

**PENGARUH VARIASI LUAS SEPARATOR BERBAHAN ALUMINA,
KARBON DAN SEMEN TERHADAP REGENERASI ANODA ZINC
DALAM SISTEM ELEKTROKIMIA AIR LAUT**

(Skripsi)

Oleh

Vika Aprianti

2117041061



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI LUAS SEPARATOR BERBAHAN ALUMINA, KARBON DAN SEMEN TERHADAP REGENERASI ANODA ZINC DALAM SISTEM ELEKTROKIMIA AIR LAUT

Oleh

VIKA APRIANTI

Separator merupakan komponen sel elektrokimia yang berfungsi membatasi kontak langsung antar elektroda, namun tetap memungkinkan perpindahan ion. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh variasi jumlah lubang pada separator terhadap performa dan regenerasi anoda seng (Zn) dalam sel elektrokimia berbasis air laut. Separator berbahan campuran semen, alumina, dan karbon divariasikan jumlah lubang: lima, enam, dan sembilan. Sel menggunakan elektroda Zn sebagai anoda, serabut tembaga (Cu) sebagai katoda, serta larutan Acid Zinc dan air laut sebagai elektrolit. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan tanpa beban, tegangan dengan beban, arus listrik, dan intensitas cahaya (lux). Pengukuran dilakukan setiap 15 menit selama 5 jam. Hasil menunjukkan jumlah separator sembilan lubang menghasilkan performa tertinggi (1,6 mA; 73 lux) menandakan reaksi elektrokimia awal yang kuat. Jumlah lubang lebih banyak mendukung aliran ion dan reaksi lebih lama, sedangkan lubang lebih sedikit mempercepat penurunan performa.

Kata kunci: Separator, *Acid Zinc*, Air laut, Elektrokimia

ABSTRACT

THE EFFECT OF SEPARATOR SURFACE AREA VARIATIONS COMPOSED OF ALUMINA, CARBON AND CEMENT ON ZINC ANODE REGENERATION IN A SEAWATER- BASED ELECTROCHEMICAL SYSTEM

By

VIKA APRIANTI

The separator is a component in an electrochemical cell that functions to prevent direct contact between electrodes while still allowing ion transfer. This study aims to examine the effect of the number of holes in the separator on the performance and regeneration of the zinc (Zn) anode in a seawater-based electrochemical cell. The separator, made from a mixture of cement, alumina, and carbon, was varied by the number of holes: five, six, and nine. The cell used a Zn electrode as the anode, copper (Cu) fibers as the cathode, and Acid Zinc solution along with seawater as the electrolyte. Parameters analyzed included open-circuit voltage, load voltage, electric current, and light intensity (lux). Measurements were taken every 15 minutes for 5 hours. The results showed that the separator with nine holes produced the highest performance (1.6 mA; 73 lux), indicating a strong initial electrochemical reaction. A greater number of holes supported better ion flow and sustained reaction, while fewer holes led to a faster decline in performance.

Keywords: Separator, Acid Zinc, Seawater, Electrochemistry

**PENGARUH VARIASI LUAS SEPARATOR BERBAHAN ALUMINA,
KARBON DAN SEMEN TERHADAP REGENERASI ANODA ZINC
DALAM SISTEM ELEKTROKIMIA AIR LAUT**

Oleh

VIKA APRIANTI

Skripsi

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

Pada

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



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : "Pengaruh Variasi Luas Separator Berbahan Alumina, Karbon dan Semen Terhadap Regenerasi Anoda Zinc Dalam Sistem Elektrokimia Air Laut"

Nama Mahasiswa : Vika Aprianti

Nomor Pokok Mahasiswa : 2117041061

Jurusan : Fisika

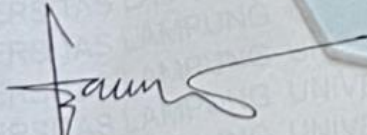
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

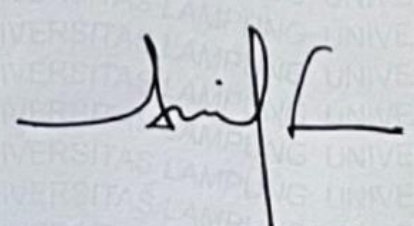
Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T
NIP.198010102005011002


Drs. Amir Supriyanto, M.Si
NIP. 196504071991111001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

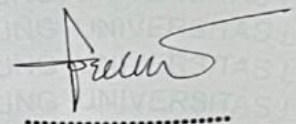

Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng
NIP. 1971090920001210011

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

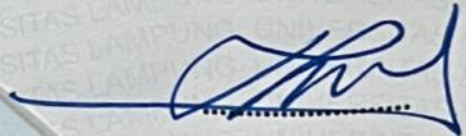
Ketua

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



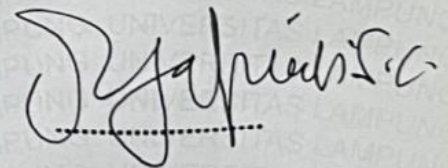
Sekretaris

: **Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**



Penguji Bukan
Pembimbing

: **Drs. Syafriadi, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 25 Juni 2025

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Vika Aprianti
Nomor Pokok Mahasiswa : 2117041061
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya dengan judul **“Pengaruh Variasi Luas Separator Berbahan Alumina, Karbon dan Semen Terhadap Regenerasi Anoda Zinc Dalam Sistem Elektrokimia Air Laut ”** adalah hasil karya saya sendiri. Semua sumber data dan referensi yang digunakan dalam penulisan skripsi ini telah disebutkan dengan benar sesuai dengan kaidah akademik. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini belum pernah diajukan sebelumnya untuk memperoleh gelar akademik di universitas atau institusi manapun.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 25 Juni 2025



Vika Aprianti
NPM. 2117041061

RIWAYAT HIDUP



Penulis, Vika Aprianti, dilahirkan di Sukaraja pada tanggal 06 April 2003. Penulis adalah anak kedua dari dua bersaudara, putri dari pasangan Jumadi dan Katinem. Penulis memulai pendidikan di SDN 3 Sukaraja pada tahun 2009 hingga 2015. Pendidikan menengah pertama ditempuh di SMPN 2 Semaka dari tahun 2015 hingga 2018, dan pendidikan menengah atas di SMAN 2 Gadingrejo dari tahun 2018 hingga 2021. Pada tahun 2021, penulis diterima di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai organisasi. Penulis bergabung dengan Himpunan Mahasiswa Fisika FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2021 sebagai anggota Bidang Kaderisasi yang bertanggung jawab terhadap program kerja Kakak Asuh dan juga sebagai Bendahara program kerja Orientasi Pengenalan Jurusan (OPJ).

Penulis memiliki berbagai pengalaman kerja, antara lain Praktik Kerja Lapangan di Pusat Riset Reaktor Nuklir, BRIN, Bandung dari tanggal 15 Januari hingga 15 Februari 2024. Penulis telah meraih berbagai penghargaan dan prestasi. Penulis menjadi peserta Pertukaran Mahasiswa Merdeka (PMM) tahun 2023 di Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan, dan mengambil tiga program studi yaitu Fisika, Teknik mesin, dan Teknik Sipil.

Peneliti juga terlibat dalam kegiatan ilmiah sebagai peserta MBKM Penelitian Universitas Lampung pada tahun 2024 dengan topik mengenai “ **Produksi Prototype Pembangkit Energi Listrik Elektrokimia Air Laut Dengan Sistem Otomatisasi Pengisian Air Laut, dan Charging untuk Regenerasi Anoda**” . Kemudian untuk tugas akhirnya penulis memilih untuk memperdalam ketertarikannya dibidang pembangkit energi listrik elektrokimia air laut sehingga pada akhirnya penulis mengambil penelitian mengenai “**Pengaruh Variasi Luas Separator Berbahan Alumina, Karbon dan Semen Terhadap Regenerasi Anoda Zinc Dalam Sistem Elektrokimia Air Laut**”.

MOTTO

“Keberanian terbesar adalah tetap menjadi diri sendiri di dunia yang terus mencoba menjadikanmu seperti orang lain.” –

Søren Kierkegaard

“Apa yang dimulai dengan rasa ragu, diakhiri dengan rasa bangga.” – Vika Aprianti

PERSEMBAHAN

**Dengan penuh rasa syukur,cinta dan mengharapkan ridho Allah SWT dan
Syafaat Nabi Muhammad SAW**

Karya ini saya persembahkan untuk yang selalu menjadi sumber kekuatan dan
inspirasi

Orang tuaku tercinta

Jumadi & Katinem

Atas segala doa, kasih sayang, dan dukungan yang tak pernah henti

Yang selalu memberi semangat dan dukungan

Keluarga Besar dan terkhusus teman-teman Angkatan 2021

Jurusan Fisika FMIPA UNILA

Atas kebersamaan dan dukungan selama perkuliahan

Serta Almamater Tercinta

Universitas Lampung

Tempat saya menimba ilmu dan mengembangkan diri

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia- Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Variasi Luas Separator Berbahan Alumina, Karbon dan Semen Terhadap Regenerasi Anoda Zinc Dalam Sistem Elektrokimia Air Laut”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan kontribusi dalam pemahaman tentang pengaruh variasi luas separator berbahan alumina, karbon dan semen terhadap regenerasi anoda zinc dalam sistem elektrokimia air laut.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saya terbuka untuk saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat dan menjadi referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam perpindahan sistem elektrokimia air laut, serta menjadi langkah awal untuk penelitian lebih lanjut.

Akhir kata, semoga karya ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 25 Juni 2025
Penulis,

Vika Aprianti
NPM. 2117041061

SANWACANA

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul judul **“Pengaruh Variasi Luas Separator Berbahan Alumina, Karbon dan Semen Terhadap Regenerasi Anoda Zinc Dalam Sistem Elektrokimia Air Laut”**.

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Dengan penuh rasa hormat dan rendah hati, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., sebagai Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan dorongan selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si., sebagai Dosen Pembimbing II, yang telah membantu, memberikan arahan, bimbingan, dan saran untuk penulis dalam melakukan penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Syafriadi., M.Si., sebagai Dosen Pembahas, yang telah memberikan arahan, kritikan, saran, dan dukungannya selama penulis mengerjakan skripsi maupun saat menempuh perkuliahan.
4. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., sebagai Dekan FMIPA Universitas Lampung.
5. Bapak Arif Surtono, S.Si., M. Eng., sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta Staff Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu, pengalaman selama masa perkuliahan.

7. Cinta pertama dan panutanku, Bapak Jumadi dan pintu surgaku Ibu Katinem. Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan bangku perkuliahan, namun mereka mampu senan tiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana. Semoga ayah dan ibu sehat, panjang umur dan sehat selalu.
8. Sahabat terbaik penulis, Tri Aprilia Sari dan Anisatul Mahmudah yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
9. Partner skripsian penulis, Monica Putri Apriliani dan Siti Nina Karnia yang telah menemani suka duka penulis menyelesaikan skripsi ini.
10. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Reza Anugerah Perdana yang selalu menemani dalam keadaan suka dan duka, yang selalu mendengarkan keluh kesah saya, dan selalu memberikan dukungan terhadap saya. Terima kasih telah menjadi bagian perjalanan saya hingga penyusunan skripsi ini.
11. Teman-teman KBK Fisika Energi dan rekan-rekan seperjuangan Fisika 2021, yang telah memberikan motivasi, bantuan, dan kebersamaan selama masa studi dan penyusunan skripsi ini.
12. Dan yang terakhir, kepada diri sendiri. Vika Aprianti. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dan telah menyelesaikannya sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dirayakan untuk diri sendiri. Berbahagialah selalu dimanapun berada, Vika. Apapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri.

