

**ANALISIS LAJU KOROSI PADA SISTEM ENERGI LISTRIK
ALTERNATIF BERBASIS ELEKTROLIT AIR LAUT**

(Skripsi)

Oleh

SINTA SETIANI PANGESTU



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

ANALISIS LAJU KOROSI PADA SISTEM ENERGI LISTRIK ALTERNATIF BERBASIS ELEKTROLIT AIR LAUT

Oleh

Sinta Setiani Pangestu

Telah direalisasikan alat yang mampu menghasilkan energi listrik menggunakan elektroda Cu-Zn dengan dua elektrolit berbeda yaitu air laut dan air laut yang telah disaring serta ditambahkan NaHCO_3 . Desain alat dirancang agar dapat dilakukan pengisian dan pengosongan elektrolit secara manual. Sel elektrolit yang digunakan terdiri atas 20 sel yang dirangkai secara seri dan terdapat sepasang elektroda Cu-Zn dalam setiap sel. Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran intensitas cahaya LED 3 watt dan massa elektroda. Pengujian dilakukan selama 72 jam dengan tiga kali pengisian elektrolit setiap 24 jam. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang dihasilkan alat menggunakan kedua jenis elektrolit semakin lama dipakai akan semakin menurun. Penggunaan elektrolit dengan penambahan NaHCO_3 dapat menghidupkan lampu LED 3 watt lebih lama dari penggunaan air laut tanpa sodium bikarbonat. Laju Korosi elektroda yang dihasilkan alat dengan elektrolit air laut 9 kali lebih besar dibandingkan laju korosi yang dihasilkan alat dengan elektrolit air laut yang telah disaring serta ditambahkan NaHCO_3 .

Kata Kunci: *Air Laut, Elektroda, Korosi.*

ABSTRACT

ANALYSIS OF CORROSION RATE ON ALTERNATIVE ENERGY SYSTEM BASED SEAWATER ELECTROLYTE

By

Sinta Setiani Pangestu

It has been realized an instrument of generating electric power by using a series of Cu-Zn electrode and two different electrolyte types, that are pure seawater, and seawater that has been filtered and added sodium bicarbonate (NaHCO_3). The instrument is designed to do charging and discharging seawater electrolyte manually. Electrolyte cell consist of 20 cell with 20 pairs of copper and zinc electrodes arranged in series. The instrument measurements are measuring the illumination of LED 3 watts and mass of zinc electrode. The Instrument was tested 72 hours with three times electrolyte charging every 24 hours. The result showed that the illumination were generated by instrument with both of electrolyte the longer used will be the smaller too. The seawater with filtered and added NaHCO_3 can turn on 3 watts LED longer than the pure seawater. Corrosion rate of zinc electrode with pure seawater electrolyte is 9 times higher than seawater was filtered and added NaHCO_3 .

Keywords: *Seawater, Electrode, Corrosion.*

**ANALISIS LAJU KOROSI PADA SISTEM ENERGI LISTRIK
ALTERNATIF BERBASIS ELEKTROLIT AIR LAUT**

Oleh

SINTA SETIANI PANGESTU

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi : **ANALISIS LAJU KOROSI PADA SISTEM
ENERGI LISTRIK ALTERNATIF BERBASIS
ELEKTROLIT AIR LAUT**

Nama Mahasiswa : **Sinta Setiani Pangestu**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1317041043**

Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

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

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

2. Ketua Jurusan Fisika

Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP. 19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Sri Wahyu Suciati, S.Si., M.Si.



Sekretaris

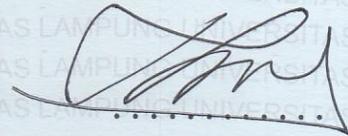
: Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Drs. Amir Supriyanto, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.

NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Desember 2017

PERNYATAAN

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

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

Bandar Lampung, 14 Desember 2017



Sinta Setiani Pangestu
NPM. 1317041043

RIWAYAT HIDUP



Penulis yang bernama lengkap Sintia Setiani Pangestu dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 28 Agustus 1995 anak ketiga dari pasangan Bapak Haryanto(Alm) dan Ibu Supriyati. Penulis menyelesaikan Sekolah dasar di MI Diniyyah Putri Lampung pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 25 Bandar Lampung pada tahun 2010 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Kartikatama Metro pada tahun 2013. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2013. Selama menempuh pendidikan penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Sains Dasar Fisika, Asisten Elektronika Dasar II, dan Asisten Praktikum Fisika Eksperimen. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi kemahasiswaan, yaitu Anggota Bidang Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) periode 2014-2015 dan Sekertaris Bidang Pelatihan dan Workshop *Physic Instrumentation Club* (PIC) periode 2015-2016. Penulis melaksanakan kerja Praktek di RS. Abdul Moeloek dengan judul “**Aplikasi Pembangkit Frekuensi Mesin Electrosurgery Unit pada Pembedahan dengan metode Monopolar Coagulating Memanfaatkan Osilator Kristal**”, dan menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan judul “**Analisis Laju Korosi Pada Sistem Energi Listrik Alternatif Berbasis Elektrolit Air Laut**”.

MOTTO

***“Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan),
Kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”***

(Al- Insyirah [94]: 7)

***Sebuah tantangan akan selalu menjadi beban jika itu hanya
dipikirkan
Sebuah cita-cita adalah beban jika itu hanya angan-angan***

***Lakukan yang terbaik, sehingga aku tak akan menyalahkan diriku
sendiri atas segalanya***

(Magdalena Neuner)

Bismillahirrohmanirrohim

Kuniatkan karya kecilku ini karena

ALLAH SWT...

Ku Persembahkan Karya Ini Untuk

*Kedua Orang Tua Ku
Bpk. Hartyanto (Alm) dan Ibu Supriyati*

**yang selalu berjuang tanpa lelah dan dengan ikhlas untuk
mendukung dan meridhai serta mendukung hingga aku
menyelesaikan pendidikan S1**

**Keluarga Besar yang selalu memberikan do'a untukku
Guru-guru dan Teman-teman Ku**

serta

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah dan skripsi dengan judul skripsi Analisis Laju Korosi pada Sistem Energi Listrik Alternatif berbasis Elektrolit Air Laut. Shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa dirindukan syafaatnya. Aamiin.

Skripsi ini dilaksanakan pada bulan April sampai bulan Agustus 2017 bertempat di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penelitian yang tertulis dalam skripsi ini berupa alat penghasil energi listrik alternatif menggunakan elektrolit air laut. Penulis menyadari bahwa penyajian skripsi ini masih banyak kekurangan dalam penulisan maupun referensi data. Oleh karena ini penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dan berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan laporan ini. Semoga skripsi ini menjadi rujukan untuk penelitian berikutnya agar lebih sempurna.

Bandar Lampung, 14 Desember 2017

Sinta Setiani Pangestu

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah meberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul “Analisis Laju Korosi pada Siste Energi Listrik Alternatif berbasis Elektrolit Air Laut” sebagai salah satu pertanggungjawaban kelulusan sebagai sarjana.

Penulis menyadari bahwa dalam melakukan penelitian tidak lepas dan dukungan, bimbingan, motivasi serta do'a dan pihak lain. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberi ilmu wawasan dan bimbingan kepada penulis.
2. Bpk. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa membimbing penulis selama penelitian.
3. Bpk. Drs. Amir Supriyanto, M.Si selaku Dosen Penguji yang senantiasa memberi saran kepada penulis dalam melakukan penelitian.
4. Ibu Suprihatin, M.Si. sebagai Dosen Pembimbing akademik atas bimbingannya kepada penulis selama masa kuliah.
5. Bpk. Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

6. Bpk. Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung
7. Seuruh Dosen serta Staf Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
8. Kakak dan adikku, Mas Heru, Mbak rosi, Abang Alfis, Mbak Eka, dan Tanti yang selalu memberikan semangat dan Do'a.
9. Pitu Hidayat yang telah banyak berperan membantu kelancaran dan kesuksesan penulis.
10. Sahabat sekaligus keluarga ku Maria, Ratna, Arta, Putri, Nia, Isma, Inda, Neta, Prima, Mardi, Ilwan, Doni, Hanan Afifah yang selalu mendukung memberi semangat serta berbagi suka dan duka.
11. Teman-teman seperjuangan Fisika 2013, kakak-kakak tingkat, serta adik-adik tingkat yang telah membantu dan memberikan semangat dalam proses menyelesaikan tugas akhir.
12. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT senantiasa 'nemberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta memberkahi hidup kita. Aamiin.

Bandar Lampung, Desember 2017

Sinta Setiani Pangestu

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
COVER DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Batasan Penelitian.....	5

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait.....	6
a. Sistem Elektrik Elektrolit Air Laut.....	6
b. Pengaruh Larutan Garam Terhadap Laju Korosi	7
B. Perbedaan dengan penelitian sebelumnya	8
C. Teori Dasar	9
a. Elektrokimia	9
b. Sel Elektrokimia	9
c. Elektroda.....	11
d. Sel Volta	11
e. Karakteristik Elektroda Tembaga (Cu) dan Seng (Zn).....	13
f. Elektrolisis	15
g. Elektrolit	17
h. Elektrolit Kuat dan Lemah	18
i. Karakteristik Air Laut.....	20
j. Pengaruh Air Laut Terhadap Korosi	20
k. Korosi disebabkan Oleh Kandungan Air Laut	23
l. Pengaruh Lingkungan Terhadap Terjadinya Korosi	24
m. Sel Korosi	27
n. Reaksi-reaksi Korosi	28
o. Laju Korosi	31
p. Sodium Bikarbonat (NaHCO ₃).....	33
q. Sodium Bikarbonat Menghilangkan Bakteri	33

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
B. Alat dan Bahan	35
C. Prosedur Penelitian dan Desain Alat	36
D. Diagram Alir.....	40
E. Rancangan Data Hasil Penelitian	41
F. Rancangan Analisis Data Penelitian.....	42

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi dan Analisis Alat	
a. Realisasi Alat.....	45
b. Analisis Elektroda	48
c. Analisis Elektrolit.....	49

B. Hasil Penelitian	55
a. Pengukuran Intensitas Cahaya dan Massa Elektroda	55
b. Analisis Pengujian Pertama Elektrolit Air Laut	58
c. Analisis Pengujian Kedua Elektrolit Air Laut.....	61
d. Analisis Pengujian Ketiga Elektrolit Air Laut.....	64
e. Analisis Pengujian Pertama Elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan Sodium bikarbonat.....	67
f. Analisis Pengujian Kedua Elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan Sodium bikarbonat.....	69
g. Analisis Pengujian Ketiga Elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan Sodium bikarbonat.....	71
h. Perbandingan Intensitas Cahaya dari penggunaan kedua elektrolit.....	73
i. Perbandingan kedua elektrolit hari ke 1,2,3	78
C. Analisis Laju Korosi.....	79
a. Analisis Laju Korosi Pada Elektrolit Air Laut	79
b. Analisis Laju Korosi pada Elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan Sodium bikarbonat.....	81
c. Analisis Perbandingan Laju Korosi Kedua Elektrolit	83

