

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI MASSA ALUMINA DENGAN
SEMEN PADA JEMBATAN GARAM TERHADAP REGENERASI
ANODA ZINC DALAM SISTEM SEL VOLTA BERMEDIA AIR LAUT**

(Skripsi)

Oleh

FINA DAMAYANTI

1917041050



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

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI ALUMINA DENGAN SEMEN PADA JEMBATAN GARAM TERHADAP REGENERASI ANODA ZINC DALAM SISTEM SEL VOLTA BERMEDIA AIR LAUT

Oleh

FINA DAMAYANTI

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi massa alumina dengan semen pada jembatan garam terhadap regenerasi anoda zinc dalam sistem sel volta bermedia air laut. Penelitian ini dilakukan dengan empat tahapan, yaitu preparasi bahan, pembuatan alat dan pengujian sistem, pengambilan sampel, dan karakterisasi permukaan sampel anoda plat zinc serta pengolahan data hasil. Anoda plat Zinc dikarakterisasi menggunakan SEM-EDS dan metode elektroplating digunakan untuk mengetahui nilai hasil regenerasi pada anoda Zinc. Variasi komposisi alumina dengan semen yang digunakan pada jembatan garam dalam penelitian ini sebanyak (1:1), (1:1,5), (1:2) dan (1:2,5). Berdasarkan hasil yang diperoleh terjadi kenaikan massa pada sampel anoda zinc yang telah digunakan dalam sel volta dan telah dielektroplating, dan hasil variasi komposisi massa pada jembatan garam terbaik yaitu divariasi 1:1. Maka dapat disimpulkan semakin banyak variasi komposisi alumina yang digunakan dalam jembatan garam, jembatan garam menjadi rapuh dan hasil regenerasi pada anoda zinc kurang baik. Hasil ini didukung oleh hasil karakterisasi sampel menggunakan SEM-EDS. Dari hasil SEM-EDS diketahui adanya unsur Zn yang dominan pada sampel dengan komposisi unsur massa Zn yaitu 80,48%.

Kata Kunci : Zinc, Air Laut, SEM-EDX, Sel Volta

ABSTRACT

THE EFFECT OF VARIATION IN THE COMPOSITION OF ALUMINA AND CEMENT IN SALT BRIDGES ON THE REGENERATION OF ZINC ANODE IN SEAWATER MEDIATED VOLTAIC CELL SYSTEMS

By

FINA DAMAYANTI

This research was conducted to analyze the effect of variations in the mass composition of alumina and cement in salt bridges on the regeneration of zinc anodes in seawater-mediated voltaic cell systems. This research was carried out in four stages, namely material preparation, tool making and system testing, sampling and surface characterization of zinc plate anode samples as well as processing the results data. The Zinc plate anode was characterized using SEM-EDS and the electroplating method was used to determine the value of the regeneration results on the Zinc anode. Variations in the composition of alumina and cement used in salt bridges in this study were (1:1), (1:1.5), (1:2) and (1:2.5). Based on the results obtained, there was an increase in mass in the zinc anode samples that had been used in voltaic cells and had been electroplating, and the results of variations in mass composition of the best salt bridge were varied by 1:1. So it can be concluded that the more variations in alumina composition used in the salt bridge, the salt bridge becomes brittle and the regeneration results on the zinc anode are less good. This result is supported by the results of sample characterization using SEM-EDS. From the SEM-EDS results, it is known that there is a dominant Zn element in the sample with a Zn mass element composition of 80.48%.

Keywords: Zinc, Seawater, SEM-EDX, Voltaic Cells

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI MASSA ALUMINA DENGAN
SEMEN PADA JEMBATAN GARAM TERHADAP REGENERASI
ANODA ZINC DALAM SISTEM SEL VOLTA BERMEDIA AIR
LAUT**

Oleh

FINA DAMAYANTI

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
2023**

Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI KOMPOSISI MASSA ALUMINA DENGAN SEMEN PADA JEMBATAN GARAM TERHADAP REGENERASI ANODA ZINC DALAM SISTEM SEL VOLTA BERMEDIA AIR LAUT**

Nama Mahasiswa : **Fina Damayanti**

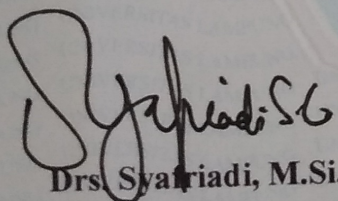
Nomor Pokok Mahasiswa : **1917041050**

Jurusan : **Fisika**

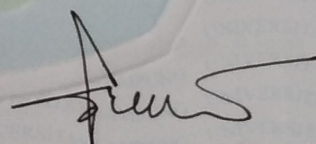
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

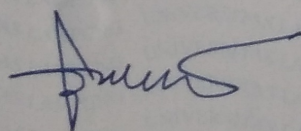


Drs. Syahriadi, M.Si.
NIP 19610821 199203 1 002



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

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

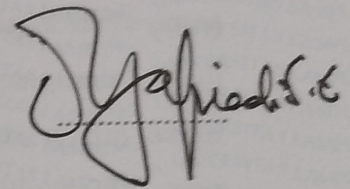


Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP 19801010 200501 1 002

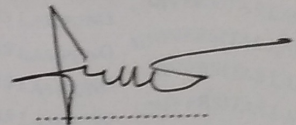
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

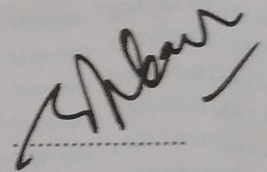
Ketua : Drs. Syafriadi, M.Si.



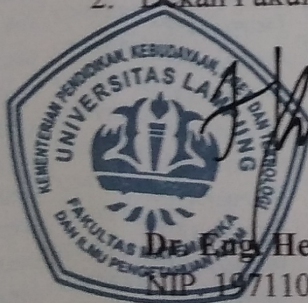
Sekretaris : Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.

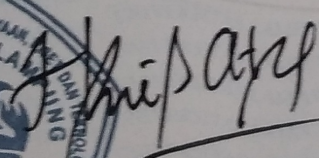


Penguji
Bukan Pembimbing : Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Drs. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 09 Oktober 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, 09 Oktober 2023

Penulis,



Fina Damayanti
NPM. 1917041050

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Fina Damayanti, dilahirkan di Tulung Agung, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung pada tanggal 03 Juni 2000. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Sumarno, S.Pd., M.Pd. dan Ibu Nur Lailiyah. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Nurul Ulum Tulung Agung pada tahun 2007, SDN 3 Tulung Agung pada tahun 2013, SMPN 1 Gadingrejo pada tahun 2016, dan SMAN 2 Gadingrejo 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 Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT Perkebunan Nusantara VII Unit Way Berulu, dengan judul "Analisis Warna Kadar Zat Menguap Karet Remah *Indonesian Rubber 3 Light* (SIR 3L) di PTPN VII Unit Way Berulu". Penulis juga melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung pada tahun 2022 di Kabupaten Tanggamus, Kecamatan Talang Padang, Pekon Negeri Agung. Dalam bidang organisasi penulis aktif sebagai Anggota Biro Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) FMIPA Universitas Lampung periode 2019-2021.

MOTTO

**Sesungguhnya Tuhanku Allah Bersamaku, Dia akan Memberi Petunjuk
Kepadaku**

-QS: Asyu'ara : 62-

Life Goes On, Let's Live On

-Bangtan-

Apa yang kamu percayai dan yakini, maka itu yang akan terjadi

-Fina Damayanti-

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim....

**Dengan Penuh Rasa Syukur Kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karya ini
dipersembahkan kepada:**

Kedua Orangtuaku

Bapakku Sumarno

&

Mamakku Nur Lailiyah

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Esa, yang telah memberikan kesehatan, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Variasi Komposisi Massa Alumina dengan Semen Pada Jembatan Garam Terhadap Regenerasi Anoda Zinc dalam Sistem Sel Volta Bermedia Air Laut**” yang merupakan syarat untuk mendapat gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada bidang material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyajian skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan secara isi maupun cara penyajian. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya. Aamiin ya Rabbal Alamin.

Bandar Lampung, 09 Oktober 2023
Penulis

Fina Damayanti

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberi hikmat, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Komposisi Massa Alumina Dengan Semen Pada Jembatan Garam Terhadap Regenerasi Anoda Zinc Dalam Sistem Sel Volta Bermedia Air Laut”. Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang turut membantu. Penulisan skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik berupa tenaga maupun pemikiran. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis haturkan terimakasih 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 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 ini;
4. Ibu Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si. sebagai pembimbing akademik dan Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung;
5. Seluruh dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung;
6. Bapak Badriyadi, Bapak Edi, Tete Amna dan Mas Ferdian yang telah membantu penulis selama proses administrasi dan keberlangsungan seminar sidang skripsi;

7. Kedua orangtuaku Bapak Sumarno dan Ibu Nur Lailiyah serta adikku tersayang Fika muliyati yang selalu memberikan semangat, dukungan, cinta kasih, pengorbanan dan doa untuk penulis;
8. Teman-temanku Luailiyatuzzahrok, Mesy Meilani Putri, Nenchy Anugrah, Noeris Yuniar, Mega Putri Aulia, Arin Sadita, Raisha Fauziyah dan Fisika Angkatan 2019 yang telah menjadi rumah selama penulis menyelesaikan pendidikan, menjadi tempat berkeluh kesah yang baik dan atas dukungan semangat serta kebersamaannya selama ini;
9. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, 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. Terima kasih.