Bandar Lampung, 25 Juni 2025

Vika Aprianti

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
<i>ABSTARCT</i>.....	iii
HALAMAN JUDUL	iv
LEMBAR PERSETUJUAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
LEMBAR PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	4

1.5 Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Elektrokimia.....	6
2.2 Sel Galvanis	7
2.3 Sel Elektrolisis	9
2.4 Elektroda (Anoda Katoda)	10
2.5 Elektrolit.....	11
2.6 Elektroplating.....	12
2.7 Alumina.....	14
2.8 Semen.....	14
2.9 Karbon.....	15
2.10 Karakteristik Air Laut	16
2.11 Karakteristik Logam Seng (Zn)	17
2.12 Karakteristik Tembaga (Cu).....	17
2.13 Karakteristik Perak (Ag)	19
2.14 Acid Zinc.....	19
2.15 Separator	20
2.16 Komposit.....	22
III. METODE PENELITIAN	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1 Preparasi Bahan.....	25
3.3.2 Perancangan dan Pembuatan Sel Galvanis	25
3.3.3 Proses Elektroplating Ag Pada Cu	27
3.3.4 Pengujian Alat dan Pengambilan Data.....	27
3.4 Diagram Alir	28
3.4.1 Diagram Alir Preparasi Bahan	29
3.4.1 Diagram Alir Rancangan Bangun dan Pengujian Sistem	30

3.5 Rancangan Data Hasil Penelitian	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Konfigurasi Fisik dan Rangkaian Sel Elektrokimia.....	35
4.2 Pengaruh Variasi Jumlah Lubang Karakteristik Elektrik.....	36
4.2.1 Variasi Separator Lima Lubang (Luas 3,175 cm ²).....	36
4.2.2 Variasi Separator Enam Lubang (Luas 3,81 cm ²).....	41
4.2.3 Variasi Separator Sembilan Lubang (Luas 5,715 cm ²).....	46
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	58
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sel Volta.....	8
2. Sel Elektrolisis	9
3. Rangkaian Alat Elektroplating.....	13
4. Unsur Logam Seng	17
5. Unsur Tembaga	18
6. Unsur Perak.....	19
7. Variasi Separator Lima Lubang (luas $3,175 \text{ cm}^2$)	25
8. Variasi Separator Lima Lubang (luas $3,81 \text{ cm}^2$)	26
9. Variasi Separator Lima Lubang (luas $5,715 \text{ cm}^2$)	26
10. Elektroplating Ag pada Cu.....	27
11. Diagram Alir Pembuatan separator.....	38
12. Diagram Alir Pembuatan Larutan Acid Zinc.....	29
13. Diagram Alir Rancang Bangun dan Pengujian Sistem.....	30
14. Rangkaian untuk mengukur nilai (a) V_{bl} dan (b) V_b	31
15. (a) Grafik pengukuran V_{bl} terhadap waktu (b) Grafik pengukuran V_b terhadap waktu	33
16. (a) Grafik pengukuran kuat arus terhadap wakt (b) Grafik pengukuran intensitas cahaya terhadap waktu	33
17. Rangkaian Sistem Sel Elektrokimia.....	35
18. Pengukuran Tegangan Separator Luas ($3,175 \text{ cm}^2$)	36
19. Pengukuran Arus Lima Lubang (Luas $3,175 \text{ cm}^2$)	38
20. Pengukuran Intensitas Cahaya Lima Lubang (Luas $3,175 \text{ cm}^2$)	40
21. Pengukuran Tegangan Separator Luas ($3,81 \text{ cm}^2$)	42
22. Pengukuran Arus Enam Lubang (Luas $3,81 \text{ cm}^2$)	43

23. Pengukuran Intensitas Cahaya Enam Lubang (Luas $3,81 \text{ cm}^2$)	44
24. Pengukuran Tegangan Separator Luas ($5,715 \text{ cm}^2$)	46
25. Pengukuran Arus Sembilan Lubang Luas ($5,715 \text{ cm}^2$)	47
26. Pengukuran Intensitas Cahaya Sembilan Lubang Luas ($5,715 \text{ cm}^2$)	48
27. Grafik Perbandingan Rasio Arus terhadap Variasi Ukuran Separator.....	52
28. Grafik Perbandingan Arus Awal dan Arus Akhir terhadap Luas Separator	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat Penelitian	24
2. Bahan Penelitian	25
3. Data pengukuran pada Variasi Jumlah Separator Lima Lubang	32
4. Data pengukuran pada Variasi Jumlah Separator Enam Lubang	32
5. Data pengukuran pada Variasi Jumlah Separator Sembilan Lubang	33
6. Perbandingan Nilai Awal, Akhir, dan Rasio Pada Separator Jumlah Lima Lubang($3,15\text{cm}^2$).....	41
7. Perbandingan Nilai Awal, Akhir, dan Rasio Pada Separator Jumlah Enam Lubang($3,81\text{cm}^2$).....	45
8. Perbandingan Nilai Awal, Akhir, dan Rasio Pada Separator Jumlah Sembilan Lubang($5,715\text{cm}^2$).....	49
9. Perbandingan Rasio Parameter Kelistrikan Pada Variasi Jumlah Lubang Separator.....	50

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air laut merupakan sumber energi baru terbarukan yang tersedia dalam jumlah besar. Air laut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku sel bahan bakar dan baterai, sehingga air laut telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai penelitian (Kholiq, 2015). Air laut mengandung senyawa NaCl (natrium klorida) dalam jumlah besar, dan merupakan garam yang dapat terionisasi sempurna menjadi ion Na^+ dan Cl^- , ion bebas air laut dapat dihasilkan pada rangkaian listrik (Arwaditha, 2017). Air laut merupakan 96,5% air murni dan 3,5% zat terlarut yang disebut garam (Aristian, 2016). Garam yang terdapat pada air laut inilah yang dapat menghasilkan listrik dengan metode elektrokimia.

Metode elektrokimia dapat digunakan untuk menghasilkan arus listrik dengan menggunakan proses reduksi-oksidasi (proses redoks). Elektrokimia air laut merupakan metode yang menjanjikan untuk menghasilkan energi listrik secara ramah lingkungan. Teknologi ini memanfaatkan melimpahnya sumber daya air laut. Dalam proses ini, keberhasilan dalam menghasilkan listrik dimanfaatkan dari perbedaan konsentrasi ion dan potensi redoks air laut. Salah satu metode yang sering digunakan dalam proses ini adalah elektrolisis air laut. Disini, elektrolit air laut dipisahkan secara elektrokimia untuk menghasilkan gas hidrogen dan oksigen (Dresp *et al.*, 2019). Pemanfaatan sel galvanik merupakan salah satu hasil penggunaan sel elektrokimia untuk menghasilkan energi terbarukan (Harahap, 2016). Sel galvanis yang ada pada satu sel dapat menyebabkan transfer elektron terjadi dengan cepat, yang pada akhirnya menyebabkan korosi karena adanya perbedaan potensial dalam lingkungan elektrolit (Bardal, 2003 ; Wibowo, 2016).

Karena itulah, diperlukan cara untuk mencegah korosi pada sel volta dengan mengendalikan laju transfer elektron melalui pelapisan seng Zn (Arsari *et al* 2017 ; Prabhu *et al*, 2012). Pelapisan seng Zn menggunakan prinsip separator pada sel elektrokimia. Salah satunya adalah 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 separator supaya ion-ion dalam larutan seimbang, dan terjadi perubahan kimia menjadi perubahan listrik (Chang, 2003).

Separator pada sel elektrokimia berfungsi untuk memisahkan anoda dan katoda, mencegah arus pendek dan melindungi elektroda dari kerusakan (Bu *et al.*, 2018). Meskipun berperan sebagai pemisah, separator harus memiliki kemampuan konduktivitas ionik yang baik agar ion dari elektrolit dapat bergerak bebas di antara anoda dan katoda. Transfer ion ini memudahkan reaksi redoks pada kedua elektroda, memungkinkan transformasi energi kimia ke listrik, atau sebaliknya, dalam perangkat elektrokimia (Gao *et al.*, 2018). Variasi ukuran dan pemilihan bahan material, seperti campuran alumina, karbon, dan semen, pada separator dapat mendukung transfer ion yang efektif serta mempertahankan stabilitas struktural dalam aplikasi jangka panjang (Rousseau *et al.*, 2009).

Penggunaan separator dengan campuran bahan seperti alumina, semen, dan karbon dalam sistem elektrokimia meningkatkan kinerja dan stabilitas elektroda dengan mencegah kontak langsung antara elektroda negatif dan positif serta meningkatkan konduktivitas ionik (Gao *et al.*, 2018). Campuran alumina dan karbon pada separator memungkinkan terjadinya transfer massa yang lebih efisien dan memberikan sifat kimia tahan terhadap degradasi selama siklus pengisian dan pengosongan. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan partikel alumina dapat meningkatkan stabilitas termal dan masa pakai sel pada aplikasi suhu tinggi (Ahn *et al.*, 2020). Variasi ukuran separator, terutama yang terbuat dari campuran alumina, karbon mempengaruhi kinerja anoda zinc. Alumina dan karbon telah dikenal sebagai bahan yang dapat meningkatkan konduktivitas dan daya tahan, sementara semen berfungsi sebagai pengikat yang

memberikan stabilitas struktur pada separator. mempengaruhi kinerja anoda zinc. Alumina dan karbon telah dikenal sebagai bahan yang dapat meningkatkan konduktivitas dan daya tahan, sementara semen berfungsi sebagai pengikat yang memberikan stabilitas struktur pada separator.

Penelitian oleh Zhao *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa ukuran pori dan ketebalan separator mempengaruhi laju regenerasi anoda zinc. Ukuran yang lebih kecil dapat meningkatkan luas permukaan yang berinteraksi dengan elektrolit, namun dapat mengurangi aliran ion. Sebaliknya, ukuran yang lebih besar mungkin memperlancar aliran tetapi mengurangi efisiensi interaksi. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis variasi ukuran separator dalam konteks campuran alumina, karbon, dan semen guna menemukan keseimbangan optimal. Eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini akan menganalisis berbagai ukuran separator dan dampaknya terhadap regenerasi anoda zinc. Penggunaan metode analisis yang tepat, hasil yang diharapkan dapat ditemukan ukuran optimal separator yang memberikan hasil terbaik dalam proses regenerasi. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai desain material komposit yang lebih efisien untuk aplikasi elektrokimia. Inovasi dalam material separator tidak hanya akan meningkatkan performa anoda zinc, tetapi juga dapat mengurangi biaya operasional dan perawatan sistem secara keseluruhan.