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	88
B. Saran	89

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Sistem Elektrik Elektrolit Air laut	6
2.2. Skema Sel Daniell	10
2.3. Prinsip Kerja Sel Elektrolisis	15
2.4. Korosi Skematik	28
2.5. Sel Galvanik	30
3.1. Desain Alat Secara Keseluruhan	37
3.2. Desain Alat Tampak Luar	37
3.3. Desain Filter Air	38
3.4. Diagram alir penelitian	40
3.5. Grafik Pengukuran Karakteristik Energi Listrik Alat elektrolit air laut murni	43
3.6. Grafik Pengukuran Karakteristik Energi Listrik Alat elektrolit air laut setelah filtrasi dan penambahan Sodium Bikarbonat	43
3.7. Grafik Rancangan Pengukuran Laju Korosi air laut murni.....	44
3.8. Grafik Rancangan Pengukuran Laju Korosi elektrolit air laut setelah filtrasi dan penambahan Sodium Bikarbonat	44
4.1. Realisasi Alat Bagian Luar	46
4.2. Realisasi Alat Bagian Dalam.....	47

4.3. Realisasi Filter Air Laut	48
4.4. Elektroda (a) Tembaga(Cu); (b) Seng (Zn)	49
4.5. Natrium Bikarbonat Murni.....	50
4.6. Natrium Bikarbonat 2 gr (0,9%) dalam 200 ml air laut	51
4.7. Natrium Bikarbonat 4 gr (1,9%) dalam 200 ml air laut	51
4.8. Natrium Bikarbonat 6 gr (2,9%) dalam 200 ml air laut	51
4.9. Natrium Bikarbonat 8 gr (3,8%) dalam 200 ml air laut	52
4.10. Natrium Bikarbonat 10 gr (4,8%) dalam 200 ml air laut	52
4.11. Natrium Bikarbonat 12 gr (5,8%) dalam 200 ml air laut	52
4.12. Natrium Bikarbonat 14 gr (6,8%) dalam 200 ml air laut	53
4.13. Natrium Bikarbonat 16 gr (7,7%) dalam 200 ml air laut	53
4.14. Natrium Bikarbonat 18 gr (8,7%) dalam 200 ml air laut	53
4.15. Natrium Bikarbonat 20 gr (9,7%) dalam 200 ml air laut	54
4.16. Natrium Bikarbonat 22 gr (10,6%) dalam 200 ml air laut	54
4.17. Natrium Bikarbonat 24 gr (11,6%) dalam 200 ml air laut	54
4.18. Instrumen Pengukuran (a) luxmeter, (b) neraca digital.....	56
4.19. Skema Sistem pengukuran intensitas cahaya LED	56
4.20. Sistem pengukuran Intensitas cahaya LED	57
4.21. Pengukuran Elektroda seng dengan neraca digital.....	58
4.22. Sistem Pembagi Air.....	59
4.23. Hubungan antara Intensitas Cahaya LED 3 watt dan waktu pada pengujian pertama elektrolit air laut.....	60
4.24. (a) seng sebelum digunakan (b) seng sesudah digunakan 24 jam.....	61

4.25. Hubungan antara Intensitas Cahaya LED 3 watt dan waktu pada pengujian kedua elektrolit air laut	62
4.26. Seng setelah digunakan selama 48 jam	63
4.27. Hubungan antara Intensitas Cahaya LED 3 watt dan waktu pada pengujian ketiga elektrolit air laut.....	64
4.28. Elektroda tembaga yang telah dipakai selama 48 jam	65
4.29. Seng setelah digunakan 72 jam	66
4.30. Hubungan antara Intensitas Cahaya LED 3 watt dan waktu pada pengujian Pertama elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat.....	68
4.31. Elektroda seng yang telah digunakan selama 24 jam pada elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat	69
4.32. Hubungan antara Intensitas Cahaya LED 3 watt dan waktu pengujian kedua pada elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat	70
4.33. Hubungan antara Intensitas Cahaya LED 3 watt dan waktu pengujian ketiga pada elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat.....	72
4.34. Elektroda seng yang telah digunakan 72 jam pada elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat	73
4.35. Grafik Intensitas Cahaya terhadap waktu dari kedua elektrolit pada 24 jam pertama	74
4.36. Grafik Intensitas Cahaya terhadap waktu dari kedua elektrolit pada 24 jam kedua	75

4.37. Grafik Intensitas Cahaya terhadap waktu dari kedua elektrolit pada 24 jam ketiga	76
4.38. Grafik Intensitas Cahaya dan Waktu pada Elektrolit 1 dan Elektrolit 2 hari pertama, kedua, dan ketiga.....	78
4.39. Grafik Hubungan antara laju korosi elektroda dan waktu pada elektrolit air laut	80
4.40. Grafik Hubungan antara laju korosi elektroda dan waktu pada elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat.....	82
4.41. Grafik Perbandingan Laju Korosi dari kedua elektrolit	83
4.42. (a) Elektroda seng yang terlapisi endapan sodium bikarbonat (b) elektroda seng setelah dibersihkan	85
4.43. Proses terbentuk endapan sodium bikarbonat dimulai dari (a)Dispersi; kemudian (b)Agregasi; selanjutnya (c)Sedimentasi.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Nilai potensial deret Volta	12
2.2. Perbandingan Elektrolit Kuat, Lemah dan Non Elektrolit	19
2.3. Kandungan-kandungan Air Laut	23
2.4. Konstanta Laju Korosi	33
3.1. Data pengukuran karakteristik energi listrik alat dengan elektrolit air laut murni	41
3.2. Data pengukuran karakteristik energi listrik alat dengan elektrolit air laut setelah filtrasi dan penambahan sodium bikarbonat	41
3.3. Data pengukuran kelajuan korosi elektrolit air laut murni.....	41
3.4. Data pengukuran kelajuan korosi elektrolit air laut setelah filtrasi dan penambahan sodium bikarbonat.....	42
3.5. Analisis Data Kelajuan Korosi elektrolit air laut murni dengan air laut setelah filtrasi dan penambahan sodium bikarbonat	42
4.1. Data Pengukuran Intensitas Cahaya LED Pengujian Pertama Pada Elektrolit air laut.....	59
4.2. Data pengukuran Intensitas Cahaya LED Pengujian Kedua Pada Elektrolit air laut.....	61
4.3. Data pengukuran Intensitas Cahaya LED Pengujian Ketiga Pada Elektrolit air laut.....	64

4.4. Data pengukuran Intensitas Cahaya LED 3 watt Pengujian pertama Pada Elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan Sodium bikarbonat.....	67
4.5. Data pengukuran Intensitas Cahaya LED 3 watt Pengujian Kedua Pada Elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan Sodium bikarbonat.....	70
4.6. Data pengukuran Intensitas Cahaya LED 3 watt Pengujian ketiga Pada Elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan Sodium bikarbonat.....	71
4.7. Perbandingan Data Intensitas Cahaya pada hari Pertama	73
4.8. Perbandingan Data Intensitas Cahaya pada hari Kedua.....	74
4.9. Perbandingan Data Intensitas Cahaya pada hari Ketiga.....	76
4.10. Data kedua Elektrolit pada hari ke 1, 2, dan 3	78
4.11. Data Pengukuran Laju Korosi Elektrolit air Laut	80
4.12. Data Pengukuran Laju Korosi Elektrolit air Laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat	81
4.13. Data Perbandingan Laju Korosi dari kedua elektrolit.....	83

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok masyarakat dan menjadi penunjang di segala aspek kehidupan dan pembangunan nasional, termasuk peningkatan taraf hidup. Ketergantungan masyarakat terhadap energi listrik semakin tinggi, seiring berjalannya waktu dan berkembangnya teknologi. Di sisi lain permasalahan yang muncul adalah sumber energi di Indonesia selama ini banyak mempergunakan hasil konversi dari energi fosil seperti minyak bumi, batubara, dan gas sebagai sumber energi utamanya. Seperti diketahui, bahwa sumber energi yang berasal dari fosil ini semakin menipis persediaannya, sehingga semakin lama semakin berkurang dan tidak dapat diperbaharui lagi. Untuk mengatasi menipisnya persediaan energi listrik tersebut, diperlukan sebuah terobosan untuk memanfaatkan energi lain dengan mengembangkan sumber-sumber energi terbarukan. Sumber energi terbarukan merupakan sumber energi non-fosil yang dapat diperbaharui, ramah lingkungan dan dapat dimanfaatkan dalam jangka waktu yang lama. Energi terbarukan memiliki peranan penting yang cukup besar dalam upaya pengadaan energi listrik alternatif.

Sebagian besar daerah di Indonesia merupakan daerah kepulauan yang disatukan oleh lautan. Sebagai Negara dengan potensi wilayah lautan yang cukup besar, sebenarnya membuat Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan sumber-sumber energi alternatif yang berasal dari laut (Supian dkk, 2013).

Air laut merupakan sumber daya alam yang dapat dijadikan sumber energi terbarui. Laut adalah kumpulan air asin yang luas dan berhubungan dengan samudra. Air di laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Sifat-sifat fisis air laut ditentukan oleh 96,5% air murni. Pada dasarnya air laut mengandung senyawa NaCl yang tinggi dan oleh H_2O diuraikan menjadi Na^+ dan Cl^- . Dengan adanya partikel muatan bebas itu, maka timbul arus listrik (Kuwahara, 2001). Timbulnya arus listrik oleh muatan bebas tersebut dipakai sebagai sumber energi listrik yang murah dan ramah lingkungan (Fariya dkk, 2015).

Sebagian besar senyawa yang berikatan ion merupakan elektrolit. Sebagai contoh adalah garam dapur atau NaCl. NaCl dapat menjadi elektrolit dalam bentuk larutan dalam sistem aqueous dan lelehan, sedangkan dalam bentuk padat senyawa ion tidak dapat berfungsi sebagai elektrolit (Riyanto, 2012). akan tetapi larutan elektrolit mempunyai peranan penting dalam korosi logam karena larutan ini dapat menjadikan kontak listrik antara anoda dan katoda (Sidiq, 2013). Permasalahan serius pada elektroda logam jika terkena air laut adalah tingginya laju pengkaratan (corrosion) yang dialami oleh elektroda setelah terkena udara (Pauzi dkk, 2015). Korosi logam adalah salah satu masalah yang paling penting

yang dihadapi oleh kelompok industri maju. Pengaruh korosi dapat terlihat dan tidak terlihat (Oxtoby dkk, 2001).

Desain dan aplikasi sistem elektrik berbasis elektrolit air laut sebagai sumber energi alternatif berkelanjutan telah diteliti oleh Jovizal Aristian (2016), dengan menggunakan rangkaian elektroda Cu-Zn. Desain alat yang dirancang memungkinkan untuk dapat dilakukan pengisian dan pengosongan elektrolit air laut. Sel elektrolit yang digunakan terdiri atas 40 sel dan 40 pasang elektroda Cu-Zn yang dirangkai secara seri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama alat digunakan maka karakteristik elektrik yang dihasilkan semakin menurun dan elektroda yang digunakan mengalami korosi. Untuk itu perlu adanya upaya agar alat dapat digunakan lebih lama serta kajian secara kuantitatif mengenai laju korosi pada elektroda tersebut

Penelitian untuk menambah daya listrik pada elektrokimia pernah dilakukan oleh Ena Marlina dkk. pada tahun 2013, yaitu dengan penambahan sodium bikarbonat (NaHCO_3) dengan persentase sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% serta volume air sebanyak 500 ml. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan NaHCO_3 , maka akan semakin besar dalam menghantarkan arus listrik. Daya terbesar yang didapatkan adalah dengan persentase NaHCO_3 sebesar 12,5%. Untuk upaya lain dalam penekanan laju korosi dapat dilakukan penyaringan atau filtrasi air laut. Menurut Anggono pada tahun 1999 korosi dapat dipengaruhi oleh mikroorganisme laut dan beberapa partikel padat pada air laut. Hal ini sesuai dengan Kuncoro pada tahun 2004 yang mengatakan bahwa filter berfungsi untuk menyaring kotoran, baik secara biologi, kimia, maupun fisika.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka akan dilakukan sebuah penelitian mengenai analisis laju korosi elektroda pada sistem energi listrik alternatif berbasis elektrolit air laut. Pada penelitian ini dilakukan penekanan laju korosi elektroda menggunakan metode penyaringan air laut, dan dilakukan penambahan sodium bikarbonat (NaHCO_3). Sistem ini didesain dengan 20 sel air laut dengan sistem tertutup, kemudian elektroda Cu-Zn dimasukkan pada sel tersebut dengan volume air laut 200 ml setiap sel. metode yang dilakukan diharapkan dapat mengurangi laju korosi pada alat agar mendapatkan hasil yang optimal dalam sistem elektrik elektrolit air laut ini.

B. Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menekan laju korosi elektroda pada sistem energi listrik alternatif berbasis elektrolit air laut
2. Bagaimana pengaruh filtrasi, dan penambahan sodium bikarbonat (NaHCO_3) terhadap laju korosi elektroda

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan penekanan laju korosi elektroda pada sistem energi listrik alternatif berbasis elektrolit air laut
2. Mengetahui pengaruh filtrasi dan penambahan sodium bikarbonat (NaHCO_3) terhadap laju korosi elektroda

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghasilkan sistem energi listrik alternatif berbasis elektrolit air laut dengan laju korosi elektroda yang rendah
2. Memanfaatkan air laut sebagai sumber energi listrik alternatif

E. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

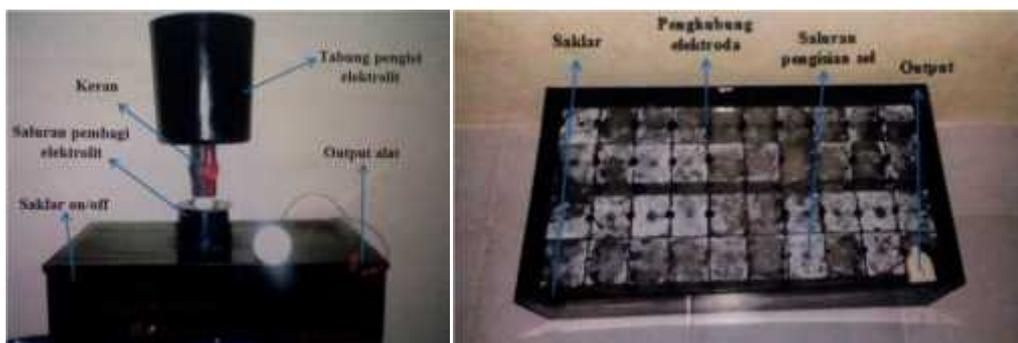
1. Penelitian dilakukan dengan metode filtrasi, dan penambahan bahan sodium bikarbonat (NaHCO_3)
2. Desain alat yang akan dibuat terdiri dari bahan akrilik, dengan sepasang elektroda positif dan elektroda negatif dari tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan dimensi lebar 4 cm dan panjang 7 cm, jumlah masing-masing sebanyak 20 pasang elektroda serta pengisian dan pengosongan elektrolit secara manual
3. Elektrolit yang digunakan yaitu air laut
4. Data yang diambil berupa Intensitas Cahaya (I), berat elektroda sebelum digunakan (w_0) dan berat elektroda sesudah digunakan (w_1) dengan pengambilan data 4 jam sekali dalam 3 x 24 jam berturut-turut dan pengisian ulang elektrolit setiap 24 jam sekali

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

a. Sistem Elektrik Elektrolit Air laut

Penelitian ini dilakukan oleh Jovizal Aristian 2016, dengan menggunakan air laut sebagai larutan elektrolit dan Cu-Zn sebagai elektroda. Sistem elektrik dibuat dengan mendesain sebuah alat penghasil energi alternatif secara berkelanjutan dimana bahan elektrolit yang digunakan dapat diisi ulang dengan sistem saluran pengisian dan pengosongan elektrolit. Desain alat dibuat dengan sistem tertutup yang terdiri dari 40 sel, setiap sel dihubungkan secara seri. Kerangka utama alat dibuat dengan bahan akrilik setebal 2 mm.



Gambar 2.1. Desain Sistem elektrik menggunakan elektroda Cu-Zn dan elektrolit air laut (Aristian, 2016)

Hasil penelitian diperoleh dengan melakukan pengujian pengisian elektrolit air laut sebanyak 3 kali selama 72 jam, kemudian diuji dengan memberikan beban LED 1,2 watt. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama alat digunakan

maka karakteristik elektrik yang dihasilkan semakin menurun. Tegangan maksimum yang dihasilkan alat saat tanpa beban adalah sebesar 32,81 volt untuk pengisian elektrolit pertama, 23,30 volt untuk pengisian elektrolit kedua, dan 14,60 volt untuk pengisian elektrolit ketiga. Sedangkan daya listrik maksimum pada ketiga pengisian yaitu sebesar 47,89 watt pada pengisian elektrolit pertama.

Akan tetapi pada penelitian ini timbul korosi lempengan elektroda yang kontak terhadap air laut dan tidak terdapat kajian secara kuantitatif untuk mengetahui besarnya laju korosi elektroda yang terjadi selama reaksi elektrokimia pada alat.

b. Pengaruh Larutan Garam terhadap Laju Korosi

Penelitian ini dilakukan oleh Abdul Latif Murabbi dan Sulistijono pada tahun 2012. Penelitian ini menggunakan larutan garam NaCl sebesar 3%, 4%, dan 5% untuk mensimulasikan lingkungan di daerah pesisir pantai yang memiliki tingkat korosifitas lingkungan berbeda-beda dan mengetahui kekerasan serta tegangan bending dari plat bodi mobil. Pada penelitian ini specimen yang digunakan berupa tiga plat bodi mobil yang beredar di Indonesia yaitu plat mobil Eropa (Plat M), plat mobil Jepang (Plat C) dan plat mobil Indonesia (plat T). metode uji yang digunakan merupakan metode polarisasi, uji kekerasan, dan uji tekuk pada plat bodi mobil. Uji polarisasi menggunakan alat potensiostat versastat 4, dilakukan juga uji imersi sebagai pembanding uji polarisasi sedangkan untuk pengujian kekerasan menggunakan alat *Micro Hardness Vickers* dan untuk uji tekuk menggunakan alat uji bending.

Hasil pengujian polarisasi didapatkan laju korosi terendah terdapat pada larutan NaCl 3% yaitu plat M sebesar 3,0671 mpy (*millimeter per year*), dan yang tertinggi terdapat pada larutan NaCl 5% plat T sebesar 10,39 mpy, sedangkan pada pengujian imersi didapatkan laju korosi terendah pada larutan NaCl 3% yaitu plat M sebesar 0,9149 mpy dan yang tertinggi terdapat pada larutan NaCl 5% plat T sebesar 3,4161 mpy. Hasil pengujian microhardness Vickers didapatkan specimen T memiliki kekerasan terbesar yakni 156,6 HV (*Hardness Vickers*) atau sekitar 81,7 HRb (*Hardness Rockwell* skala B) dan yang terkecil adalah specimen M sebesar 120,2 HV (66,7 HRb), sedangkan pada pengujian bending didapatkan tegangan bending terbesar pada specimen T yaitu 613,750 N/mm² dan tegangan bending terkecil sebesar 239,257 N/mm².

B. Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis laju korosi pada sistem elektrik menggunakan elektrolit air laut. Penelitian ini akan didesain dalam sistem tertutup dengan jumlah sel sebanyak 20 sel serta dapat dilakukan pengisian ulang dan pengosongan elektrolit air laut. Penelitian ini menggunakan dua buah elektrolit yaitu yang pertama dengan elektrolit air laut dan yang kedua dengan air laut yang difiltrasi terlebih dahulu kemudian ditambahkan sodium bikarbonat. Setelah itu dihubungkan dengan beban LED agar diketahui apakah dapat menghasilkan energi listrik. Kemudian akan dianalisis seberapa lama alat mampu menghidupkan beban LED dan bagaimana laju korosi pada elektroda yang digunakan.

C. Teori Dasar

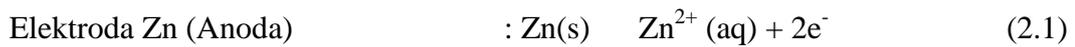
a. Elektrokimia

Elektrokimia adalah menghubungkan reaksi kimia oksidasi-reduksi dengan fisika aliran muatan. Hal ini membuka kesempatan penggunaan energi bebas yang tersedia dalam reaksi kimia spontan untuk menghasilkan kerja yang berguna serta pemanfaatan energi untuk menghasilkan reaksi yang tidak mungkin dengan jalan lain. Elektrokimia berhubungan dengan masalah praktis, seperti penyimpanan energi dalam aki dan konversi energi yang efisien dari sumber yang telah tersedia (seperti energi matahari dan energi kimia) menjadi bentuk-bentuk yang berguna untuk aplikasi teknologi (Oxtoby,dkk, 2001).

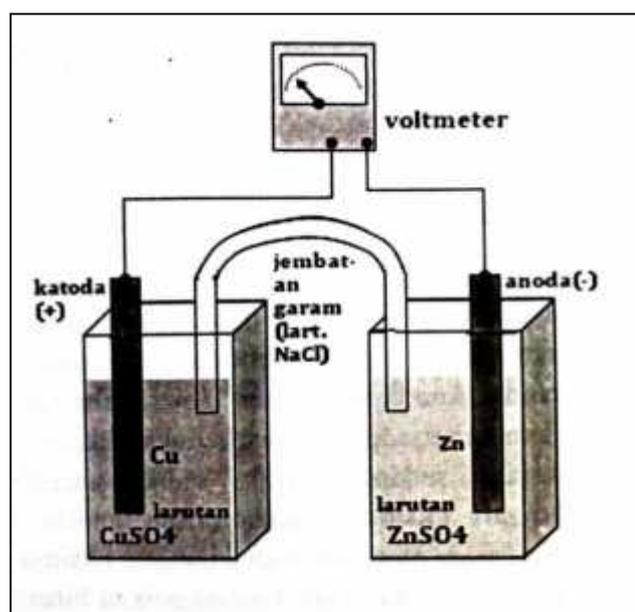
b. Sel Elektrokimia

Sel Elektrokimia adalah suatu alat yang menghasilkan arus listrik dari energi yang dihasilkan oleh reaksi di dalam selnya, yaitu reaksi oksidasi dan reaksi reduksi (reaksi redoks). Sel elektrokimia tersusun dari dua material penghantar atau konduktor listrik yang disebut dengan katoda dan anoda. Kedua material penghantar ini disebut dengan elektroda. Anoda merupakan elektroda tempat terjadinya oksidasi, sedangkan katoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi. Reaksi oksidasi adalah reaksi yang menghasilkan kenaikan bilangan oksidasi, sedangkan reaksi reduksi adalah reaksi yang menghasilkan penurunan bilangan oksidasi. Bilangan oksidasi menunjukkan jumlah total elektron yang telah dipindahkan dari suatu unsur (hal ini akan menghasilkan bilangan oksidasi positif) dan jumlah total elektron yang telah ditambahkan ke dalam suatu unsur (menghasilkan bilangan oksidasi negatif) untuk mencapai keadaan yang baru. Contoh reaksi redoks di tunjukkan pada persamaan (2.1) dan (2.2). Kedua reaksi

tersebut merupakan reaksi yang terjadi dalam sel Daniell. Sel Daniell adalah sel elektrokimia yang menggunakan seng (Zn) sebagai anoda dan tembaga (Cu) sebagai katoda. Seng dicelupkan ke dalam seng sulfat (ZnSO_4), sedangkan tembaga dicelupkan ke dalam tembaga sulfat (CuSO_4). Skema sel Daniell dapat dilihat pada gambar 2.2.



