

**PENGARUH WAKTU PENGGUNAAN SEL VOLTA BERBAHAN
ELEKTROLIT AIR LAUT TERHADAP PERMUKAAN KATODA
TEMBAGA DILAPISI PERAK**

Skripsi

Oleh

Nenchy Anugrah Br Tarigan

1917041068



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

ABSTRAK

PENGARUH WAKTU PENGGUNAAN SEL VOLTA BERBAHAN ELEKTROLIT AIR LAUT TERHADAP PERMUKAAN KATODA TEMBAGA DILAPISI PERAK

Oleh

NENCHY ANUGRAH BR TARIGAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh waktu penggunaan sel volta berbahan elektrolit air laut terhadap permukaan katoda tembaga dilapisi perak. Bahan yang digunakan yaitu alumina, semen, tembaga, AgNO_3 , air laut dan aquades. Alat yang digunakan yaitu *power supply*, multimeter, dan *stopwatch*. Penelitian ini dilakukan dengan empat tahapan, yakni preparasi bahan, pembuatan alat dan pengujian sistem, pengambilan sampel, dan karakterisasi permukaan tembaga berlapis perak serta pengolahan data hasil. Katoda tembaga dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX. Berdasarkan hasil yang diperoleh terjadi kenaikan tegangan dan arus setelah 24 jam dan 72 jam. Kenaikan tegangan dan arus tersebut didukung oleh kenaikan massa katoda tembaga (Cu) yang bereaksi dengan air laut setelah 24 jam dan 72 jam. Nilai perhitungan hambatan dalam dipengaruhi oleh kenaikan tegangan dan arus, nilai hambatan dalam lebih kecil pada penggunaan pertama dibandingkan dengan setelah 24 jam dan 72 jam. Nilai perhitungan daya diperoleh paling besar pada 72 jam, yang dipengaruhi oleh kenaikan tegangan dan arus. Dapat disimpulkan bahwa hasil hambatan dan daya listrik katoda Cu dilapisi Ag memiliki korelasi dengan hasil karakterisasi SEM-EDX

Kata Kunci : Tembaga, Perak, Air Laut, SEM-EDX, Sel Volta

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF TIME USING VOLTA CELL WITH SEAWATER ELECTROLYTE TOWARD CATHODE SURFACE SILVER COATED COPPER

By

NENCHY ANUGRAH BR TARIGAN

This study was conducted to analyze the influence of time using voltaic cells with seawater electrolyte toward cathode surface silver coated copper. The materials used are aluminium oxide, cement, copper, AgNO_3 , seawater, and distilled water. The tools used are power supply, multimeter, and stopwatch. This research was conducted in four stages, namely material preparation, tool making and system testing, sampling, and surface characterization of silver-plated copper and processing of result data. Cathode was characterization using SEM-EDX. Based on the results obtained, there was an increase in voltage and current after 24 hours and 72 hours. The increase in voltage and current is supported by an increase in the mass of the copper cathode (Cu) which reacts with seawater after 24 hours and 72 hours. The calculated value of the internal resistance is affected by the increase in voltage and current, the value of the internal resistance is smaller in the first use compared to after 24 hours and 72 hours. The maximum power calculation value is obtained at 72 hours, which is affected by the increase in voltage and current. It can be concluded that the electrical resistance and power test results for Cu cathode coated with Ag have a correlation with the SEM-EDX characterization results

Key Words : Copper, Silver, Seawater, SEM-EDX, Voltaic Cell

**PENGARUH WAKTU PENGGUNAAN SEL VOLTA BERBAHAN
ELEKTROLIT AIR LAUT TERHADAP PERMUKAAN KATODA
TEMBAGA DILAPISI PERAK**

Oleh

Nenchy Anugrah Br Tarigan

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul Skripsi : **“PENGARUH WAKTU PENGGUNAAN SEL VOLTA BERBAHAN ELEKTROLIT AIR LAUT TERHADAP PERMUKAAN KATODA TEMBAGA DILAPISI PERAK”**

Nama Mahasiswa : **Nenchy Anugrah Br Tarigan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917041068**

Jurusan : **Fisika**

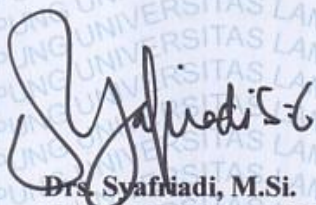
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



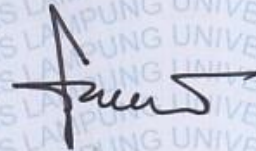
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Drs. Syafrudi, M.Si.

NIP. 196108211992031002



Gurum Ahmad Pauzi, M.T.

NIP. 198010102005011002

2. Ketua Jurusan Fisika



Gurum Ahmad Pauzi, M.T.

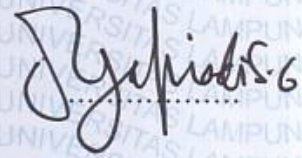
NIP. 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

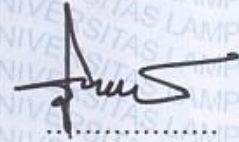
Ketua

: Drs. Syafriadi, M.Si.



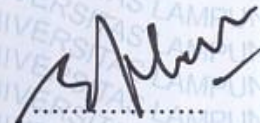
Sekretaris

: Gurus Ahmad Pauzi, M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.




2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 04 Agustus 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam skripsi ini tidak terdapat karya orang lain dan tidak terdapat pendapat atau karya yang ditulis oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku

Bandar Lampung, 04 Agustus 2023
Penulis,



Nenchy Anugrah Br Tarigan
NPM. 1917041068

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Nenchy Anugrah Br Tarigan, dilahirkan di Surbakti, Provinsi Sumatera Utara pada tanggal 03 Juli 2001. Penulis merupakan anak ke dua dari pasangan Bapak Imanuel Tarigan dan Ibu Media Br Ginting. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Bethesda Surbakti pada tahun 2007, SDN 040479 Perteguhen pada tahun 2013, SMPN 1 Berastagi 2016, dan SMA Swasta Masehi Berastagi pada tahun 2019. Penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur penerimaan Ujian Tulis Berbasis Komputer (UTBK). Selama menempuh pendidikan, penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PTPN VII Unit Way Berulu, dengan judul “Analisis Kadar Mutu Karet Remah *Standard Indonesian Rubber 3 Light* (SIR 3L) PTPN VII Unit Way Berulu”. Penulis juga melakukan pengabdian masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung tahun 2022 di Desa Muara Gading Mas, Kecamatan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur. Dalam bidang organisasi penulis sebagai Anggota Sosial dan Masyarakat Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) FMIPA Universitas Lampung periode 2019-2021. Dalam bidang kerohanian penulis sebagai Anggota Persekutuan Umum periode 2020-2021 dan Koordinator Persekutuan Umum periode 2021-2022 Persekutuan Oikumene Mahasiswa Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (POMMIPA) Universitas Lampung.

MOTTO

Dengarkanlah nasihat dan terimalah didikan, supaya engkau menjadi bijak di masa depan

-Amsal 19:20-

Jangan hendaknya kamu khawatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur

-Filipi 4:6-

Future's gonna be okay

-Min Yoongi-

PERSEMBAHAN

Kedua Orang Tuaku

*Bapakku Imanuel Tarigan
&
Mamakku Media Br Ginting (+)*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kemudahan, kelancaran dan berkat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini yang bertempat di Ruang Workshop Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Dengan judul **“Pengaruh Waktu Penggunaan Sel Volta Berbahan Elektrolit Air Laut Terhadap Permukaan Katoda Tembaga Dilapisi Perak”** Hasil Penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan TA dan juga syarat memenuhi salah satu mata kuliah wajib di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna dalam penulisan berikutnya yang lebih baik. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 04 Agustus 2023

Nenchy Anugrah Br Tarigan
NPM. 1917041068

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi hikmat, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Waktu Penggunaan Sel Volta Berbahan Elektrolit Air Laut Terhadap Permukaan Katoda Tembaga Dilapisi Perak”**. Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut membantu. Penulisan skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik berupa tenaga maupun pikiran. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis haturkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si. sebagai pembimbing I yang telah memberi arahan, masukan, mengajari, membimbing, dan memberi pengarahan terhadap penulis;
2. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. sebagai pembimbing akademik, pembimbing II, dan ketua jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang senantiasa memberi ilmu wawasan, bimbingan, saran, motivasi, dan nasihat;
3. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si. sebagai dosen penguji yang telah mengoreksi kekurangan dan memberi saran kepada penulis dalam penulisan skripsi;
4. Seluruh dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung;
5. Bapak Badriyadi, Bapak Edi, dan Tete Amna yang telah membantu penulis selama proses administrasi dan keberlangsungan seminar sidang skripsi;
6. Kedua orang tuaku Bapak Imanuel Tarigan dan Mamak Media Br Ginting (+). Terkhusus buat Mamak yang sudah jauh, aku awali dan akhiri skripsi ini tanpa mamak tapi aku yakin mamak memantau dan mendoakanku dari

surga. Juga kepada bapak terima kasih sudah berjuang, berkorban, dan jadi tempat ceritaku setelah mamak pergi sampai anak perempuan bapak dapat gelar S.Si.

7. Kepada kedua saudaraku Pridolin Tarigan dan Dwiky Orlando Tarigan yang selalu memberikan dukungan, pengorbanan, dan doa untuk penulis;
8. Teman-teman seperantauanku Cova Selly Friska Br Purba, Debora Patricia Sebayang, Eka Ria Novita Sari Sirait, dan Indah Teresia Br Tarigan atas dukungan semangat, doa, dan canda tawa selama ini;
9. Teman-temanku Arin Sadita, Fina Damayanti, Mega Putri Aulia, Mesy Meilani Putri, Noeris Yuniar, dan Fisika Angkatan 2019 atas dukungan semangat serta kebersamaannya selama ini;
10. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sekalipun penulis sudah berusaha dengan kemampuan yang dimiliki untuk menyempurnakan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak baik itu untuk penulis maupun untuk pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan umumnya bagi masyarakat.