Berdasarkan latar belakang diatas maka dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran separator campuran alumina, karbon, dan semen pada regenerasi anoda zinc dalam sistem elektrokimia air laut. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi yang bermanfaat bagi industri yang bergerak di bidang perlindungan korosi dan teknologi material.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi luas separator terhadap regenerasi anoda zinc dalam sistem elektrokimia air laut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh variasi luas separator terhadap regenerasi anoda zinc dalam sistem elektrokimia air laut.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Wadah baterai yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari akrilik
2. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Alumina, Karbon dan Semen (Portland)
3. Air laut yang digunakan berasal dari Pantai Kelapa Rapat (Clara) dengan salinitas sebesar 3,5
4. pH yang digunakan pada larutan acid zinc pada elektroplating adalah 4
5. Anoda Zn yang digunakan berbentuk plat zinc
6. Elektrolit yang digunakan adalah larutan acid zinc dengan komposisi ZnCl_2 , NH_4Cl , HCL dengan pelarut Aquades.
7. Tempat dan waktu penelitian dilakukan di Ruang Worskhop jurusan Fisika dari bulan Januari sampai dengan Maret 2025
8. Alat yang digunakan Multimeter, *Luxmeter*, Stopwatch dan kabel penghubung
9. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan pendekatan eksperimen.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan referensi penelitian mengenai variasi ukuran separator dengan alumina, semen, dan karbon.
2. memberikan wawasan baru mengenai karakteristik dan aplikasi material baru dalam sistem elektrokimia, terutama dalam penggunaan campuran material sebagai separator.
3. Sebagai tambahan referensi di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrokimia

Elektrokimia merupakan reaksi kimia yang terjadi dalam larutan dalam konduktor elektronik dan konduktor ionik. Dalam reaksi elektrokimia ini melibatkan transfer elektron bebas dari logam ke komponen internal larutan. Keseimbangan reaksi elektrokimia memegang peranan penting dalam sel volta dan sel elektrolisis (Riyanto, 2013). Metode elektrokimia didasarkan pada Reaksi redoks yang menggabungkan proses oksidasi dan reduksi. reaksi ini dilakukan pada elektroda yang sama atau pada elektroda yang berbeda. Sebagai tanggapan Elektrokimia mempunyai dua prinsip yaitu kerja dengan melepaskan energi dari reaksi spontan dan sel reaksi yang berfungsi dengan menyerap energi dari sumber energi listrik yang dapat menimbulkan reaksi tidak spontan. Elektrokimia digunakan untuk pemurnian logam dan elektrosintesis serta untuk elektrosintesis (Mulyono, 2017). Reaksi elektrokimia dapat terjadi secara spontan, yaitu. terjadi ketika dua elektroda direndam dalam cairan elektrolit berhubungan dengan listrik. Arus listrik dalam sel elektrokimia dihasilkan oleh pelepasan elektron dari elektroda yang selanjutnya akan diambil oleh elektroda lainnya (Bird, 1993).

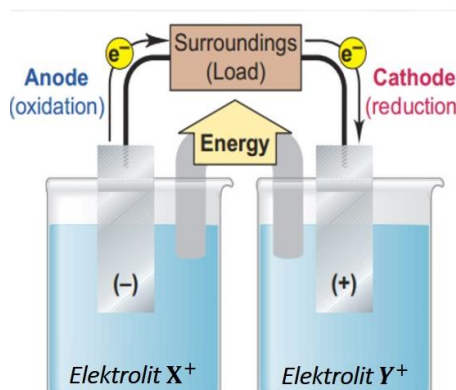
Larutan dapat digolongkan menjadi tiga golongan, yaitu larutan elektrolit kuat, larutanlarutan elektrolit lemah dan larutan non-elektrolit. Larutan elektrolit kuatadalah larutan yang mengandung ion-ion terlarut yang dapatia menghantarkan arus listrik, sehingga terjadi proses transfer electron cepat dan energi yang dihasilkan relatif tinggi. Sedangkan larutan elektrolit lemah adalah larutan yang mengandung ion-ion terlarut yang terionisasi 7 sebagian sehingga proses transfer elektron relatif

lambat dan energi produksinya relatif rendah. Namun, proses elektrokimia terjadi pada elektrolit lemah itu selalu terjadi. Dan untuk larutan non elektrolit terjadi proses transfer elektron ini tidak bisa terjadi (Harahap, 2016).

2.2 Sel Galvanis

Sel galvanis merupakan bahan kimia yang digunakan sebagai penghantar listrik untuk mengalirkan energi. Proses di mana elektron dipindahkan dari suatu zat kimia yang teroksidasi ke zat kimia yang tereduksi. Prinsip tersebut merupakan dasar yang penting untuk memandu tindakan kita. Proses kerja sel volta melibatkan pelepasan elektron melalui oksidasi dari atom atau molekul. Proses ionisasi dan reduksi terjadi ketika suatu partikel menerima elektron (Keenan, 1980).

Sel volta atau sel galvanis merupakan sejenis sel elektrokimia yang terdiri dari dua buah elektrode yang dapat menciptakan energi listrik akibat adanya reaksi redoks yang terjadi secara langsung pada kedua elektrode tersebut. Sel Volta terdiri dari anoda adalah kutub negatif dan katoda kutub positif, anoda dan katoda dicelupkan kedalam larutan elektrolit yang terhubung oleh separator. Pada tempat di mana anoda membuat reaksi oksidasi, terjadi kondisi yang tidak menguntungkan. Elektrode positif adalah di mana terjadinya reaksi reduksi yang disebut katoda. Jika dua logam dicelupkan dengan kemiringan ionisasi yang berbeda dalam larutan elektrolit dan menghubungkan kedua elektroda dengan kawat, sebuah sel volta akan terbentuk. Pertama, logam dengan kemiringan ionisasi yang lebih besar akan menyebabkan oksidasi, menghasilkan kation yang larut di dalam larutan elektrolit. Selanjutnya, elektron yang dihasilkan akan bergerak secara migrasi menuju logam dengan kecenderungan ionisasi yang lebih rendah melalui kawat. Pada logam dengan kecenderungan ionisasi yang lebih rendah, akan menghasilkan kation terlarut dalam larutan yang kemudian akan di reduksi oleh electron yang mengalir ke dalam logam tersebut . Pada sel volta, anoda mempunyai kutub yang bersifat negative dan positif (Sodikin *et al.*, 2013). Skema sel volta seperti yang disajikan oleh **Gambar 2.1**.



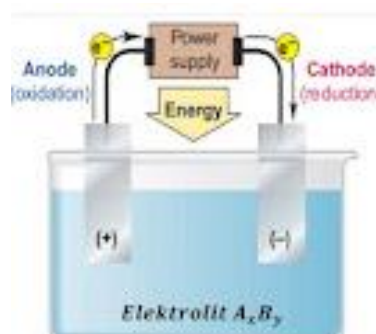
Gambar 2.1 Sel volta (Sadono, 2017).

Urutan pada deret volta, yaitu semakin ke kiri posisi suatu logam dalam deret volta, maka logam semakin reaktif atau semakin mudah melepas elektron dan logam merupakan reduktor yang semakin kuat atau semakin mudah mengalami oksidasi. Sebaliknya, semakin ke kanan posisi suatu logam dalam deret volta, logam cenderung menjadi kurang reaktif atau semakin sulit melepaskan elektron dan logam merupakan oksidator yang semakin kuat atau semakin mudah mengalami reduksi (Dogra, 1990). Deret volta disusun berdasarkan daya reduksi dan oksidasi dari masing-masing logam (Mulyono, 2017). Urutan deret volta yaitu Li – K – Ba – Ca – Na – Mg – Al – Mn – Zn – Cr – Fe – Cd – Ni – Sn – Pb – H – Sb – Bi – Cu – Hg – Ag – Au (Nasution, 2019).

Berdasarkan deret volta di atas, logam Cu mempunyai nilai potensial yang lebih tinggi dibandingkan dengan logam Zn, Al, dan Fe. Nilai yang dimiliki oleh logam Fe memiliki nilai potensial lebih besar dibandingkan dengan logam Zn dan logam Al memiliki nilai potensial lebih besar dibandingkan dengan logam Zn. Logam yang digunakan dalam pembuatan kendaraan harus senyawa dengan elemen lain untuk memperoleh sifat yang diinginkan yaitu logam dengan potensial yang lebih besar untuk digunakan sebagai katoda, sementara itu, logam dengan potensial yang lebih rendah dapat dimanfaatkan sebagai elektroda yang memiliki muatan negatif (anoda) (Hendrik, 2015).

2.3 Sel Elektrolisis

Sel elektrolisis merupakan sel elektrokimia yang memanfaatkan energi listrik sebagai sumber energinya untuk menyalurkan reaksi kimia yang sedang berlangsung. Di dalam sel elektrolisis, katoda bermuatan negatif sementara anoda memiliki muatan positif. Sesuai dengan prinsip aliran listrik. Energi listrik. Terdapat unsur yang mampu mengalami ionisasi, elektrode, dan sumber energi. Sumber energi yang digunakan adalah listrik (baterai). Arus listrik mengalir dari kutub negatif baterai menuju katoda yang terisi muatan. Tidak positif. Larutan akan mengalami proses ionisasi, yang menyebabkan pembentukan kation dan anion. Kation berada di katoda. Pada katoda akan terjadi reduksi sementara pada anoda akan terjadi oksidasi. Salah satunya penggunaan sel elektrolisis adalah untuk melapisi logam emas. Larutan yang mengandung unsur emas (Au) bersifat elektrolit. Ini dilakukan sebagai langkah pelapisan. Sekarang perhiasan tersebut memiliki kadar emas yang lebih rendah.



Gambar 2.2 Sel elektrolisis (Harahap,2016)

Elektrode yang digunakan dalam sel elektrolisis terdiri dari dua tipe,

- a. Elektrode inert adalah jenis elektrode yang tidak ikut bereaksi dalam reaksi kimia baik sebagai katoda maupun anoda, sehingga dalam sel elektrolisis yang mengalami reaksi redoks adalah elektrolit sebagai zat terlarut dan atau air sebagai pelarut. Contohnya adalah karbon (C) dan platina (Pt).
- b. Elektrode tidak inert atau disebut elektrode aktif dimana electrode ini turut serta dalam proses kimia yang terjadi, terutama jika digunakan sebagai anoda, dapat

mengalami reduksi atau pengurangan. Contohnya adalah Fe, Al, Cu, Zn, Ag dan Au (Riyanto, 2013).

2.4 Elektroda (Anoda Katoda)

Elektroda adalah sebuah konduktor yang dapat dilalui oleh arus listrik menggunakan sistem sel volta. Elektroda umumnya terbuat dari bahan logam seperti timah, perak, tembaga, dan seng. Elektroda dapat dipergunakan sebagai salah satu alat perangkat untuk membuat baterai dalam berbagai bidang sektor industri dan layanan Kesehatan (Chang, 2003). Elektroda juga dapat digunakan untuk mengukur atau menilai potensial aksi dan mengalirkan transmisi ion ke penyalur ion (Gabriel, 1996). Elektroda terdiri elektroda positif dan elektroda negatif. Elektroda positif disebut anoda yang berfungsi sebagai penerima elektron sementara elektroda negatif disebut katoda yang berfungsi sebagai pemberi elektron. Antara anoda dan katoda akan mengalir arus yaitu dari kutub positif (anoda) ke kutub negatif (katoda) sedangkan elektron akan mengalir dari katoda menuju anoda (Hamid *et al.*, 2016)

Elektroda adalah sebuah konduktor yang dapat dilalui oleh arus listrik menggunakan sistem sel volta. Elektroda biasanya terbuat dari bahan logam seperti timah, perak, tembaga, dan seng. Elektroda dapat digunakan sebagai salah satu perangkat untuk Tata letak elektroda berpengaruh pada besarnya tegangan yang dihasilkan yaitu dengan cara disusun secara seri, daripada elektroda yang disusun secara paralel. Sementara itu, elektroda yang disusun secara paralel dapat menghasilkan keluaran tegangan yang lebih stabil daripada elektroda yang disusun secara seri. Elektroda yang disusun secara seri-paralel (campuran) dapat menghasilkan tegangan bernilai tinggi dan stabil (Maulan *et al.*, 2017). Selain itu, luas permukaan elektroda juga dapat mempengaruhi tingkat energi listrik yang dihasilkan. Semakin luas area permukaan elektroda yang bereaksi di dalam larutan elektrolit, maka semakin besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan (Susanto *et al.*, 2017).

Pada penelitian (Susanto *et al.*, 2017) menunjukkan bahwa elektroda pasangan tembaga-zink menghasilkan keluaran arus dan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan elektroda pasangan tembaga-aluminium dan tembaga-galvalum. Zn

14 sebagai anoda merupakan bahan yang mudah melepaskan elektron dan Cu sebagai katoda merupakan bahan yang memiliki kecenderungan untuk menahan elektron sehingga kedua bahan ini merupakan pasangan elektroda yang dapat dengan baik menghasilkan nilai tegangan dan arus yang tinggi (Jauharah, 2013).