Larutan ZnSO_4 dan larutan CuSO_4 seperti terlihat pada skema sel Daniell (Gambar 2.2) merupakan elektrolit yang mengandung ion-ion yang bebas bergerak dalam sistem. Pada saat elektron-elektron yang bermuatan negatif melewati sirkuit eksternal, ion-ion positif Cu^{2+} bergerak ke arah elektroda yang bermuatan positif, yaitu katoda Cu dan berikatan dengan elektron sehingga menjadi Cu(s) . Untuk menghindari pencampuran kedua jenis elektrolit, maka kedua sel anoda dan katoda dipisahkan dan dihubungkan dengan suatu jembatan garam (*salt bridge*).



Gambar 2.2. Skema Sel Daniell (Rahmawati, 2013).

Dalam suatu sel elektrokimia, jembatan garam menjaga elektronetralitas dalam sel dan memastikan arus tetap mengalir dalam sel. apabila tidak ada jembatan garam, maka sel anoda dan sel katoda tidak akan terhubung secara elektrik. Apabila kedua sel berada dalam satu wadah, maka ion-ion dalam larutan elektrolit akan bercampur dan lebih mudah bereaksi secara langsung daripada melewati elektron-elektron ke sirkuit eksternal. Mekanisme kerja jembatan garam adalah sebagai berikut (contoh sel Daniell). Pada saat elektron-elektron mengalir melalui kawat dari anoda melalui sirkuit eksternal kemudian menuju katoda, maka akan menyebabkan defisiensi muatan negatif pada sel anoda. Pada saat itu anion-anion (Cl^-) dari jembatan garam akan keluar menuju ke sel anoda. Sedangkan pada daerah sel katoda, terjadi defisiensi muatan negatif, sehingga kation-kation Na^+ akan keluar dari jembatan garam menuju sel katoda. Arus listrik yang diproduksi oleh jembatan garam merupakan penjumlahan aliran kation dan anion (Rahmawati, 2013).

c. 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).

d. Sel Volta

Ketika dua buah konduktor seperti Cu-Zn, terhubung melalui larutan dengan konsentrasi pembawa muatan positif dan negatif tidak seimbang, maka satu jenis

pembawa muatan akan terkumpul pada satu konduktor dan lainnya akan terkumpul pada konduktor lainnya, sehingga di kedua ujung konduktor tersebut terdapat beda potensial. Sistem ini dikenal dengan sel Volta (*cell Voltaic*). Mengingat di kedua ujung konduktor terjadi reaksi redoks terus menerus, maka terjadi pertukaran pembawa muatan dari elektroda ke larutan elektrolit, maupun sebaliknya yaitu dari larutan elektrolit ke elektroda. (Landis, 1909).

Tabel 2.1. Nilai potensial deret Volta (Silberberg, 2000)

Reaksi Reduksi			Logam	E° (volt)
Li^+	+	e^-	Li	-3.04
K^+	+	e^-	K	-2.92
Ba^{2+}	+	$2e^-$	Ba	-2.90
Ca^{2+}	+	$2e^-$	Ca	-2.87
Na^+	+	e^-	Na	-2.71
Mg^{2+}	+	$2e^-$	Mg	-2.37
Al^{3+}	+	$3e^-$	Al	-1.66
Mn^{2+}	+	$2e^-$	Mn	-1.18
$2\text{H}_2\text{O}$	+	$2e^-$	H_2+2OH^-	-0.83
Zn^{2+}	+	$2e^-$	Zn	-0.76
Cr^{3+}	+	$3e^-$	Cr	-0.71
Fe^{2+}	+	$2e^-$	Fe	-0.44
Cd^{2+}	+	$2e^-$	Cd	-0.40
Co^{2+}	+	$2e^-$	Co	-0.28
Ni^{2+}	+	$2e^-$	Ni	-0.25
Sn^{2+}	+	$2e^-$	Sn	-0.14
Pb^{2+}	+	$2e^-$	Pb	-0.13
2H^+	+	$2e^-$	H_2	0.00
Sn^{2+}	+	$2e^-$	Sn^{2+}	+0.13
Bi^{3+}	+	$3e^-$	Bi	+0.30
Cu^{2+}	+	$2e^-$	Cu	+0.34
Ag^+	+	e^-	Ag	+0.80
Pt^{2+}	+	$2e^-$	Pt	+1.20
Au^{3+}	+	$3e^-$	Au	+1.50

e. Karakteristik Elektroda Tembaga (Cu) dan Seng (Zn)

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu, berasal dari bahasa latin *cuprum* dan nomor atom 29. Bernomor massa 63,54 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 bilik, hanya perak yang mempunyai kekonduksian elektrik lebih tinggi dari pada tembaga, namun apabila dioksidakan 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 tahanan 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).

Tembaga merupakan logam berwarna kuning seperti emas kuning dan memiliki sifat keras bila tembaga tersebut tidak murni, tembaga mudah ditempa dan bersifat mulur sehingga mudah dibentuk menjadi pipa, lembaran tipis dan kawat.

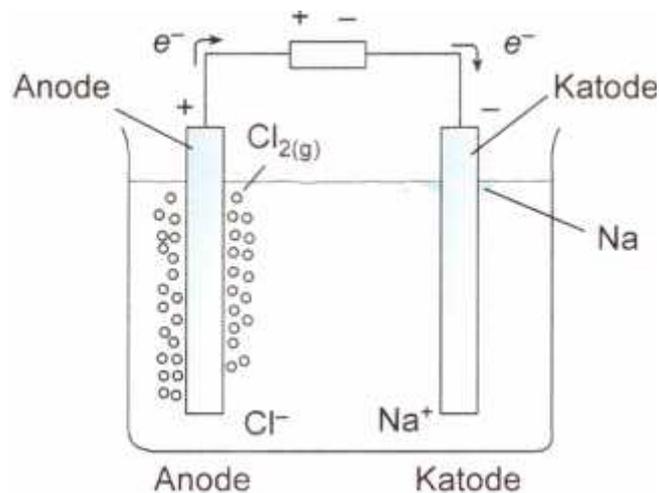
Tembaga memiliki konduktivitas listrik yang tinggi yaitu sebesar $59,6 \times 10^6 \text{ S/m}$, oleh karena itu tembaga memiliki konduktivitas termal yang tinggi atau kedua tertinggi diantara semua logam murni pada suhu kamar (Hammond, 2004).

Seng dengan nama kimia *Zinc* dilambangkan dengan Zn mempunyai nomor atom 30 dan memiliki berat atom 65,39. Logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110-150°C. Seng (Zn) melebur pada 410°C dan mendidih pada 906°C. Seng dalam pemanasan tinggi akan menimbulkan endapan seperti pasir. Beberapa unsur kimia seng mirip dengan magnesium, hal ini dikarenakan ion kedua unsur ini berukuran hampir sama. Selain itu, keduanya juga memiliki keadaan oksidasi +2.

Luigi Galvani dan Alessandro Volta berhasil meneliti sifat-sifat elektrokimia seng pada tahun 1800. Pelapisan seng pada baja untuk mencegah perkaratan merupakan aplikasi utama seng, aplikasi lainnya meliputi penggunaannya pada baterai. Terdapat berbagai jenis senyawa seng yang dapat ditemukan, seperti seng karbonat dan seng glukonat (suplemen makanan), seng klorida (pada deodoran), seng piriton (pada sampo anti ketombe), seng sulfida (pada cat berpendar) dan seng metil ataupun seng dietil di laboratorium organik. Seng adalah logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih kebiruan, pudar bila terkena uap udara dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Seng dapat bereaksi dengan asam, basa dan senyawa non logam. Seng dalam tidak berada dalam keadaan bebas, tetapi dalam bentuk terikat dengan unsur lain berupa mineral. Mineral yang mengandung seng di alam bebas antara lain kalaminit, franklinit, smitkosit, willenit dan zinkit (Widowati, dkk, 2008).

f. Elektrolisis

Menurut Dogra (1990) elektrolisis adalah suatu proses dimana reaksi kimia terjadi pada elektroda yang tercelup dalam elektrolit, ketika tegangan diberikan pada elektroda tersebut. Alat tempat berlangsungnya elektrolisis disebut sel elektrolisis. Elektrolisis merupakan peristiwa terurainya larutan elektrolit, oleh arus listrik searah. Berbeda dengan sel Volta, pada sel elektrolisis ini energi listrik digunakan untuk berlangsungnya reaksi kimia. Secara sederhana elektrolisis dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.3. Prinsip kerja sel elektrolisis (Bagotsky, 2006).

Mengalirnya arus listrik searah, menyebabkan ion-ion dalam larutan bergerak menuju ke arah elektroda yang muatannya berlawanan. Ion-ion positif (kation) menuju ke elektroda negatif (katoda) dan selanjutnya mengalami reaksi reduksi, sebaliknya ion-ion negatif (anion) menuju ke elektroda positif (anoda), yang akan mengalami reaksi oksidasi (Dogra, 1990).

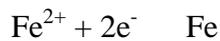
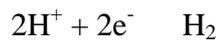
Penggunaan jenis elektroda sangat menentukan reaksi yang terjadi pada sel elektrolisis. Elektrolisis larutan dengan elektroda inert, reaksi yang terjadi di anoda dan katoda adalah sebagai berikut:

1. Reaksi di Katoda

Kation logam dari golongan IA, IIA, IIIA, Aluminium, dan Mn tidak dapat tereduksi dalam pelarut air sehingga air yang mengalami reaksi reduksi sebagai berikut:



Kation H^+ dan logam selain golongan IA, IIA, IIIA, Aluminium (Al) dan Mangan (Mn) dapat tereduksi sebagai berikut:



2. Reaksi di anoda

Anion sisa asam oksida (SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , ClO_4^-) tidak dapat teroksidasi dalam pelarut air, sebagai gantinya air yang mengalami oksidasi sebagai berikut:



Anion lain (OH^- , Cl^- , S^{2-} , Br^-) mengalami oksidasi :



Reaksi yang terjadi pada sel elektrolisis dengan elektroda aktif biasanya terjadi pada anoda. Anoda mengalami reaksi oksidasi dan diikuti oleh reaksi reduksi di

katoda (logam terdeposisi di katoda). Elektrolisis dengan elektroda aktif biasanya menggunakan elektrolit garam, basa, atau oksida dari anoda. Katoda yang digunakan disesuaikan dengan tujuan elektrolisis. Misalkan elektrolisis untuk melapisi logam Au, maka anoda yang digunakan adalah Au dan elektrolitnya adalah AuCl_3 . Elektrolisis demikian dapat digunakan untuk pemurnian logam atau pelapisan logam.

