil di udara dan murni di air, tetapi Ag ini dapat tenoda ketika mengenai ozon, hydrogen sulfida, atau udara yang mengandung sulfur. Ag banyak digunakan untuk perhiasan, koin, alat fotografi dan lainnya.

Perak (Ag) merupakan logam yang bernilai ekonomi yang telah lama digunakan dalam fotografi karena sifat fotosensitifnya (kepekaannya terhadap sinar ultraviolet). Selain itu, perak tergolong logam mulia sehingga berharga mahal dengan pemanfaatannya yang cukup luas, sebagai bahan baku perhiasan, sebagai nanomaterial anti bakteri (Negara dkk, 2017). Perak mudah membentuk senyawa dengan unsur stibium (Sb), arsen (As), selenium (Se) dan terium (Te). Perak dalam batas-batas tertentu digolongkan sebagai polutan karena bersifat sangat toksik terhadap flora dan fauna air (Suhendrayatna, 2001).

### **2.2.9. Seng (Zn)**

Seng dengan nama kimia Zink dilambangkan dengan Zn mempunyai nomor atom 30 dan memiliki berat atom 65,39. Logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110-150 °C. Seng (Zn) melebur pada 410 °C dan mendidih pada 906 °C. Seng mempunyai nilai densitas sebesar 7,14 gr/cm<sup>3</sup>. Seng dalam pemanasan tinggi dapat menimbulkan endapan seperti pasir. Beberapa unsur kimia seng mirip dengan magnesium, hal ini dikarenakan ion kedua unsur ini berukuran hampir sama. Selain itu, keduanya juga memiliki keadaan oksidasi +2.

Pelapisan seng pada baja merupakan aplikasi utama seng untuk mencegah perkaratan. Seng merupakan logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih kebiruan, pudar bila terkena uap udara dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Seng dapat bereaksi dengan basa, asam, dan senyawa non logam. Seng di alam tidak berada dalam keadaan bebas, tapi dalam bentuk terikat dengan unsur lain berupa mineral. Mineral yang mengandung seng di alam bebas antara lain kalaminit, franklinit, smitkosit, willenit dan zinkit (Sugiyarto dan Retno, 2010).

### **2.2.10. Karbon (C)**

Karbon (C) merupakan suatu unsur yang diabsorpsi dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan disimpan dalam bentuk biomassa (Ali, 2013; Istomo dan Farida, 2017). Kemampuan absorpsi karbon di hutan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain iklim, topografi, karakteristik lahan, umur dan kerapatan vegetasi, komposisi jenis serta kualitas tempat tumbuh (Istomo dan Farida, 2017; Widayarsi dkk, 2010). Tempat

penyimpanan utama karbon terdapat dalam biomasanya, bahan organik mati, tanah dan yang tersimpan dalam pohon yang dapat diemisikan untuk produk jangka panjang (Istomo dan Farida, 2017).

Biomassa hutan ikut berperan dalam siklus biogeokimia terutama dalam siklus karbon (Sutaryo, 2009; Windusari dkk, 2012). Pengukuran jumlah karbon yang tersimpan pada tubuh tumbuhan hidup (biomassa) pada suatu lahan dapat menjelaskan jumlah gas karbon dioksida di atmosfer yang diserap oleh tumbuhan. Jumlah antar lahan berbeda-beda, tergantung pada keanekaragaman dan kerapatan tumbuhan, jenis tanahnya serta cara pengelolaannya. Jumlah penyimpanan karbon pada suatu lahan akan lebih besar apabila tanah pada lahan tersebut memiliki tingkat kesuburan yang baik, hal ini dikarenakan biomassa pohon yang meningkat. Pada ekosistem daratan, cadangan karbon akan tersimpan dalam tiga komponen, yaitu pada bagian hidup (biomassa), bagian mati (nekromassa), dan tanah (pada bagian bahan organik tanah) (Hairiah dkk, 2011).

Wadah untuk menyimpan dan melepaskan karbon disebut kantung karbon, sebagaimana menurut (Darussalam, 2011; Hairiah dkk, 2011; Sutaryo, 2009) dalam inventarisasi karbon hutan, kantung karbon (*carbon pool*) terdapat empat kantung karbon yang diperhitungkan, antara lain biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati dan karbon organik tanah. Salah satu komponen karbon di atas tanah yaitu biomassa pohon. Menurut (Hairiah dkk, 2011) bagian terbesar cadangan karbon di daratan terdapat pada komponen pepohonan.