Bahan Zn juga memiliki kualitas yang lebih unggul dibandingkan bahan aluminium dalam menghasilkan tegangan dan arus listrik (Susanto *et al.*, 2017).

2.5 Elektrolit

Elektrolit terdiri dari dua jenis yaitu elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Elektrolit kuat merupakan larutan yang mengandung ion-ion terlarut yang dapat mengantarkan arus listrik sangat baik sehingga proses serah terima elektron berlangsung cepat dan energi listrik yang dihasilkan relatif besar. Sedangkan elektrolit lemah merupakan larutan yang mengandung ion-ion terlarut cenderung terionisasi sebagian sehingga dalam proses serah terima elektron relatif lambat dan energi yang dihasilkan kecil (Harahap, 2016). Jumlah elektrolit dalam sel elektrokimia juga dapat memberikan pengaruh terhadap produksi energi listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu, semakin banyak volume elektrolit yang digunakan maka tegangan dan arus listrik yang dihasilkan semakin besar atau meningkat dan begitupun sebaliknya (Yulianti *et al.*, 2017).

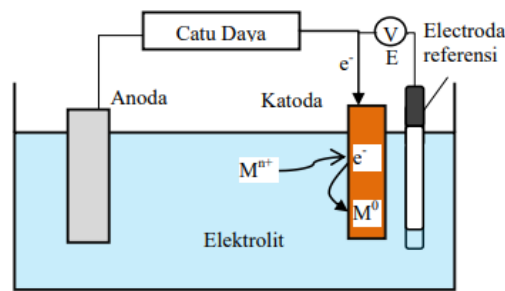
Jumlah elektrolit yang digunakan dalam baterai air laut dapat mempengaruhi Tingkat kekuatan arus listrik yang dihasilkan untuk menghidupkan beban (lampu LED) karena banyaknya elektron yang berinteraksi di dalam sel elektrokimia. Elektrolit yang diberikan dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan *short contact* antara katoda dan anoda sehingga beban (lampu LED) menjadi redup bahkan LED yang digunakan bisa mati akibat *short contact* tersebut (Anisa & Setyaningrum, 2022). Cara kerja elektrolit untuk menghasilkan energi listrik yaitu dengan cara memberikan dua buah elektroda ke dalam larutan elektrolit, lalu larutan elektrolit akan menghasilkan ion-ion yang akan bergerak sehingga terjadi proses transfer elektron dari anoda ke katoda yang menghasilkan keluaran berupa arus dan tegangan (Yulianti *et al.*, 2017).

2.6 Elektroplating

Elektroplating dapat diartikan sebagai proses yang digunakan untuk melapisi permukaan dengan lapisan logam, dengan menggunakan bantuan arus listrik dan senyawa kimia tertentu guna memindahkan partikel logam pelapis ke material yang hendak dilapisi. Menurut (Budiyanto *et al.*, 2016), elektroplating dapat dikatakan suatu proses pengendapan atau deposisi anion logam pelindung (anoda) yang diinginkan di atas logam lain (katoda) dalam proses elektrolisis. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia yang berlangsung pada elektroda (anoda-katoda) dan elektrolit menuju arah tertentu secara tetap. Dapat dinyatakan bahwa terjadinya suatu endapan pada proses elektroplating ini disebabkan oleh keberadaan ion-ion bermuatan listrik yang bergerak dari suatu elektroda (anoda) melalui elektrolit dan akan mengendap pada elektroda lain (katoda). Sistem elektroplating terdiri dari catu daya, larutan elektrolit, katode, anoda dan jika diperlukan ada penambahan elektroda referensi. Untuk memastikan proses reaksi berjalan lancar, elektroda perlu dihubungkan dengan catu daya, kemudian daya akan dimasukkan ke dalam elektrolit di dalam sel elektrokimia (Paunovic & Schlesinger, 1998).

Elektrode yang terhubung dengan catu daya akan menghasilkan arus listrik yang mengalir dari katoda ke anoda (Paunovic & Schlesinger, 1998). Proses elektroplating sangat dipengaruhi oleh tingkat keasaman (pH) dan kemampuan larutan dalam menghantarkan listrik (konduktivitas) larutan elektrolit, konduktivitas elektrode dan transfer massa ion yang bereaksi (Widayatno, 2016).

Proses elektroplating telah banyak digunakan, terutama elektroplating menggunakan larutan senyawa kimia. Misalnya, sebuah kuningan yang akan dilapisi dengan seng (Zn). Larutan yang digunakan pada proses elektroplating adalah zinc chloride (Zn²⁺). Skema elektroplating seperti yang disajikan oleh **Gambar 2.3.**



Gambar 2.3. Rangkaian alat elektroplating (Widayanto *et al.*, 2015)

Pada proses elektroplating anoda merupakan terminal positif, yang selanjutnya dihubungkan dengan kutub positif dari sumber arus listrik. Anoda dalam larutan elektrolit ada yang larut dan ada yang tidak larut. Anoda yang tidak larut akan berperan sebagai penghantar arus listrik, sementara anoda yang larut akan bertindak sebagai penghantar arus listrik, juga berfungsi sebagai bahan baku pelapis. Dalam proses electroplating, katoda didefinisikan sebagai benda kerja yang akan dilapisi dan terhubung dengan kutub negatif dari sumber arus listrik. Larutan elektrolit yang digunakan dalam proses elektroplating merupakan larutan yang dapat larut dalam air dan kemudian terurai menjadi partikel-partikel yang bermuatan positif atau negatif.

Antara anoda dan katode terjadi perbedaan potensial setelah dialirkan listrik, maka logam seng akan terurai di dalam elektrolit yang juga mengandung ion-ion seng. Melalui larutan elektrolit, ion-ion seng (Zn^{2+}) akan terbawa kemudian mengendap pada permukaan katode (kuningan) dan mengalami perubahan menjadi atom-atom seng. Hal ini mengakibatkan terjadinya reaksi reduksi ion seng menjadi logam seng sebagai berikut.



Karena larutan elektrolit selalu mengandung garam dari logam yang akan dilapisi, garam-garam tersebut yang akan mudah larut, tetapi anionnya tidak mudah tereduksi (Alin, 2010).

2.7 Alumina

Alumina merupakan salah satu material yang sangat penting dalam dunia industri keramik. Beberapa aplikasi alumina digunakan sebagai bahan substrat elektronik, isolator temperatur tinggi, pengabrasi, mesin prostetik dan tabung termokopel. Alumina memiliki beberapa sifat-sifat penting diantaranya memiliki titik leleh yang cukup tinggi, tahan terhadap korosi, serta konduktivitas termalnya rendah dan dapat bertahan terhadap suhu lingkungan yang tinggi. Sifat-sifat inilah yang membuat alumina lebih sering digunakan di antara bahan refraktori kelompok oksida lainnya, digunakan sebagai bahan isolator suhu tinggi, tidak hanya pada industri keramik, tetapi juga dalam berbagai industri-industri manufaktur lainnya (Johan, 2009).

Alumina memiliki beberapa bentuk fasa allotropik, antara lain fasa gamma, delta, theta dan alpha alumina. Fasa alpha ($\alpha - Al_2O_3$) merupakan fase paling stabil pada alumina, terutama ketika berada pada suhu tinggi. Alpha alumina memiliki struktur kristal dalam bentuk heksagonal dengan parameter kisi $a = 4,7588$ dan $c = 12,9910$ nm. Alpha alumina sering disebut dengan istilah sebagai corundum yang digunakan sebagai salah satu bahan refraktori dari kelompok oksida. Alumina dapat berbentuk kristal tunggal relatif lebih kuat dibandingkan dengan alumina polikristal dan kekuatannya meningkat pada suhu sekitar $1100^\circ C$. Ukuran butir yang kecil sangat penting pada aplikasi suhu rendah, karena pada suhu rendah kekuatan dan ketangguhan alumina meningkat dengan menurunnya ukuran butir. Untuk aplikasi suhu tinggi diperlukan alumina dengan ukuran butir besar untuk mencegah terjadinya pertumbuhan butir (*grain growth*) yang tidak terkendali yang akan menurunkan kekuatan alumina tersebut (Smith, 1997).

2.8 Semen

Semen berasal dari bahasa latin "*Cementum*" yang berarti bahan perekat. Semen merupakan senyawa atau zat pengikat hidrolisis yang terdiri dari senyawa C-S-H (Kalsium Silikat Hidrat) yang apabila bereaksi dengan air akan dapat mengikat bahan-bahan padat lainnya sehingga dapat membentuk satu kesatuan massa yang kompak, padat dan keras. Semen pada awal ditemukan hanya terdiri dari campuran

kapur dan tanah liat yang ketika dibakar akan mengeras (Hidayat, 2009). Jhosep Aspdin memperoleh hak paten dengan penemuannya mengenai jenis semen yang didapatkan dari hasil kalsinasi campuran batu kapur dengan tanah liat dan menggiling hasilnya menjadi bubuk halus yang kemudian dikenal dengan nama *Portland Cement*.

Perkembangan industri semen di Indonesia semakin meningkat dengan munculnya beberapa jenis semen. Jenis-jenis semen yang ada di Indonesia diantaranya ada OPC (*Ordinary Portland Cement*), *White Cement* dan yang paling baru yaitu PCC (*Portland Composite Cement*). Semen PCC merupakan jenis semen variasi baru yang memiliki karakteristik yang serupa dengan semen Portland pada umumnya, tetapi semen jenis ini memiliki kualitas yang lebih baik, ramah lingkungan dan mempunyai harga yang lebih terjangkau. Bahan-bahan yang terdapat dalam semen PCC terdiri dari *Clinker*, *gypsum* dan zat tambahan (*Additive*). Bahan aditif yang digunakan dalam campuran semen jenis ini adalah batu kapur (*lime stone*), abu terbang (*fly ash*) dan *Trass*. Penggunaan bahan aditif *fly ash* dan *trass* digunakan karena di dalam bahan tersebut terdapat senyawa SiO_2 yang dapat meningkatkan kuat tekan. Pada PCC ditambahkan pula *lime stone* yang berfungsi untuk meningkatkan kuat tekan. Hal ini terjadi karena pada *lime stone* mempunyai bentuk fisik yang mudah halus, sehingga dengan nilai kehalusan tersebut dapat menutup rongga-rongga yang terdapat di dalam semen dan bisa meningkatkan kuat tekannya (Hariawan, 2010).

2.9 Karbon

Karbon atau zat arang merupakan unsur kimia yang mempunyai simbol C dan memiliki nomor atom 6 pada tabel periodik. Sebagai unsur golongan 14 pada tabel periodik, karbon merupakan unsur non logam dan bervalensi 4, yang berarti bahwa terdapat empat elektron yang dapat digunakan untuk membentuk ikatan kovalen. Terdapat tiga macam isotop karbon yang ditemukan secara alami, yakni ^{12}C dan ^{13}C yang stabil dan ^{14}C yang bersifat radioaktif. Karbon merupakan salah satu diantara beberapa unsur yang diketahui keberadaannya sejak zaman kuno. Istilah karbon berasal dari bahasa Latin *carbo*, yang berarti batu bara (Lide, 2005). Karbon memiliki beberapa jenis alotrop, yang paling terkenal adalah grafit, intan dan

karbon amorf. Sifat-sifat fisika karbon bervariasi bergantung pada jenis alotropnya (Haaland, 1976).