Sel elektrolisis banyak digunakan untuk memisahkan beberapa logam seperti Na, Cu, Au, Ag, Ni, dan lain-lain. Ciri-ciri khusus dari sel elektrolisis ialah:

1. Reaksi redoks tidak spontan
2. Reaksi dijalankan dengan tambahan energi
3. $G > 0$, Esel bernilai negatif.

(Riyanto, 2012).

g. Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ionnya. Zat yang jumlahnya lebih sedikit di dalam larutan disebut (zat) terlarut atau solut, sedangkan zat yang jumlahnya lebih banyak daripada zat-zat lain dalam larutan disebut pelarut atau solven. Komposisi zat terlarut dan pelarut dalam larutan dinyatakan dalam konsentrasi larutan, sedangkan proses pencampuran zat terlarut dan pelarut membentuk larutan disebut pelarutan atau solvasi. Larutan terdiri dari larutan non elektrolit dan larutan elektrolit. Larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak menghantarkan arus listrik, sedangkan larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Dengan mudah. Ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit dapat berupa senyawa garam, asam, atau amfoter. Beberapa gas tertentu dapat berfungsi sebagai elektrolit, hal ini terjadi

pada kondisi tertentu misalnya pada suhu tinggi atau tekanan rendah. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa, dan garam. Elektrolit merupakan senyawa yang berkaitan ion dan kovalen polar. Sebagian besar senyawa yang berkaitan ion merupakan elektrolit sebagai contoh adalah garam dapur atau NaCl. NaCl dapat menjadi elektrolit dalam bentuk larutan dalam sistem aqueous dan lelehan, sedangkan dalam bentuk padat senyawa ion tidak dapat berfungsi sebagai elektrolit (Riyanto, 2013).

h. Elektrolit Kuat dan Lemah

Larutan air dari natrium klorida dan senyawa ion lain, maupun larutan air beberapa senyawa kovalen tertentu merupakan penghantar kelistrikan yang sangat bagus. Zat-zat yang berada dalam larutan seluruhnya atau hampir seluruhnya dalam bentuk ion disebut elektrolit kuat.

Sebaliknya larutan air dari banyak senyawa kovalen merupakan penghantar kelistrikan yang jelek. Larutan ammonia dan asam asetat dalam air merupakan contoh. Zat-zat yang hanya sebagian kecil molekulnya yang larut bereaksi dengan air untuk membentuk ion, disebut elektrolit lemah. Sebagian besar zat yang terlarut itu masih berada sebagai molekul kovalen.

Sebenarnya istilah elektrolit kuat dan lemah bukanlah pengelompokan dengan pemisahan tajam, karena elektrolit kuat dapat kuat-lemah, cukup kuat, kuat, sangat kuat dan seterusnya. Elektrolit lemah juga dapat diperinci secara sama. Artinya, terdapat semua derajat lemah dan kuat, sehingga garis batas antara keduanya tak selalu jelas. Disamping dikelompokkan menurut kekuatannya, elektrolit dapat diklasifikasikan menurut jenisnya. Tiga tipe yang lazim adalah

asam, basa, dan garam. Untuk asam dan basa terdapat elektrolit kuat dan lemah. Karena garam merupakan senyawa ion, semuanya adalah elektrolit kuat (Keenan, et al, 1989).

Tabel 2.2. Perbandingan elektrolit kuat, lemah, dan non elektrolit (Brady, 1999).

Jenis Larutan	Sifat	Contoh senyawa	Reaksi ionisasi
Elektrolit kuat	terionisasi sempurna, menghantarkan arus listrik, lampu dapat menyala terang, terdapat gelembung gas	NaCl, HCl, NaOH, H ₂ SO ₄ , dan KCl	$\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
Elektrolit lemah	terionisasi sebagian, menghantarkan arus listrik, lampu dapat menyala redup, terdapat gelembung gas	CH ₃ COOH, Na ₄ OH, HCN, Al(OH) ₃	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$ $\text{HCN} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CN}^-$ $\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}^+ + 3\text{OH}^-$
Non elektrolit	tidak terionisasi, tidak menghantarkan listrik, tidak dapat menyalakan lampu, tidak terdapat gelembung gas	C ₆ H ₁₂ O ₆ , C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ , CO(NH ₂) ₂ , C ₂ H ₅ OH	

i. Karakteristik Air laut

Air laut mempunyai sifat asin, karena air laut mengandung garam Natrium klorida (NaCl). Natrium klorida merupakan garam yang paling berperan penting dalam salinitas laut dan dalam cairan ekstraselular dari banyak organisme multiselular. NaCl digunakan sebagai bumbu makanan dan pengawet. Natrium klorida

berbentuk kristal atau bubuk berwarna putih. NaCl dapat larut dalam air tetapi tidak larut dalam alkohol. NaCl juga merupakan senyawa natrium yang berlimpah dialam (Kuncoro, 2004).

j. Pengaruh Air laut terhadap Korosi

Air laut merupakan faktor penting dalam mempengaruhi proses terjadinya korosi. Sebagian besar laju korosi pada konstruksi baja di laut maupun di pesisir pantai (marine) sangat dipengaruhi oleh ion-ion yang terdapat pada laut. Hal-hal yang dapat mempengaruhi keadaan air laut adalah sebagai berikut:

a. Densitas

Densitas adalah masa jenis air laut dalam kg m^{-3} yang sangat bergantung pada temperatur (T), salinitas (S), dan tekanan (p). ketergantungan ini dikenal dengan persamaan keadaan air laut (*Equation Of State of Sea Water*):

$$= (T,S,p)$$

Penentuan dasar pertama dalam membuat persamaan di atas dilakukan oleh knusden dan ekman pada tahun 1902. Pada persamaan mereka, dinyatakan dalam g cm^{-3} . Penentuan dasar yang baru didasarkan pada data tekanan dan salinitas dengan kisaran yang lebih besar, menghasilkan persamaan densitas baru yang dikenal sebagai persamaan keadaan internasional (*The International Equation of State*, 1980). Persamaan ini menggunakan temperature dalam $^{\circ}\text{C}$, slinitas dari skala salinitas praktis dan tekanan dalam dbar (1dbar = 10.000 pascal = 10.000 N m^{-2}). Densitas dalam persamaan ini dinyatakan dalam kg m^{-3} . Jadi densitas dengan harga $1,025 \text{ g cm}^{-3}$ dalam rumusan yang lama sama dengan densitas dengan harga 1025 kg m^{-3} .

b. Organisme Laut

Air laut merupakan media yang aktif bagi sejumlah mikro organisme. Mikro organisme ini bersama-sama dengan permukaan logam dalam air laut akan membentuk biofouling menyebabkan terjadinya korosi merata atau local. Larutnya beberapa partikel padat pada air laut akan menimbulkan proses dinamik yang terus menerus, dimulai dari adsorpsi material organik terlarut, mati dan terjadi pembentukan lapisan film yang disebabkan oleh ganggang dan bakteri yang mana akan menyebabkan terjadinya tumbuhan hidup. Terbentuknya lapisan film ini hanya dalam waktu relatif singkat, yaitu dua jam dari saat logam dicelupkan ke dalam air laut. Lapisan ini akan mengubah sifat kimia pada permukaan logam dalam elektrolit.

Ketika CO_2 terlarut, maka akan bereaksi dengan air membentuk kesetimbangan bentuk ionik ($\text{CO}_{2(\text{aq})}$), asam karbonat (H_2CO_3), bikarbonat (HCO_3^-) dan karbonat (CO_3^{2-}). Perbandingan jenis ini bergantung pada temperatur air laut dan alkalinitas (kapasitas penetralan asam dari sebuah larutan).

c. Salinitas

Salinitas adalah berat keseluruhan dalam garam, garam-garam non organik dalam 1 kg air laut apabila seluruh unsur-unsur bromida dan iodida digantikan dengan jumlah yang sesuai dari unsur-unsur klorida dan semua unsur-unsur karbonat digantikan dengan unsur-unsur oksida. Salinitas dalam air laut akan meningkatkan laju korosi baja karbon.

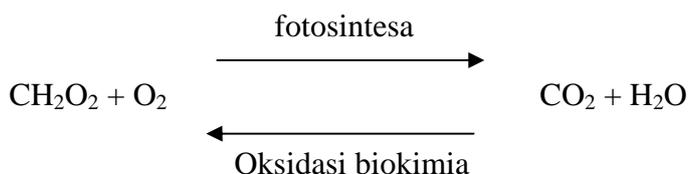
Hubungan antara salinitas dan klorida ditentukan melalui suatu rangkaian pengukuran dasar laboratorium berdasarkan pada sampel laut di seluruh dunia dan dinyatakan sebagai:

$$S (\text{‰}) = 0.03 + 1.805 \text{ Cl} (\text{‰}) \quad (2.3)$$

$$S (\text{‰}) = 1.80655 \text{ Cl} (\text{‰}) \quad (2.4)$$

d. Keasaman (pH) air laut

Air laut umumnya mempunyai pH lebih besar dari delapan pada permukaan. Pada pH ini, 93% dari total karbon anorganik ada dalam bentuk HCO_3^- , 6% sebagai CO_3^{2-} , dan 1% sebagai CO_2 . Konsentrasi ion karbonat relatif sangat tinggi pada permukaan dan permukaan air hampir selalu jenuh dengan kalsium karbonat. Hal ini menyebabkan terjadinya pengendapan jenuh *calcareous scale* pada permukaan logam. Konsentrasi CO_2 dan O_2 mempunyai hubungan yang erat dengan pH air laut dalam proses fotosintesa dan oksidasi biokimia dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi dari kiri ke kanan, oksigen terlarut dipakai dan CO_2 dihasilkan. Hasil CO_2 akan membuat air lebih asam yang mana hal ini akan menurunkan pH dan juga menurunkan kejenuhan terhadap karbonat. Walaupun pH mempunyai pengaruh yang sangat kecil terhadap kecepatan korosi air laut, tetapi dalam hubungannya dengan deposit *calcareous* mempunyai pengaruh yang besar.

Pengendapan kerak biasanya terjadi pada pH yang lebih tinggi dimana ion OH^- dihasilkan selama reduksi oksigen terlarut (Anggono, 1999).

k. Korosi disebabkan oleh Kandungan Air Laut

Air Laut merupakan media yang korosif. Penyebab korosi yang terjadi di air laut antara lain adalah kandungan klorida (Cl^-) yang cukup tinggi dan mikro bakteri yang hidup di laut (Karim dan Yusuf, 2012).

Lingkungan air laut merupakan salah satu lingkungan dengan tingkat korosivitas yang tinggi. Pengaplikasian pengendalian terhadap korosi sangat diperlukan di lingkungan air laut. Tingkat korosivitas yang tinggi ini disebabkan oleh kandungan-kandungan yang terdapat di dalam air laut seperti tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3. Kandungan-kandungan Air Laut (Nugroho,2011)

<i>Constituent</i>	<i>Water of salinity, 35 ‰</i>	<i>Cation (%)</i>	<i>Anion (%)</i>
<i>Chloride</i>	19,353	Na^+ (1,056)	Cl^- (1,898)
<i>Sodium</i>	10,76	Mg^{++} (0,127)	SO_4^{4-} (0,265)
<i>Sulphate</i>	2,712	Ca^{++} (0,04)	HCO_3^- (0,014)
<i>Magnesium</i>	1,294	K^+ (0,038)	Br^- (0,0065)
<i>Calcium</i>	0,413	Sr^{++} (0,001)	F^- (0,0001)
<i>Potassium</i>	0,387	Total 1,262	
<i>Bicarbonate</i>	0,142		
<i>Bronide</i>	0,067		
<i>Strontium</i>	0,008		
<i>Boron</i>	0,004		
<i>Flouride</i>	0,001		

Ada beberapa faktor yang menyebabkan lingkungan air laut memiliki laju korosi yang tinggi :

1. Konduktifitas tinggi (tahanan jenis air laut cukup tinggi, $\pm 25 \text{ cm}$)
2. Kandungan ion klorida yang cukup tinggi , yaitu 19,535 gr/ kg air laut. yang merupakan partikel agresif yang dapat menyebabkan korosi.
3. Kandungan oksigen berada pada paling tinggi ketika kandungan NaCl 3.5%, karena seperti diketahui oksigen memiliki peran penting dalam proses korosi suatu material (plorentino dkk, 2010).