Bandar Lampung, 04 Agustus 2023

Nenchy Anugrah Br Tarigan

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
MENGESAHKAN	v
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xviii

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baterai	5
2.2 Reaksi Redoks	7
2.3 Elektrolit.....	8
2.3.1 Air Laut.....	8
2.3.2 Derajat Keasaman (pH)	10
2.4 Elektroda	11
2.4.1 Anoda.....	11
2.4.2 Katoda.....	11
2.5 Karakteristik Tembaga dan Perak	13
2.5.1 Karakteristik Tembaga.....	13
2.5.2 Karakteristik Perak	15
2.6 Elektroplating	18
2.7 Aluminium Oksida (Al_2O_3) dan Semen Portland.....	16
2.8 Hambatan dan Daya	18
2.9 <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)</i>	20

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	25
3.3 Prosedur Penelitian.....	26
3.3.1 Preparasi Bahan	26
3.3.2 Pembuatan Media dan Sistem Sel Volta.....	28
3.3.3 Proses Pengujian Sistem dan Pengambilan Sampel	30
3.4 Diagram Alir.....	30
3.4.1 Diagram Alir Preparasi Bahan.....	30
3.4.2 Diagram Alir Pembuatan Media dan Sistem Sel Volta	32
3.4.3 Diagram Alir Karakterisasi Katoda Cu Dengan SEM-EDX	33

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Hambatan dan Daya Listrik pada Katoda Tembaga yang Dilapisi Perak.....	34
4.1.1 Pengukuran Tegangan Tanpa Beban, Tegangan Beban, dan Arus.....	34
4.1.2 Perhitungan Hambatan Dalam (R_{in}) dan Daya (P)	39
4.2 Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Permukaan Katoda Tembaga yang Dilapisi Perak Dalam Media Air Laut.....	43
4.3 Korelasi Waktu 24 Jam dan 72 Jam Katoda Tembaga yang Dilapisi Perak Dengan Hasil Hambatan dan Daya Listrik.....	49

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	52

DAFTAR PUSTAKA 53

LAMPIRAN..... 56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Penyusun baterai (Noer dan Dayana, 2021)	6
Gambar 2.2 (a) Baterai primer (b) baterai sekunder (Enterprise, 2010).....	6
Gambar 2.3 Skala pH dari 0 sampai 14 (Bird, 1993).	10
Gambar 2.4 Unsur tembaga (Helmenstine, 2016).	14
Gambar 2.5 Unsur perak (Helmenstine, 2019).....	15
Gambar 2.6 Aluminium oksida (a) kristal dan (b) serbuk.....	17
Gambar 2.7 Semen Portland.....	17
Gambar 2.8 Ilustrasi alat pelapisan (Budiyanto <i>et al.</i> , 2016).	18
Gambar 2.9 Skema alat SEM	22
Gambar 3.1 Elektroplating Ag pada Cu	27
Gambar 3.2 Jembatan garam	28
Gambar 3.3 (a) Desain 5 sel volta (b) desain sel volta	29
Gambar 3.4 Sistem Sel Volta	30
Gambar 3.5 Diagram alir pembuatan jembatan garam.....	31
Gambar 3.6 Diagram alir proses pelapisan.....	31

Gambar 3.7 Diagram alir pembuatan media dan sistem sel volta	32
Gambar 3.8 Diagram alir karakterisasi katoda Cu dengan SEM-EDX	33
Gambar 4.1 Tegangan tanpa beban terhadap waktu (a) 24 jam dan (b) 72 jam..	35
Gambar 4.2 Tegangan beban terhadap waktu (a) 24 jam dan (b) 72 jam.....	37
Gambar 4.3 Nilai arus terhadap waktu (a) 24 jam dan (b) 72 jam	38
Gambar 4.4 Hambatan dalam (Rin)terhadap waktu (a) 24 jam dan (b) 72 jam ..	40
Gambar 4.5 Hasil perhitungan daya terhadap waktu (a) 24 jam dan (b) 72 jam.	41
Gambar 4.6 Massa tembaga (a) sebelum dilapisi (b) setelah dilapisi (c) 24 jam (d) 72 jam variasi 1:1	42
Gambar 4.7 Morfologi katoda Cu setelah dilapisi Ag perbesaran 10.000 kali ...	43
Gambar 4.8 Grafik unsur Cu dilapisi Ag.....	44
Gambar 4.9 Morfologi katoda Cu setelah 24 jam dengan 10.000 x perbesaran..	45
Gambar 4.10 Morfologi setelah 24 jam.....	45
Gambar 4.11 Grafik unsur setelah 24 jam.....	46
Gambar 4.12 Morfologi katoda Cu setelah 72 jam dengan 10.000 x perbesaran	47
Gambar 4.13 Morfologi setelah 72 jam.....	48
Gambar 4.14 Grafik banyak unsur 72 jam	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Komponen terlarut di air laut pada salinitas 35 ppm (Lenzt, 2010 dalam Yona, 2017).....	9
Tabel 2.2. Nilai potensial sel standar (Chang, 2003).	12
Tabel 2.3 Karakteristik tembaga.....	14
Tabel 2.4 Karakteristik perak	16
Tabel 3.1 Alat penelitian	25
Tabel 3.2 Bahan penelitian.....	26
Tabel 4.1 Selisih nilai V_{tb}	36
Tabel 4.2 Selisih nilai V_b	37
Tabel 4.3 Selisih nilai i	39
Tabel 4.4 Selisih nilai R_{in}	40
Tabel 4.5 Selisih nilai P	42
Tabel 4.6 Persentase massa unsur (%) katoda Cu dilapisi Ag	44
Tabel 4.7 Persentase massa unsur (%) setelah 24 jam	46
Tabel 4.8 Persentase massa unsur (%) setelah 72 jam	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baterai adalah perangkat yang dapat mengkonversikan energi kimia yang terkandung pada bahan aktif komponen penyusun baterai menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia reduksi dan oksidasi (Satriady, 2016). Reaksi reduksi adalah reaksi penambahan elektron dan penurunan bilangan oksidasi, sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron dan penambahan bilangan oksidasi. Sumber listrik yang dihasilkan baterai yang sangat diandalkan untuk operasional peralatan elektronika yang bersifat portabel atau dapat dibawa kemana-mana. Perkembangan teknologi baterai telah mencuri perhatian salah satunya dengan adanya baterai air laut.

Baterai air laut merupakan baterai dengan komposisi material terdiri atas anoda (seng) dan katoda (tembaga) yang menghasilkan energi listrik dengan proses reduksi-oksidasi antara elektron yang terkandung pada air laut sebagai sumber energi dengan zink oksida (ZnO) yang terdapat pada anoda dan kupri oksida (CuO) yang terdapat pada katoda. Proses reduksi oksidasi terjadi karena *zinc* bereaksi dengan H₂O (Ilham dan Susanti, 2014). Baterai air laut sebagai sumber energi dengan komposisi elektroda Zn-Cu telah diteliti oleh Pauzi *et al.*, (Pauzi *et al.*, 2016). Komposisi air laut berupa 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam dan gas-gas terlarut. Air laut merupakan elektrolit yang mengandung senyawa NaCl tinggi dan oleh H₂O didekomposisi menjadi Na⁺ dan Cl⁻. Adanya partikel bebas pada air laut dapat menghasilkan energi listrik yang murah dan ramah lingkungan menggunakan metode sel volta (Kamalia, 2018). Utomo (2015) menyatakan air laut mengandung garam akan menyebabkan korosi. Katoda merupakan daerah baja yang tidak teroksidasi (tereduksi) (Bayuseno, 2009).

Sel elektrokimia adalah sistem yang digunakan untuk terjadinya perubahan reaksi oksidasi dan reduksi. Sel elektrokimia memiliki tahap sel elektrolisis yang katodanya bermuatan negatif dan anoda bermuatan positif (Harahap, 2016). Anoda dan katoda pada sel elektrolisis memiliki fungsi sebagai tempat terjadinya reaksi redoks atau reaksi reduksi oksidasi yang dapat menghantarkan energi listrik (Wiyanti, 2020). Air laut dapat menghasilkan energi listrik yang spontan disebabkan tingkat oksidasi dan reduksinya (Harahap, 2016). Pada sel listrik yang terdapat baterai berlangsung proses elektrokimia yang bersifat reversibel atau dapat berkebalikan dengan efisiensi yang tinggi. Proses elektrokimia reversibel yaitu terdapat proses perubahan energi kimia menjadi energi listrik yang terjadi pada proses pengosongan daya baterai. Sedangkan, proses perubahan energi listrik menjadi energi kimia terjadi pada proses pengisian daya baterai (Setiawan, 2019).

Pada penelitian Kong *et al.*, (2021) menjadikan AgCl sebagai substrat elektroda positif. Penelitian ini menunjukkan kemampuan AgCl sebagai substrat yang dikompositkan dengan *Carbon Fiber* (CF) untuk menghasilkan tegangan yang lebih tinggi. 0,45 g serbuk AgCl dipanaskan sampai suhu 600 °C selama 10 menit dan dicetak dengan ukuran 10 mm x 10 mm x 1 mm. Kemudian membandingkan tegangan yang dihasilkan oleh lembaran AgCl/Ag/CF dengan AgCl/CF. Kerapatan arus yang dihasilkan elektroda AgCl/Ag/CF pada potensial 0,3 V adalah 232,6 mAcm⁻² lebih tinggi daripada elektroda AgCl dan AgCl/CF. Baterai air laut yang menggunakan elektroda AgCl/Ag/CF menghasilkan tegangan tertinggi yaitu 90 mV dan 50 mV lebih tinggi daripada baterai yang menggunakan elektroda AgCl dan AgCl/CF. Dalam Kong M. *et al.*, (2021) AgCl cocok menjadi katoda pada baterai air laut untuk sistem baterai berdaya tinggi. Katoda AgCl memiliki kapasitas yang tinggi (186,9 mAh g⁻¹) dan kemampuan pengosongan pada kerapatan arus tinggi (Kong *et al.*, 2021).

Penurunan voltase dan arus yang dihasilkan baterai disebabkan juga oleh berkurangnya konsentrasi NaCl pada air laut yang digunakan. Unsur NaCl yang tinggi oleh H₂O diuraikan menjadi Na⁺ dan Cl⁻, dari proses ini muncul arus listrik. NaCl memiliki derajat ionisasi 1 dan NaCl termasuk larutan elektrolit kuat serta dapat terionisasi sempurna dalam air (Keenan, 1984). Kandungan NaCl pada air laut akan menurun selama baterai digunakan. Ini disebabkan karena NaCl

terionisasi menjadi Na^+ dan Cl^- yang bereaksi dengan katoda Cu(Ag). reaksi tersebut membentuk senyawa baru pada permukaan Cu(Ag) sehingga elektrolit hanya akan mengandung H_2O . Pada penelitian yang dilakukan Masrufaiyah (2016) tembaga dapat teroksidasi oleh oksigen terlarut didalam elektrolit. Hasil reaksi oksidasi katoda tembaga oleh oksigen adalah *cuprous okside* (Cu_2O).

Penelitian ini akan membahas tentang kondisi permukaan katoda tembaga dilapisi perak yang digunakan dan berinteraksi dengan unsur logam yang terkandung dalam air laut selama waktu 24 jam dan 72 jam. Untuk mengetahui kondisi permukaan tembaga dan unsur yang berinteraksi dengan katoda tembaga berlapis perak akan dilakukan karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscope–Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX). Selain itu, penelitian ini akan menganalisis unsur-unsur yang berinteraksi dengan tembaga dilapisi perak yang dapat mempengaruhi hambatan dan daya yang dihasilkan baterai.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu terhadap hambatan dan daya listrik pada katoda tembaga yang dilapisi perak?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu terhadap permukaan katoda tembaga yang dilapisi perak dalam media air laut?
3. Bagaimana korelasi waktu 24 jam dan 72 jam katoda tembaga yang dilapisi perak dengan hasil hambatan dan daya listrik?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Air laut yang digunakan pada katoda berasal dari Pantai Kelapa Rapat dengan salinitas 32 ppm
2. Jembatan garam dibuat dengan campuran alumina dan semen
3. Tembaga dilapisi perak digunakan sebagai katoda

4. Katoda dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap hambatan dan daya listrik pada katoda tembaga yang dilapisi perak
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap permukaan katoda tembaga yang dilapisi perak dalam media air laut
3. Mengetahui korelasi waktu 24 jam dan 72 jam katoda tembaga yang dilapisi perak dengan hasil hambatan dan daya listrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai pembuktian pengaruh waktu 24 jam dan 72 jam katoda tembaga yang dilapisi perak dengan hasil hambatan dan daya listrik
2. Sebagai referensi ilmu pengetahuan katoda pada sel volta bagi peneliti.