2.10 Karakteristik Air Laut

Air laut adalah kumpulan air asin yang sangat luas dan melimpah di permukaan bumi. Secara umum, Tingkat keasaman air laut berkisar antara pH 8,2 sampai 8,4 (Muaya et al., 2015). Air laut terdiri dari campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Rata-rata kandungan garam dalam air laut adalah sekitar 3,5% yang artinya dalam 1 liter (1000 ml) air laut terdapat 35 gram garam. Zat-zat garam utama yang terkandung dalam air laut meliputi klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%) dan sisanya kurang dari 1% terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida. Kandungan kadar garam yang di dalam air laut dapat mempengaruhi sifat fisis air laut seperti densitas, kompresibilitas, titik beku dan temperatur (Adriani, 2020).

Sumber utama garam yang terdapat di laut berasal dari proses pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik, dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (*hydrothermal vents*) di dalam laut. Selain itu, air laut juga dapat bersifat agresif dan sangat merusak yang disebabkan oleh beberapa faktor berikut.

1. Air laut berfungsi sebagai elektrolit yang memiliki sifat konduktivitas tinggi.
2. Air laut memiliki kandungan oksigen terlarut yang tinggi sehingga dapat menyebabkan korosi pada logam.
3. Suhu permukaan air laut umumnya tinggi.
4. Ion klorida dalam air laut termasuk dalam kategori ion agresif_ (Muaya et al., 2015).

2.11 Karakteristik Logam Seng (Zn)

Seng atau zinc merupakan salah satu unsur dengan simbol Zn, yang memiliki nomor atom 30, memiliki massa atom sebesar 65,37 g/mol, dan terdapat pada golongan II B unsur transisi di dalam tabel periodic (Angin, 2018). Seng memiliki massa jenis sebesar 7,14 g/ seng memiliki sifat mudah ditempa dan liat pada suhu 110-150°C, dan seng memiliki titik lebur pada suhu 410° C dan memiliki titik didih pada suhu 906 °C dan seng memiliki warna abu-abu muda.

Ketika seng dipanaskan dengan suhu tinggi maka akan menimbulkan endapan seperti pasir. Seng adalah salah satu logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif dan dapat bereaksi dengan asam, basa, dan senyawa non logam (Sugiyarto & Retno, 2010). Seng memiliki banyak efek pada paduan yaitu meningkatkan kekuatan pada temperatur ruang dan ketahanan korosi (Hutahaeen, 2015). Seng dipakai sebagai pelindung dari karat hal ini karena seng lebih tahan terhadap karat daripada besi. Seng juga mudah dituang, dan sering dipakai sebagai campuran bahan lain yang sukar dituang, misalnya pada tembaga. Dalam teknik listrik seng banyak dipakai untuk bahan selongsong elemen kering (kutub negatif), bahan-bahan (elektroda) pada elemen galvanik (Sugiyarto & Retno, 2010). Bentuk unsur logam seng (Zn) dapat dilihat pada **Gambar 2.4**



Gambar 2.4 Unsur logam seng (Helmenstine, 2016).

2.12 Karakteristik Tembaga (Cu)

Tembaga adalah logam merah muda yang lunak, dapat ditempa, dan liat. Tembaga tersebut melebur pada 1038° C. Tembaga mempunyai daya hantar listrik yang tinggi

yaitu $57 \text{ Ohm.mm}^2 / \text{m}$ pada suhu 20°C . Karena potensial elektrode standarnya positif, ($+0,34\text{V}$ untuk pasangan Cu/Cu^{2+}), tembaga tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer. Tembaga atau cuprum dalam tabel periodik memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Logam ini termasuk logam berat non ferro (logam dan paduan yang tidak mengandung Fe dan C sebagai unsur dasar) yang memiliki sifat penghantar listrik dan panas yang tinggi. Sebagian besar tembaga dipakai sebagai kawat atau bahan untuk menukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik dan panasnya yang baik.

Selain mempunyai daya hantar listrik yang tinggi, daya hantar panasnya juga tinggi dan tahan karat. Oleh karena itu tembaga juga dipakai untuk kelengkapan bahan radiator, ketel, dan alat kelengkapan pemanasan. Tembaga mempunyai sifat dapat dirol, ditarik, ditekan, ditekan tarik dan dapat ditempa (malleable). Titik cair tembaga adalah 1083°C , titik didihnya 2593°C , massa jenis 8,9, kekuatan tarik 160 N/mm^2 . Kegunaan lain dari tembaga ialah sebagai bahan untuk baut penyolder, untuk kawat-kawat jalan traksi listrik (kereta listrik, trem, dan sebagainya), unsur hantaran listrik di atas tanah, hantaran penangkal petir, untuk lapis tipis dari kolektor, dan lain-lain. Sedangkan sifat-sifat kimia tembaga yaitu merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi (Vogel, 1990). Bentuk unsur tembaga (Cu) dapat dilihat pada **Gambar 2.5**



Gambar 2.5 Unsur tembaga (Helmenstine, 2016).

2.13 Karakteristik Perak (Ag)

Perak adalah unsur logam dengan nomor atom 47 yang memiliki lambang Ag. Perak murni termasuk logam transisi yang lunak, berwarna putih, dan berkilau. Perak murni memiliki nilai konduktivitas listrik, konduktivitas termal, dan reflektivitas tertinggi diantara semua logam, serta nilai resistansinya yang sangat kecil. Nilai konduktivitas listrik dan termal dari logam perak mencapai $6,3 \times 10^7 \text{ Sm}^{-1}$ dan $429 \text{ Wm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Perak memiliki nilai densitas sebesar $10,49 \text{ gr/cm}^3$. Perak murni bersifat stabil di udara murni dan air, tetapi dapat ternoda ketika terkena ozon, hidrogen sulfida, atau udara yang mengandung sulfur. Perak banyak digunakan untuk perhiasan, koin, alat fotografi, alat-alat kesehatan, dan baterai. Reaksi perak dengan unsur lainnya juga banyak dimanfaatkan, seperti perak iodida digunakan dalam penyemaian awan untuk menghasilkan hujan dan perak klorida memiliki sifat optik yang menarik karena dapat dibuat transparan (Hammond, 2004). Bentuk unsur perak (Ag) dapat dilihat pada **Gambar 2.6**



Gambar 2.6 Unsur perak (Helmenstine, 2016).

2.14 Acid Zinc

Larutan acid zinc adalah larutan elektrolit berbasis zinc yang bersifat asam. Larutan ini biasanya terdiri dari ion zinc (Zn^{2+}) dalam medium berair dengan penambahan asam untuk mengatur pH. Larutan ini digunakan dalam berbagai aplikasi elektrokimia seperti pelapisan logam (electroplating), pemurnian zinc melalui elektrolisis, serta sebagai komponen utama dalam baterai zinc-air dan sel elektrokimia lainnya. Larutan acid zinc digunakan dalam electroplating untuk

melapisi permukaan logam dengan lapisan zinc. Proses ini meningkatkan ketahanan korosi, memberikan perlindungan mekanis, dan memperbaiki penampilan estetika logam (Hosny, 1993). Larutan acid zinc bertindak sebagai konduktor ionik yang memungkinkan transfer ion zinc antara elektroda dalam proses elektrokimia. Ini mendukung reaksi oksidasi pada anoda dan reduksi pada katoda, yang penting untuk menghasilkan energi atau proses elektrolitik lainnya. Bahan untuk membuat larutan acid zinc dilakukan dengan mencampurkan amonium klorida (NH_4Cl) sebanyak 54 gram + Zinc klorida (ZnCl_2) 172 gram + 3 liter aquades + larutan asam klorida (HCL) sebanyak 22 tetes (Pauzi *et al.*, 2022). Dalam sel asidifikasi elektrokimia, larutan acid zinc dapat digunakan untuk menurunkan pH air laut guna mengekstraksi karbon dioksida (CO_2) dan menghasilkan hidrogen (H_2), yang bermanfaat dalam proses energi bersih (Willauer *et al.*, 2012).

2.15 Separator

Separator dalam elektrokimia adalah suatu peralatan laboratorium yang digunakan untuk menghidupkan setengah sel reduksi dan oksidasi dari suatu sel galvanis (sel volta). Separator juga disebut sebagai dinding berpori yang memisahkan antara katode dan anoda pada sel volta. Separator terdiri dari ruang elektrolit yang mempertahankan kenetralannya pada batang elektroda (Pauzi *et al.*, 2021).

Fungsi separator adalah untuk menyetarakan kation dan anion dalam larutan. Adapun syarat separator yaitu bisa dilewati oleh ion dan hanya sedikit melewati pelarut. Separator dirancang untuk menjaga netralitas listrik di antara sirkuit internal, mencegah sel bereaksi dengan cepat menuju kesetimbangan. Jika tidak digunakan separator, larutan di salah satu setengah sel akan terkumpul muatan negatif dan larutan di setengah sel yang lain akan terkumpul muatan positif ketika reaksi berjalan, sehingga dengan cepat mencegah reaksi lebih lanjut, karena menghambat produksi listrik. Karena konsentrasi larutan elektrolit pada jembatan garam lebih tinggi daripada konsentrasi elektrolit di kedua bagian elektroda, maka ion negatif dari jembatan garam masuk ke salah satu setengah sel yang kelebihan muatan positif dan ion positif dari separator berdifusi ke bagian lain yang kelebihan muatan negatif (Haman *et al.*, 1998). Separator dalam suatu sel elektrokimia menjaga elektronetralisasi dalam sel dan memastikan arus tetap mengalir dalam sel.

Apabila separator tidak ada maka yang akan terjadi sel anoda dan sel katode tidak akan terhubung secara elektrik. Arus listrik yang dihasilkan oleh separator merupakan penjumlahan dari aliran kation dan anion (Rahmawati, 2013).

Separator umumnya berupa tabung berbentuk U yang diisi dengan agar-agar yang dijenuhkan dengan larutan garam. Separator memainkan peran penting dalam mempertahankan keseimbangan muatan listrik pada larutan. Dengan konsentrasi larutan elektrolit di separator yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi elektrolit di kedua sisi elektroda, ion negative dari separator mengalir ke salah satu sel setengah yang memiliki muatan positif berlebih, sementara ion positif dari separator mengalir ke sisi lain yang memiliki muatan negatif berlebih. Separator terjadi aliran elektron yang kontinu melalui kawat pada rangkaian luar dan aliran ion-ion melalui larutan sebagai akibat dari reaksi redoks yang spontan yang terjadi pada kedua elektroda. Jika kedua elektrolit pada sel dipisahkan sama sekali tanpa adanya separator, maka dapat dilihat bahwa aliran elektron akan segera berhenti. Hal ini terjadi karena pada kedua elektroda terjadi ketidaknetralan listrik, di satu bagian kelebihan muatan positif dan di bagian lain kelebihan muatan negatif. Dengan adanya separator dapat terjadi penetralan muatan listrik di setiap elektroda melalui difusi ion-ion, akan tetapi kedua larutan elektroda tetap dapat dijaga untuk tidak saling bercampur secara bebas, sebab kalau dibiarkan bercampur maka ion-ion Cu^{2+} akan bereaksi langsung dengan elektroda Zn, dan elektron tidak akan mengalir melalui kawat pada rangkaian luar.

Penggunaan separator memiliki sejumlah keuntungan, diantaranya menjaga agar larutan elektrolit di satu bagian elektroda tidak mengalir ke bagian elektroda lainnya saat permukaan kedua larutan elektrolit di kedua elektrolit berbeda. Keberadaan separator menyebabkan terjadinya pertemuan antara cairan elektrolit. Syarat dari suatu zat yang digunakan untuk separator adalah zat tersebut tidak boleh bereaksi dengan elektrolit yang digunakan dalam pengukuran potensial sel (David, 2005).