1. Pengaruh Lingkungan terhadap terjadinya Korosi

Pengaruh lingkungan terhadap terjadinya korosi adalah :

a. Temperatur

Temperatur mempunyai pengaruh yang bervariasi terhadap korosi. Pada temperature kamar laju korosi relatif rendah namun dapat meningkatkan kondensasi lapisan film pada permukaan yang berakibat meningkatkan terjadinya korosi. Dan peningkatan temperatur dapat menurunkan laju korosi dengan terjadinya proses pengeringan pada permukaan. Namun adanya kombinasi antara nilai kelembaban dan temperatur yang tinggi serta diikuti oleh adanya polutan maka, akan meningkatkan laju korosi. Pada lingkungan berair (*aqueos*), temperatur mempengaruhi laju korosi, temperatur permukaan, *heat flux*, dan konsentrasi permukaan yang terkait serta gradien transfer kimia. Pada kebanyakan reaksi kimia, peningkatan temperatur diikuti dengan peningkatan laju reaksi. Aturan yang biasanya dipakai (*rule-of-thumb*)

menyatakan laju reaksi meningkat dua kali lipat untuk setiap kenaikan temperatur sebesar 10°C

b. Oksigen

Oksigen merupakan oksidator kuat sehingga akan meningkatkan potensial korosi logam di lingkungan air (fluida) yang mengandung oksigen terlarut. Laju korosi dapat meningkat dengan kenaikan kelarutan oksigen. Kelarutan oksigen sendiri dipengaruhi oleh suhu dari air laut atau pelarut. Semakin tinggi suhu air laut atau pelarut, maka makin rendah kelarutan oksigen. Selain itu, pada air yang mengandung garam, kandungan oksigen terlarut paling tinggi terdapat pada kadar NaCl 3,5%. Oleh karena itulah, air laut bersifat sangat korosif, dikarenakan kombinasi dari tingginya kadar oksigen terlarut dengan garam NaCl.

c. Karbon Dioksida (CO_2).

Gas karbon dioksida merupakan asam lemah dan bersifat korosif bila terlarut dalam air. Sebelum bersifat asam, CO_2 pertama kali harus terdehidrasi menjadi H_2CO_3 . Pada baja proses korosi dikontrol oleh laju pembentukan produk korosi CO_2 berupa *scale* FeCO_3 yang bersifat protektif.

d. Pengaruh kecepatan aliran air

Kecepatan aliran air dapat mempengaruhi kecepatan korosi dengan interaksinya terhadap lapisan protektif yang umum terdapat pada logam. Kecepatan tertentu akan meningkatkan laju korosi dengan menyingkap lapisan oksida pelindung ataupun pasif dari permukaan logam atau pipa terhadap

lingkungan. Pada kecepatan lain, aliran dapat menurunkan laju korosi dengan menyingkirkan ion-ion agresif dari permukaan logam.

Tiap logam umumnya memiliki batas kecepatan yang akan menyebabkan korosi yang disebut *breakaway velocity*. Di bawah kecepatan aliran ini, laju korosi tidak akan terpengaruh, sedangkan di atas kecepatan ini, laju korosi akan meningkat cukup banyak. Sentuhan lapisan pasif atau pelindung dengan aliran yang cukup cepat akan menghancurkan lapisan tersebut, yang berakibat meningkatkan laju korosi. Sebagai contoh, pipa baja karbon yang mengalirkan air, umumnya terlindungi oleh lapisan tipis karat yang menghambat laju transfer massa dari oksigen terlarut ke dinding pipa. Hasilnya adalah laju korosi yang rendah, umumnya sekitar <1 mm/year.

e. pH

Laju korosi baja karbon meningkat seiring menurunnya nilai pH. Situasi ini terutama ketika pH lingkungan menurun menjadi di bawah 7. Pasivitas dari beberapa panduan tergantung dari pH. Pada daerah yang lokal, korosi meningkat dengan pecahnya lapisan pasif. karenanya korosi sumuran, korosi retak, dan *stress corrosion cracking* kemungkinan besar dapat terjadi (Adrian,2009).

m. Sel Korosi

Terdapat empat komponen penting yang dapat menyebabkan suatu sistem mengalami korosi, yaitu:

a. Anoda

Anoda ini merupakan bagian dari material yang mengalami korosi karena terjadi reaksi oksidasi yang melepaskan elektron-elektron dari atom logamnya menjadi ion logamnya. Pada saat ion-ion tersebut tetap tinggal dalam larutan, maka akan bereaksi dengan komponen-komponen lain, misalnya karbonat atau sulfat, dan menghasilkan produk yang tidak larut. Pada saat produk tidak larut tersebut terbentuk, maka dapat menghalangi kelarutan logam, atau proses korosi berada pada tahap passivasi.

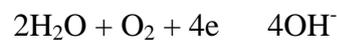
b. Katoda

Merupakan bagian yang biasanya tidak mengalami korosi. Reaksi katoda bergantung pada pH larutan. Seperti pada reaksi berikut:

1. $\text{pH} < 7$ reaksi yang terjadi adalah



2. $\text{pH} > 7$ reaksi yang jadi adalah :



c. Elektrolit

Yang disebut elektrolit adalah cairan yang memiliki konduktivitas atau dapat menjadi media penghantar spesies pembawa muatan. Dalam lingkungan yang panas, keberadaan air bisa digantikan oleh senyawa-senyawa garam yang meleleh sehingga bisa bertindak sebagai elektrolit.

d. Ada Hubungan Listrik

Ada hubungan listrik yaitu menghubungkan anoda atau daerah anodik dengan katoda atau daerah katodik (Rahmawati, 2013).

n. Reaksi-Reaksi Korosi

Korosi adalah suatu proses deteriorasi-permukaan pada logam-logam dan material-material terkait. Perubahan terjadi karena logam, M, kehilangan electron dan berubah menjadi ion positif :



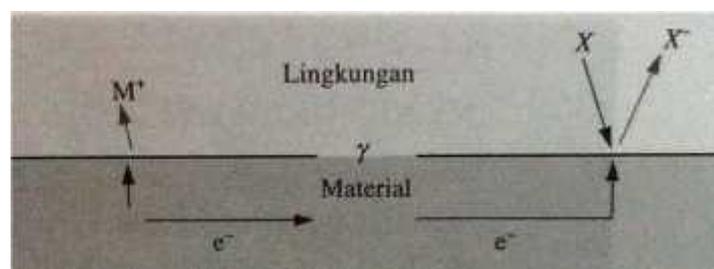
Agar reaksi berlangsung, maka baik electron maupun ion logam harus dihilangkan. Electron diterima oleh elemen non-logam, N, atau ion logam lain, M^+ :



atau



Ion logam pada persamaan (2.5) bisa larut dalam elektrolit di sekitarnya, atau bisa juga bergabung dengan ion non-logam untuk membentuk suatu lapisan (deposit) permukaan.



Gambar 2.4. Korosi secara skematik. (Vlack, 2004).

Gambar 2.4 Secara skematik menunjukkan reaksi korosi. Lokasi dimana terjadi reaksi kehilangan electron (oksidasi) disebut anoda. Lokasi dimana terjadi reaksi penerimaan elektron (reduksi) disebut katoda. Kedua reaksi ini dapat terjadi bersama-sama, seperti tampak pada gambar 2.4 Atau terjadi secara terpisah di tempat yang berjauhan, asalkan mereka mempunyai hubungan listrik resistansi-rendah (untuk memungkinkan terjadi perpindahan elektron). Namun kedua reaksi tersebut harus terjadi secara serempak jika korosi akan berlangsung. Tidak satupun bisa berlangsung sendiri-sendiri. Korosi akan berhenti bila (1) hubungan listrik terputus, (2) reaksi katoda habis, atau (3) produk reaksi anoda ($M^{m+} + m e^-$) jenuh.

a. Reaksi Anoda

Semua Logam dapat mengalami reaksi oksidasi sesuai persamaan (2.5). akan tetapi, kecendrungan untuk ionisasi akan berbeda, bergantung pada jenis logam. Sebagai contoh, kita dapat menuliskan persamaan (2.5) untuk seng dan tembaga :



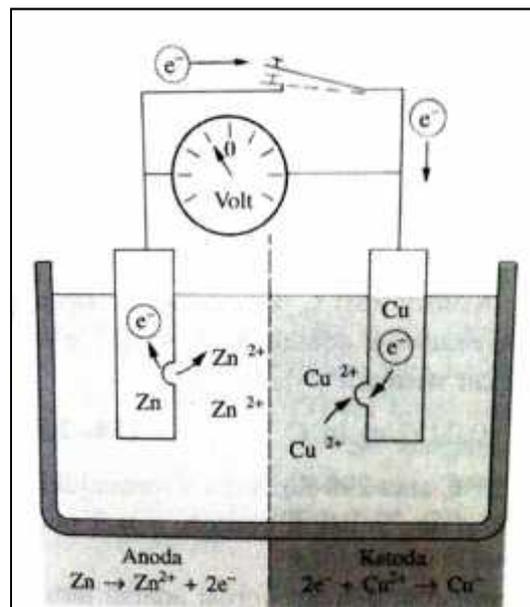
dan



Keduanya melepas elektron dan menghasilkan potensial listrik, namun nilainya tidak dapat diukur secara sendiri-sendiri. Tetapi suatu beda tegangan standar di antara kedua reaksi dapat diukur apabila logam berada dalam larutan-larutan 1-molar dari garam mereka sendiri pada 25°C (Gambar 2.5). Pada rangkaian terbuka (saklar hitam), beda tegangannya sama dengan 1,1 V. Apabila terjadi kontak listrik (saklar berwarna), beda tegangan hilang karena

elektron bergerak dari seng ke tembaga (arah arus adalah terbalik). Jadi reaksi (2.8) berlangsung dimana seng menjadi anoda. Reaksi (2.9) berubah menjadi reaksi (2.7) dan atom tembaga di reduksi dari 1-molar larutan ion Cu^{2+} . Seng terkorosi di anoda; dan tembaga dilapisi katoda.

Anoda memasok elektron ke rangkaian eksternal. Sebaliknya katoda menerima elektron dari rangkaian eksternal. Definisi ini cocok untuk korosi, baterai, pelapis elektron (*electroplating*), tabung sinar katoda, dan perangkat elektronik lain dimana terdapat aliran arus listrik. Semua korosi terjadi di anoda.



Gambar 2.5. Sel Galvanik Zn-Cu(Vlack, 2004).