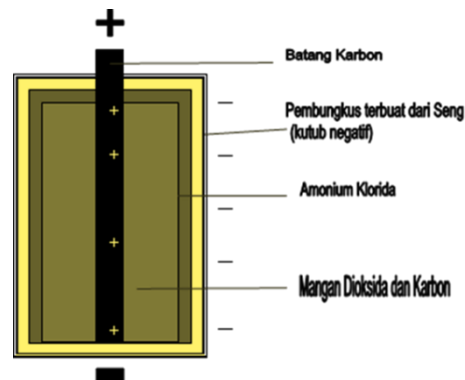
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baterai

Baterai adalah suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda potensial. Komponen utama pada baterai terdiri dari elektroda dan elektrolit. Prinsip kerja baterai menggunakan prinsip elektrokimia dengan memanfaatkan proses reduksi-oksidasi dimana elektroda negatif (anoda) akan mengalami reaksi oksidasi sehingga elektron yang berada pada permukaan anoda terlepas dan dibawa oleh ion elektrolit menuju elektroda positif (katoda). Transfer elektron oleh ion elektrolit ini kemudian akan menghasilkan beda tegangan dan arus listrik jika dihubungkan atau dirangkaikan dengan komponen elektronika seperti dioda, resistor atau kapasitor (Kartawidjaja *et al.*, 2008).

Baterai menghasilkan tegangan DC dengan cara mengubah energi kimia yang terkandung di dalamnya menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia. Terdapat dua proses yang terjadi pada baterai diantaranya proses pengisian dan proses pengosongan. Proses pengisian adalah proses perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Bila baterai dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir ke elektroda positif melalui beban dari elektroda negatif. Kemudian ion-ion negatif mengalir ke elektroda positif dan ion-ion positif mengalir ke elektroda negatif. Arus listrik dapat mengalir disebabkan adanya elektron yang bergerak dari elektroda sel melalui reaksi ion antara molekul elektroda dengan molekul elektrolit sehingga elektron mengalir. Proses pengosongan adalah proses perubahan energi kimia menjadi listrik. Proses ini kebalikan dari proses pengisian dimana arus listrik

dialirkan yang arahnya berlawanan dengan arus yang terjadi pada saat pengosongan. Pada proses ini setiap molekul air terurai. Ion oksigen yang bebas bersatu dengan tiap atom pada plat positif dan membentuk senyawa. Sedangkan, tiap pasang ion hidrogen yang dekat dengan plat negatif bersatu dengan ion negatif pada plat negatif untuk membentuk senyawa baru (Noer dan Dayana, 2021). Susunan dalam sebuah baterai dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Penyusun baterai (Noer dan Dayana, 2021)

Jenis baterai berdasarkan penggunaannya ada dua yaitu baterai primer dan sekunder. Baterai primer merupakan jenis baterai sekali pakai yang tidak dapat diisi ulang. Baterai jenis ini sangat mudah digunakan dan harganya terjangkau. Sebuah baterai primer tersusun atas tiga komponen penting, yaitu anoda (kutub positif baterai), katoda (kutub negatif baterai), dan pasta sebagai elektrolit (penghantar) (Nurannisa *et al.*, 2021). Sedangkan baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat diisi ulang dengan menggunakan metode atau alat tertentu. Jenis baterai ini dapat diisi ulang karena reaksi kimia yang dimilikinya dapat dibalik. Hal ini berbeda dengan baterai primer yang reaksi kimianya tidak dapat dibalik atau permanen (Enterprise, 2010). Baterai sekunder dan primer dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 (a) Baterai primer (b) baterai sekunder (Enterprise, 2010)

2.2 Reaksi Redoks

Elektrokimia adalah cabang ilmu kimia yang berhubungan dengan reaksi-reaksi kimia yang menghasilkan energi listrik. Proses elektrokimia adalah reaksi redoks (reduksi-oksidasi) dimana dalam reaksi ini energi yang dilepas oleh reaksi spontan diubah menjadi energi listrik. Reaksi redoks juga dikenal sebagai reaksi transfer elektron. Pada dasarnya reaksi redoks hanya meliputi zat-zat yang mengandung oksigen saja. Reaksi oksidasi dianggap sebagai reaksi penambahan oksigen dan reaksi reduksi adalah reaksi pengurangan oksigen. Tetapi, saat ini pengertian redoks diperluas menjadi reaksi perpindahan elektron. Reaksi oksidasi adalah peristiwa pelepasan elektron, dimana suatu zat memberikan elektron kepada zat lainnya, sebagai contoh $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$. Sedangkan reaksi reduksi adalah peristiwa penangkapan elektron, suatu zat menerima elektron dari zat lain, seperti contoh $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$. Senyawa yang mengalami oksidasi disebut sebagai reduktor dan senyawa yang mengalami reduksi disebut sebagai oksidator (Chang, 2003).

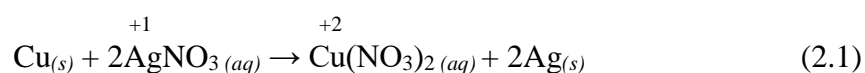
Sel elektrokimia adalah alat yang digunakan untuk melangsungkan perubahan reaksi oksidasi dan reduksi. Dalam sebuah sel, energi listrik dihasilkan dengan pelepasan elektron pada suatu elektroda (oksidasi) dan penerimaan elektron pada elektroda lainnya (reduksi). Elektroda yang melepaskan elektron dinamakan anoda sedangkan elektroda yang menerima elektron dinamakan katoda. Jadi sebuah sel selalu terdiri atas anoda sebagai elektroda tempat berlangsungnya reaksi oksidasi, katoda sebagai elektroda tempat berlangsungnya reaksi reduksi dan larutan elektrolit atau ionik untuk menghantarkan arus, larutan ionik dianggap sebagai resistor dalam suatu sirkuit, maka ukuran dari sifat-sifat larutan adalah tahanan resistor, mengikuti hukum Ohm (Bird, 1993).

Bilangan oksidasi merujuk pada jumlah muatan yang dimiliki suatu atom dalam molekul (senyawa ionik) jika elektron-elektronnya berpindah seluruhnya. Bilangan oksidasi unsur-unsur yang umum dikenal disusun berdasarkan posisinya dalam tabel periodik. Dapat diringkas isi tabel periodik sebagai berikut;

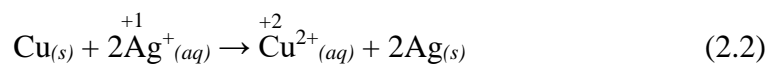
1. Unsur-unsur logam hanya memiliki bilangan oksidasi positif, sedangkan unsur nonlogam dapat memiliki bilangan oksidasi positif ataupun negatif.

2. Bilangan oksidasi tertinggi yang dapat dimiliki unsur dalam Golongan IA-VIIA adalah sama dengan nomor golongannya dalam tabel periodik. Sebagai contoh, klorin adalah golongan VIIA, sehingga bilangan oksidasi tertinggi yang paling mungkin dimiliki adalah +7
3. Logam-logam transisi (Golongan IB, IIIB-VIIIB) biasanya memiliki beberapa bilangan oksidasi yang mungkin.

Deret keaktifan membantu dalam meramalkan hasil reaksi pengganti yang merupakan reaksi redoks yang paling umum. Ion tembaga menggantikan ion perak dari larutan perak nitrat (AgNO_3) yang dapat dirumuskan pada persamaan berikut.



Persamaan ionik totalnya adalah



Apabila kedua logam dalam reaksi diatas ditukarkan perannya, maka tidak akan terjadi reaksi. Dengan kata lain, logam tembaga tidak akan menggantikan ion perak dari perak nitrat (Chang, 2003).

2.3 Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrolit. Elektrolit bisa berupa air, asam, dan basa. Elektrolit mempunyai sifat asam, basa, atau garam. Contohnya ikatan ion NaCl yang salah satu jenis garam yaitu garam dapur. NaCl dapat menjadi elektrolit dalam bentuk larutan dan lelehan atau bentuk liquid dan aqueous (Fariya, 2015). Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O , satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada suatu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau pada kondisi standar (0°C) (Maron, 1998).

2.3.1 Air Laut

Air laut merupakan campuran dari 96,5 % air murni dan 3,5 % material lainnya seperti garam-garam, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik, dan partikel-partikel

tak terlarut. Komposisi air laut didominasi oleh ion-ion terlarut di dalamnya yang membuat karakteristik air laut sedikit berbeda dengan air tawar. Secara umum, air laut tidak hanya tersusun dari ion atau garam yang terlarut, namun juga padatan (solid), koloid, dan gas terlarut (Yona *et al.*, 2017). Air laut memiliki kadar garam karena bumi dipenuhi dengan garam mineral yang terdapat di dalam batu-batuan dan tanah. Contohnya natrium, kalsium, kalium, dan lain-lain. Apabila air sungai mengalir ke lautan, air tersebut membawa garam. Lama-kelamaan air laut menjadi asin karena banyak mengandung garam. Karena konsep dasar elektrokimia adalah adanya pertukaran ion-ion positif dan negatif. Sedangkan garam mengandung ion positif dan negatif, semakin banyak kadar garam maka akan menghasilkan energi listrik yang besar (Ramlan, 2008). Komposisi terlarut pada air disajikan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Komposisi Komponen terlarut di air laut pada salinitas 35 ppm (Lenzt, 2010 dalam Yona, 2017)

Unsur	Simbol	Ion	Konsentrasi dalam Air laut		Sumber
			mmol/K	%Berat g/Kg	
Klorin	Cl	Cl ⁻	545,88	19,535	Gas Vulkanik
Sodium	Na	Na ⁺	468,96	10,761	Lapisan
Magnesium	Mg	Mg ²⁺	52,83	1,284	Lapisan
Sulfat	S	SO ₄ ²⁻ , NaSO ₄ ⁻	28,23	2,712	Gas Vulkanik
Kalsium	Ca	Ca ²⁺	10,28	0,4119	Lapisan
Potassium	K	K ⁺	10,21	0,399	Lapisan
Karbon	C	HCO ₃ ⁻	2,06	0,126	Gas Vulkanik, Lapisan, Batu Sedimen
Bromin	Br	Br ⁻	0,844	0,0673	Gas Vulkanik
Boron	B	H ₂ BO ₃ ⁻	0,416	0,0257	Gas Vulkanik
Strontium	Sr	Sr ⁺	0,0906	0,0079	Lapisan
Fluorin	F	F ⁻	0,00130	0,0013	Lapisan

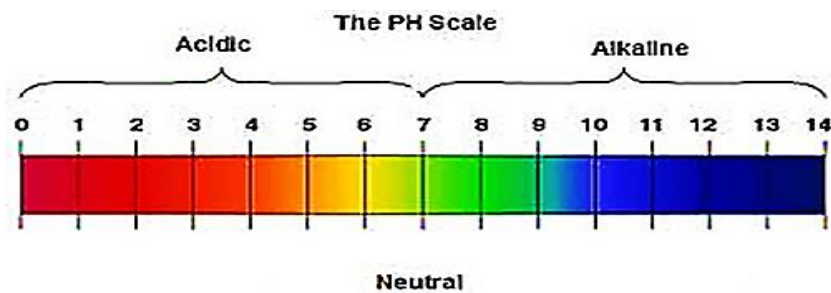
Terdapat perbedaan salinitas pada perairan laut, namun konsentrasi relatif selalu sama. Keberadaan garam-garam terlarut penyusunnya selalu ada dalam proporsi yang konstan (Davis, 1986 dalam Yona, 2017). Oleh karena itu, walaupun salinitas air laut berkisar antara 32-7 ppm, komposisi ion klorin penyusunnya tetap sebesar 55%. Komposisi air laut yang tetap konstan dikarenakan hampir semua yang

terlarut didalam air bersifat konservatif. Oleh karena itu, elemen yang bersifat konservatif tidak reaktif, konsentrasinya stabil dan berada di laut dalam jangka panjang (Brown *et al.*,1989 dalam Yona, 2017).