Bandar Lampung, 09 Oktober 2023

Fina Damayanti

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 TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
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 Volta	7
2.3	Elektrolisis	9
2.4	Voltametri Siklik.....	10
2.5	Elektrolit	10
2.6	Elektroplating.....	11
2.7	Alumina	14
2.8	Semen.....	15
2.9	Karakteristik Tembaga (Cu), Perak (Ag), Logam Seng (Zn)	16
2.10	Anoda dan Katode	16
2.11	Derajat Keasaman (pH)	17
2.12	Jembatan Garam	18
2.13	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	19
III. METODE PENELITIAN		22
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.3	Prosedur Penelitian	23
3.3.1	Preparasi Bahan.....	23
3.3.2	Perancangan dan Pembuatan Sistem	24
3.3.3	Proses Elektroplating Ag pada Cu	24
3.3.4	Pengujian Sistem dan Analisis Data	25
3.4	Diagram Alir	26
3.4.1	Diagram Alir Preparasi Bahan	26
3.4.2	Diagram Alir Rancang Bangun dan Pengujian Sistem	27
3.4.3	Diagram Alir Pengujian dan Karakterisasi	29
3.4.4	Diagram Alir Penelitian Permukaan <i>Anoda Zinc</i>	29

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Pengaruh Variasi Komposisi Massa Alumina dengan Semen pada Jembatan Garam Terhadap Regenerasi Anoda Zinc.....	30
4.2 Laju Korosi Elektroda Zn	34
4.3 Pengaruh Variasi Komposisi Massa Alumina dengan Semen pada Jembatan Garam Terhadap Morfologi Anoda Zinc	37
4.3.1 Hasil Karakterisasi SM-EDS Anoda Zn Jam ke-24.....	38
4.3.2 Hasil Karakterisasi SEM-EDS Anoda Zn Jam Ke-72.....	41
V. KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Alat Penelitian	22
Tabel 3. 2 Bahan Penelitian.....	23
Tabel 4. 2 Komposisi Unsur Anoda Zn Jam Ke-24	37
Tabel 4. 3 Komposisi Unsur Anoda Zn Jam Ke-72	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Sel volta (Sadono, 2017).....	8
Gambar 2. 2 Sel elektrolisis (Sadono, 2017).....	9
Gambar 2. 3 Skema Elektroplating (Alian, 2010).....	12
Gambar 2. 4 Skema Mekanisme SEM (Masta, 2020).....	20
Gambar 3. 1 Elektroplating Ag pada Cu	25
Gambar 3. 2 Diagram alir pembuatan jembatan garam.....	26
Gambar 3. 3 Pembuatan larutan acid <i>zinc</i>	27
Gambar 3. 4 Diagram alir rancang bangun dan pengujian sistem.....	27
Gambar 3. 5 Diagram alir pengujian dan karakterisasi	28
Gambar 3. 6 Diagram alir penelitian permukaan anoda zinc	29
Gambar 4. 1 Regenerasi anoda Zn.....	31
Gambar 4. 2 Massa Anoda Zn jam ke-24.....	31
Gambar 4. 3 Massa Anoda Zn jam ke-48.....	32
Gambar 4. 4 Massa Anoda Zn jam ke-72.....	33
Gambar 4. 5 Plat Zn sebelum dan sesudah dielektroplating.....	34
Gambar 4. 6 Permukaan anoda Zn 24 jam dengan 15.000 x perbesaran	35
Gambar 4. 7 Karakterisasi SEM-EDS anode Zn jam ke-24.....	36
Gambar 4. 8 Spektrum EDS anoda Zn jam ke-24	37
Gambar 4. 9 Permukaan anoda Zn 72 jam dengan 15.000 x perbesaran	38
Gambar 4.10 Karakterisasi SEM-EDS anoda Zn jam ke-72	39
Gambar 4.11 Spektrum EDS anoda Zn jam ke-72	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Alat dan Bahan
2. Data Pengamatan dan Perhitungan
3. Hasil Analisa SEM-EDS

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air laut merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbarui serta terdapat dalam jumlah yang banyak. Indonesia sebagai negara maritim berpotensi dalam mengembangkan energi alternatif berbasis air laut. Air laut dapat dijadikan sebagai bahan baku sel bahan bakar dan baterai, sehingga air laut telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai penelitian (Kholiq, 2015). Kandungan air laut mengandung senyawa NaCl (natrium klorida) yang tinggi dan merupakan suatu garam yang dapat terionisasi secara sempurna menjadi ion Na^+ dan Cl^- , dengan adanya ion bebas yang terdapat dalam air laut dapat menghasilkan arus listrik (Arwaditha, 2017). Air laut terdiri dari 96,5% air murni dan 3,5% berupa zat terlarut yang biasa disebut garam (Aristian, 2016). Kandungan garam dalam air laut inilah yang dapat menghasilkan listrik dengan menggunakan metode sel elektrokimia.

Proses elektrokimia dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan arus listrik dengan memanfaatkan proses reduksi-oksidasi (redoks). Elektrokimia merupakan ilmu kimia yang mempelajari tentang perpindahan elektron yang terjadi pada sebuah media penghantar listrik (elektroda). Elektroda terdiri dari elektroda positif dan elektrode negatif. Hal ini disebabkan karena elektrode tersebut akan dialiri oleh reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dan larutan elektrolit. Pemanfaatan sel volta merupakan salah satu hasil dari terapan sel elektrokimia untuk menghasilkan energi terbarukan (Harahap, 2016). Sel volta pada suatu sel menyebabkan transfer elektron terjadi secara cepat yang menyebabkan terjadinya korosi yang disebabkan karena adanya perbedaan potensial dalam suatu lingkungan elektrolit (Bardal, 2003). Elektrolit air laut

pada sel volta akan menghasilkan energi listrik ketika diberikan dua buah logam sebagai elektrode yang terhubung satu sama lain (Riyanto, 2013). Elektroda dan elektrolit yang dihubungkan dengan sebuah jembatan garam maka akan mengalami reaksi oksidasi pada anoda dan reaksi reduksi pada katode, maka ini akan menyebabkan ion-ion dalam larutan menjadi seimbang. Elektrode yang berfungsi sebagai anoda merupakan elektroda yang mempunyai potensial elektrode yang lebih negatif sehingga elektrode akan lebih cenderung bersifat korosif (Haq dkk., 2018).

Korosi didefinisikan sebagai salah satu proses degradasi atau perusakan logam yang terjadi karena reaksi elektrokimia, dan reaksinya berlangsung secara spontan. Korosi juga sering didefinisikan sebagai penghancuran atau degradasi material yang disebabkan oleh reaksi terhadap lingkungannya dan juga kecenderungan spontan dari komponen logam untuk kembali ke keadaan semula seperti yang ditemukan di alam. Bentuk korosi yang paling umum adalah berupa karat yang terjadi ketika besi bergabung dengan oksigen dan air (Pangestu, 2017). Korosi akan mempengaruhi menurunnya daya listrik sel air laut dan menyebabkan turunnya kualitas dari suatu bahan (Vlack, 1992). Penggunaan larutan elektrolit *acid zinc* pada penelitian ini juga merupakan salah satu penyebab terjadinya korosi.

Laju korosi dapat diminimalisir salah satunya dengan menggunakan proses elektroplating. Elektroplating merupakan pelapisan logam pada logam dengan menggunakan bantuan arus listrik dan senyawa kimia tertentu yang digunakan untuk memindahkan partikel logam pelapis ke material yang akan dilapisi (Ansari dkk., 2017). Laju korosi juga dapat diminimalisir dengan cara pelapisan seng Zn (Ansari dkk, 2017). Pelapisan seng Zn ini dapat menggunakan prinsip jembatan garam pada sel elektrokimia dengan memisahkan elektrolit air laut elektroda Zn dan elektroda Cu dalam dua sel yang berbeda. Jika keduanya dipisahkan maka tidak akan terjadi aliran listrik, sehingga pada sel elektrokimia diperlukan jembatan garam yang dapat menyebabkan ion-ion dalam larutan seimbang dan akan menyebabkan terjadinya perubahan kimia menjadi listrik (Chang, 2003). Jembatan garam pada sel volta memiliki fungsi untuk menyetarakan kation dan anion dalam

larutan sehingga ini dapat digunakan untuk menjaga kenetralan muatan listrik pada larutan (Arizal dkk., 2017)

Pada hasil penelitian Pauzi dkk., (2020) mengenai regenerasi terhadap anoda Zn dalam sel volta pasangan elektrode Cu(Ag)-Zn menghasilkan nilai pertambahan massa yang mendekati nilai awal Zn sebelum digunakan dalam sel volta. Hal tersebut terjadi karena adanya penggunaan arus dan waktu yang semakin besar pada saat pemakaian. Pada penelitian Pauzi dkk., (2022) mengenai pemanfaatan variasi konsentrasi alumina dan karbon sebesar 102 gram untuk Al_2O_3 , 58,5 gram untuk $NaCl$, dan 50 gram semen putih yang digunakan untuk pembuatan jembatan garam pada sel elektrokimia. Hasil yang didapatkan yaitu semakin padat kandungan karbon dan Al_2O_3 pada jembatan garam maka akan memperbesar hambatan ion H^+ untuk melewati jembatan garam. Ketika ion H^+ terhambat maka reaksi redoks terhambat dan menghasilkan nilai karakteristik elektrik yang semakin kecil. Selain itu anoda Zn dapat diregenerasi dengan memanfaatkan larutan *acid zinc*.