Dinamika karbon di alam dapat dijelaskan melalui siklus karbon. Siklus karbon merupakan siklus biogeokimia yang meliputi pertukaran karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Hutan, tanah, laut serta atmosfer berpotensi dalam menyimpan karbon, karbon tersebut akan berpindah secara dinamis diantara tempat-tempat penyimpanan tersebut sepanjang waktu. Tempat penyimpanan karbon dikenal dengan istilah kantong karbon aktif (*active carbon pool*). Tumbuhan memiliki potensi untuk mengurangi jumlah karbon di atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Sampai waktunya karbon tersebut tersikluskan kembali ke atmosfer, karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah kantong karbon (Sutaryo, 2009).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2022 sampai Juli 2022. Perancangan dan pembuatan alat serta pengambilan data dilakukan di Laboratorium Fisika Inti dan Eksperimen dan Laboratorium Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

#### **3.2. Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Gerinda digunakan untuk memotong tembaga dan seng dalam pembuatan elektroda.
2. Multimeter digunakan sebagai perangkat untuk mengukur besaran elektrik.
3. Penggaris sebagai alat ukur dimensi elektroda, dan jembatan garam.
4. Lux meter digunakan untuk mengukur intensitas cahaya lampu.
5. Solder digunakan untuk menghubungkan kabel antar elektroda
6. Gelas ukur sebagai pengukur volume larutan.
7. Kamera untuk mengambil gambar penelitian.



8. Penjepit buaya sebagai media penghubung elektroda.
9. Kertas, pulpen, dan alat tulis untuk mencatat pengamatan dan keperluan lainnya.
10. Pipet tetes untuk mempermudah pemindahan larutan.
11. Cutter sebagai pemotong pola akrilik.

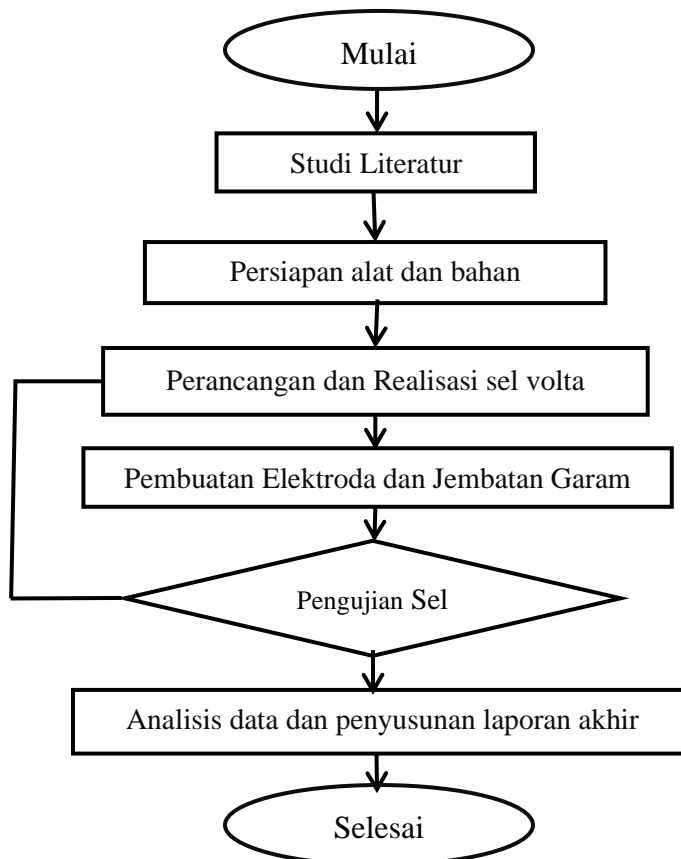
Penelitian ini menggunakan bahan sebagai berikut:

1. Semen, Alumina, Carbon, dan NaCl sebagai bahan utama pembuatan jembatan garam.
2. Akrilik sebagai penampung setiap sel elektrolit dan kerangka alat utama.
3. Lem korea dan PVC sebagai perekat pada pembentukan chamber Sel Volta.
4. Air laut dan Acid Zinc sebagai elektrolit.
5. Tempat penampung air digunakan untuk menampung air laut.
6. Selang digunakan sebagai saluran pembuangan.
7. Serabut tembaga (Cu) yang dilapisi Ag sebanyak 24 buah sebagai katoda.
8. Zn berukuran 4 x 5 x 0,002 cm sebanyak 24 buah digunakan sebagai anoda.
9. Larutan sepuh perak ( $\text{AgNO}_3$ ) 0,02 M digunakan sebagai larutan elektrolit pada proses elektroplating.
10. Kabel penghubung digunakan sebagai penghubung antar elektroda.
11. Filter air digunakan untuk memfilter air laut.
12. LED 20 mA 20 buah sebagai beban untuk menguji energi listrik dari alat.
13. Larutan  $\text{HNO}_3$  1% untuk membersihkan logam Cu sebelum di elektroplating.
14. Etanol 70% digunakan untuk membersihkan logam Cu setelah dibersihkan dengan larutan  $\text{HNO}_3$  1%.