Dengan terpasangnya saklar, seng menjadi anoda yang mengalirkan elektron ke tembaga melalui rangkaian eksternal. Terjadi perbedaan tegangan sebesar 1,1 V jika rangkaian dibuka.

b. Reaksi Katoda

Reaksi katoda pada Gambar 2.5 adalah reduksi tembaga dari elektrolit yang mengandung 1-molar larutan Cu^{2+} . Tentu saja reaksi ini tidak mungkin terjadi apabila elektrolit tidak mengandung ion tembaga. Pada kondisi seperti ini, seng (dari gambar 2.5) masih akan mampu mengalami korosi jika elektron dapat dikonsumsi pada reaksi lain. Kemungkinannya mencakup (1) logam lain yang bersifat katodik terhadap seng; (2) pembentukan hydrogen secara bertahap (karena hydrogen katodik terhadap seng); (3) pembentukan hidroksil; dan (4) pembentukan air:



Mungkin reaksi katoda yang terdapat dimana-mana adalah persamaan (2.11) yang menghasilkan ion hidroksil, karena reaktan yang terlibat adalah oksigen dan air. Pada sebagian besar situasi, diperlukan usaha khusus untuk mencegah hadirnya komponen ini. Kita langsung dapat melihat produk korosi ketika besi mengalami korosi dan ion OH^{-} terbentuk, karena ion-ion besi berkombinasi dengan ion-ion OH^{-} untuk menghasilkan $\text{Fe}(\text{OH})_3$, membentuk karat besi berwarna merah yang biasa kita lihat (Vlack, 2004).

o. Laju Korosi

Perhitungan laju korosi merupakan salah satu *corrosion prediction* yang digunakan untuk mengetahui kecepatan suatu material untuk terkorosi, sehingga material tersebut mulai terkorosi dapat diprediksi. Teknik pengukuran laju korosi dapat dilakukan dengan metode kehilangan berat dan metode elektrokimia (diagram polarisasi, *linear polarization resistance*, *electrochemical impedance spectroscopy*, potensial korosi dan *electrochemical noise*). Namun, metode yang sering digunakan adalah kehilangan berat (*weight loss*).

Weight loss merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan laju korosi. Prinsip dasar pengujian ini yaitu dengan menghitung kehilangan berat yang terjadi pada suatu sampel yang telah ditimbang, kemudian direndam pada larutan selama beberapa waktu dan kemudian dilakukan pembersihan untuk membersihkan produk korosinya lalu ditimbang kembali. Sehingga didapatkan data berat sebelum dan sesudah perendaman. Kehilangan berat yang terjadi kemudian dikonversikan menjadi suatu laju korosi dengan memperhitungkan kehilangan berat, luas permukaan terendam, waktu perendaman dan massa jenis (Jones, 1996).

Menurut ASTM Internasional pada tahun 2004, formula untuk menghitung laju korosi dengan metode kehilangan berat dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Laju Korosi} = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot T} \quad (2.13)$$

Keterangan :

K = konstanta

W = Kehilangan berat (gram)

D = densitas (gram/cm³)

A = luas permukaan yang terendam (cm²)

T = waktu (jam)

Dimana konstanta yang digunakan tergantung dari unit satuan yang akan digunakan, ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Konstanta Laju Korosi (Jawe, dkk, 2008).

Satuan Laju Korosi	Konstanta
<i>Mils per year</i> (mpy)	3.45×10^6
<i>Inches per year</i> (ipy)	3.45×10^3
<i>Inches per month</i> (ipm)	2.87×10^2
<i>Millimeters per year</i> (mm/y)	8.76×10^7
<i>Micrometers per year</i> ($\mu\text{m}/\text{y}$)	8.76×10^4
<i>Picometers per second</i> (pm/s)	2.78×10^6
<i>Grams per square metre per hour</i> ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	$1.00 \times 10^4 \times D^A$
<i>Milligrams per square decimeter per day</i> (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D^A$
<i>Micrograms per square metre per second</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	$2.78 \times 10^6 \times D^A$

p. Sodium Bikarbonat (NaHCO₃)

Natrium Bikarbonat adalah senyawa kimia dengan rumus NaHCO₃, dalam penyebutannya kerap disingkat *bicnat*. Senyawa ini termasuk kelompok garam dan sudah digunakan sejak lama. Senyawa ini disebut juga Sodium Bikarbonat atau Hidrogen Bikarbonat (Gaikwad,2004). NaHCO₃ (Natrium Bikarbonat) menyebabkan larutan elektrolit semakin banyak mengandung anion dan kation

dari NaHCO_3 . Dengan semakin banyaknya anion dan kation yang terkandung dalam larutan elektrolit akan menyebabkan larutan elektrolit semakin besar menghantarkan arus listrik dan semakin banyak pula energi listrik yang dapat digunakan untuk melakukan reaksi elektrolisis (Marayanti, 2008). Baking soda berbentuk Kristal putih halus yang tidak berbau, pada dasarnya dia adalah alkali sehingga dapat menetralkan asam. Selain itu, baking soda juga berfungsi sebagai bahan anti bacterial dan penetral asam hasil produksi dari metabolisme bakteri (Anggraeni dkk, 2007). Faktor lain yang menyebabkan efek antibakteri baking soda adalah kemampuannya mengubah tekanan osmotik. Sifat hipertonik baking soda menyebabkan komponen hipotonik sel bakteri akan kehilangan air, sehingga menyebabkan dehidrasi dan membunuh sel. namun dikatakan baking soda harus berinteraksi dengan sel bakteri minimal 30 menit agar dapat efektif membunuh sel bakteri (Silhacek, dkk, 2005).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Pelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada bulan April 2017 sampai Agustus 2017

B. Alat dan Bahan

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Gelas ukur sebagai alat pengukur volume air laut
2. Mesin gerinda dan gunting
3. Light meter untuk mengukur intensitas cahaya LED
4. Solder untuk menghubungkan kabel antar elektroda
5. Tang untuk membentuk kabel agar terbentuk sesuai dengan yang diinginkan.
6. Filter air untuk memfilter air laut
7. Timbangan digital untuk menimbang massa elektroda

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Air laut sebagai bahan elektrolit
2. Sodium bikarbonat (NaHCO_3)
3. Akrilik digunakan sebagai bahan pembuat sel elektrolit
4. Tembaga (Cu) dan seng (Zn) digunakan sebagai elektroda
5. Lem dextone, digunakan untuk merekatkan bahan akrilik
6. Selang digunakan untuk saluran pembuangan
7. Kabel penghubung digunakan untuk menghubungkan elektroda
8. Lampu LED 3 watt digunakan untuk menguji keluaran energi listrik dari alat

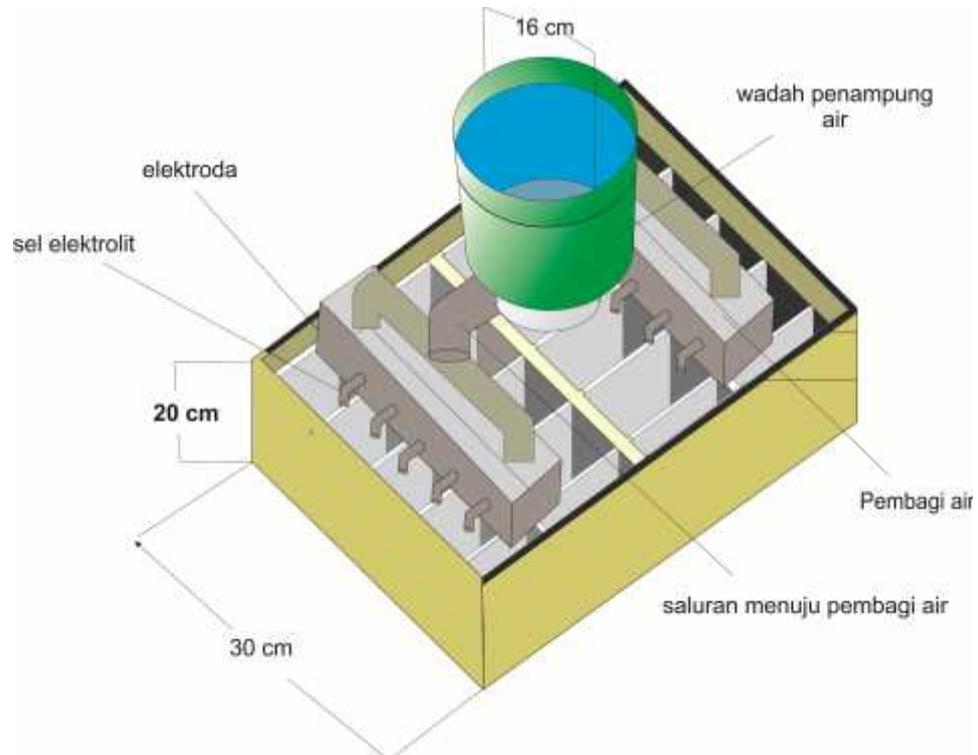
C. Prosedur Penelitian dan Desain Alat

Penelitian ini dilakukan dengan mendesain kemudian membuat alat penghasil energi alternatif dengan menggunakan elektrolit air laut dengan elektroda Tembaga (Cu) dan seng (Zn). Alat ini didesain dengan pengisian dan pengosongan bahan elektrolit yang digunakan. Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari 3 tahap, yaitu sebagai berikut:

1. Perancangan alat

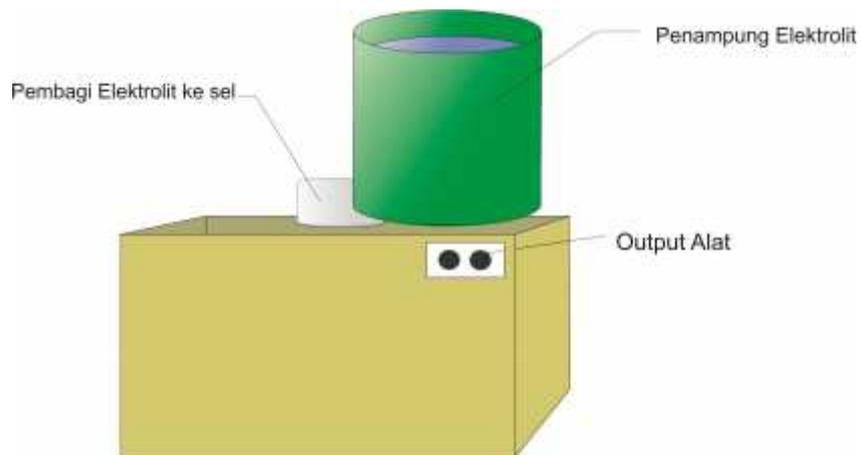
Pada tahapan ini akan dibuat desain alat yang terbuat dari bahan akrilik sebanyak 20 sel dengan sistem tertutup. setiap sel dihubungkan secara seri. Kerangka akrilik yang dibuat memiliki ketebalan 2 mm. alat didesain sedemikian rupa agar dapat dilakukan pengisian dan pengosongan pada bahan elektrolitnya. Selain itu dibuat pula desain filter air yang akan digunakan

untuk filtrasi air laut. Desain alat dapat dilihat pada gambar 3.1 dan 3.2. sedangkan untuk perancangan filter air dapat dilihat pada gambar 3.3.