Zn merupakan unsur kelompok 12 pada tabel periodic dan memiliki konfigurasi elektron $[Ar]3d^{10}4s^2$. Zn cukup reaktif dan pada permukaan logam seng murni akan dengan cepat mengusam. Zn secara umum memiliki kondisi oksidasi +2. Ketika senyawa dengan kondisi oksidasi +2 terbentuk, elektron pada elektron terluar s akan terlepas, dan ion seng yang terbentuk akan memiliki konfigurasi $[Ar]3d^{10}$. Hal ini memungkinkan pembentukan empat ikatan kovalen dengan menerima empat pasangan elektron dan mematuhi kaidah oktet. Penguapan seng yang dikombinasikan dengan seng klorida pada temperatur tertentu akan menghasilkan senyawa Zn_2Cl_2 yaitu senyawa yang berkeadaan +1. Sedangkan untuk oksidasi ZnO merupakan bubuk berwarna putih yang hampir tidak terlarut dalam larutan netral, bersifat amfoter dan bisa larut dalam larutan asam dan basa kuat. Dalam larutan basa lemah yang mengandung ion Zn^{2+} hidroksida dari seng $Zn(OH)_2$ terbentuk sebagai endapan putih (Hambidge, 2007).

Berdasarkan latar belakang diatas maka dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi massa alumina dengan semen pada

jembatan garam terhadap regenerasi anoda *zinc* dalam sistem sel volta bermedia air laut menggunakan karakterisasi SEM-EDS. Proses pada karakteristik dari penelitian ini diharapkan agar dapat diketahui unsur-unsur apa saja yang terserap pada permukaan anoda Zn pada saat sel volta mengalami regenerasi sehingga sel volta diharapkan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. Penelitian ini menggunakan larutan *acid zinc* dengan pH yang digunakan sebesar 4. *Acid zinc* pada penelitian ini berisi amonium klorida (NH_4Cl) dan zinc klorida ($ZnCl_2$), dengan jumlah sel volta yang digunakan sebanyak 20 sel yang terbuat dari bahan akrilik dan elektrolit pada penelitian ini berbahan air laut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dianalisis pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi massa alumina dengan semen pada jembatan garam terhadap waktu regenerasi anoda zinc?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi massa alumina dengan semen pada jembatan garam terhadap morfologi anoda zinc?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui bagaimana pengaruh variasi komposisi massa alumina dengan semen pada jembatan garam terhadap waktu regenerasi anoda zinc
2. Mengetahui pengaruh variasi komposisi massa alumina dengan semen pada jembatan garam terhadap morfologi anoda Zinc

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Jembatan garam yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari campuran alumina, semen dan dengan pelarut air laut

2. Semen yang digunakan pada penelitian ini menggunakan semen Portland
3. Air laut yang digunakan berasal dari Pantai Kelapa Rapat (Klara) dengan salinitas sebesar 3,5
4. pH yang digunakan pada larutan *acid zinc* pada elektroplating sebesar 4
5. Sampel anoda dikarakterisasi menggunakan SEM-EDS
6. Zn yang digunakan berupa plat Zn murni
7. Elektrolit yang digunakan adalah larutan *acid zinc*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sebagai bahan acuan dan referensi dalam studi tentang bahan anoda
2. Menghasilkan energi baru terbarukan untuk mengembalikan massa Zn yang telah terkorosi dengan cara meregenerasi
3. Memberikan kontribusi dalam pengembangan penelitian mengenai regenerasi dan karakteristik permukaan anoda
4. Sebagai tambahan referensi di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrokimia

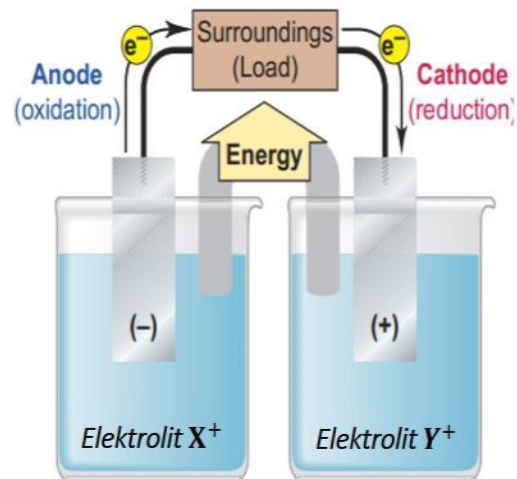
Elektrokimia merupakan salah satu reaksi kimia yang terjadi dalam larutan pada konduktor elektron dan konduktor ionik. Pada reaksi elektrokimia melibatkan transfer elektron bebas dari suatu logam ke komponen di dalam larutan. Kesetimbangan reaksi elektrokimia berperan penting dalam sel volta dan sel elektrolisis (Riyanto, 2013). Metode elektrokimia didasarkan pada reaksi redoks yang menggabungkan proses oksidasi dan reduksi. Reaksi ini dilakukan pada elektroda yang sama maupun yang berbeda. Di dalam reaksi elektrokimia terdapat dua prinsip, yaitu bekerja dengan melepaskan energi dari reaksi spontan dan sel reaksi yang bekerja dengan menyerap energi dari sumber listrik untuk menggerakkan reaksi non spontan. Elektrokimia digunakan untuk pemurnian dan pelapisan logam serta elektrosintesis (Mulyono, 2017). Reaksi elektrokimia dapat berlangsung secara spontan, yang terjadi ketika dua elektroda yang direndam di dalam cairan elektrolit dihubungkan dengan listrik. Arus listrik dalam sel elektrokimia dihasilkan dari pelepasan elektron dari elektrode yang kemudian akan diterima oleh elektrode lainnya (Bird, 1993).

Larutan dapat dikategorikan menjadi tiga yaitu larutan elektrolit kuat, larutan elektrolit lemah dan larutan bukan elektrolit. Larutan elektrolit kuat merupakan salah satu larutan yang mengandung ion-ion terlarut yang dapat menghantarkan arus listrik, sehingga proses serah terima elektron berlangsung cepat dan energi yang dihasilkan relatif besar. Sedangkan larutan elektrolit lemah merupakan larutan yang mengandung ion-ion terlarut yang terionisasi

sebagian sehingga dalam proses serah terima elektron relatif lambat dan energi yang dihasilkan relatif kecil. Namun pada elektrolit lemah proses elektrokimia tetap terjadi. Dan untuk larutan bukan elektrolit, proses serah terima elektron tidak dapat terjadi (Harahap, 2016).

2.2 Sel Volta

Sel volta merupakan bahan kimia dan penghantar listrik yang membawa aliran elektron dari suatu kimia yang teroksidasi ke zat kimia yang tereduksi. Prinsip kerja sel volta, yaitu oksidasi melepaskan elektron oleh atom, molekul atau ion dan reduksi memperoleh elektron oleh suatu partikel (Keenan, 1980). Sel volta atau sel galvani adalah suatu sel elektrokimia yang terdiri atas dua buah elektrode yang dapat menghasilkan energi listrik akibat terjadi reaksi redoks secara spontan pada kedua elektrode tersebut. Sel volta terdiri atas elektroda negatif tempat berlangsungnya reaksi oksidasi yang dibuat anoda, dan elektrode positif tempat berlangsungnya reaksi reduksi yang disebut katoda. Bila dua logam dicelupkan dengan kecenderungan ionisasi yang berbeda dalam larutan elektrolit dan menghubungkan kedua elektroda dengan kawat, sebuah sel volta akan tersusun. Pertama, logam dengan kecenderungan ionisasi yang lebih besar akan teroksidasi, menghasilkan kation yang terlarut dalam larutan elektrolit. Kemudian elektron yang dihasilkan akan bermigrasi ke logam dengan kecenderungan ionisasi lebih rendah melalui kawat. Pada logam dengan kecenderungan ionisasi lebih rendah, kation yang terlarut dalam larutan elektrolit akan direduksi dengan adanya elektron yang mengalir ke logam tersebut. Pada sel volta anoda memiliki kutub negatif dan katoda memiliki kutub positif (Sodikin dkk., 2013).



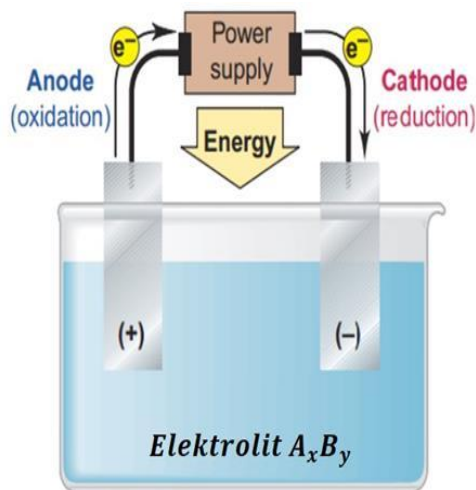
Gambar 2. 1 Sel volta (Sadono, 2017).