2.11 Komposit

Komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda sifatnya untuk menghasilkan material dengan karakteristik superior dibandingkan komponen penyusunnya secara terpisah. Bahan komposit biasanya terdiri dari matriks dan penguat yang bekerja sama untuk meningkatkan sifat mekanik, termal, dan elektrik suatu material (Krevelen, 1994). Komposit berbasis alumina, karbon, dan semen memiliki aplikasi yang luas, terutama dalam bidang material tahan panas, elektroda, dan separator dalam sistem elektrokimia. Alumina (Al_2O_3) digunakan sebagai bahan utama karena sifat ketahanannya terhadap korosi dan konduktivitas termalnya yang baik. Karbon berfungsi sebagai penguat dan konduktor listrik, sedangkan semen digunakan sebagai perekat untuk menjaga integritas struktural komposit. Sifat komposit sangat dipengaruhi oleh komposisi dan ukuran partikel penyusunnya. Faktor-faktor seperti porositas, kekerasan, dan konduktivitas listrik memainkan peran penting dalam performa separator berbasis alumina, karbon, dan semen. Pemilihan ukuran dan proporsi bahan sangat menentukan efisiensi serta durabilitas material dalam aplikasi elektrokimia (Dharma *et al.*, 2020).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Ruang Workshop Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dari bulan Januari 2025 sampai dengan bulan Maret 2025.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Alat Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	Gunting	Memotong Elektrode
2	Kamera	Mengambil dokumentasi saat penelitian
3	Multimeter	Mengukur tegangan, arus dan hambatan
4	Timbangan Digital	Menimbang massa elektrode
5	Stopwatch	Mencatat waktu elektroplating
6	Styrofoam	Menahan logam Zn
7	Gelas Beker	Mengukur Volume Air laut
8	Filter Air	Tempat proses filtering
9	Kabel Penghubung	Media penghubung elektroda
10	Luxmeter	Mengukur intensitas cahaya
11	Sarung Tangan	Digunakan saat melakukan penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.2**

Tabel 3.2 Bahan Penelitian

No.	Nama Bahan	Fungsi
1.	Air laut	Sebagai elektrolit sel volta
2.	<i>Acrylic</i>	Sebagai media sel volta
3.	Serabut Cu (120 cm)	Sebagai katoda sel volta
4.	Lempengan Zn (2,5 x 5 cm)	Sebagai anode sel volta
5.	Larutan AgNO ₃	Sebagai larutan elektrolit pada proses elektroplating Cu(Ag)
6.	Larutan HNO ₃ 1%	Sebagai pembersih logam Cu
7.	Etanol 98%	Sebagai pembersih logam Cu setelah dibersihkan dengan HNO ₃
8.	Alumina, Carbon, dan semen	Untuk membuat separator
9.	NH ₄ Cl, ZnCl ₂ , dan HCL	Untuk membuat larutan acid zinc
10.	Aquades	Untuk mengencerkan larutan
12.	LED	Sebagai beban atau untuk menguji keluaran yang dihasilkan
13.	Lem korea dan lem sunpolac	Sebagai perekat media system sel volta berbahan akrilik
14.	Keramik	Sebagai media cetakan separator
15.	Plastik Warp	Sebagai alas antara separator dengan keramik
16.	Kawat Kasa	Sebagai penyangga di dalam separator

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 5 tahap untuk memperoleh serta menganalisa data pengamatan yaitu perancangan dan pembuatan sistem, pembuatan separator, proses elektroplating Cu(Ag), pembuatan larutan acid zinc serta pengujian alat dan pengambilan data.

3.3.1 Preparasi Bahan

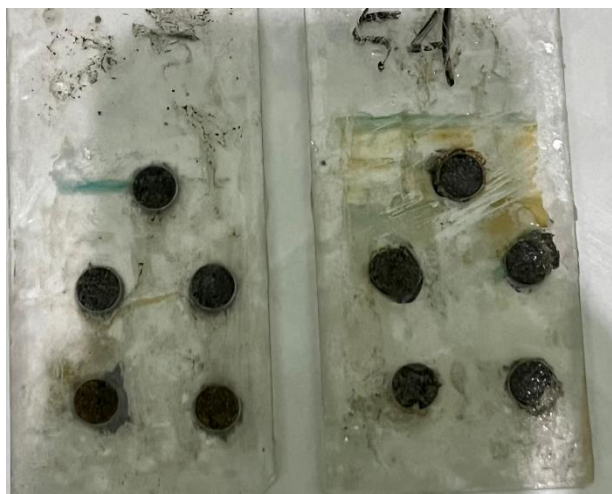
Tahap preparasi bahan pada penelitian ini sebagai berikut.

3.3.1.1 Pembuatan Larutan *Acid Zinc*

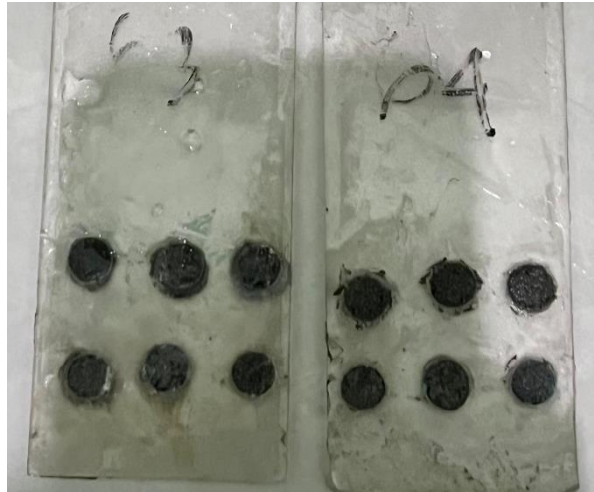
Pembuatan larutan *acid zinc* dilakukan dengan mencampurkan amonium klorida (NH_4Cl) sebanyak 54 gram + *Zinc* klorida (ZnCl_2) 172 gram + 3 liter aquades + larutan asam klorida (HCL) sebanyak 22 ml. Penelitian ini menggunakan larutan *acid zinc* pH 4, pada proses pembuatannya menggunakan HCL (asam klorida) yang digunakan untuk menurunkan pH larutan hingga menjadi pH 4.

3.3.1.2 Pembuatan Separator

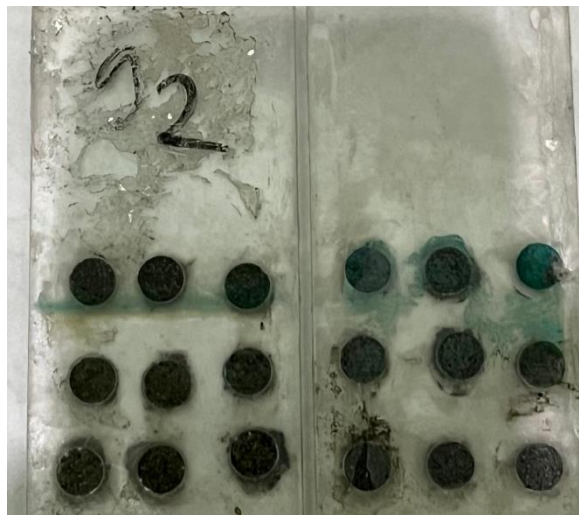
Pembuatan separator yang dilakukan dalam penelitian ini terbuat dari bahan Al_2O_3 (aluminium oksida) + Semen + Carbon . Separator ini dibuat dengan variasi jumlah lubang pada akrilik dengan variasi yang digunakan yaitu lima lubang (luas $3,175 \text{ Cm}^2$), enam lubang (luas $3,81 \text{ Cm}^2$), dan sembilan lubang (luas $5,715 \text{ Cm}^2$). Pada pembuatan separator ini, ketiga bahan diaduk hingga tercampur, lalu bahan tersebut dicetak ke akrilik yang sudah dilubangi kemudian dikeringkan selama ± 2 hari hingga mengering. **Gambar 3.1** merupakan separator akrilik dengan variasi lima lubang luas $3,175 \text{ Cm}^2$)



Gambar 3.1 Variasi Separator Lima Lubang (luas $3,175 \text{ Cm}^2$)



Gambar 3.2 Variasi Separator Enam Lubang (luas $3,81 \text{ Cm}^2$)



Gambar 3.3 Variasi Separator Sembilan Lubang (luas $5,715 \text{ Cm}^2$)

3.3.2 Perancangan dan Pembuatan Sel Galvanis

Tahap awal yang dilakukan yaitu melakukan perancangan dan pembuatan sistem sel volta yang tersusun dari 12 sel berbahan akrilik. Ukuran dari setiap sel yaitu dengan panjang sebesar 10 cm, lebar sebesar 5 cm, dan tinggi sebesar 10 cm. Setiap sel berisi sepasang elektrode Cu(Ag)-Zn yang dibatasi dengan separator. Separator yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari Al_2O_3 (Alumunium Oksida), Karbon dan Semen . Pada penelitian ini menggunakan elektrolit berbahan air laut dan larutan acid zinc. Elektrode yang digunakan pada sistem ini yaitu menggunakan serabut Cu dan plat Zn.

3.3.3 Proses Elektroplating Ag pada Cu

Proses electroplating Ag pada Cu dengan menggunakan larutan (AgNO_3) Sebanyak 100mL dan aquades sebanyak 900 ml. Katoda yang digunakan dalam proses ini adalah serabut Cu dan anoda yang digunakan adalah batang karbon. Sebelum proses electroplating, serabut Cu dibersihkan terlebih dahulu dengan larutan HNO_3 1%. Setelah dibersihkan dengan larutan HNO_3 , Serabut Cu dibersihkan kembali menggunakan etanol 96%. Proses electroplating ini dilakukan dengan tegangan sebesar 2 volt selama 5 menit. Tegangan yang diberikan berasal dari power supply. Proses elektroplating ini disajikan dalam **Gambar 3.4**



Gambar 3.4 Elektroplating Ag pada Cu

3.3.4 Pengujian Alat dan Pengambilan Data

Tahap pengujian alat dilakukan untuk melihat keluaran yang dihasilkan dari sel elektrokimia dan regenerasi dari anoda Zn. Prosedur yang dilakukan seperti menghubungkan separator yang telah terpasang dengan beban LED. Lampu LED diletakan dalam tempat tertutup untuk menghindari gangguan cahaya dari luar saat pengambilan data penelitian. Data yang diambil dalam penelitian ini yaitu besar tegangan tanpa beban (V_0), tegangan saat beban dipasang (V_b) yang terukur dalam satuan Volt, kuat arus (I) listrik yang dihasilkan yang terukur dalam satuan mA, dan intensitas cahaya yang dihasilkan dari 20 lampu LED yang terukur dalam Lux. Alat penelitian yang digunakan untuk pengambilan data yaitu neraca, multimeter, lux meter, dan stopwatch. Data pengamatan diambil 15 menit sekali selama 5 jam.

3.4 Diagram Alir

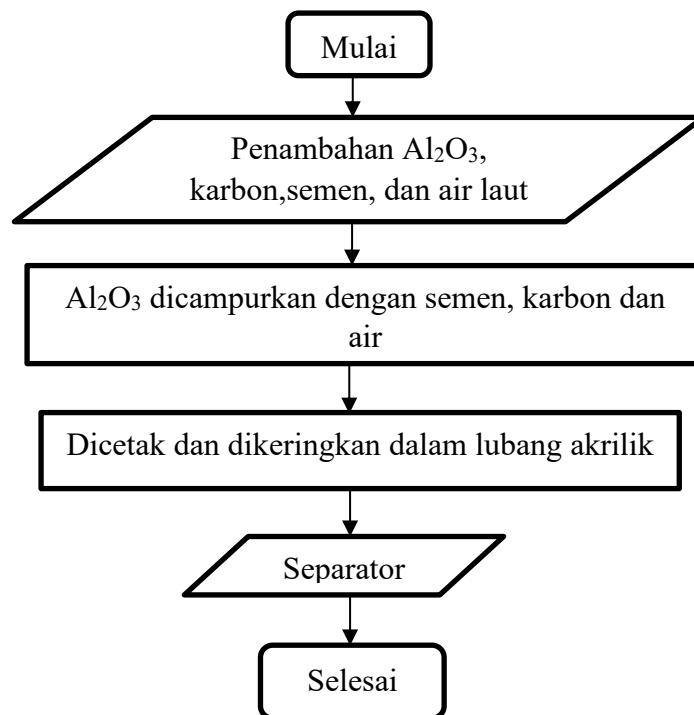
Diagram alir yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah preparasi bahan, rancang bangun dan pengujian sistem, elektroplating Ag pada Cu, pengujian dan karakterisasi, serta diagram alir penelitian.