15. Aquades digunakan untuk mengencerkan larutan sepuh.
16. Karbon (C) digunakan untuk proses elektroplating.

### 3.3. Prosedur Penelitian

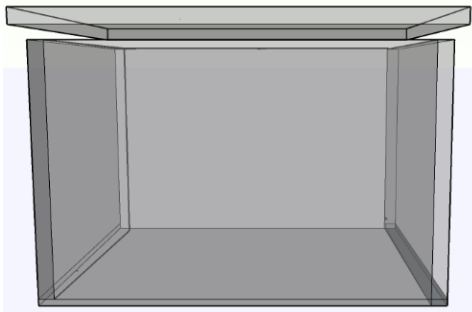
Penelitian ini dilakukan untuk mendesain dan membuat sebuah alat penghasil energi alternatif menggunakan elektrolit air laut dan elektroda Cu(Ag)-Zn dengan energi yang dihasilkan dirancang untuk output bersifat *selector* yaitu dimanfaatkan sebagai beban (20 LED). Prosedur yang dilakukan penelitian ini terdiri atas 4 tahap, yaitu tahap perancangan dan pembuatan sel volta, proses elektroplating Ag pada Cu, dan pembuatan jembatan garam. Secara umum prosedur penelitian ini seperti Gambar 3.1.



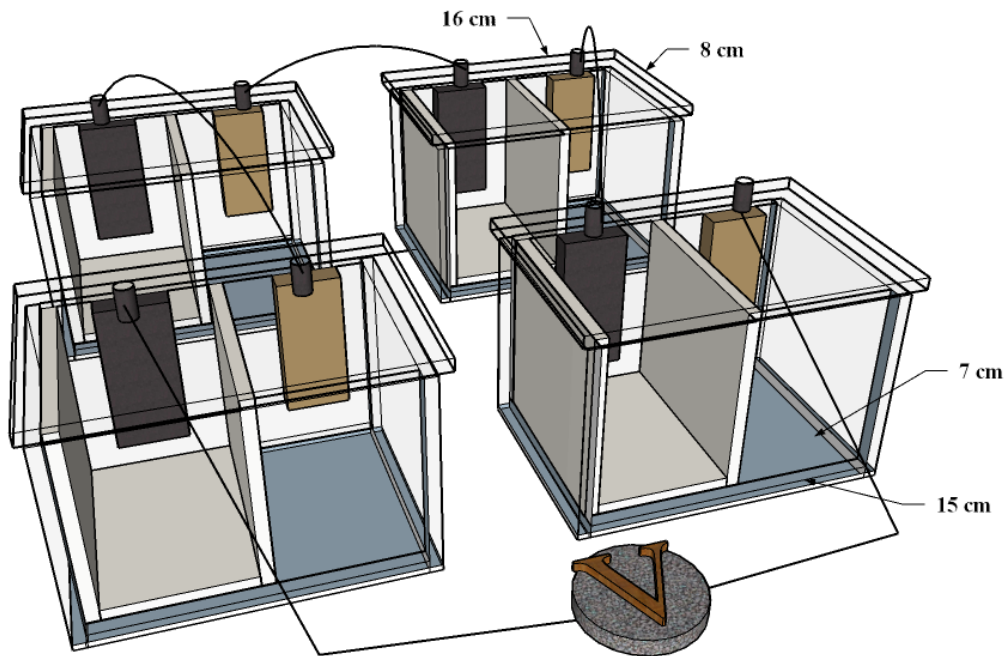
**Gambar 3.1.** Diagram Alir Penelitian

### 3.3.1. Perancangan dan pembuatan sel volta

Perancangan dan pembuatan sel volta memiliki 4 sel yang terbuat dari bahan akrilik yang tebalnya 3 mm dengan sistem tertutup. Setiap sel berisi sepasang elektroda Cu(Ag)-Zn. Kerangka utama alat berbentuk balok yang terbuat dari bahan akrilik dengan ketebalan 4 mm. Desain sistem energi listrik alternatif air laut pada penelitian ini seperti di Gambar 3.2 dan 3.3.



**Gambar 3.2.** Desain satu sel volta



**Gambar 3.3.** Desain susunan sel volta

### 3.3.2. Proses elektroplating Ag dan Cu

Pada tahap kedua dilakukan proses elektroplating Ag pada serabut Cu dengan larutan sepuh perak ( $\text{AgNO}_3$ ) sebanyak 300 ml sebagai larutan elektrolitnya. Serabut Cu sebagai katode dan batang karbon sebagai anode. Sebelum dilakukan elektroplating, permukaan logam Cu dibersihkan dengan larutan  $\text{HNO}_3$  1 % untuk mengurangi kandungan lemak yang menempel pada Cu. Kemudian permukaan logam Cu tersebut dibersihkan kembali dengan etanol 70% untuk menghilangkan kandungan  $\text{HNO}_3$  yang menempel pada Cu. Selanjutnya, elektroplating dilakukan dengan tegangan sebesar 2 volt selama 5 menit (Rizki, 2019). Elektroplating ditunjukkan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4.** Elektroplating Ag pada Cu

### 3.3.3. Pembuatan jembatan garam

Pada tahap ketiga dilakukan proses pembuatan variasi konsentrasi jembatan garam  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang dicampurkan dengan semen putih tigaroda dan  $\text{NaCl}$  (air laut), dibandingkan dengan variasi jembatan garam carbon yang dicampurkan dengan semen putih tigaroda dan  $\text{NaCl}$ . Konsentrasi jembatan garam dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 3.2.