Urutan pada deret volta, yaitu semakin ke kiri kedudukan 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 kedudukan suatu logam dalam deret volta, logam semakin 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 memiliki nilai potensial lebih dibandingkan dengan logam Zn, Al, dan Fe. 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 memiliki potensial lebih besar digunakan sebagai elektroda positif (katoda), sedangkan logam yang memiliki potensial lebih kecil digunakan sebagai elektroda negatif (anoda) (Hendrik., 2015).

2.3 Elektrolisis

Sel elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk dapat berlangsung reaksi kimia. Sel elektrolisis, reaksi kimia tidak terjadi secara spontan tetapi melalui perbedaan potensial yang dipicu dari luar sistem. Anoda berfungsi sebagai elektrode bermuatan positif dan katode bermuatan negatif, sehingga arus listrik mengalir dari anoda ke katode. Sel ini terdiri dari sumber arus searah yang dihubungkan dengan kawat penghantar pada dua buah elektrode (katode dan anoda), kedua ujung elektrode dicelupkan dalam bejana berisi cairan elektrolit. Elektrode yang dihubungkan dengan kutub positif berfungsi sebagai anoda, sedangkan katode adalah elektrode yang dihubungkan dengan kutub negatif, seperti disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Sel elektrolisis (Sadono, 2017)

Elektrode yang digunakan dalam sel elektrolisis terdiri dari dua jenis.

- a. Elektrode inert adalah elektrode yang tidak ikut bereaksi baik sebagai katode 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 elektrode aktif adalah elektrode yang ikut bereaksi, terutama jika digunakan sebagai anoda, dapat mengalami reduksi. Contohnya adalah Fe, Al, Cu, Zn, Ag dan Au (Riyanto, 2013).

2.4 Voltametri Siklik

Voltametri merupakan elektrolisis dalam ukuran mikro dengan menggunakan mikro elektroda kerja yang disebut juga dengan arus voltase. Potensial dari mikro elektroda kerja divariasikan dengan arus yang dihasilkan yang dibaca sebagai fungsi dari potensial. Hasil data dari pengukuran ini disebut dengan voltamogram. Metode ini umumnya digunakan untuk menentukan komposisi dan analisis kuantitatif larutan. Dalam sistem voltmetri ada yang disebut dengan siklik voltmetri. Voltmetri ini merupakan teknik voltametri dimana arus diukur selama *scanning* potensial dari potensial awal ke potensial akhir dan kembali lagi ke potensial awal. Dengan demikian arus yang paling besar menuju arus yang paling kecil, dan arus pada anodik adalah sebaliknya (Khopkar, 1985).

Metode voltametri siklik banyak digunakan karena merupakan metode yang cepat dan sederhana untuk mengkarakterisasi reaksi yang terjadi di dalam sistem elektrokimia. Melalui metode ini maka akan diperoleh informasi mengenai laju transfer elektron yang terjadi pada permukaan elektroda. Instrumen yang dihubungkan dalam voltametri siklik adalah potensiostat. Alat ini digunakan untuk mengontrol beda potensial antara elektroda kerja dan elektroda pembanding dalam suatu sel elektrokimia. Larutan elektrolit berfungsi sebagai medium penghantar dimana transfer muatan terjadi melalui pergerakan ion-ion elektrolit tersebut. Pada umumnya di dalam voltametri siklik bisa menggunakan larutan asam, basa atau garam, pelarut organik dan lelehan garam (*molten salt*) (Sari, 2012).

2.5 Elektrolit

Elektrolit adalah senyawa di dalam larutan yang disebut dengan kation bermuatan positif dan anion bermuatan negatif. Keseimbangan keduanya disebut sebagai elektronetralisasi (Darwis, 2008). Larutan elektrolit merupakan media penghantar yang dapat berupa asam, basa, atau bisa menjadi garam (Aristin, 2016). Air merupakan pelarut yang baik untuk senyawa ion, larutan

air mempunyai sifat yang khas, salah satunya yaitu dapat menghantarkan arus listrik. Namun apabila elektrode dicelupkan kedalam air murni dan dihubungkan dengan sumber listrik dan bola lampu, maka bola lampu tidak akan menyala karena air adalah konduktor yang buruk. Akan tetapi, jika suatu senyawa ion yang terlarut seperti NaCl ditambahkan kedalam air maka bola lampu akan dapat menyala. Senyawa NaCl membuat larutan menjadi konduktor listrik yang disebut elektrolit (Brady, 1999).

Menurut Arrhenius larutan elektrolit di dalam air dapat terdisosiasi ke dalam partikel-partikel bermuatan listrik positif dan negatif atau sering disebut ion positif dan ion negatif. Jumlah ion positif akan sama dengan jumlah ion negative, sehingga muatan ion-ion dalam larutan menjadi netral. Ion inilah yang bertugas menghantarkan listrik.

Larutan elektrolit dikelompokkan menjadi elektrolit kuat, elektrolit lemah, dan non elektrolit. Kekuatan suatu elektrolit ditandai dengan besaran ionisasi yang dilambangkan dengan (α), elektrolit kuat memiliki harga sebesar $\alpha = 1$, karena semua zat yang dilarutkan terurai menjadi ion. Untuk elektrolit lemah memiliki harga $\alpha < 1$ karena hanya sebagian zat yang dapat terurai menjadi ion sedangkan non elektrolit memiliki harga $\alpha = 0$, karena tidak ada yang terurai menjadi ion (Chang, 2003).

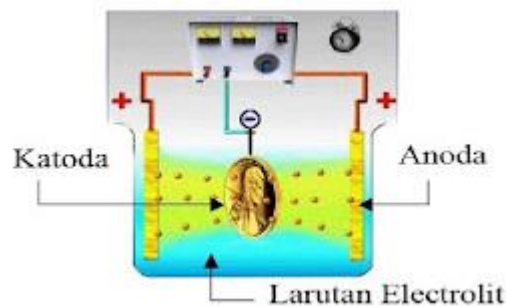
2.6 Elektroplating

Secara sederhana elektroplating dapat diartikan sebagai proses pelapisan logam, dengan menggunakan bantuan arus listrik dan senyawa kimia tertentu guna memindahkan partikel logam pelapis ke material yang hendak dilapisi. Menurut Budiyanto dkk. (2016), elektroplating adalah suatu proses pengendapan atau deposisi anion logam pelindung (anoda) yang dikehendaki di atas logam lain (katoda) secara elektolisis. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda (anoda-katoda) dan elektrolit menuju arah tertentu secara tetap. Dapat disimpulkan bahwa terjadinya suatu endapan pada proses elektroplating ini disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik berpindah 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 tambahan elektroda referensi. Agar reaksi berjalan, elektrode dihubungkan dengan catu daya kemudian dimasukkan ke dalam elektrolit di dalam sel elektrokimia (Paunovic dan Schlesinge, 1998).

Elektrode yang dihubungkan ke catu daya akan menghasilkan arus listrik yang mengalir dari katoda ke anoda (Paunovic dan Schlesinge, 1998). Elektroplating sangat dipengaruhi oleh pH dan 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 garam logam *zinc chloride* ($ZnCl_2$). Skema elektroplating seperti yang disajikan oleh Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema Elektroplating (Alian, 2010)

Pada proses elektroplating anoda adalah 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 berfungsi sebagai penghantar arus listrik, sedangkan yang anoda yang larut akan berfungsi selain sebagai penghantar arus listrik, juga berfungsi sebagai bahan baku pelapis. Untuk katoda pada proses elektroplating disini dapat diartikan sebagai benda kerja yang akan dilapisi, yang dihubungkan dengan kutub negatif dari sumber arus listrik. Untuk larutan elektrolit pada

elektroplating disini berupa larutan yang molekulnya dapat larut dalam air dan 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 berubah menjadi atom-atom seng. Kondisi ini menyebabkan 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).

Menurut Callister (2007). Elektroplating (lapis listrik adalah suatu proses pengendapan atau deposisi ion-ion logam pelindung (anoda) yang dikehendaki di atas logam lain (katoda) secara elektrolisis. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda (anoda-katoda) dan elektrolit menuju arah tertentu secara tetap. Elektroplating merupakan salah satu pelapisan yang sudah banyak digunakan untuk meningkatkan penampilan, perlindungan terhadap korosi, sifat khas permukaan serta sifat teknis atau mekanis tertentu. Contohnya perubahan fisik yaitu ketika material atau substrat dilapisi dengan nikel maka bertambahnya daya tahan material tersebut terhadap korosi serta bertambahnya kapasitas konduktivitasnya. Dalam sifat mekanisnya akan terjadi perubahan kekuatan Tarik maupun tekan dari suatu material yang sudah mengalami pelapisan dibandingkan dengan sebelumnya. Proses elektroplating merupakan kebalikan dari proses korosi. Hal ini karena dari proses korosi elektroplating yang mengalami penyusutan yaitu pada anoda (bahan pelapis) yang akan mengendap pada permukaan katoda (Hartomo, 1992).

Proses elektroplating mengubah sifat fisik, mekanik, dan sifat teknologi suatu material. Salah satu contoh perubahan fisik ketika material dilapisi dengan nikel adalah bertambahnya daya tahan material tersebut terhadap korosi, serta dapat bertambahnya kapasitas konduktivitasnya. Adapun dalam sifat mekanik, terjadi perubahan kekuatan Tarik maupun tekan dari suatu material sesudah mengalami pelapisan dibandingkan sebelumnya. Karena itu, tujuan pelapisan logam tidak luput dari tiga hal yaitu untuk meningkatkan sifat teknis atau mekanik dari suatu logam, yang kedua untuk melindungi logam dari korosi, dan yang ketiga untuk memperindah tampilan.