2.3.2 Derajat Keasaman (pH)

Keasaman suatu bahan mempengaruhi daya hantar listriknya. Baterai dapat menghantarkan listrik karena dalam sebuah baterai terdiri dari dua elektroda dan larutan elektrolit yang memiliki sifat asam. Pada konduktor elektrolit elektron mengalir dibawa ion-ion, sedangkan yang dapat menghasilkan ion antara lain asam, basa, dan garam. Semakin asam larutan elektrolit, maka konsentrasi ion hidrogennya semakin tinggi dan hantaran arus dari anoda ke katoda semakin besar. Semakin asam suatu bahan maka konduktivitas listrik larutan semakin besar, dan sebaliknya semakin besar nilai pH maka semakin kecil nilai konduktivitas listrik larutan tersebut (Hendri *et al.*, 2015).

Pada dasarnya skala atau tingkat keasaman suatu larutan bergantung pada konsentrasi ion H^+ dalam larutan. Makin besar konsentrasi ion H^+ makin asam larutan tersebut. Tingkat keasaman larutan dapat dilihat pada **Gambar 2.3**. Umumnya konsentrasi ion H^+ sangat kecil, sehingga untuk menyederhanakan penulisan, seorang kimiawan dari Denmark bernama *Sorrensen* mengusulkan konsep pH untuk menyatakan konsentrasi ion H^+ .



Gambar 2.3 Skala pH dari 0 sampai 14 (Bird, 1993).

Skala ini terbagi menjadi tiga daerah untuk beberapa larutan dengan pH yang berbeda. Bila larutan mempunyai pH tepat sama dengan 7, larutan tersebut dikatakan netral. Bila tidak, mungkin bersifat asam atau basa.

$$pH = - \text{Log} [H^+] \quad (2.3)$$

Nilai pH merupakan eksponen negatif dari konsentrasi ion hidronium. Hal ini dikarenakan asam atau basa kuat terionisasi sempurna, maka konsentrasi ion H^+ setara dengan konsentrasi asamnya. Makin besar konsentrasi ion H^+ (makin asam larutan) maka makin kecil nilai pH, dan sebaliknya (Bird, 1993).

2.4 Elektroda

Elektroda adalah 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, obat-obatan, dan industri untuk proses yang melibatkan elektrolisis (Chang, 2003). Dalam kasus arus searah (DC), elektroda dengan berpasangan, dan dikenal sebagai anoda dan katoda. Pada baterai atau sumber DC lainnya, anoda didefinisikan sebagai elektroda ketika elektron datang dari sel elektrokimia sehingga terjadi oksidasi sedangkan katoda didefinisikan sebagai elektroda ketika elektron memasuki sel elektrokimia dan terjadi reduksi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari tegangan listrik yang diberikan terhadap sel elektrokimia tersebut. Elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrokimia dan katoda bagi sel elektrokimia lainnya (Hiskia, 1992).

2.4.1 Anoda

Pada sel galvani, anoda adalah tempat terjadinya oksidasi, bermuatan negatif disebabkan oleh reaksi kimia yang spontan dan elektron akan dilepaskan oleh elektroda. Pada sel elektrolisis, sumber eksternal tegangan didapat dari luar, sehingga anoda bermuatan positif apabila dihubungkan dengan katoda. Ion-ionnya bermuatan negatif akan mengalir pada anoda untuk dioksidasi (Dogra, 1990).

2.4.2 Katoda

Katoda merupakan elektroda tempat terjadinya reduksi berbagai zat kimia. Katoda bermuatan positif bila dihubungkan dengan anoda yang terjadi pada sel galvani. Ion bermuatan positif mengalir ke elektroda untuk direduksi oleh elektron-elektron yang datang dari anoda. Pada sel elektrolisis, katoda adalah elektroda yang bermuatan negatif (anion). Ion-ion bermuatan positif (kation) mengalir ke elektroda

untuk direduksi, dengan demikian pada sel galvani elektron bergerak dari anoda ke katoda. Deret sel volta yaitu Li, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn, (H₂O), Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au (Bird, 1993). Deret sel Volta dimana semakin ke kiri suatu unsur dalam deret Volta, sifat reduktornya semakin kuat. Artinya suatu unsur akan mampu mereduksi ion-ion unsur di sebelah kanannya, tetapi tidak mampu mereduksi ion-ion dari unsur di sebelah kirinya (Rahayu, 2009). Berdasarkan deret volta di atas, logam Cu memiliki nilai potensial lebih besar dibandingkan logam Zn, Al, dan Fe. Logam Fe memiliki nilai potensial lebih besar dibandingkan logam Zn dan logam Al memiliki nilai potensial lebih besar dibandingkan logam Zn. Logam yang memiliki potensial lebih besar digunakan sebagai elektroda positif (katoda), sedangkan logam yang memiliki potensial lebih kecil digunakan sebagai elektroda negatif (anoda). (Hendri *et al.*, 2015). Potensial elektroda diukur dengan memperhatikan potensial elektroda sel standar yang dilambangkan E°. Daftar harga potensial elektroda ditampilkan pada

Tabel 2.2

Tabel 2.2. Nilai potensial sel standar (Chang, 2003).

Reaksi Reduksi	Logam	E° (Volt)
$\text{Au}^{3+}_{(aq)} + 3\text{e}^-$	$\text{Au}_{(s)}$	+1,50
$\text{Pt}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^-$	$\text{Pt}_{(s)}$	+1,20
$2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{e}^-$	$\text{H}_{2(g)} + 2\text{OH}^-_{(aq)}$	+0,83
$\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{e}^-$	$\text{Ag}_{(s)}$	+0,80
$\text{Fe}^{3+}_{(aq)} + \text{e}^-$	$\text{Fe}_{(s)}$	+0,77
$\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^-$	$\text{Cu}_{(s)}$	+0,34
$2\text{H}^+_{(aq)} + 2\text{e}^-$	$\text{H}_{2(s)}$	0,00
$\text{Pb}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^-$	$\text{Pb}_{(s)}$	-0,13
$\text{Sn}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^-$	$\text{Sn}_{(s)}$	-0,14
$\text{Ni}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^-$	$\text{Ni}_{(s)}$	-0,25
$\text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^-$	$\text{Fe}_{(s)}$	-0,44
$\text{Cr}^{3+}_{(aq)} + 3\text{e}^-$	$\text{Cr}_{(s)}$	-0,71
$\text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^-$	$\text{Zn}_{(s)}$	-0,76
$\text{Al}^{3+}_{(aq)} + 3\text{e}^-$	$\text{Al}_{(s)}$	-1,66
$\text{Mg}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^-$	$\text{Mg}_{(s)}$	-2,37
$\text{Na}^+_{(aq)} + \text{e}^-$	$\text{Na}_{(s)}$	-2,71
$\text{K}^+_{(aq)} + \text{e}^-$	$\text{K}_{(s)}$	-2,92
$\text{Li}^+_{(aq)} + \text{e}^-$	$\text{Li}_{(s)}$	-2,96

2.5 Karakteristik Tembaga dan Perak

2.5.1 Karakteristik Tembaga

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu, berasal dari bahasa latin *cuprum* dan nomor atom 29. Bernomor massa 63,546 dan merupakan unsur logam dengan warna kemerahan. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga mempunyai kekonduksian elektrik yang tinggi diantara semua logam-logam tulen dalam suhu kamar, hanya perak yang mempunyai kekonduksian elektrik lebih besar dari pada tembaga, namun apabila dioksidasikan tembaga adalah besi lemah. Tembaga memiliki ciri warna kemerahan, hal itu disebabkan struktur jalurnya memantulkan cahaya merah dan jingga serta menyerap frekuensi-frekuensi lain dalam spektrum tampak. Tembaga sangat langka dan jarang diperoleh dalam bentuk murni. Logam ini termasuk logam berat non ferro yaitu logam dan paduan yang tidak mengandung Fe dan C sebagai unsur dasar serta memiliki sifat penghantar listrik dan panas yang tinggi, keuletan yang tinggi dan sifat tahan korosi yang baik. produksi tembaga sebagian besar digunakan sebagai kawat atau bahan untuk menukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik. Biasanya digunakan dalam bentuk paduan, karena dapat dengan mudah membentuk paduan dengan logam-logam lain diantaranya dengan logam Pb dan logam Sn (Milanino *et al.*, 1989).

Sifat-sifat tembaga yang perlu diperhatikan antara lain: Sifat fisis, yaitu tembaga tahan pada suhu tinggi dan udara lembab, berat jenis $8,9 \text{ Kg/m}^3$ dan titik cair $1.063 \text{ }^\circ\text{C}$ dengan titik didih $2.959 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatur tempa lebih rendah dibandingkan dengan bahan-bahan non ferro. Sifat mekanis, yaitu tembaga merupakan logam murni yang kuat, agak keras tetapi kenyal, dapat diregang, mampu dikerjakan dengan mesin. Sifat kimia, yaitu tembaga tahan karat atau oksidasi, dan mudah disambung dengan *solder*. Sifat listrik, yaitu tembaga mempunyai hantar listrik dan panas lebih baik, tembaga dapat dikerjakan dengan cara panas maupun dingin. Pada pengerjaan panas suhu yang diperlukan antara $800\text{-}900 \text{ }^\circ\text{C}$ (Sukandarrumidi, 2018). Tembaga adalah logam transisi (golongan I B) yang berwarna kemerahan, mudah regang dan mudah ditempa serta bersifat mulur sehingga mudah dibentuk menjadi kawat. Bentuk unsur tembaga (Cu) ditampilkan pada **Gambar 2.4**



Gambar 2.4 Unsur tembaga (Helmenstine, 2016).

Berdasarkan tabel unsur periodik dapat dilihat karakteristik dari tembaga yang ditampilkan pada **Tabel 2.3** berikut ini.

Tabel 2.3 Karakteristik tembaga

Nama	Tembaga
Golongan	I B
Periode	5
Blok	d
Proton	29
Elektron	29
Neutron	35
Sifat umum	
No atom	29
Massa atom	63.546
No massa	64
Kategori	Logam transisi
Warna	Jingga kemerahan
Radioaktif	Tidak
Elektron per kulit	2, 8, 19, 1
Konfigurasi elektron	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹
Sifat fisik	
Fase	Solid
Kepadatan	8,96 g/cm ³
Titik lebur	1357,75 k
Titik didih	2835,15 k
Sifat atom	
Jari-jari atom	128 pm
Bilangan oksidasi	1, 2, 3, 4

2.5.2 Karakteristik Perak

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 2.5**



Gambar 2.5 Unsur perak (Helmenstine, 2019).