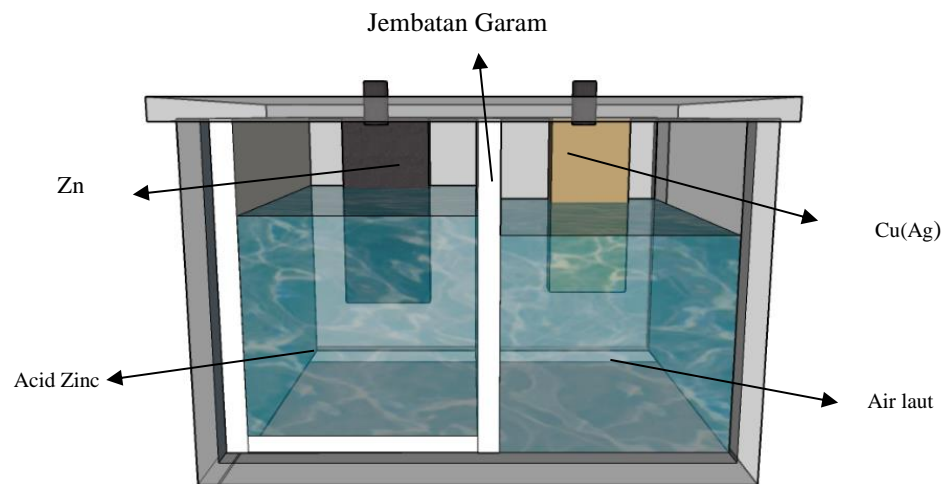
**Tabel 3.1.** Konsentrasi Jembatan Garam Alumina

No	Alumina (g)	Semen (g)	Air laut (ml)
1	102	50	100
2	204	50	200
3	306	50	300

**Tabel 3.2.** Konsentrasi Jembatan Garam Carbon

No	Carbon (g)	Semen (g)	Air laut (ml)
1	12	50	25
2	24	50	50
3	36	50	75

Langkah awal membuat jembatan garam ini yakni mencampurkan 102 gram untuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 100 ml air laut dan 50 gram semen putih Tiga Roda. Campuran tersebut diaduk hingga merata. Kemudian campuran tersebut dicetak langsung didalam sel, lalu keringkan dan tunggu hingga mengeras. Tujuan pembuatan jembatan garam ini untuk menjaga kenetralan muatan listrik pada katoda. Jembatan garam ditunjukkan pada Gambar 3.5.

**Gambar 3.5.** Sel kompartemen dengan jembatan garam

### 3.3.4. Pembuatan larutan acid zinc

Proses pembuatan acid zinc pH 5 yakni mencampurkan ammonium klorida 150 gram, zinc klorida 40 gram dengan aquades sebanyak 1 liter (Ansari, dkk. 2017). Kemudian cek pH pada larutan menggunakan kertas pH universal.

### 3.3.5. Pengujian Sistem

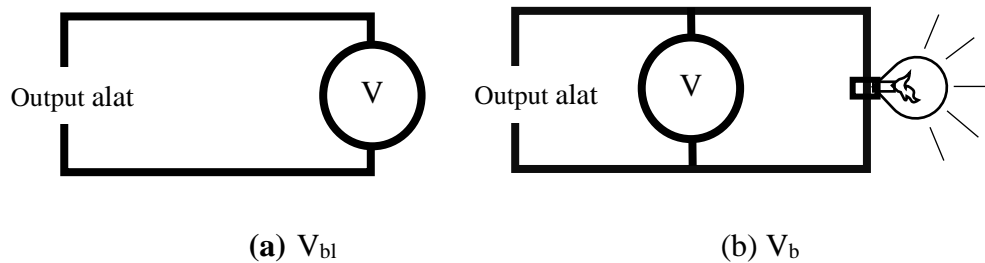
Pada tahap pengujian alat terdapat beberapa langkah yang dilakukan dalam pengujian karakteristik elektrik pada sel volta dengan penambahan beban (20 LED) sebagai berikut.

- 1) Sel volta pada bagian anoda diisi dengan air laut yang telah di filter sebanyak 200 ml.
- 2) Sel volta pada bagian katoda diisi dengan larutan *acid zinc* sebanyak 200 ml.
- 3) Output sel volta dihubungkan ke input beban.
- 4) Pengukuran tegangan, kuat arus dan daya listrik yang dihasilkan sel volta tanpa beban dan setelah diberi beban yang dilakukan setiap 1 jam dengan menggunakan multimeter dan luxmeter.
- 5) Pengambilan data selama 72 jam.

## 3.4. Rancangan Data Hasil Penelitian

Data pengamatan yang diambil yaitu elektroda Cu(Ag)-Zn sebelum dan sesudah digunakan, tegangan saat beban dilepas ( $V_{bl}$ ), tegangan saat beban dipasang ( $V_b$ ), arus ( $I$ ), dan intensitas cahaya yang dihasilkan dari lampu LED. Tegangan dan arus diukur dengan menggunakan multimeter sedangkan intensitas cahaya diukur dengan luxmeter.