2.7 Alumina

Alumina termasuk salah satu material yang sangat penting dalam 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, konduktivitas termalnya rendah dan tahan terhadap suhu lingkungan 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 pada industri-industri manufaktur lainnya (Johan, 2009).

Alumina mempunyai 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 pada suhu tinggi. Alpha alumina mempunyai struktur Kristal heksagonal dengan parameter kisi $a = 4,7588$ dan $c = 12,9910$ nm. Alpha alumina sering disebut sebagai corundum yang digunakan sebagai salah satu bahan refraktori dari kelompok oksida. Alumina dapat berbentuk Kristal tunggal relative lebih kuat dibandingkan dengan alumina polikristal dan kekuatannya meningkat pada suhu sekitar $1100^\circ C$. Ukuran butir yang kecil sangat diperlukan 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 agar tidak terjadi 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 tipe semen. Tipe 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 mempunyai karakteristik mirip dengan semen Portland pada umumnya, tetapi semen jenis ini mempunyai kualitas yang lebih baik, ramah lingkungan dan mempunyai harga yang lebih ekonomis. Komposisi bahan baku semen PCC adalah *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 Karakteristik Tembaga (Cu), Perak (Ag), 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/cm³. 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 dan Retno, 2010). Seng memiliki banyak efek pada paduan yaitu meningkatkan kekuatan pada temperatur ruang dan ketahanan korosi (Hutahaean, 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 dan Retno, 2010).

2.10 Anoda dan Katoda

Anoda merupakan terminal positif yang dihubungkan pada kutub positif dari sumber arus listrik. Anoda di dalam larutan elektrolit ada yang terlarut dan ada juga yang tidak terlarut. Pada anoda yang tidak terlarut berfungsi untuk penghantar arus listrik, sedangkan untuk anoda yang terlarut berfungsi selain sebagai penghantar arus listrik juga berfungsi sebagai bahan baku pelapis. Adanya arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit diantara elektroda, maka anoda akan terjadi pelepasan ion logam dan oksigen (reduksi), yang selanjutnya ion logam tersebut dan gas hidrogen akan diendapkan pada elektroda katoda (Rohman dkk., 2019). Pada sel volta anoda merupakan tempat terjadinya oksidasi dan bermuatan negatif karena terjadi reaksi secara spontan dan elektron akan dilepaskan oleh elektroda. Pada sel elektrolisis,

sumber tegangan diperoleh dari luar sehingga anoda bermuatan positif apabila dihubungkan dengan katoda. Ion-ion bermuatan negatif akan mengalir ke elektroda untuk dioksidasi (Dorga, 1990).

Katode merupakan benda kerja yang dilapisi, dihubungkan dengan kutub negatif dari sumber arus listrik. Katoda merupakan tempat terjadinya reduksi berbagai zat kimia. Sel volta katode bermuatan positif jika dihubungkan dengan anoda. Ion-ion bermuatan positif mengalir mengalir ke elektroda untuk direduksi oleh elektron-elektron yang datang dari anoda. Elektrolit yang berupa larutan yang molekulnya dapat larut dalam air dan terurai akan menjadi partikel-partikel yang bermuatan positif dan juga negatif. Korosi untuk anoda harus berbanding lurus dengan pengendapan logam pada katode. Apabila tidak, penipisan ion logam akan terjadi dan prosesnya akan melambat atau sampai berhenti (Brid, 1993).

2.11 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan, zat atau benda. Istilah pH diturunkan dari konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan. (H^+) adalah konsentrasi ion hidrogen, pH normal memiliki nilai 7, bila nilai $pH < 7$ menunjukkan zat tersebut bersifat asam sedangkan $pH > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa. pH 0 menunjukkan derajat keasaman tertinggi dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi (Joko, 2010). pH dapat dihitung tingkat keasaman dan kebasaan menggunakan skala pH antara 0-14. Sifat asam mempunyai skala pH antara 0-7 dan sifat basa mempunyai skala pH antara 7-14 dan untuk sifat netral memiliki nilai pH 7 (Suhartono, 2021).

$$pH = -\log[H^+] \quad 2.4$$

$$pOH = -\log[OH^-] \quad 2.5$$

$$pH + pOH = 14 \quad 2.6$$

Semakin besar konsentrasi ion H^+ maka akan semakin kecil nilai pH yang mengakibatkan sifat asam (Endriani dkk., 2009). pH dengan skala 0 akan

menunjukkan derajat keasaman yang rendah yang menunjukkan sifat basa pada larutan (Joko, 2010).

2.12 Jembatan Garam

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

Fungsi jembatan garam adalah untuk menyetarakan kation dan anion dalam larutan. Adapun syarat jembatan garam yaitu bisa dilewati oleh ion dan hanya sedikit melewati pelarut. Jembatan garam dirancang untuk menjaga netralitas listrik di antara sirkuit internal, mencegah sel bereaksi dengan cepat menuju kesetimbangan. Jika tidak digunakan jembatan garam, 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 jembatan garam berdifusi ke bagian lain yang kelebihan muatan negatif (Haman dkk., 1998).

Jembatan garam dalam suatu sel elektrokimia menjaga elektronetralisasi dalam sel dan memastikan arus tetap mengalir dalam sel. Apabila jembatan garam tidak ada maka yang akan terjadi sel anoda dan sel katode tidak akan terhubung secara elektrik. Arus listrik yang dihasilkan oleh jembatan garam merupakan penjumlahan dari aliran kation dan anion (Rahmawati, 2013).

2.13 *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

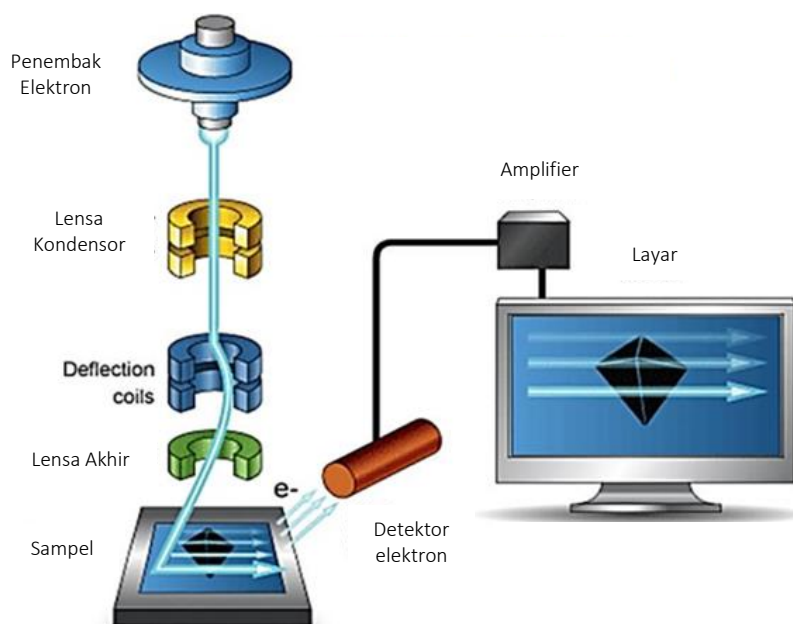
Scanning Electron Microscopy merupakan sejenis mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk melihat benda dengan resolusi tinggi. Analisis SEM berfungsi untuk mengetahui mikrostruktur, termasuk porositas dan bentuk retakan pada benda padat, serbuk atau pada plat. Berkas sinar elektron dihasilkan dari filament yang dipanaskan yang disebut dengan *electro gun*.

Sebuah ruang vakum diperlukan untuk preparasi cuplikan. Cara kerja SEM adalah dengan menggunakan gelombang elektron yang dipancarkan *electron gun* terkondensasi di lensa kondensor dan terfokus sebagai titik yang jelas oleh lensa objektif. *Scanning coil* yang diberi energy menyediakan medan magnetik bagi sinar elektron. Berkas sinar elektron yang mengenai cuplikan dapat menghasilkan elektron sekunder atau detektor *backscatter*. Gambar yang dihasilkan terdiri dari ribuan titik berbagai intensitas dipermukaan *cathode Tube (CTR)* sebagai topografi gambar (Kroschwitz, 1990).

Mikroskop ini bekerja dengan mengendalikan tembakan elektron yang dihasilkan dari senapan elektron dan diberi tegangan katode di atas 25 kV dengan kuat arus sekitar 50-500 μA . Selanjutnya elektron primer difokuskan oleh *magnetic lens* agar tepat mengenai atom pada bahan atau sampel yang akan diuji.