Berdasarkan tabel unsur periodik dapat dilihat karakteristik dari perak yang ditampilkan pada **Tabel 2.4** berikut ini.

Tabel 2.4 Karakteristik perak

Nama	Perak
Golongan	I B
Periode	5
Blok	d
Proton	47
Elektron	47
Neutron	61
Sifat umum	
No atom	47
Massa atom	108
No massa	108
Kategori	Logam transisi
Warna	Perak
Radioaktif	Tidak
Elektron per kulit	2, 8, 18, 18, 1
Konfigurasi elektron	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ¹
Sifat fisik	
Fase	Solid
Kepadatan	10.49g/cm ³
Titik lebur	1234,93 k
Titik didih	2435.15 k
Sifat atom	
Jari-jari atom	144 pm
Bilangan oksidasi	1, 2, 3

2.6 Aluminium Oksida (Al₂O₃) dan Semen Portland

Aluminium oksida (Al₂O₃) atau alumina adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen. Aluminium oksida bisa disebut dengan alumina, aloxide, aloxite, atau alundum tergantung pada bentuk dan kegunaannya. Alumina terdiri dari mineral korundum dan memiliki bentuk kristal (Puspitasari, 2018). Karakteristik alumina padat atau bubuk, berwarna putih, tidak berbau, tidak larut dalam air, dietiler, dan etanol. Alumina memiliki struktur yang keras dan penahan korosi yang baik (Karaoglanli *et al.*, 2011 dalam Renaldi, 2018). Alumina merupakan isolator listrik yang baik, sehingga digunakan secara luas sebagai bahan isolator suhu tinggi, karena memiliki kapasitas panas yang besar. Alumina juga dikenal sebagai senyawa berpori sehingga dimanfaatkan sebagai absorben. Sifat lain dari alumina yang

sangat mendukung aplikasinya adalah daya tahan terhadap korosi dan titik lebur yang tinggi, yakni mencapai 2.053 – 2.072 °C (Hudson *et al.*, 2002 dalam Pratama, 2022).



Gambar 2.6 Aluminium oksida (a) kristal dan (b) serbuk

Menurut SNI 03-2834-2000, semen portland merupakan campuran semen portland dengan pozzolan antara 15% - 40% berat total campuran dengan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam pozzolan minimum 70%. Semen merupakan bahan pengikat yang sangat mudah digunakan tanpa ada persyaratan khusus, sehingga menjadi bahan pengikat yang paling populer untuk membuat beton. Campuran semen dan air menghasilkan pasta yang berfungsi sebagai pengikat agregat dalam adonan beton.



Gambar 2.7 Semen Portland

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesi dan kohesi yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Berdasarkan sifatnya semen dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

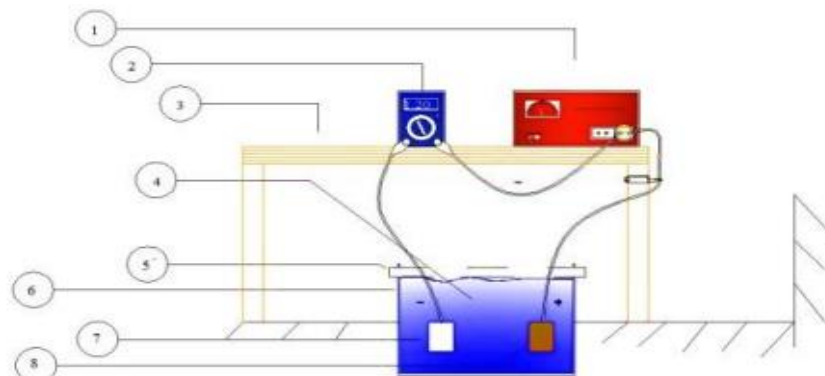
1. Semen hidrolisis, yaitu semen yang dapat mengeras bila dicampur dengan air.
Contohnya semen portland

2. Semen non hidrolisis, yaitu semen yang tidak dapat mengeras dan tidak stabil di dalam air. Contohnya gips dan kapur keras

(Zulkarnain dan Pasaribu, 2021).

2.7 Elektroplating

Elektroplating atau pelapisan adalah suatu proses deposisi anion logam pelindung (anoda) yang dikehendaki di atas logam lain (katoda) secara elektrolisis. Selama proses pelapisan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda (anoda-katoda) dan elektrolit menuju arah tertentu secara tetap. Untuk hal ini tersebut dibutuhkan arus listrik searah (DC) dan tegangan yang konstan. Dapat disimpulkan bahwa terjadinya suatu lapisan tipis pada proses pelapisan ini disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik berpindah dari suatu elektroda (anoda) melalui elektrolit dan akan melapisi elektroda lain (katoda) (Hartomo, 1978). Karena pelapisan adalah suatu proses yang menghasilkan lapisan tipis logam diatas permukaan logam lainnya dengan cara elektrolisis, maka perlu diketahui rangkaian dasar sistem pelapisan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.8 Ilustrasi alat pelapisan (Budiyanto *et al.*, 2016).

Keterangan:

1. *Power supply*
2. Multitester digital
3. Larutan elektrolit
4. Penggaris
5. Katoda
6. Anoda

Jarak antara anoda dan katoda menentukan hantaran arus listrik dan sangat berpengaruh terhadap keragaman tebal lapisan pada permukaan katoda. Besarnya hantaran berbanding terbalik dengan jarak anoda dan katoda. Semakin dekat jarak anoda dan katoda saat proses pelapisan maka lapisan yang dihasilkan lebih tebal karena daya ikat molekul semakin kuat. Sebaliknya, jika jarak antar anoda dan katoda jauh saat proses pelapisan maka lapisan yang terbentuk lebih tipis karena daya ikat molekul semakin lemah (Budiyanto *et al.*, 2016).

2.8 Hambatan dan Daya

Hambatan (R) adalah kemampuan suatu bahan atau benda mencegah atau menghambat aliran arus listrik. Sifat-sifat hambatan listrik secara umum terbagi dua. Hambatan listrik akan semakin besar jika bahan listrik yang digunakan semakin panjang. Kedua, hambatan listrik semakin kecil jika ukuran penampang bahan listrik semakin besar. Satuan hambatan listrik adalah ohm yang dilambangkan dengan huruf Yunani Ω (dibaca omega). Satuan ini juga dapat dinyatakan sebagai kombinasi satuan beda potensial dan kuat arus listrik. Hambatan listrik dapat diukur secara langsung maupun secara tidak langsung. Pada pengukuran langsung, hasil yang diperoleh berupa nilai hambatan yang sedang diukur. Alat yang digunakan untuk mengukur hambatan listrik secara langsung adalah ohm-meter. Pada pengukuran secara tidak langsung, yang diukur bukan besarnya hambatan benda melainkan beda potensial yang diberikan pada benda dan arus listrik yang dihasilkannya. Dengan menggunakan Hukum Ohm, hambatan dapat dihitung dengan persamaan yang ditunjukkan pada persamaan 2.4

$$R = \frac{V}{I} \quad 2.4$$

Dimana

R = hambatan (Ω)

V = beda potensial (V)

I = arus (A)

Daya listrik (P) menyatakan laju aliran energi listrik, dimana daya listrik dihasilkan oleh sebuah sumber energi saat mengalirkan muatan q melewati kenaikan potensial V dalam waktu tertentu. Dengan kata lain jumlah energi listrik yang digunakan selama selang waktu tertentu dibagi lama penggunaan. Daya listrik (P) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5 dan 2.6 dibawah ini.

$$P = \frac{Vq}{t} \quad 2.5$$

Karena $q/t = I$, persamaan diatas dapat diubah menjadi

$$P = VI \quad 2.6$$

Dimana

P = daya listrik (W)

V = beda potensial (V)

I = arus (A)

t = waktu (s)

q = muatan (coulomb)

(Abdullah, 2006).

2.9 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah mikroskop elektron yang dapat digunakan untuk mempelajari detail struktur permukaan material dalam daerah makro dan submikron. SEM merupakan teknik analisis menggunakan elektron sebagai sumber pencitraan dan medan elektromagnetik sebagai lensanya. SEM sangat cocok digunakan dalam situasi yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan pembesaran berkisar antara 20 kali sampai 500.000 kali. Syarat agar SEM dapat menghasilkan citra yang tajam yaitu permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan elektron sekunder ketika ditembak dengan berkas elektron. Material yang memiliki sifat demikian merupakan logam. Jika permukaan logam diamati dibawah SEM maka profil

permukaan akan tampak dengan jelas (Anggraeni dalam Hartini, 2014). Untuk analisis partikel non-konduktor umumnya melibatkan penambahan film logam pada permukaan sampel seperti karbon, platina, dan emas (Sirisena *et al.*, 2015).

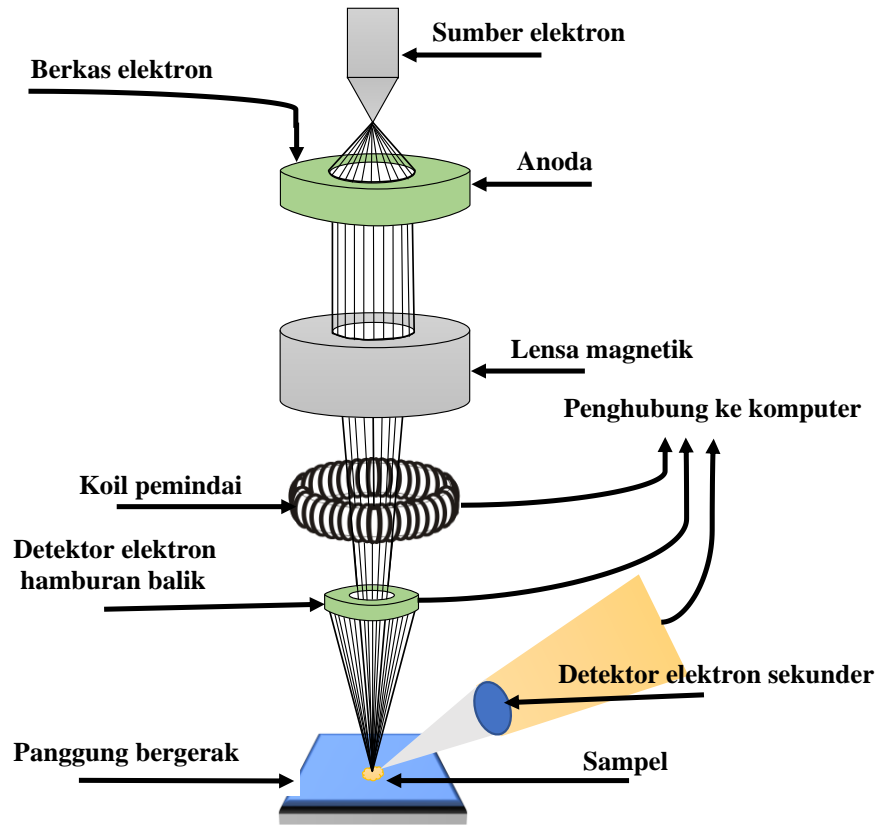
Energy Dispersive X-Ray (EDX) merupakan alat karakterisasi yang digunakan untuk mendeteksi komposisi unsur kimia pada suatu material. Prinsip kerja EDX ketika sebuah berkas elektron berenergi tinggi masuk ke dalam sampel sehingga menyebabkan elektron tereksitasi. Fenomena ini menimbulkan kekosongan pada pita valensi. Kekosongan tersebut diisi oleh elektron dengan melakukan perubahan tingkat tinggi. Perubahan tingkat energi dapat menyebabkan terjadinya pelepasan gelombang sinar-x. Emisi sinar-x pada panjang gelombang yang berbeda kemudian dapat diukur dengan detektor. Sinar-x ini adalah karakteristik untuk elemen dari mana mereka berasal dan mengandung informasi pada unsur-unsur yang ada di spektrum. Analisis kualitatif, yaitu identitas unsur-unsur dalam spektrum yang didapat menggunakan operasi perangkat lunak. Secara singkat prinsip kerja EDX yaitu sinar-x yang masuk menghilangkan elektron kulit dalam kemudian menghasilkan kekosongan dan mengisi kekosongan itu dengan elektron kulit terluar yang mengirimkan foton (Prasetyo, 2011).