3.4.1 Diagram Alir Preparasi Bahan

Pada tahap preparasi bahan dipenelitian ini melibatkan pembuatan separator, pembuatan larutan acid zinc dan pengujian sistem.

3.4.1.1 Diagram Alir Pembuatan Separator

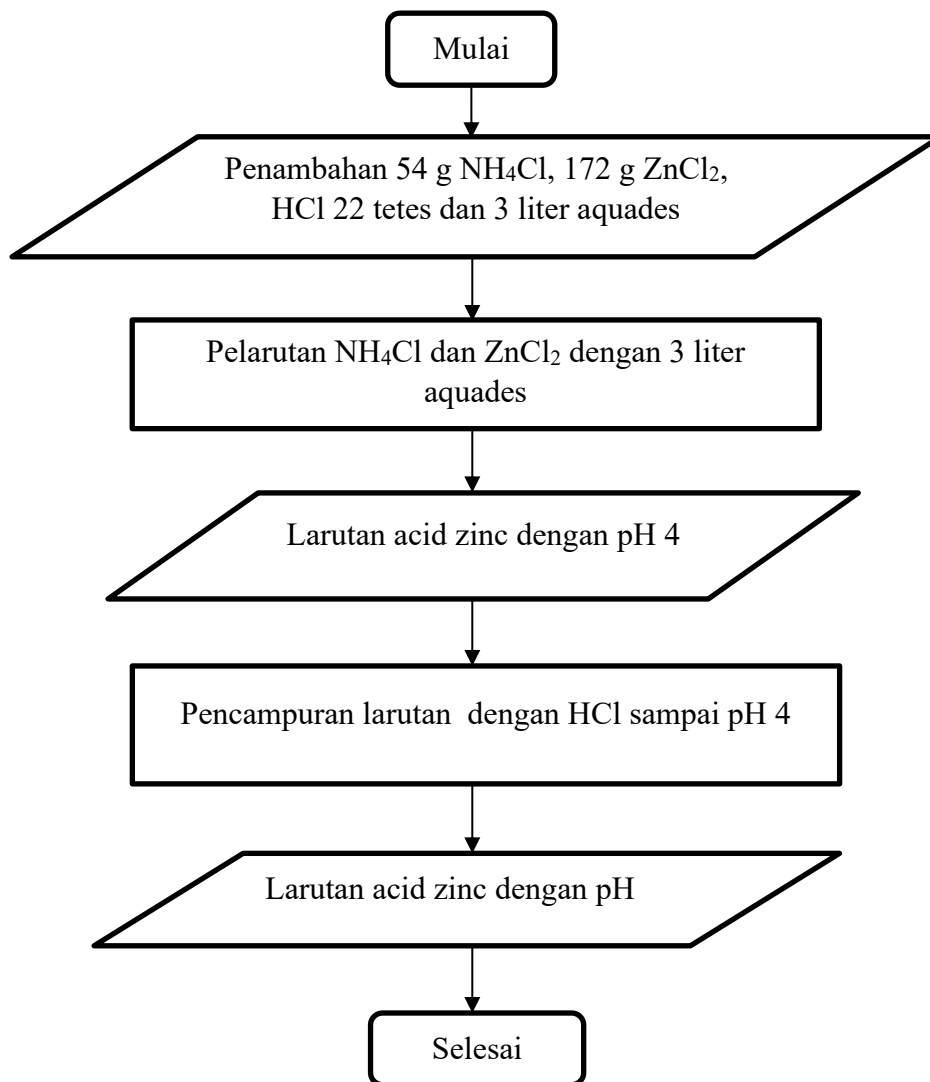
Diagram alir pembuatan jembatan garam disajikan pada **Gambar 3.5**



Gambar 3. 5 Diagram alir pembuatan separator

3.4.1.2 Diagram Alir Pembuatan Larutan Acid Zinc

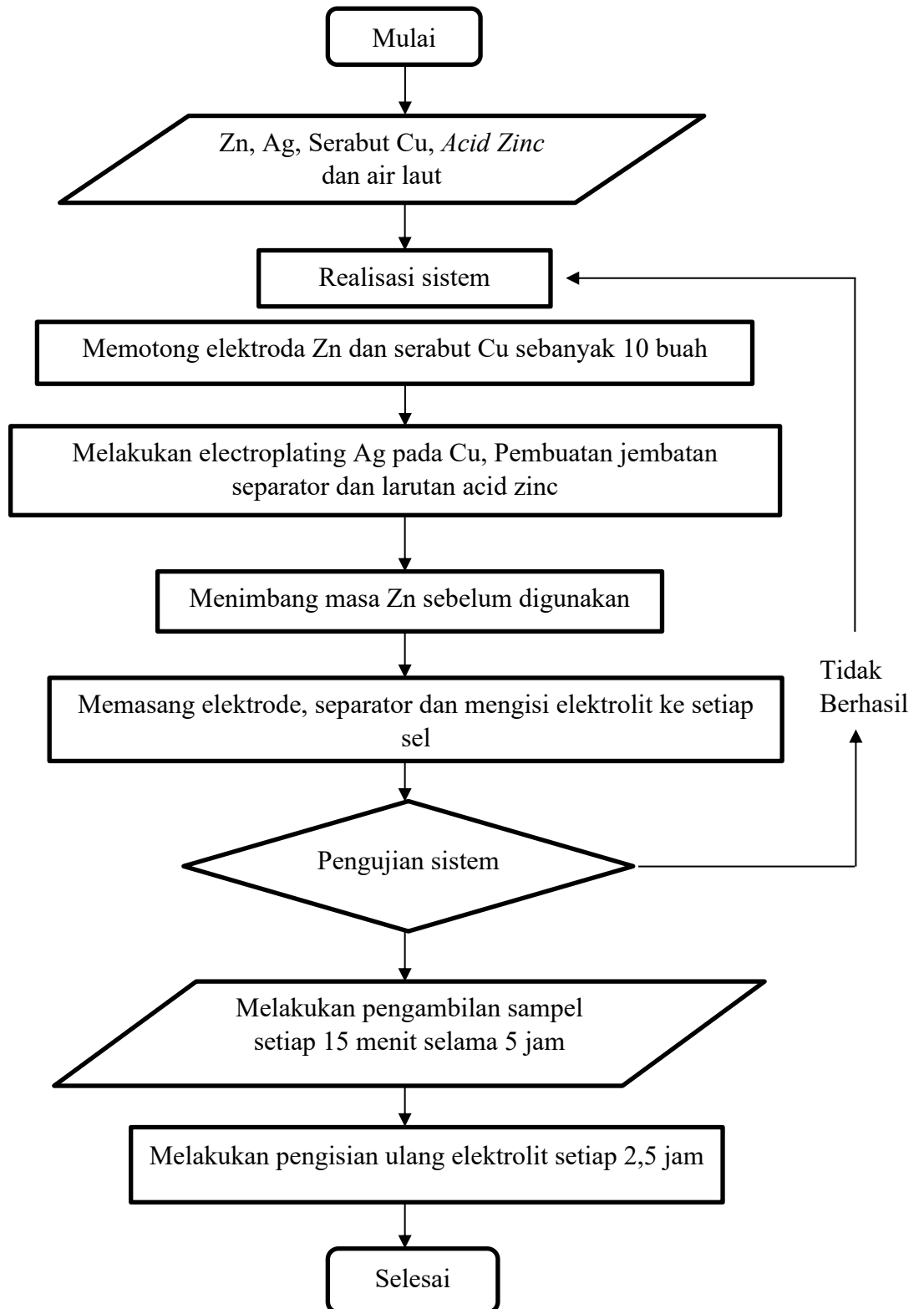
Diagram alir pembuatan larutan acid zinc disajikan pada **Gambar 3.6**



Gambar 3.6 Diagram alir pembuatan larutan acid zinc

3.4.2 Diagram Alir Rancang Bangun dan Pengujian Sistem

Diagram alir rancang bangun dan pengujian sistem pada penelitian ini disajikan pada **Gambar 3.7**



Gambar 3.7 Diagram alir rancang bangun dan pengujian system

3.5 Rancangan Data Hasil Penelitian

Data pengamatan yang diambil yaitu 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 15 menit selama 5 jam. Rangkaian 4 sel disusun secara seri dengan elektrolit air laut dan larutan *acid zinc* yang ditambahkan separator. Pada sistem ini digunakan rangkaian sederhana untuk mengukur nilai karakteristik elektrik yang dihasilkan seperti pada **Gambar 3.8**.



Gambar 3.8 Rangkaian untuk mengukur nilai (a) V_{bl} dan (b) V_b

Berdasarkan **Gambar 3.8** 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

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

$$V = IR \quad (3.2)$$

Sehingga diperoleh hubungan

$$E = V + Ir \quad (3.3)$$

Keterangan :

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

V = tegangan saat mengalirkan arus atau V_b (Volt);

r = Hambatan dalam (Ω);

R = Hambatan beban (Ω).

Rancangan pengambilan data dan hasil perhitungan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.3** sampai **Tabel 3.5**

Tabel 3.3 Data pengukuran pada Variasi Jumlah separator Lubang Lima

No	Waktu (menit)	V_{bl} (V)	V_b (V)	I (mA)	Intensitas Cahaya (Cd)
1					
2					
...					
...					
30					

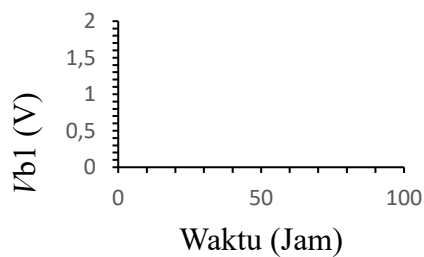
Tabel 3.4 Data pengukuran pada Variasi Jumlah separator Lubang Enam

No	Waktu (menit)	V_{bl} (V)	V_b (V)	I (mA)	Intensitas Cahaya (Cd)
1					
2					
...					
...					
30					

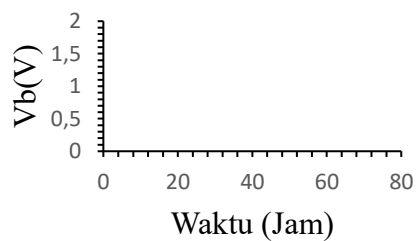
Tabel 3.5 Data pengukuran pada Variasi Jumlah separator Lubang Sembilan

No	Waktu (menit)	V_{bl} (V)	V_b (V)	I (mA)	Intensitas Cahaya (Cd)
1					
2					
...					
...					
30					

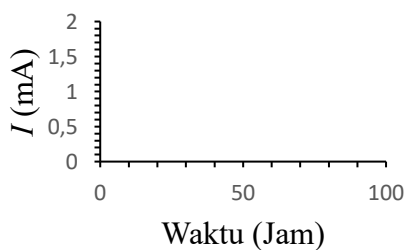
Penelitian ini juga dilakukan analisis data pengamatan dan hasil perhitungan yang diperoleh. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tegangan, kuat arus, intensitas cahaya, hambatan dan daya terhadap waktu (jam). Rancangan analisis data ditunjukkan pada **Gambar 3.9 dan 3.10**.