Data pengamatan pada penelitian ini akan diambil setiap 1 jam selama 72 jam berturut-turut. Rangkaian 4 sel disusun secara seri dengan elektrolit air laut dan larutan *acid zinc*, yang ditambahkan jembatan garam  $\text{Al}_2\text{O}_3$  atau carbon. Pada sistem ini digunakan rangkaian sederhana untuk mengukur nilai karakteristik elektrik yang dihasilkan seperti pada Gambar 3.6.



**Gambar 3.6.** Rangkaian untuk mengukur nilai (a)  $V_{bl}$  dan (b)  $V_b$

Berdasarkan Gambar diatas berlaku Hukum Ohm yaitu besar arus listrik ( $I$ ) yang mengalir melalui sebuah penghantar akan berbanding lurus dengan beda potensial atau tegangan ( $V$ ), dan berbanding terbalik dengan hambatannya ( $R$ ). Hubungan antara nilai  $E$  ( $V_{bl}$ ) dengan  $V$  ( $V_b$ ) dapat dilihat pada persamaan 3.1.

$$E = I (R + r) \quad (3.1)$$

$$V = I R \quad (3.2)$$

Sehingga diperoleh hubungan

$$E = V + I r \quad (3.3)$$

Keterangan:

$E$  = tegangan sebelum mengalirkan arus atau  $V_{bl}$  (volt);

$V$  = tegangan saat mengalirkan arus atau  $V_b$  (volt);

$r$  = hambatan dalam ( $\Omega$ );

$R$  = hambatan beban ( $\Omega$ ).

Setelah itu, dilakukan perhitungan untuk menghitung laju korosi elektrode (persamaan 2.1), hambatan dalam ( $R_{in}$ ) (persamaan 3.4), dan daya ( $P$ ) (persamaan 3.5).

$$R_{in} = \frac{V_{bl} - V_b}{I} \quad (3.4)$$

$$P = V_b I \quad (3.5)$$

Keterangan:

$R_{in}$  = hambatan dalam ( $k\Omega$ )

$V_{bl}$  = tegangan tanpa beban (volt)

$V_b$  = tegangan dengan beban (volt)

$I$  = arus (A)

$P$  = daya (Watt)

Rancangan pengambilan data dan hasil perhitungan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3 sampai Tabel 3.6.

**Tabel 3.3.** Data pengukuran karakteristik energi listrik dengan jembatan garam  $Al_2O_3$

No	Waktu (jam)	$V_{bl}$ (V)	$V_b$ (V)	$I$ (mA)	Intensitas Cahaya (Cd)
1					
2					
...					
...					
72					

**Tabel 3.4.** Data pengukuran karakteristik energi listrik dengan jembatan garam Carbon

No	Waktu (jam)	$V_{bl}$ (V)	$V_b$ (V)	$I$ (mA)	Intensitas Cahaya (Cd)
1					
2					
...					
...					
72					



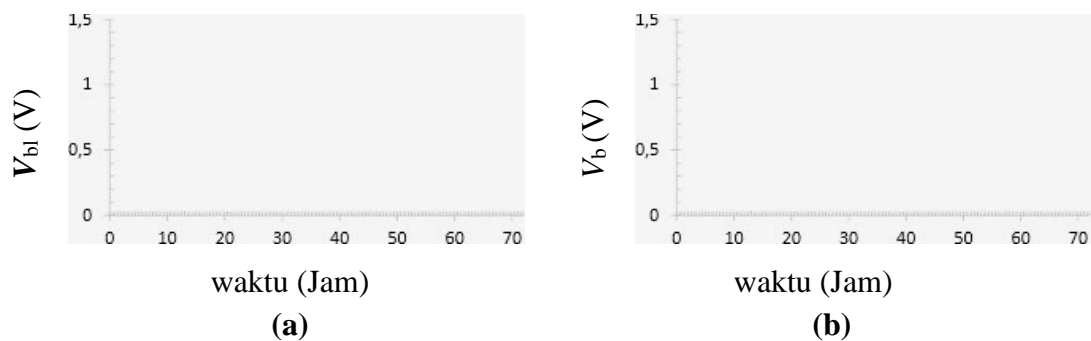
**Tabel 3.5.** Hasil perhitungan karakteristik energi listrik jembatan garam  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 

No	Waktu (jam)	Hambatan Dalam ( $\text{k}\Omega$ )	$P$ (mW)
1			
2			
...			
...			
72			