SEM-EDX digunakan untuk mengkarakterisasi berbagai jenis material seperti logam, keramik, komposit dan polimer. Sedangkan SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Alat SEM ini menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk mendapatkan informasi gambar yang diinginkan dengan resolusi dan ketajaman gambar yang tinggi. Informasi yang akan diberikan dari hasil SEM ini yaitu berupa topologi, morfologi, komposisi, dan informasi mengenai kekristalan suatu bahan atau sampel (Griffin and Nix, 1991). Komponen dasar peralatan SEM terdiri dari empat sistem utama, yaitu sistem penembakan elektron yang menghasilkan elektron dengan jumlah tertentu, sistem lensa yang berupa medan elektromagnetik

yang memfokuskan berkas elektron pada permukaan sampel, sistem pelarikan yang membentuk bayangan dengan prinsip pelarikan (*scanning*) dan sistem deteksi yang memanfaatkan elektron sekunder dan *Backscattered Electron* (BSE) atau bisa disebut dengan elektron berhambur baik. Skema mekanisme SEM dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Skema Mekanisme SEM (Masta, 2020)

Menurut Masta (2020) prosedur kerja SEM yaitu berkas elektron dari penembak elektron difokuskan oleh serangkaian lensa elektromagnetik, sehingga menghasilkan *elektron primer/elektron probe*. Elektron primer keluar dari lensa akhir kemudian menumbuk sampel. Elektron primer melakukan penetrasi kedalam permukaan sampel dan kemudian terjadi interaksi antara elektron primer dengan atom-atom penyusun sampel. Hasil interaksi elektron-sampel, terdapat dua jenis interaksi yaitu tumbukan elastis dan non elastis. Hasil interaksi ini menghasilkan beberapa spektrum elektron dan foton. Elektron dan foton yang teremisi kemudian dideteksi oleh detektor dan selanjutnya diteruskan ke amplifier untuk dikuatkan, dan detektor mengolah sinyal yang diterima dan mengubahnya menjadi *image* (citra) dan berupa data kuantitatif yang selanjutnya data ditampilkan di *display*. Dengan data yang hasil pemindaian disimpan dalam bentuk digital.

SEM hanya memanfaatkan Sedar BSE untuk memperoleh informasi sekunder mikro, sedangkan sinar-X digunakan untuk menganalisa komposisi kimia pada permukaan sampel. Secara lebih detail sistem alat SEM terdiri dari beberapa komponen diantaranya, sistem sumber elektron (*electron gun*), sistem lensa, sistem deteksi, sistem *scanning* dan sistem vakum. Pada prinsipnya cara kerja SEM dimulai dengan berkas elektron berinteraksi dengan sampel yang akan menghasilkan *Secondary Electron* (SE) yang didalam detector SE tersebut diubah menjadi sinyal listrik seterusnya akan menghasilkan gambar pada monitor. Sesuai dengan jenis elektronnya, terdapat dua jenis detektor dalam SEM ini, detektor yang pertama yaitu SE dan detektor BSE. Sinyal yang keluar dari detektor ini berpengaruh terhadap intensitas cahaya didalam tabung monitor, hal ini juga disebabkan karena jumlah elektron yang berinteraksi dengan sampel (Griffin and Nix, 1991).

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 2023 sampai dengan bulan Maret 2023.

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.	<i>Stopwatch</i>	Mencatat waktu elektroplating
6.	<i>Power supply</i>	Sebagai sumber tegangan
7.	Gelas beker	Mengukur volume air laut
8.	Timbangan digital	Menimbang massa elektrode
9.	Filter air	Tempat proses filtering
10.	Kabel penghubung	Sebagai media penghubung elektroda
11.	Kertas dan pulpen	Mencatat data pengamatan dan sebagainya

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.	Akrilik	Sebagai media sel volta
3.	Serabut Cu (120 cm)	Sebagai katoda sel volta
4.	Pellet Zn (4x7x0,002 cm)	Sebagai anode sel volta
5.	Larutan AgNO ₃	Sebagai larutan elektrolit pada proses electroplating Cu(Ag)
6.	Larutan HNO ₃ 1%	Sebagai pembersih logam Cu
7.	Etanol 96%	Sebagai pembersih logam Cu setelah dibersihkan dengan HNO₃
8.	Karbon	Sebagai anoda dalam elektroplating Cu(Ag)
9.	Al ₃ O ₃ Carbon dan semen	Untuk membuat jembatan garam
10.	NH ₄ Cl dan ZnCl ₂	Untuk membuat <i>larutan acid zinc</i>
11.	Aquades	Untuk mengencerkan larutan
12.	LED	Sebagai beban atau untuk menguji keluaran yang dihasilkan
13.	Lem korea dan lem dextone	Sebagai perekat media sistem sel volta berbahan akrilik

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 4 tahap untuk memperoleh serta menganalisa data pengamatan yaitu perancangan dan pembuatan sistem, pembuatan jembatan garam, proses elektroplating Cu(Ag), pembuatan larutan *acid zinc*.

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 (NH₄Cl) sebanyak 27 gram, *zinc* klorida (ZnCl₂) sebanyak 68 gram dan aquadest

sebanyak 1 liter. Penelitian ini menggunakan larutan *acid zinc* dengan pH 4, pada proses pembuatannya menggunakan HCl (asam klorida) yang digunakan untuk menurunkan pH larutan hingga menjadi pH 4.

3.3.1.2 Pembuatan Jembatan Garam

Pembuatan jembatan garam yang dilakukan dalam penelitian ini terbuat dari bahan Al_2O_3 (aluminium oksida) + Semen + Air Laut. Jembatan garam ini terbuat dari variasi alumina oksida, dengan perbandingan variasi yang digunakan yaitu 1:1, 1:1,5, 1:2 dan 1:2,5 dengan massa semen yang digunakan konstan. Pada pembuatan jembatan garam ini, ketiga bahan diaduk hingga tercampur, lalu bahan tersebut dicetak dengan menggunakan akrilik dan dikeringkan selama ± 7 hari hingga mengering.

3.3.2 Perancangan dan Pembuatan Sistem

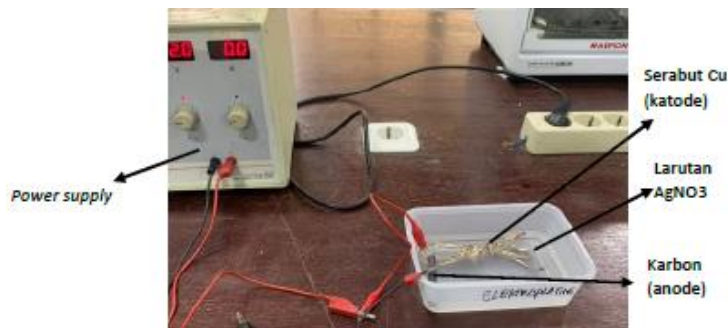
Tahap awal yang dilakukan yaitu melakukan perancangan dan pembuatan sistem sel volta yang tersusun dari 20 sel berbahan akrilik. Ukuran dari setiap sel yaitu dengan panjang sebesar 10 cm, lebar sebesar 5 cm, dan tinggi sebesar 10 cm.

Setiap sel berisi sepasang elektrode Cu(Ag)-Zn yang dibatasi dengan jembatan garam. Jembatan garam yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari Al_2O_3 (Aluminium Oksida), Karbon dan Semen Putih. 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 elektroplating Ag pada Cu dilakukan dengan menggunakan larutan elektrolit yang berisi $AgNO_3$ sebanyak 100 ml dan aquades sebanyak 900 ml dengan katode yang berisi serabut Cu dan anoda yang berisi batang karbon. Serabut Cu dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan larutan HNO_3 1%, setelah itu Cu dibersihkan kembali dengan menggunakan etanol 96% yang

bertujuan untuk menghilangkan kandungan HNO_3 . Kemudian elektroplating dilakukan dengan menggunakan tegangan sebesar 2 volt yang berasal dari *power supply*. Proses elektroplating ini disajikan dalam **Gambar 3.1**



Gambar 3.1 Elektroplating Ag pada Cu

3.3.4 Pengujian Sistem dan Analisis Data

Pada tahap pengujian sistem dilakukan dengan menghubungkan *power supply* ke anoda Zn yang berbentuk plat yang telah digunakan selama 24 jam dan 72 jam, dengan anoda Zn yang terhubung ke kutub positif *power supply* dan jembatan garam yang terhubung dengan kutub negatif *power supply*. Sampel yang diambil dan digunakan yaitu anoda Zn sebelum digunakan dan sesudah digunakan. Setelah melakukan pengujian sistem, selanjutnya dilakukan regenerasi anoda Zn dengan menghubungkan *power supply* ke anoda Zn yang telah digunakan selama 224 jam, 48 jam dan 72 jam, dengan anoda Zn yang terhubung ke kutub positif *power supply* dan jembatan garam yang terhubung pada kutub negatif. Setelah pengambilan sampel tahap selanjutnya dilakukan analisis pada permukaan sampel dengan menggunakan karakterisasi SEM-EDS.

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini melibatkan mutu atau kualitatif. Penelitian kualitatif digunakan untuk menjelaskan hubungan sebab akibat antar variabel yang diteliti. Karakterisasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan SEM-EDS.

Pada metode SEM EDS menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Alat SEM ini menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk mendapatkan informasi gambar yang diinginkan dengan resolusi dan

ketajaman gambar yang tinggi. Informasi yang akan diberikan dari hasil SEM ini yaitu berupa topologi, morfologi, komposisi, dan informasi mengenai kekristalan suatu bahan (Goldstein *et al.*, 1981).