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

- a. *Electron gun* menghasilkan *electron beam* dari filamen. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah *tungsten hairpin gun* dengan filamen berupa lilitan *tungsten* yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.
- b. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.
- c. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
- d. Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan elektron, baik *Secondary Electron* (SE) atau *Back Scattered Electron* (BSE) dari permukaan

sampel dan akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor CRT.

Secara lengkap skema SEM dijelaskan oleh **Gambar 2.9** dibawah ini:



Gambar 2.9 Skema alat SEM

Komponen utama SEM

1. Penembak elektron (*electron gun*)

Pada jenis ini, energi luar yang masuk ke bahan dalam bentuk energi panas. Energi panas ini diubah menjadi energi kinetik. Semakin besar panas yang diterima bahan maka akan semakin besar pula kenaikan energi kinetik yang terjadi pada elektron (Prasetyo, 2011). Pada situasi inilah akan terdapat elektron yang pada akhirnya terlepas keluar melalui permukaan bahan. Bahan yang digunakan sebagai sumber elektron disebut sebagai emiter atau lebih sering disebut katoda. Sedangkan bahan yang menerima elektron disebut sebagai anoda. Dalam konteks tabung hampa (*vacuum tube*) anoda lebih sering disebut sebagai *plate*. Dalam proses emisi termal dikenal dua macam jenis katoda yaitu :

- a). Katoda panas langsung (*Direct Heated Cathode*, disingkat DHC)
- b). Katoda panas tak langsung (*Indirect Heated Cathode*, disingkat IHC) Pada katoda jenis ini katoda selain sebagai sumber elektron juga dialiri oleh arus *heater* (pemanas).

2. Lensa Magnetik

Lensa magnetik yang digunakan yaitu dua buah *condenser lens*. *Condenser lens* kedua (atau biasa disebut dengan lensa objektif) memfokuskan elektron dengan diameter yang sangat kecil, yaitu sekitar 10-20 nm.

3. Detektor

SEM memiliki beberapa detektor yang berfungsi untuk menangkap hamburan elektron dan memberikan informasi yang berbeda-beda. Detektor-detektor tersebut antara lain: *Backscatter detector*, yang berfungsi untuk menangkap informasi mengenai nomor atom dan topografi. *Secondary detector*, yang berfungsi untuk menangkap informasi mengenai topografi (Prasetyo, 2011).

4. *Sample Holder*

Untuk meletakkan sampel yang akan dianalisis dengan SEM.

5. Monitor CRT (*Cathode Ray Tube*)

Di layar CRT inilah gambar struktur objek yang sudah diperbesar dapat dilihat.

- a. Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya).
- b. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *Integrated Circuit* (IC) dan *chip*, dan sebagainya).
- c. Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan, dan sebagainya).
- d. Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati (konduktivitas, sifat elektrik, kekuatan, dan sebagainya). Jenis sampel yang dianalisa dapat berupa material padat.

Seperti logam, bubuk kimia, kristal, polymers, plastik, keramik, fosil, butiran, karbon, dan campuran partikel logam

(Prasetyo, 2011).

Pada SEM, gambar dibuat berdasarkan deteksi elektron sekunder atau *backscattered electron* yang muncul dari permukaan sampel ketika permukaan sampel tersebut dipindai dengan elektron. Elektron yang terdeteksi selanjutnya diperkuat sinyalnya, kemudian besar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap-terang pada monitor CRT (*cathode ray tube*). Di layar CRT inilah gambar struktur objek yang sudah diperbesar dapat dilihat. Pada proses operasinya, SEM tidak memerlukan sampel yang ditipiskan, sehingga bisa digunakan untuk melihat objek dari sudut pandang 3 dimensi

Teknik SEM memiliki kelemahan antara lain :

1. Memerlukan kondisi vakum
2. Hanya mampu menganalisa permukaan saja.
3. Sampel yang digunakan harus berupa bahan yang konduktif, jika tidak konduktor maka sampel perlu dilapisi dengan logam

(Zainul, 2021).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Workshop Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dari bulan Januari 2023 sampai dengan bulan Maret 2023.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3. 1 Alat penelitian

No	Nama	Fungsi
1.	Gunting	Memotong
2.	Multimeter	Mengukur tegangan dan arus
3.	<i>Power supply</i>	Sumber tegangan saat elektroplating
4.	<i>Stopwatch</i>	Mencatat waktu
5.	Gelas baker	Mengukur volume air
6.	Timbangan digital	Menimbang massa bahan pembuatan jembatan garam
7.	Kamera	Mengambil gambar atau video
8.	Kabel penghubung	Media penghubung elektroda
9.	Bejana	Wadah adonan jembatan garam
10.	Sarung tangan	Digunakan saat melakukan penelitian
11.	Alat tulis	Mencatat dan keperluan lainnya
12.	SEM-EDX	Karakterisasi permukaan katoda

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Bahan penelitian

No.	Nama	Fungsi
1.	Air laut	Sebagai larutan elektrolit
2.	Akrilik	Penampung setiap sel (sel volta)
3.	Cu	Sebagai katoda
4.	Larutan AgNO ₃	Sebagai larutan elektroplating Cu
5.	Larutan HNO ₃ 1%	Untuk membersihkan logam Cu sebelum elektroplating
6.	Etanol 96%	Untuk membersihkan logam Cu setelah dibersihkan dengan larutan HNO ₃
7.	Al ₂ O ₃ , semen, air laut	Bahan baku utama pembuatan jembatan garam
8.	Aquades	Mengencerkan larutan
9.	LED	Sebagai beban dan output
10.	Lem korea dan lem sanpolac	sebagai perekat media sistem sel volta

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan empat tahap yaitu tahap preparasi bahan, pembuatan alat dan sistem, pengujian sistem serta pengambilan sampel, dan pengujian permukaan tembaga berlapis perak serta pengolahan data. Adapun diagram alir yang dilakukan sebagai berikut:

3.3.1 Preparasi Bahan

Tahapan preparasi bahan sebagai berikut.

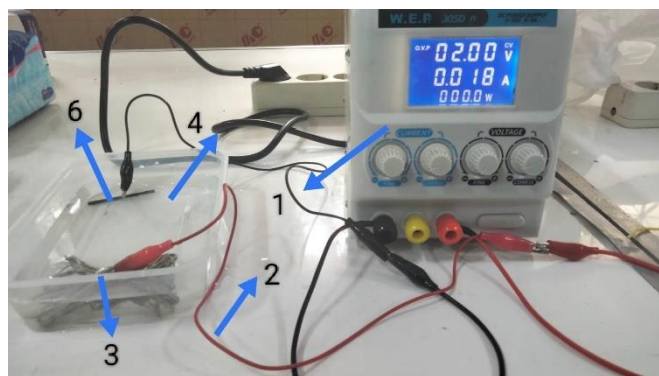
A. Proses Pelapisan/Elektroplating Cu dengan Ag

Proses pelapisan atau elektroplating Cu dengan Ag sebagai berikut.

1. Larutan perak nitrat (AgNO₃) sebanyak 100 ml dicampurkan dengan aquades 900 ml dan digunakan sebagai larutan elektrolit.

2. Cu digunakan sebagai katoda dan batang karbon sebagai anoda.
3. Sebelum dilakukan elektroplating, katoda dibersihkan dengan larutan HNO₃ 1% agar kandungan lemak pada katoda Cu hilang.
4. Kemudian Cu dibersihkan kembali dengan etanol 96% agar kandungan HNO₃ 1% pada Cu hilang.
5. Setelah itu elektroplating dilakukan dengan tegangan 2 volt selama 5 menit.

Gambar 3.1. merupakan proses elektroplating yang dilakukan dengan tegangan 2 V selama 5 menit sampai warna Cu berubah jadi perak.



Gambar 3.1 Elektroplating Ag pada Cu

Keterangan :

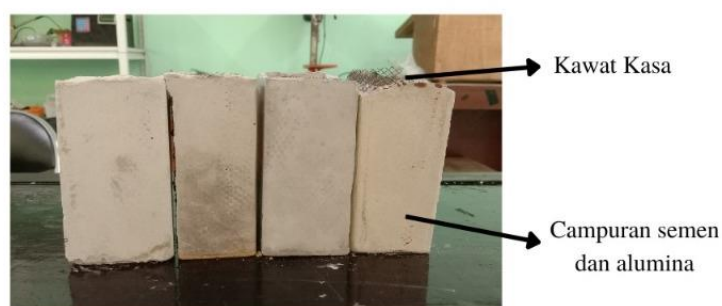
1. *Power supply*
2. Kabel penghubung
3. Tembaga sebagai katoda
4. Larutan perak sebagai elektrolit
5. Batang karbon sebagai anoda.

B. Pembuatan Jembatan Garam

Pembuatan jembatan garam sebagai berikut.

1. Alumunium oksida (Al₂O₃) dan semen dicampurkan dengan air laut. Alumina yang divariaskan dengan perbandingan 100:100, 150:100, 200:100, dan 250:100

2. Perbandingan awal 100:100 memiliki massa alumina 100 gram dan semen 100 gram, setelah kedua bahan dicampur dengan air laut lalu dicetak menjadi 5 jembatan garam.
3. Kemudian dilakukan perulangan dengan massa variasi 150 gram, 200 gram, dan 250 gram dengan alumina dan semen konstan (100 gram). Tujuan pembuatan jembatan garam untuk menjaga kenetralan muatan listrik pada larutan dan melihat seberapa pengaruh variasi alumina pada tegangan yang dihasilkan. Jembatan garam sudah dicetak dan berbentuk balok dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Jembatan garam