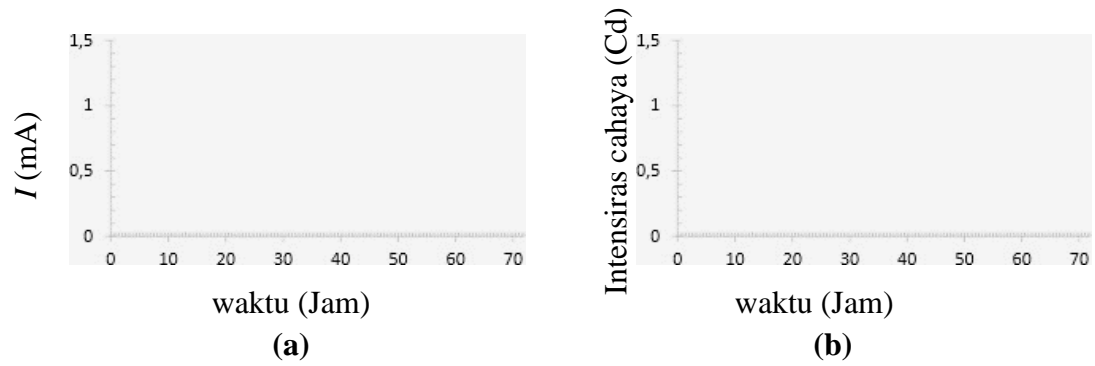
**Tabel 3.6.** Hasil perhitungan karakteristik energi listrik jembatan garam Carbon

No	Waktu (jam)	Hambatan Dalam ( $\text{k}\Omega$ )	$P$ (mW)
1			
2			
...			
...			
72			

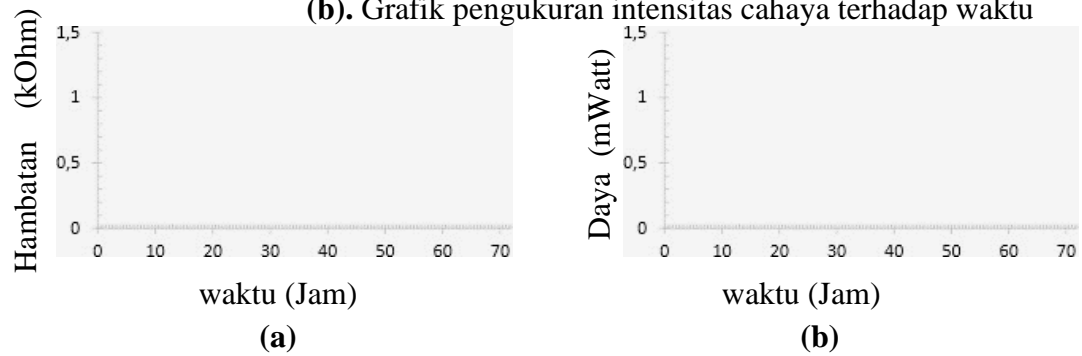
Penelitian ini juga dilakukan analisis data pengamatan dan hasil perhitungan yang diperoleh. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tegangan, kuat arus, intensitas cahaya, hambatan dan daya terhadap waktu (jam). Rancangan analisis data ditunjukkan pada Gambar 3.7, 3.8, dan 3.9.



**Gambar 3.7 (a).** Grafik pengukuran  $V_{bi}$  terhadap waktu  
**(b).** Grafik pengukuran  $V_b$  terhadap waktu



**Gambar 3.8** (a). Grafik pengukuran kuat arus terhadap waktu  
(b). Grafik pengukuran intensitas cahaya terhadap waktu



**Gambar 3.9** (a). Grafik pengukuran hambatan terhadap waktu  
(b). Grafik pengukuran daya terhadap waktu

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Variasi jembatan garam  $\text{Al}_2\text{O}_3$  102 gram menghasilkan nilai karakteristik elektrik yang paling besar diantara variasi jembatan garam  $\text{Al}_2\text{O}_3$  204 dan 306 gram.
2. Variasi jembatan garam carbon 12 gram menghasilkan nilai karakteristik elektrik yang paling besar diantara variasi jembatan garam carbon 24 dan 36 gram.
3. Variasi jembatan garam carbon 12 gram menghasilkan nilai karakteristik elektrik lebih besar dibandingkan variasi jembatan garam  $\text{Al}_2\text{O}_3$  102 gram karena semakin besar konsentrasi jembatan garam semakin padat pula kandungan carbon dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pada jembatan garam dan akan memperbesar hambatan ion  $\text{H}^+$  untuk melewati jembatan garam, sehingga reaksi redoks terhambat dan menghasilkan nilai karakteristik elektrik yang semakin kecil.

## 5.2. Saran

Saran dari penelitian yang dapat dilakukan untuk perkembangan riset selanjutnya sebagai berikut.