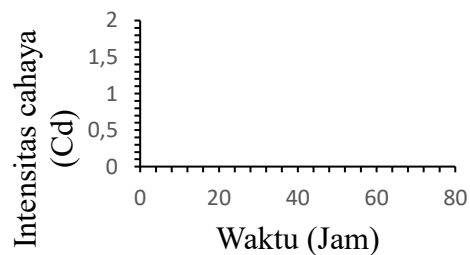
(a)



(b)

Gambar 3.9 (a) Grafik pengukuran V_{bl} terhadap waktu(b) Grafik pengukuran V_b terhadap waktu

(a)



(b)

Gambar 3.10 (a) Grafik pengukuran kuat arus terhadap waktu

(b) Grafik pengukuran intensitas cahaya terhadap waktu

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Variasi luas separator (lima, enam, dan sembilan lubang) berpengaruh signifikan terhadap kinerja sistem elektrokimia berbasis air laut dalam proses regenerasi anoda zinc (Zn). Separator jumlah sembilan lubang (Luas $5,715\text{ Cm}^2$) menunjukkan stabilitas yang paling baik, ditunjukkan dengan nilai arus yang lebih konsisten, penurunan performa yang lebih lambat, dan efisiensi regenerasi Zn yang lebih tinggi dibandingkan dengan separator lima dan enam lubang. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah lubang dapat mempercepat aliran ion dalam sel dan meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan.

5.2 Saran

Saran dari peneliti yang dapat dilakukan untuk perbaikan riset selanjutnya sebagai berikut.

1. Menggunakan separator dengan jumlah lubang yang lebih banyak (seperti sembilan lubang) untuk meningkatkan aliran ion dan efisiensi sistem elektrokimia.
2. Menguji sistem dalam kondisi yang lebih bervariasi, seperti perubahan suhu dan konsentrasi elektrolit, untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai kinerja sistem elektrokimia berbasis air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriani, A. 2020. Pemanfaatan Air Laut sebagai Sumber Cadangan Energi Listrik. *Vertex Elektro*, 12(2), 22-33.
- Ahn, J., Kim, G., Jung, Y., & Ahn, S. 2021. Fabrication and thermal conductivity of CeO₂-Ce₃Si₂ composite. *Nuclear Engineering and Technology*, 53 (2), 583-591.
- Alian, Helmy. 2010. Pengaruh Tegangan pada Proses Elektroplating Baja dengan Pelapis Seng dan Krom Terhadap Kekerasan dan Laju Korosinya. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9 Palembang* ISBN: 978-602-97742-0-7
- Anisa, Z., & Setyaningrum, D. 2022. Pemanfaatan Elektrolit Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Baterai Dengan Elektroda Tembaga – Aluminium. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 19(2), 156–162
- 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, J. 2016. Desain dan Aplikasi Sistem Elektrik Berbasis Elektrolit Air Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Berkelanjutan. Skripsi. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Arwaditha, R. K. 2017. Desain dan Realisasi Akumulator Elektrolit Air Laut dengan Penambahan Sodium Bicarbonate (NaHCO₃) sebagai Sumber Energi Alternatif. Skripsi. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Bardal, Einar. 2003. *Corrosion and Protection*. Springer. Norway.
- Bird, T. 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- Bu, L., Zhu, S., & Zhou, S. 2018. Degradation of atrazine by electrochemically activated persulfate using BDD anode: Role of radicals and influencing factors. *Chemosphere*, 195, 236-244
- Budiyanto, E., Setiawan, D. A., Supriadi, H., dan Ridhuan, K. 2016. Pengaruh Jarak Anoda-Katoda Pada Proses Elektroplating Tembaga Terhadap Ketebalan Lapisan dan Efisiensi Katoda Baja AISI 1020. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*. Vol. 5 no. 1.
- David. 2005. Standard Thermodynamic Properties of Chemical Substances in CRC *Handbook of Chemistry and Physics*. Boca Raton: CRC Press.
- Dogra, S. 1990. *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Diterjemahkan oleh Umar Mansyu Universitas Indonesia. Jakarta
- Dresp, S., Dionigi, F., Klingenhof, M., & Strasser, P. (2019). Direct Electrolytic Splitting of Seawater: Opportunities and Challenges. *ACS Energy Letters*, 4(4), 933–942.
- Gabriel, J. F. 1996. Fisika Kedokteran. Jakarta: Kedokteran EGC.
- Gao, C., Liu, L., & Yang, F. (2018). A novel bio-electrochemical system with sand/activated carbon separator, Al anode, and bio-anode integrated micro-electrolysis/electro-flocculation cost-effectively treated high-load wastewater with energy recovery. *Bioresource Technology*, 249, 24-34.
- Haaland, D. 1976. Graphite-Liquid-Vapor Triple Point Pressure and the Density of Liquid Carbon.
- Hamann, C. H., Hamnett, A., Vielstich, W. 1998. Electrochemistry. Weinheim New York Chichester Brisbane Singapore Toronto Wiley.VCH.
- Hamid, R. M., Rizky, R., Amin, M., & Dharmawan, I. B. (2016). Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM. JTT: *Jurnal Teknologi Terpadu*, 4(2), 130. <https://doi.org/10.32487/jtt.v4i2.175>
- Hammond, C. R. 2004. The Elements, In Handbook of Chemistry and Physics 81st Edition. CRC Press.
- Harahap, M. R. 2016. Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. CIRCUIT: *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1), 177–180.
- Hariawan, J. B., 2010. Pengaruh Perbedaan Karakteristik Type Semen Ordinary Portland Cemen (OPC) dan Portland composite Cement (PCC) Terhadap Kuat Tekan Mortar. Skripsi Universitas Gunadarma
- Helmenstine, A. 2016. Copper Facts. Science Notes. Retrieved from <https://sciencenotes.org/copper-facts/>

- Hendri, Y. N., Gusnedi., dan Ratnawulan. 2015. Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan dari Sel Accu dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang. *Pillar of Physics*. Vol. 6 Hal. 97-104
- Hidayat, A. M. 2009. Pengaruh Penggunaan Semen PCC (Portland Composite Cement) Pada Fas 0,4 Terhadap Laju Peningkatan Mutu Beton. *Skripsi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan*. Universitas Gunadarma.
- Hosny, A. Y. 1993. Electrowinning of zinc from electrolytes containing anti-acid mist surfactant. *Hydrometallurgy*, 32(2), 261-269.
- Hutahaean, Gunawan. 2015. Pengaruh Penambahan Seng (Zn) Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Paduan Tembaga–Seng Melalui Proses Pengecoran. *Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November*. Surabaya.
- Jauharah, W. D. 2013. Analisis Kelistrikan Yang Dihasilkan Limbah Buah Dan Sayuran Sebagai Energi Alternatif Bio-Baterai. Universitas Jember.
- Johan, A. 2009. Karakterisasi Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Refraktori Al_2O_3 Pengaruh Penambahan TiO_2 . *Jurnal Penelitian Sains*, 12(2).
- Keenan, C. W., Kleinfelter, D. C., & Wood, J. H. 1984. *Chemistry for University Thirteenth edition (Thirteenth)*. Mc Graw - Hill Publishing Company.
- Kholiq, I. 2015. Pemanfaatan Energi Altenatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Subtistusi BBM. *Jurnal IPTEK*. Vol 19 N0. 2. Hal 71- 91.
- Lide, D.R. 2005. *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (Ed. Ke-86). Boca Raton: CRC press.
- Maulan, A., Randi, D. A., Winandar, D. G., & Maghfiroh, A. N. 2017. Pemanfaatan Air Laut sebagai Media Penyuplai Kebutuhan Listrik Kapal. *Symposium Nasional Teknologi Terapan*, 5, 1–7.
- Muaya, G. S., Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. E. 2015. Pengaruh Terendamnya Perkerasan Aspal oleh Air Laut yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Sipil Statik*, 3(8), 562–570.
- Mulyono, Pribadi R. 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 November*. Surabaya.
- Nasution, Muslih. 2019. Kajian Tentang Hubungan Deret Volta dan Korosi Serta Penggunaannya Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*. Vol. 2. No. 1. Hal 252-255.
- Paunovic, M. and Schlesinger, M. 1998. *Fundamenttals of Electrochemical Fabrication*, John Wiley & Sons, Inc. New York.

- Pauzi, A. G., Saiful Anwar, Amir Supriyanto, Dan Suci Wahyu Suciwati. 2021. Analisis Jembatan Garam Campuran Alumina Dan Kalsium Karbonat Pada Karakteristik Elektrik Pembangkit Listrik Sel Galvanis Dengan Elektrolit Air Laut. *Jurnal of Energy, and Instrumentation Technology*, Vol 2. No. 4
- Pauzi, G. A., Pratiwi, N. A., Surtono, A., & Suciwati, S. W. 2022. Analisis Pengaruh Variasi PH Larutan Acid Zinc Pada Sel Volta Dua Kompartemen dengan Elektrode Cu (Ag)-Zn. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 3(1).
- 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.
- Pratama, A., Santoso, R., & Wijaya, D. (2023). Enhancing electrical characteristics in a high-power seawater battery: Solutions with acid zinc anolyte and alumina-carbon-cement separator. *Pandawa Institute Journal of Electrochemical Research*, 12(2), 115–123.
- Rahmawati, F. 2013. *Elektrokimia Transformasi Energi Kimia-Listrik*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Riyanto. 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Rousseau, C., Baraud, F., Leleyter, L., & Gil, O. 2009. Cathodic protection by zinc sacrificial anodes: Impact on marine sediment metallic contamination. *Journal of Hazardous Materials*, 167(1-3), 953-958.
- Sadono, R. 2017. Elektrokimia. <http://harischem.blogspot.co.id/2017/>. Diakses pada tanggal 09 Oktober 2022 pukul 10.20 WIB.
- Smith, A. B. 1997. Properties of alpha alumina (corundum) and its applications in refractory materials. *Journal of Materials Science*, 32(5), 1023–1031.
- Sodikin, Nanang, Sri Rahayu dan Prayitno. 2013. Representasi Makroskopik Submikroskopik dan Prinsip Kerja Sel Elektrokimia. *Jurnal Universitas Negeri Malang* Vol. 2 No. 1.
- Sugiyarto, K. H., dan Retno, D. S. 2010. *Kimia Anorganik Logam*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Susanto, A., Baskoro, M. S., Wisudo, S. H., Riyanto, M., & Purwangka, F. 2017. Performance of Zn-Cu and Al-Cu Electrodes in Seawater Battery at Different Distance and Surface Area. *International Journal of Renewable Energy Research*, 7(1), 298–303. <https://doi.org/10.20508/ijrer.v7i1.5506.g7018>

- Susanto, H., Rinaldi, D., & Putri, M. A. (2017). Performance of Zn-Cu and Al-Cu electrodes in seawater battery at different distance and surface area. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 7(3), 1205–1211
- Vogel. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.
- Wibowo, Ari. 2016. Analisis Sifat Korosi Galvanik Berbagai Plat Logam Di Laboratorium Metalurgi Politeknik Negeri Batam. *Jurnal Integrasi*. Vol. 8, No. 2, Hal. 144-14
- Widayanto, 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. Hal. 5183
- Willauer, H. D., DiMascio, F., Hardy, D. R., Lewis, M. K., & Williams, F. W. 2012. Development of an Electrochemical Acidification Cell for the Recovery of CO₂ and H₂ from Seawater II. Evaluation of the Cell by Natural Seawater. *Industrial & engineering chemistry research*, 51(34), 11254-11260.
- Yulianti, D., Supriyanto, A., & Pauzi, G. A. 2017. Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 5(1), 49–57.
- Zhao, D., Zhu, Y., Cheng, W., Chen, W., Wu, Y., & Yu, H. 2021. Cellulose-based flexible functional materials for emerging intelligent electronics. *Advanced materials*, 33(28), 2000619.