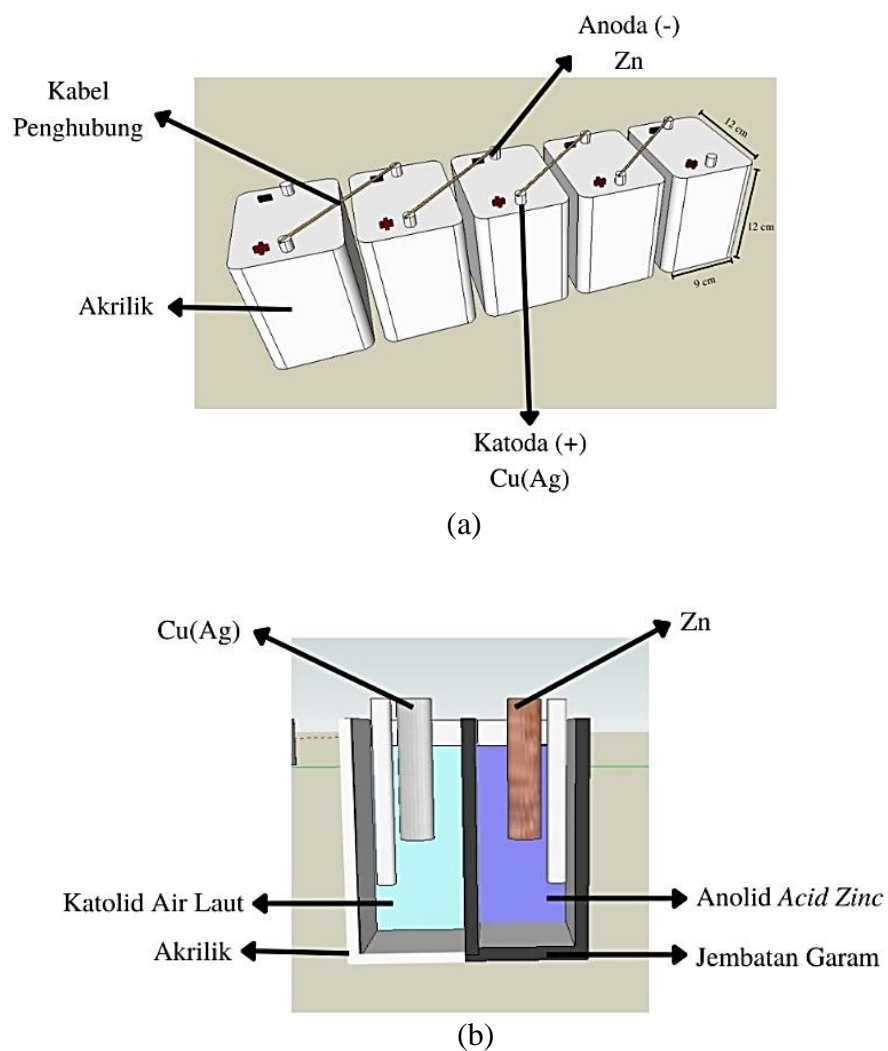
3.3.2 Pembuatan Media dan Sistem Sel Volta

Pembuatan alat dan sistem sebagai berikut.

1. Sebanyak 20 buah sel volta dibuat dengan bahan dasar akrilik yang memiliki ketebalan 3 mm.
2. Setiap sel diisi sepasang elektroda Cu(Ag)-Zn dengan pembatas jembatan garam.
3. Dimensi elektroda yang digunakan pada setiap sel yakni katoda Cu berlapis Ag sepanjang 120 cm sedangkan anoda Zn memiliki dimensi 4x7 cm.
4. Elektrolit yang digunakan pada penelitian ini adalah air laut dan larutan *acid zinc* dengan konsentrasi pH 4. Air laut digunakan pada kompartemen katoda Cu berlapis Ag sebanyak ± 110 ml
5. Sebelum digunakan air laut difilter agar kotoran atau organisme yang ada tersaring dari air laut

6. Sedangkan larutan *acid zinc* pH 4 digunakan pada anoda (Zn) sebanyak ± 110 ml.
7. Air laut diganti setiap 24 jam sekali, hal ini dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh pergantian air laut.

Dibawah ini adalah desain sel volta yang akan digunakan pada penelitian ini. Ukuran dari setiap sel yaitu panjang sebesar 9 cm, lebar sebesar 5 cm, dan tinggi 9 cm yang dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



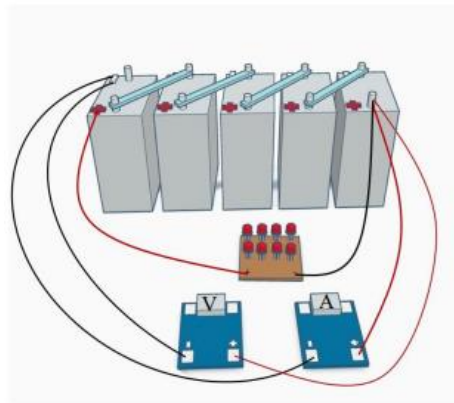
Gambar 3.3 (a) Desain 5 sel volta (b) desain sel volta

3.3.3 Proses Pengujian Sistem dan Pengambilan Sampel

Pengujian sistem dan pengambilan sampel sebagai berikut.

1. Pengujian sistem dilakukan dengan katoda Cu yang dihubungkan ke anoda Zn berbentuk plat.
2. Anoda Zn dihubungkan ke kutub negatif multimeter dan katoda Cu dihubungkan ke kutub positif multimeter untuk mendapatkan tegangan dan arus yang dihasilkan.
3. Untuk sampel yang diambil yaitu katoda tembaga berlapis perak yang telah digunakan selama 24 jam dan 72 jam. Setelah pengambilan sampel, dilakukan karakterisasi permukaan sampel untuk mendapatkan data permukaan Cu.

Pengujian sistem dan pengambilan data dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Sistem Sel Volta

3.4 Diagram Alir

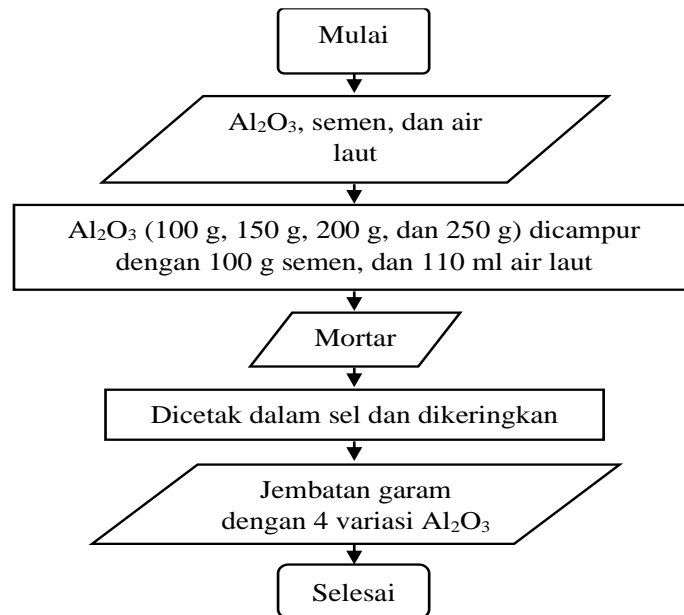
Diagram alir yang akan dilakukan adalah preparasi bahan, rancang bangun dan sistem, dan karakterisasi menggunakan SEM-EDX.

3.4.1 Diagram Alir Preparasi Bahan

Diagram alir yang dibuat dalam preparasi bahan yaitu diagram alir pembuatan larutan sepuh, proses pelapisan, pembuatan jembatan garam, pembuatan alat dan sistem, dan karakterisasi SEM-EDX.

A. Diagram Alir Pembuatan Jembatan Garam

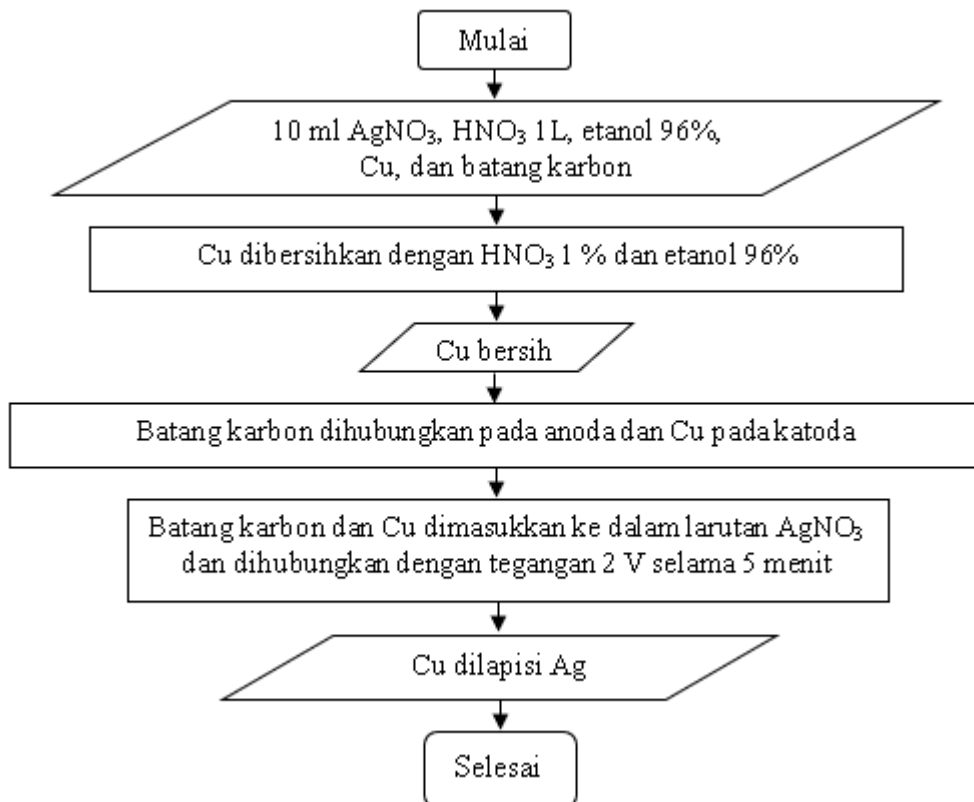
Diagram alir pembuatan jembatan garam dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Diagram alir pembuatan jembatan garam