1. Memperbanyak variasi konsentrasi pada jembatan garam untuk menemukan nilai karakteristik elektrik yang paling maksimum.
2. Membuat sistem instrumentasi pengukuran karakteristik elektrik secara *realtime*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, T. N., Kirom, M. R., dan Fauzi Iskandar, R. 2017. Analisis Pengaruh Material Logam Sebagai Elektroda Microbial Fuel Cell Terhadap Produksi Energi Listrik. *E-Proceeding of Engineering*. Vol. 4, No. 2, Hal. 2123-2138.
- Anwar, Syaiful. 2021. Analisis Jembatan Garam Campuran Alumina dan Kalsium Karbonat pada Karakteristik Elektrik Pembangkit Listrik Sel Galvanis dengan Elektrolit Air Laut. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Ali, Mohammad. 2013. *Climate Change Impacts on Plant Biomass Growth*. Springer. Netherlands.
- Anjarwati, Arie. 2019. Analisis Aplikasi Jembatan Garam Pada Sel Elektrokimia Menggunakan Elektroda Cu(Ag)-Zn Berbahan Elektrolit Air Laut. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Ansari, I., Indrawijaya, B., Nurohmawati, F., dan Zakaria, I. 2017. Pengaruh Waktu dan Luas Permukaan Terhadap Ketebalan Produk Pada Elektroplating Acid Zinc. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*. Vol. 1, No. 1, Hal. 1-7.
- Aristian, Jovizal. 2016. Desain dan Aplikasi Sistem Elektrolit Air Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Berkelanjutan (Sustainable Energi). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Arizal, F., Hasbi, M., dan Kadir, A. 2017. Pengaruh Kadar Garam Terhadap Daya Yang Dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Air Garam Sebagai Energi Alternatif Terbarukan. *ENTHALPHY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. Vol. 2, No. 1, Hal. 1-5.
- Arwadhita, Randha Kentama. 2017. Desain dan Realisasi Akumulator Elektrolit Air Laut dengan Penambahan Sodium Bicarbonate (NaHCO<sub>3</sub>) Sebagai Sumber Alternatif. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Bardal, Einar. 2003. *Corrosion and Protection*. Springer. Norway.

- Brown, T. L., Lemay, H. E., dan Bursten, B. E. 2015. *Chemistry the Central Science (13<sup>th</sup> ed.)*. Person Education, Inc. New Jersey.
- Chang, Raymond. 2003. *General Chemistry: The Essential Concepts*. Erlangga. Jakarta.
- Darussalam, Daryl. 2011. Pendugaan Potensi Serapan Karbon pada Tegakan Pinus di KPH Cianjur Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fariya, S., dan Rejeki, S. 2015. (Sea Water Electrochemical Cell) Pemanfaatan Elektrolit Air Laut Menjadi Cadangan Sumber Energi Listrik Terbarukan Sebagai Penerangan Pada Sampan. *Jurnal Sains Dan Teknologi*. Vol. 10, No. 1, Hal. 44–58.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., dan Rahayu, S. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon: dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Edisi Kedua*. Wold Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor.
- Hamann, C. H., Hamnett, A., dan Vielstich, W. 1998. *Electrochemistry*. Wiley VCH. USA.
- Haq, S. Z. N., Kurniawan, E., dan Ramdhani, M. 2018. Analisis Pembangkit Elektrik Menggunakan Media Air Garam Sebagai Larutan Elektrolit. *E-Proceeding of Engineering*. Vol. 5, No. 3, Hal. 3823-3830.
- Harahap, M. Ridwan. 2016. Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *Circuit*. Vol. 2, No. 1, Hal. 177-180.
- Hardiyanti, F., dan Santoso, M. Y. 2018. Analisis Pelapisan Tembaga Terhadap Laju Korosi dan Struktur Mikro Grey Cast Iron. *Jurnal Teknologi Maritim*. Vol. 1, No. 1, Hal. 37–42.
- Hartomo, A. J., dan Tomijiro, K. 1992. *Mengenal Pelapisan Logam : (Elektroplating) 1<sup>st</sup> ed.* Andi Offset. Yogyakarta.
- Hudaya, Encep. 2016. Analisis Karakteristik Elektrik Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Istomo, dan Farida, N. E. 2017. Potensi Simpanan Karbon di Atas Permukaan Tanah Tegakan *Acacia nilotica L. (Willd) ex. Del.* di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*. Vol. 7, No. 2, Hal. 155–162.

- Maroon, S. H., dan Lando, J. B. 1998. *Fundamentals of Physical Chemistry*. Publishing Co Inc. New York.
- Mulyono, Pribadi Ridzky. 2017. Perancangan Sistem Proteksi Katodik Anoda Tumbal Pada Pipa Baja Api 5L Grade B dengan Variasi Jumlah Coating yang Dipasang Di Dalam Tanah. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Negara, I. M. S., Simpen, I. N., dan Suryatika, I. B. M. 2017. Elektrolisis Logam Perak dari Limbah Pencucian Film Fotografi. *Jurnal Kimia*. Hal. 95–100.
- Paunovic, M., dan Schlesinger, M. 1998. *Fundamentals of Electrochemical Fabrication*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Pauzi, G. A., Anjarwati, A. , Samosir, A. s, Sulistiyanti, S. R., dan Simanjuntak, W. 2019. Analisis Pemanfaatan Jembatan Garam KCL dan NACL Terhadap Laju Korosi Elektroda ZN Pada Sel Volta Menggunakan Air Laut Sebagai Elektrolit. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. Vol. 4, No, 2, Hal. 50–58.
- Petrucci, Ralph H. 1999. *Kimia Dasar*. Alih Bahasa Achmadi, S. Erlangga. Jakarta.
- Prabhu, R. A., Venkatesha, T. V., dan Praveen, B. M. 2012. Electrochemical Study of the Corrosion Behavior of Zinc Surface Treated with a New Organic Chelating Inhibitor. *ISRN Metallurgy*. ID 940107.
- Prastuti, Okky Putri. 2017. Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*. Vol. 1, No. 1, Hal. 35-41.
- Pratiwi, Nilla Anggi. 2021. Analisis Pengaruh Variasi pH Larutan *Acid Zinc* pada Sistem Sel Volta Dua Kompartemen dengan Elektrode Cu(Ag)-Zn. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Rahmawati, Fitria. 2013. *Elektrokimia Transformasi Energi Kimia-Listrik*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Ramlan, R., dan Pradhani, N. 2008. Studi Pemanfaatan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Beton Aspal. *Majalah Ilmiah Mektek*. Vol. 1, No. 1, Hal. 10-21.
- Riyanto. 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