3.4 Diagram Alir

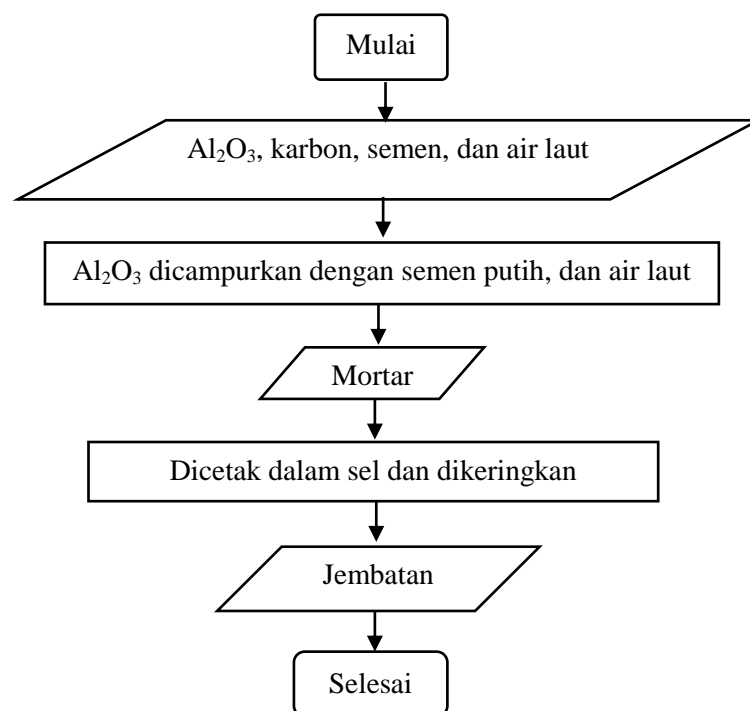
Diagram alir yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah preparasi bahan, rancang bangun dan pengujian sistem, elektroplating Ag pada Cu, pengujian dan karakterisasi, serta diagram alir penelitian.

3.4.1 Diagram Alir Preparasi Bahan

Pada tahap preparasi bahan dipenelitian ini melibatkan pembuatan jembatan garam, pembuatan larutan *acid zinc* dan pembuatan larutan sepuh.

3.4.1.1 Diagram Alir Pembuatan Jembatan Garam

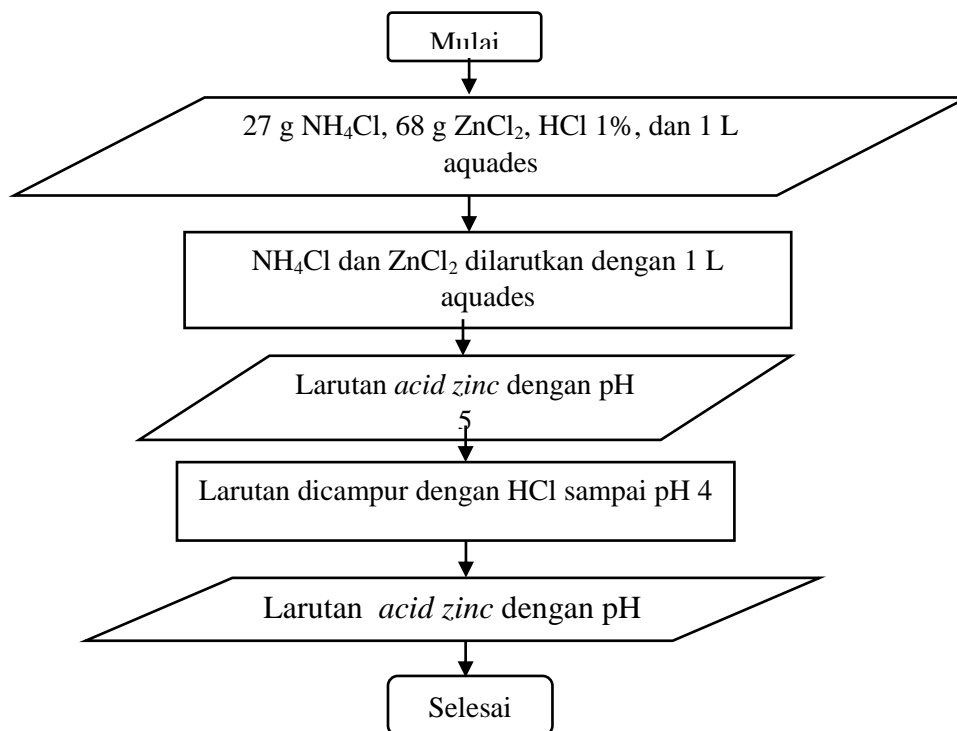
Diagram alir pembuatan jembatan garam disajikan pada **Gambar 3.2**



Gambar 3. 2 Diagram alir pembuatan jembatan garam

3.4.1.2 Diagram Alir Pembuatan Larutan *Acid Zinc*

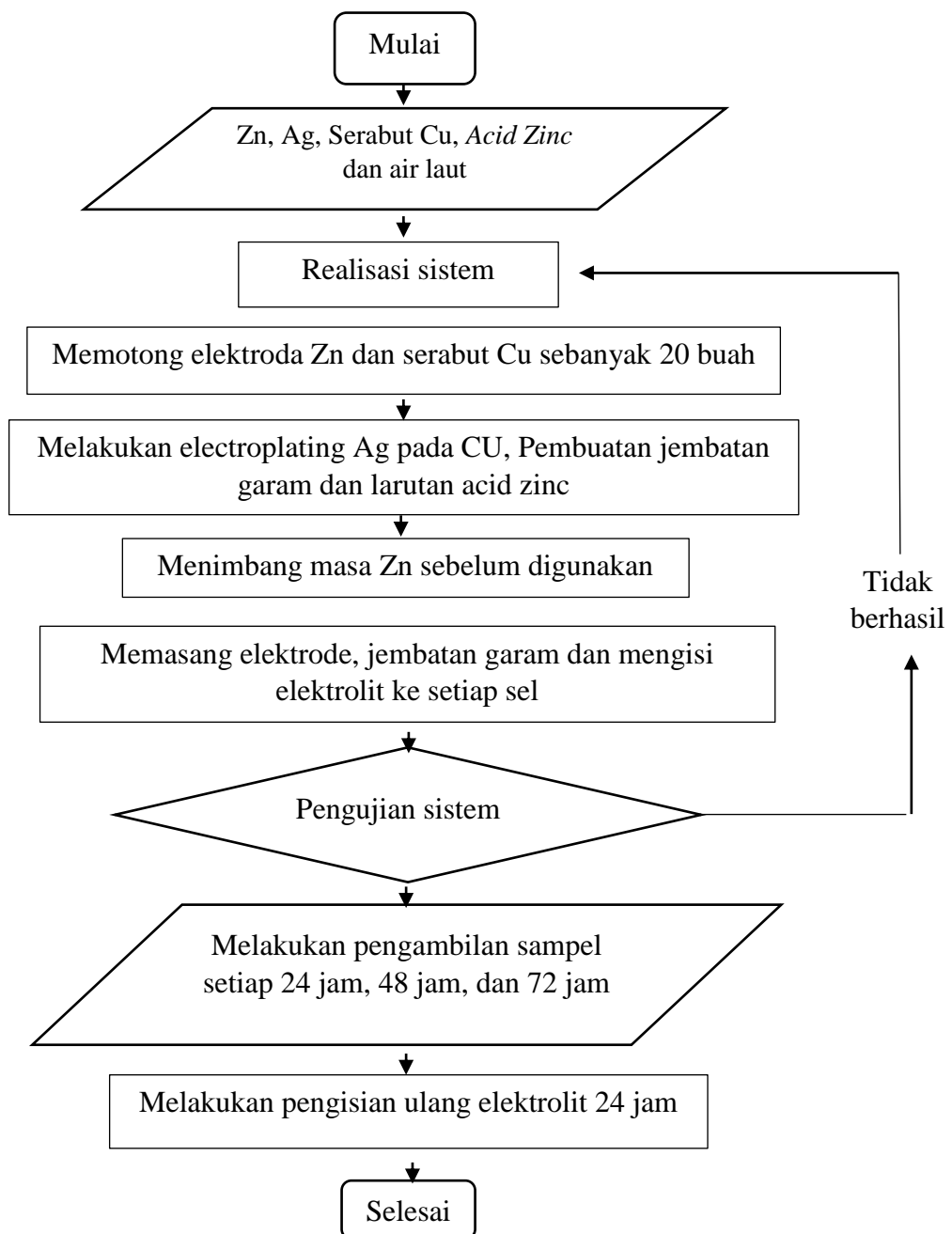
Diagram alir pembuatan larutan *acid zinc* disajikan pada **Gambar 3.3**