B. Diagram Alir Proses Pelapisan Cu

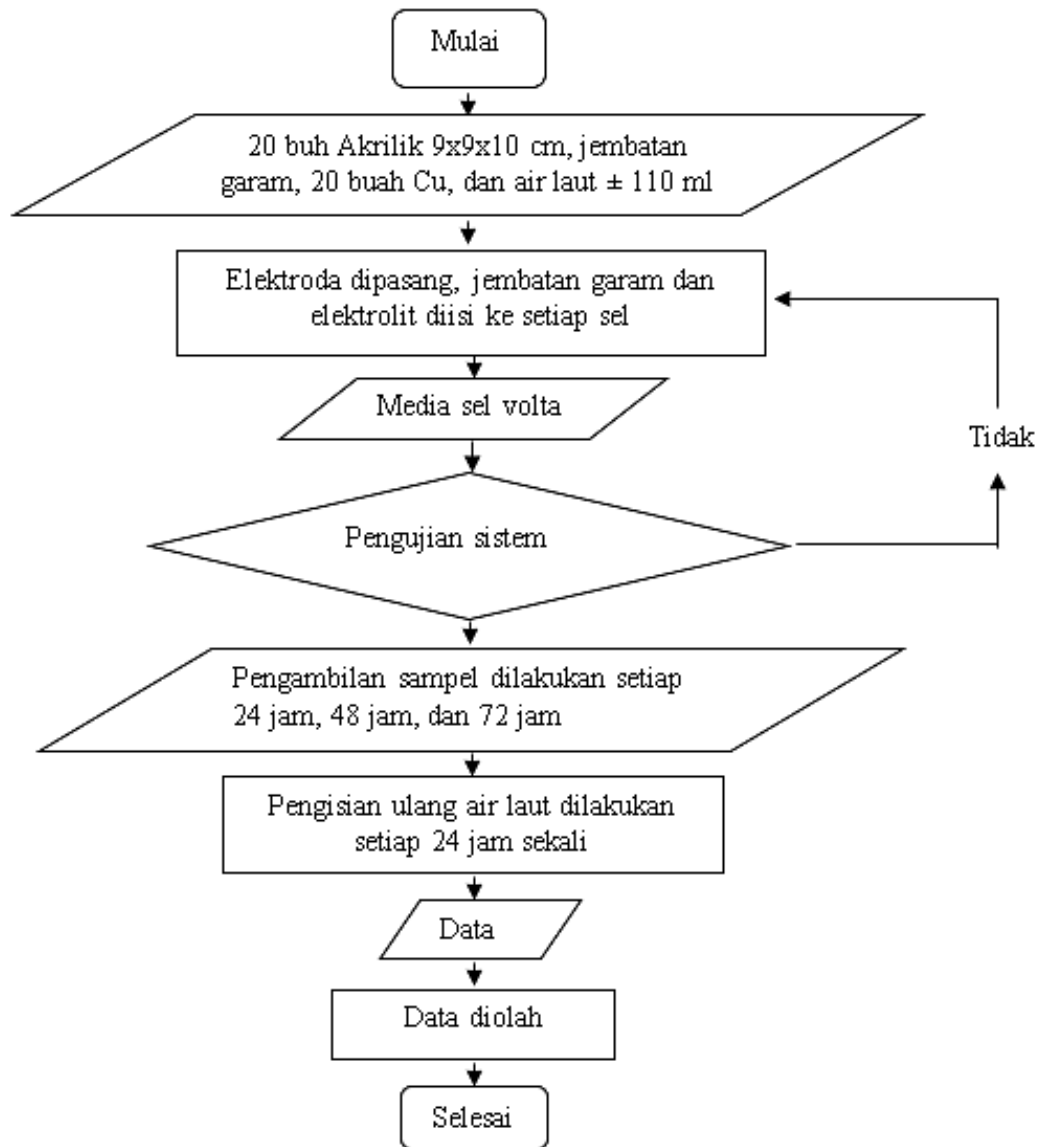
Diagram alir proses pelapisan dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6 Diagram alir proses pelapisan

3.4.2 Diagram Alir Pembuatan Media dan Sistem Sel Volta

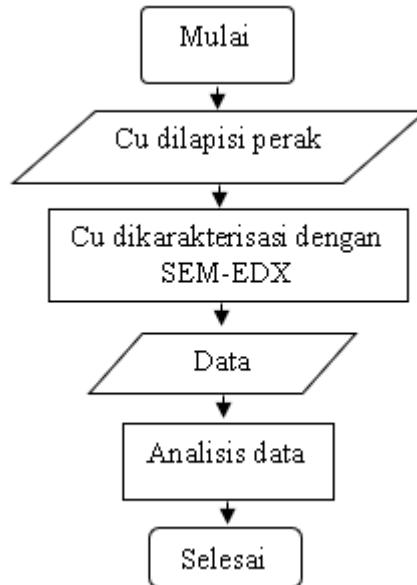
Diagram alir pembuatan alat dan sistem dapat dilihat pada **Gambar 3.7**



Gambar 3.7 Diagram alir pembuatan media dan sistem sel volta

3.4.3 Diagram Alir Karakterisasi Katoda Cu Dengan SEM-EDX

Diagram alir karakterisasi katoda Cu dengan SEM-EDX dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



Gambar 3.8 Diagram alir karakterisasi katoda Cu dengan SEM-EDX

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan.

1. Hasil hambatan dan daya listrik dipengaruhi oleh waktu penggunaan sel volta katoda Cu dilapisi Ag. Terlihat bahwa tegangan tanpa beban terbesar 24 jam diperoleh sebesar 3,82 V dan 72 jam sebesar 3,80 V. Tegangan beban terbesar 24 jam sebesar 3,63 V dan 72 jam sebesar 2,50 V. Arus terbesar 24 jam sebesar 14,2 mA dan 72 jam sebesar 12,65 mA. Diperoleh nilai akhir hambatan dalam (Rin) paling kecil dihasilkan 24 jam yakni sebesar 0,16 K Ω dan nilai akhir daya (P) paling besar dihasilkan 72 jam sebesar 4,74 mWatt
2. Permukaan katoda Cu setelah dilapisi Ag, 24 jam, dan 72 jam dipengaruhi oleh waktu penggunaan sel volta. Terlihat bahwa katoda Cu dilapisi Ag sebelum digunakan memiliki bentuk seragam dibanding dengan katoda Cu 24 jam dan 72 jam tidak seragam. Unsur pada katoda Cu setelah dilapisi terdapat unsur nitrogen, setelah 24 jam terdapat unsur karbon, natrium, dan sulfur sedangkan setelah 72 jam terdapat unsur molibdenum dan kadmium.
3. Terlihat dari data hambatan dan daya listrik katoda Cu dilapisi Ag memiliki hubungan dengan hasil karakterisasi SEM-EDX. Hal ini dilihat dengan naiknya tegangan dan arus berbanding lurus dengan naiknya massa katoda Cu yang dipengaruhi oleh unsur-unsur di permukaan katoda Cu selama 24 jam dan 72 jam.

5.2 Saran

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

1. Menambah ukuran sel, anoda, katoda, volume elektrolit, dan jarak antara elektroda untuk mendapatkan tegangan dan arus lebih besar
2. Melakukan regenerasi pada katoda untuk mengembalikan ion setelah katoda mengalami oksidasi
3. Menambahkan sistem otomatis untuk pertukaran air laut untuk menghindari penambahan oksigen pada kedua elektroda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2007. *IPA Fisika SMP dan MTS Jilid 3 untuk Kelas IX*. Jakarta. ESIS
- Bayuseno, A.P. 2009. Analisa Laju Korosi Pada Tembaga Untuk Material Kapal Dengan dan Tanpa Perlindungan Cat. *Jurnal ROTASI*. Vol 11. No. 3. Hal 32-37.
- Bird, T. 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas*. Jakarta. PT Gramedia Pustaka Utama.
- 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 Program Studi Teknik Mesin*. Vol 5. No. 1. Hal 21-28.
- Chang, R. 2003. *General Chemistry: The Essential Concepts*. Diterjemahkan oleh Suminar Setiadi Achmadi, Ph.D. Erlangga. Jakarta.
- Dogra, S. 1990. *Kimia Fisika dan Soal-Soal*. Jakarta. Universitas Indonesia.
- Enterprise, J. 2010. *Teknik Menghemat Energi*. Jakarta. PT Elex Media Komputindo.
- Fariya, S. dan Rejeki, S. 2015. *Seacell (Sea Water Electrochemical Cell) Pemanfaatan Elektrolit Air Laut Menjadi Cadangan Sumber Energi Listrik Terbarukan Sebagai Penerangan Pada Sampah*. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol. 10, No. 1, Hal. 44-58.
- Giancoli, C. D. 2001. *Fisika edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta. Erlangga.
- 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. Circu (Ag)It*. Vol.2 No 1.

- Hendri, Yasni, Gusnedi, dan Ratnawulan. 2015. Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan Terhadap Kelistrikan dari Sel Accu Dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang. *Pillar of Physic* Vol. 6. Hal. 97-104.
- Hiskia, A. 1992. *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti.
- Kamalia, L., Pauzi, G. A., dan Suciwati, S. W. 2018. Analisis Laju Korosi Bahan Cu-Zn Dengan Metode *Sacrificial* Anoda Pada Sistem Energi Listrik Alternatif Berbasis Air Laut. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 6. No. 2. Hal. 249-256.
- Keenan, K. W. 1984. *Kimia untuk Universitas edisi Keenam Jilid 1*. Jakarta. Erlangga.
- Kong, M., Bu, L., dan Wang, W. 2021. Investigations on The Discharge/Charge Process of a Novel AgCl/Ag/Carbon Felt Composite Electrode Used for Seawater Batteries. *Journal of Power Sources*. 506
- Lubis, K. 2015. Metoda-Metoda Karakterisasi Nanopartikel Perak. *Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol. 21. No. 79. Hal 50-55.
- Masrufaiyah. 2016. *Performance of Freshwater and Seawater Activated Battery as Alternative Energy Resources*. Tesis. Institut Sepuluh November. Surabaya.
- Maron, S.H., dan Lando, J.B. 1998. *Fundamentals Of Physical Chemistry*. Millan Publishing Co Inc. New York.
- Milanino, R., K.D. Rainsford., and G.P Melo. 1989. *Copper and Zinc In Inflammation*. Usa. Kluwer Academic Publishers.
- Nurannisa, A. F. A., Taufan, A. M. A., Akbar, A. M. A., Sari, S. D., dan Melda. 2021. *Bio-Baterai dari Limbah Kulit Pisang*. Bandung. Media Sains Indonesia.
- Pauzi, G. A., Hudaya, E., Supriyanto, A., Warsito., dan Surtono, A. 2016. Analisis Uji Karakteristik Elektrik Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Posiding SM SMIAP IV*. Vol. 4. Buku 3. Hal. 1-8.
- Pauzi, G. A., Pratiwi, A. N., Surtono, A., dan Suciwati, W. S. 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*. Vol. 3. No. 1. Hal. 21-30
- Pratama. Y. D. A. 2022. *Analisis Pemanfaatan Jembatan Garam Variasi Alumina, Semen, dan Karbon Dengan Perbandingan 0.5:4:4, 1:4:4, 1.5:4:4, dan 2:4:4 Pada Sel Volta Berbahan Air Laut Dengan Dua Kompartemen Zn/Zn²⁺(Aq) // Ag⁺ / Cu Larutan Acid Zinc pH 4*. Skripsi. Universitas Lampung.

- Rahayu, I. 2009. *Belajar Praktis Kimia*. PT. Visindo Media Persada.
- Ramlan, R., dan Pradhani, N. 2008. Studi Pemanfaatan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Beton Aspal. *Majalah Ilmiah Mektek.*, Vol. 10, No. 1, Hal. 10-21.
- Satriady, A., Alamsyah, W., Saad, A.H., dan Sahrul, H. 2016. Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai LiFePO₄. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. Vol. 06, No.02, Hal 43-48.
- Sukandarrumidi. 2018. *Geologi Mineral Logam Untuk Explorer Muda*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Susana, T. 1988. Karbon Dioksida. *Oseana*. Vol 13. No. 1. Hal 1-11.
- Utomo, S. 2015. Pengaruh Konsentrasi Larutan NaNO₂ sebagai Inhibitor terhadap Laju Korosi dalam Media Air Laut. *Jurnal Teknologi*. Vol 7. No. 2. Hal 93-1-3.
- Wang, J. 2000. *Analytical Electrochemistry, 2nd Edition*. Usa:A John Willey & Son, Inc.
- Wiyanti, Arni. 2020. *Sel Elektrolisis Kimia Kelas XII*. Erlangga. Jakarta.
- Yona, D., Sartimbul, A., Iranawati, F., Bakar, A.S., Hidayati, N., Ika, L.H., Hikmah, S.J.S., Arif, M.Z.F., dan Arif, M.R. 2017. *Fundamental Oseanografi*. Tim UB Press. Malang.
- Zainul, R. 2021. *Teknik Karakterisasi Kimia Fisika*. Berkah Prima. Padang.
- Zulkarnain, F., dan Pasaribu. S. E. 2021. *Pengembangan Campuran Beton K-300 Untuk Infrastruktur Perumahan Tahan Gempa di Indonesia*. Umsu Press. Medan.