- Rizki, Ketrin Chintia. 2019. Analisis Pengaruh Elektroplating Perak (Ag) Pada Tembaga (Cu) Terhadap Karakteristik Elektrik Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Sidiq, M. Fajar. 2013. Analisa Korosi dan Pengendaliannya. *Jurnal Foundry*. Vol. 3, No. 1, Hal. 25-30.
- Sugiyarto, K. H., dan Retno, D. S. 2010. *Kimia Anorganik Logam*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Microorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan (Heavy Metal Bioremoval by Microorganisms: A Literature Study). *Bioteknologi Untuk Indonesia Abad 21*.
- Sunde, Svein. 2012. *Water Electrolysis Tecnology Concepts and Performance*. Newcastle Upon Tyne. University of Newcastle.
- Supriadi, H., dan Fadlil, K. 2013. Pengaruh Rapat Arus Dan Temperatur Elektrolit Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Efisiensi Katoda Pada Elektroplating Tembaga Untuk Baja Karbon Sedang. *Jurnal Mechanical*. Vol. 4, No. 1, Hal. 30-37.
- Susanto, A., Baskoro, M. S., Wisudo, S. H., Riyanto, M., dan Purwangka, F. 2017. Seawater Battery with Al-Cu, Zn-Cu, Gal-Cu Electrodes for Fishing Lamp. *International Journal of Renewable Energy Research*. Vol. 7, No. 4., Hal. 1857-1868.
- Susanto, A., Riyanto, M., Purwangka, F., Sumitro Baskoro, M., dan Hari Wisudo, S. 2017. Performance of Zn-Cu and Al-Cu Electrodes in Seawater Battery at Different Distance and Surface Area. *International Journal of Renewable Energy Research*. Vol. 7, No. 1, Hal. 298-303.
- Sutaryo, Dandun. 2009. *Penghitungan Biomassa: Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- Suyatna. 2013. *Buku Ajar Kimia Unsur*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tauvana, Ade Irvan. 2016. Pengaruh Variasi Tegangan dan Waktu Pelapisan Terhadap Kekilapan, Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Alumunium. *KURVATEK*. Vol. 1, No. 1, Hal. 1-6.
- Vlack, L. H. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Erlangga. Jakarta.



- Vogel. 1985. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. PT. Kalman Pustaka. Jakarta.
- Wibowo, Ari. 2016. Analisis Sifat Korosi Galvanik Berbagai Plat Logam Di Laboratorium Metalurgi Politeknik Negeri Batam. *Jurnal Integrasi*. Vol. 8, No. 2, Hal. 144-147.
- Widayatno, Tri. 2016. Modelling and Simulation of Current Distribution of Nickel Electrodeposition from Low Electrolyte Concentration at a Narrow Interelectrode GAP. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol. 11, No. 8, 5183–5189.
- Widayatno, T., Ari Swasemba, I., dan Miftah Khairi Zufro. 2015. Karakteristik Elektrokimia Larutan Elektrolit Rendah Sianida Untuk Elektroplating Perak Dekoratif Ramah Lingkungan. *Simposium Nasional RAPI XIV*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Widyasari, N. A. E., Saharjo, B. H., Solichin, dan Istomo. 2010. Pendugaan Biomassa dan Potensi Karbon Terikat di Atas Permukaan Tanah pada Hutan Rawa Gambut Bekas Terbakar di Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. Vol. 15, No. 1, Hal. 41–49.
- Windusari, Y., Sari, N. A. P., Yustian, I., dan Zulkifli, H. 2012. Dugaan Cadangan Karbon Biomassa Tumbuhan Bawah dan Serasah di Kawasan Suksesi Alami Pada Area Pengendapan Tailing Pt Freeport Indonesia. *Biospecies*. Vol. 5, No. 1, Hal. 22-28.
- Yuningsih, A., dan Masduki, A. 2011. Potential Energy of Ocean Current for Electric Power Generation in Coastal Areas of East Flores, NTT. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 3, No. 1, Hal. 13–25.