Gambar 3. 3 Pembuatan larutan acid zink

3.4.2 Diagram Alir Rancang Bangun dan Pengujian Sistem

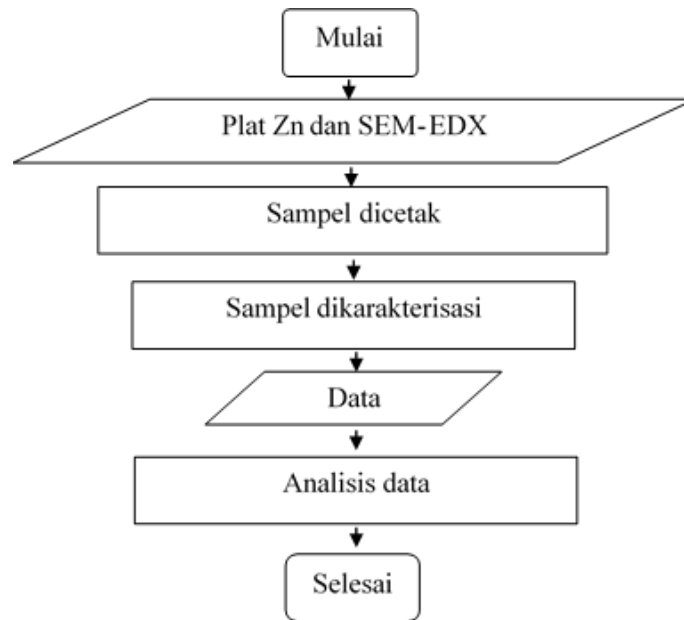
Diagram alir rancang bangun dan pengujian sistem pada penelitian ini disajikan pada **Gambar 3.4**



Gambar 3. 4 Diagram alir rancang bangun dan pengujian sistem

3.4.3 Diagram Alir Pengujian dan Karakterisasi

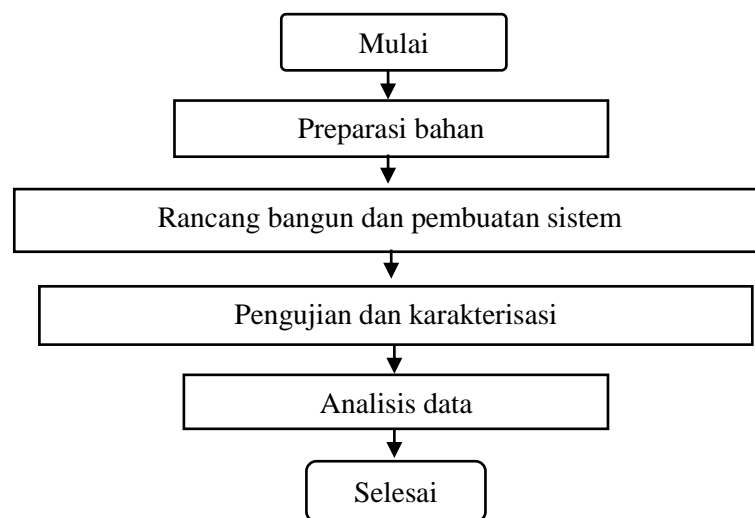
Diagram alir pengujian dan karakterisasi pada penelitian ini disajikan pada **Gambar 3.5**



Gambar 3. 5 Diagram alir pengujian dan karakterisasi

3.4.4 Diagram Alir Penelitian Permukaan Anode Zinc

Diagram alir penelitian permukaan anoda zinc disajikan pada **Gambar 3.6**



Gambar 3. 6 Diaram alir penellitan permukaan *anoda zinc*

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Komposisi massa alumina dengan semen berpengaruh terhadap hasil regenerasi anoda Zn. Semakin banyak variasi alumina yang digunakan maka jembatan garam rapuh dan regenerasi berjalan kurang baik. Hasil regenerasi terbaik dihasilkan di komposisi massa 1:1.
2. Komposisi massa alumina dengan semen berpengaruh pada hasil morfologi anoda Zn. Hal ini ditunjukkan adanya penyebaran unsur Zn yang mendominasi di komposisi massa 1:1 pada sampel hasil karakterisasi SEM-EDS sebesar 80,48%.

5.2 Saran

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

1. Memperbanyak larutan elektrolit dan memperluas media untuk meningkatkan nilai hasil massa lapisan pada saat regenerasi.
2. Melakukan proses elektroplating terhadap Zn beberapa kali untuk mendapat hasil elektroplating yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- 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*.
- Amanto, H. dan Daryanto. 1999. *Ilmu Bahan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Ansari, I., Indrawijaya, B., Nurohmawati, F., dan Zakaria, I. 2017. Pengaruh Waktu Dan Luas Permukaan Terhadap Ketebalan Produk dari Elektroplating *Acid Zinc*. *Jurnal Teknik kimia*. Universitas Pamulang. Tangerang Selatan. Vol. 1 No. 1. Hal 1-6.
- 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 (NaHCO_3) sebagai Sumber Energi Alternatif. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- Atkis, P, dan Paula, J. 2002. *Atkins' Physical Chemistry*. New York: Oxford University Press. New York.
- Bird, T. 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- 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.
- Chang, Raymond. 2003. *General Chemistry: The essential Concepts*. Diterjemahkan oleh Suminar Setiadi Achmadi, Ph.D. Erlangga. Jakarta. 189-196, 443-454 hlm.

- Callister, W.D. 2012. *Fundamentals of Materials Science and Engineering An Integrated Approach, 4 Edition*. USA: Wilwy
- Dogra, S. 1990. *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Diterjemahkan oleh Umar Mansyu Universitas Indonesia. Jakarta.
- Griffin, P., and Nix, P. 1991. *Educational Assesement and Reporting*. Harcourt Brace Javanovich. Sydney.
- Hammond, C. R. 2004. *The Elements, in Handbook of Chemistry and Physics 81st edition*. CRC press.
- Hartomo, Anton dan Tomojiro Kaneko. 1992. *Mengenal Pelapisan Logam (elektroplating)*. Andi offset. Yogyakarta.
- Hariawan, J. B., 2010. Pengaruh Perbedaan Karakteristik Type Semen Ordinary Portland Cemen (OPC) dan Portland composite Cement (PCC) Terhadap Kuat Tekan Mortar. *Skripsi Universitas Gunadarm*
- Haq, S. Z. N., Kurniawan, E., & Ramdhani, M. 2018. Analisis Pembangkit Elektrik Menggunakan Media Air Garam Sebagai Larutan Elektrolit. *e- Proceeding of Engineering*. Vol.5. No.03. Hal 3823–3830.
- 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.
- Hamann, C. H., Hamnett, A., Vielstich, W. 1998. *Electrochemistry*. Weinheim New York Chichester Brisbane Singapore Toronto Wiley.VCH.
- 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*.
- Hutahaean, Gunawan. 2015. *Pengaruh Penambahan Seng (Zn) Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Paduan Tembaga–Seng Melalui Proses Pengecoran*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Joko, T. 2010. *Unit Air Baku Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Graha Ilmu.
- Jones, D. A. 1992. *Principles and Prevention of Corrosion, 2nd ed*. Prentice Hall.Upper Saddle River. New Jersey.
- Kamalia, L., Pauzi, G. A., dan Suciyati, 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, 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 Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM. *Jurnal IPTEK*. Vol 19 NO. 2. Hal 71-91.

Kroschwitz, J. 1990. *Polymer Characterization And Analysis*. Jhon Wiley and Sons, Canada.

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.

Pangestu, S. S. 2017. Analisis Laju Korosi pada Sistem Listrik Alternatif Berbasis Elektrolit Air Laut. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Paunovic, M. and Schlesinger, M. 1998. *Fundamentals of Electrochemical Fabrication*, John Wiley & Sons, Inc. New York.

Pauzi, A. G., dan Wicaksana, B. 2020. Analisis Pemanfaatan Joule Thief Tipe Toroida Pada Sel Volta Menggunakan Elektroda (Cu(Ag)-Zn) Berbahan Elektrolit. *Jurnal Fisika Indonesia*. Vol. 24 No.1. Hal 7.

Pauzi, A. G., Saiful Anwar, Amir Supriyanto, Dan Suci Wahyu Suciyati. 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, A. G., Mayang Shavira, Sri Wahyu Suciyati, Dan Amir Supriyanto. 2022. Analisis Pemanfaatan Variasi Konsentrasi Alumina dan Campuran dalam Jembatan Garam pada Sel Elektrokimia $Zn | Zn^{2+} || Ag^+ | Cu(Ag)$ dengan Elektrolit Air Laut dan *Acid zinc* Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Journal of Energy, Materials, and Instrumentation Technology*.

- Rahmawati, F. 2013. *Elektrokimia Transformasi Energi Kimia-Listrik*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Riyanto. 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Rohman, T., Sulo, B. D., dan Melfazen, O. 2019. Sistem Konversi Energi Berbasis Air Laut Guna Mendapatkan Energi Listrik Dengan Metode Sel Volta. *Science Electro*. Vol. 11 No. 1.
- Sadono, R. 2017. Elektrokimia. <http://harischem.blogspot.co.id/2017/>. Diakses pada tanggal 09 Oktober 2022 pukul 10.20 WIB.
- Sari, W. P. 2012. *Sintesis dan Karakterisasi Komposit Zeolite-Glassy Carbon dan Aplikasinya Sebagai Zeolite Modified Electrode (ZME) untuk Indikator Asam Askorbat*. Universitas Indonesia.
- Septianingsih, D., Ediman Ginting Suka, dan Suprihatin. 2014. Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Klorida Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Astm A 139 Tanpa Dan Dengan Inhibitor Kalium Kromat 0,2%. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol 02. No 02.
- Sukmawati. 2020. *Redoks dan Elektrokimia*. Bintang Pustaka Madani. Yogyakarta.
- Widayanto, Tri. 2016. Modelling and Simulation of Current Distribution of Nickel Electrodeposition from Low Electrolyte Concentration at A Narrow Interelectrode Gap. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol. 11 No. 8. Hal. 5183
- Vlack, L.H. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie, M.E.. Erlangga. Jakarta.