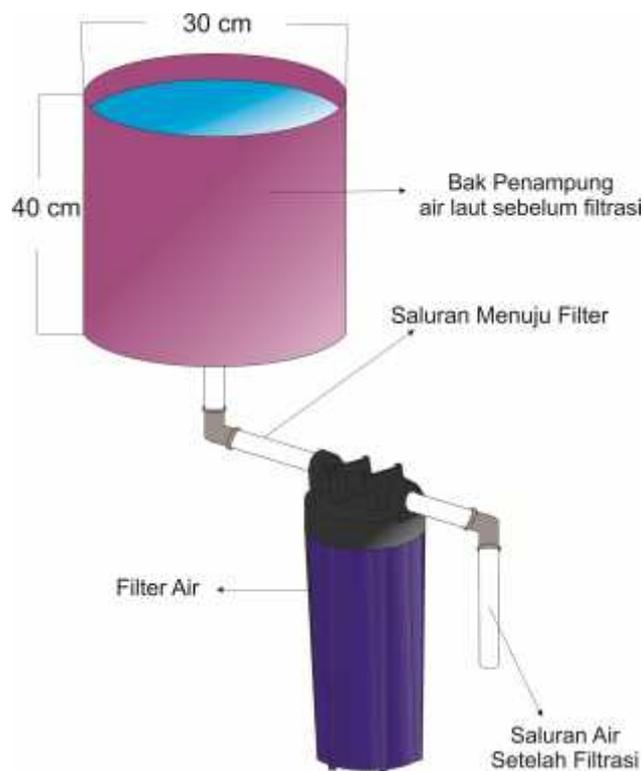


Gambar 3.1. Desain alat secara keseluruhan

Desain alat tampak luar adalah sebagai berikut.



Gambar 3.2. Desain alat tampak luar



Gambar 3.3. Desain Filter Air

2. Pengukuran massa elektroda

Pada tahap ini dilakukan pengukuran massa elektroda yang akan digunakan dengan penimbangan terlebih dahulu agar dapat diketahui pengurangan massa yang diperoleh setelah penelitian.

3. Pengujian alat

Pada tahap pengujian alat, dilakukan pengisian sel elektrolit dengan dua buah elektrolit yaitu yang pertama dengan elektrolit air laut dan yang kedua dengan air laut yang difiltrasi terlebih dahulu, dan ditambahkan sodium bikarbonat. Namun sebelumnya kadar sodium bikarbonat diuji mulai dari 2 gr sampai 24gr ke dalam 200 ml air laut agar mendapatkan persentase sodium bikarbonat yang tepat, untuk mencegah adanya endapan. Menurut Oxtoby dkk (2001),

Persentase sodium bikarbonat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Persentase zat terlarut (\%)} = \frac{m}{V \times \rho} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dimana:

m = Massa zat terlarut (gr)

V = Volume pelarut (ml)

= Massa Jenis pelarut (gr)

Langkah selanjutnya adalah menghubungkan alat dengan beban LED 3 watt agar diketahui apakah sistem dapat menghasilkan energi listrik. Pengisian dan pengosongan elektrolit dilakukan setiap 24 jam selama 3 hari. Selanjutnya dilakukan pengukuran massa elektroda menggunakan timbangan digital setiap 1 hari. Elektroda yang ditimbang harus dibersihkan terlebih dahulu dari sel korosi maupun kotoran yang menempel pada permukaan. Kemudian data yang diperoleh digunakan untuk menganalisis laju korosi elektroda selama 3 hari tersebut.. Laju korosi yang dihasilkan dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut

$$\text{Laju Korosi} = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot t} \quad (3.2)$$

dengan :

K = konstanta

W = Kehilangan berat (gram)

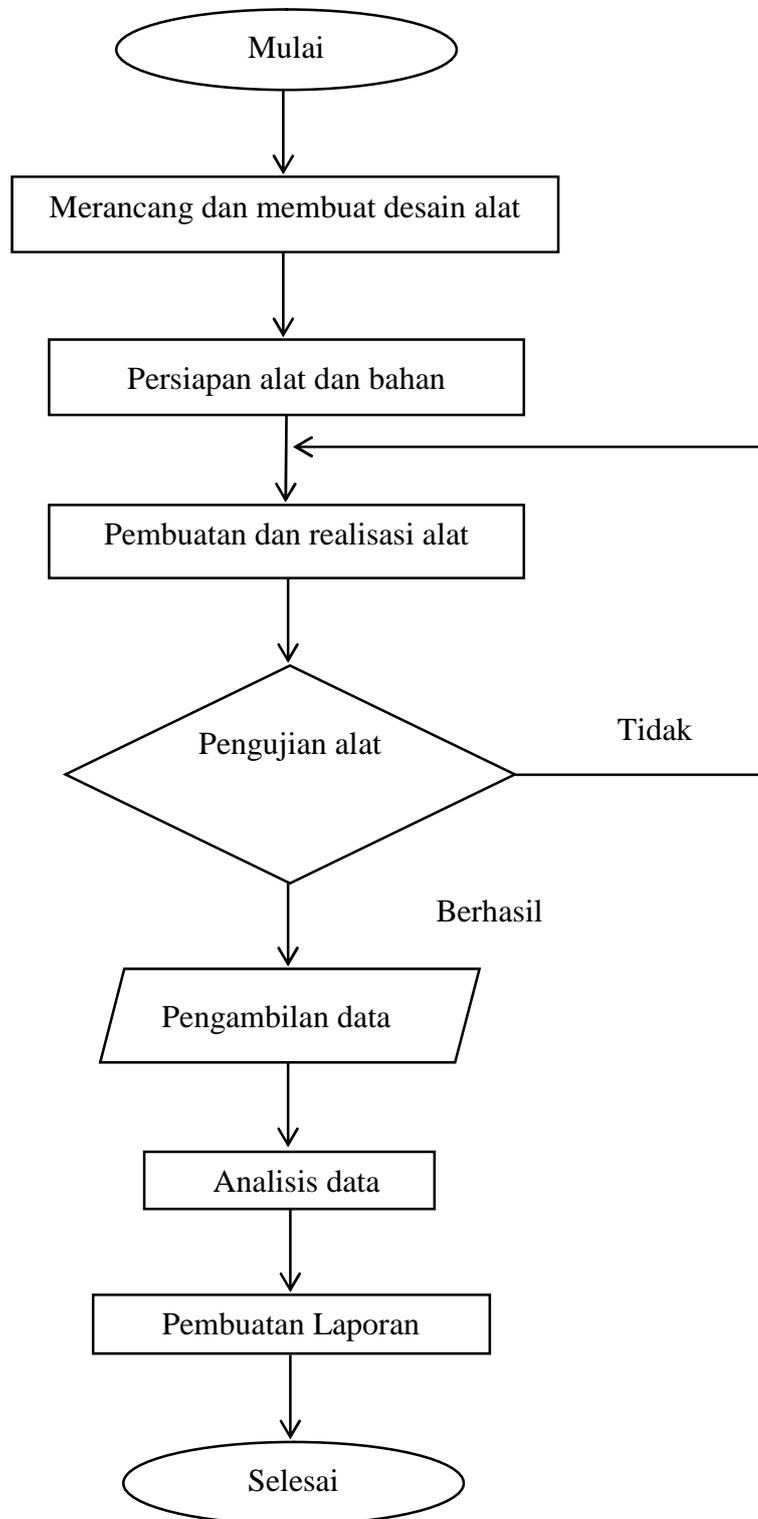
D = densitas (gram/cm³)

A = luas permukaan yang terendam (cm²)

t = waktu (jam)

D. Diagram Alir

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.4. Diagram alir penelitian

E. Rancangan Data Hasil Penelitian

Data yang akan diperoleh adalah berupa kehilangan berat dari elektroda, densitas, luas permukaan, waktu dan Intensitas Cahaya. Karakteristik elektrik yang dihasilkan alat dengan beban LED adalah berupa intensitas cahaya LED sampai dengan redup selama 24 jam dan laju korosi yang dihasilkan selama 3 hari. Data pengamatan pada penelitian ini akan diambil setiap 4 jam sekali dalam waktu 3 hari berturut-turut Rancangan data pengamatan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1. Data pengukuran karakteristik energi listrik alat elektrolit air laut murni

No	Waktu (jam)	Intensitas Cahaya (Lux)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Tabel 3.2. Data pengukuran karakteristik energi listrik alat elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat

No	Waktu (jam)	Intensitas Cahaya (Lux)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Tabel 3.3. Data Pengukuran Kelajuan Korosi elektrolit air laut murni

No	Luas Permukaan (cm ²)	Waktu (hari)	W ₀ (gr)	W ₁ (gr)	W (gr)	LajuKorosi (mm/y)
1		1				
2		2				
3		3				

Tabel 3.4. Data Pengukuran Kelajuan Korosi elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat

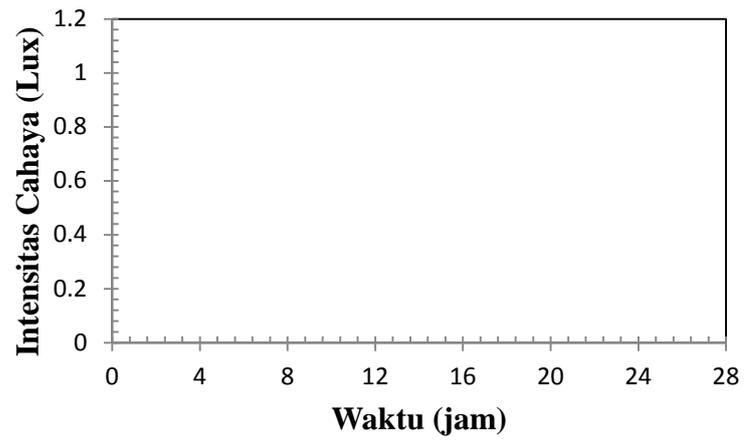
No	Luas Permukaan (cm ²)	Waktu (hari)	W ₀ (gr)	W ₁ (gr)	W (gr)	LajuKorosi (mm/y)
1		1				
2		2				
3		3				

Tabel 3.5. Analisis Data Kelajuan Korosi dengan air laut murni dengan air laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat

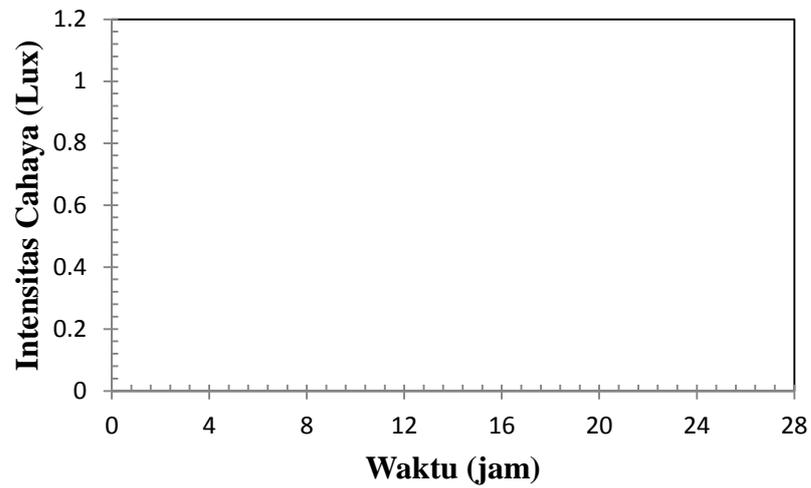
No	Luas Permukaan (cm ²)	Waktu (hari)	LajuKorosi (mm/y)	
			Air Laut	Air Laut setelah penyaringan dan penambahan Sodium Bikarbonat
1		1		
2		2		
3		3		

F. Rancangan Analisis Data Penelitian

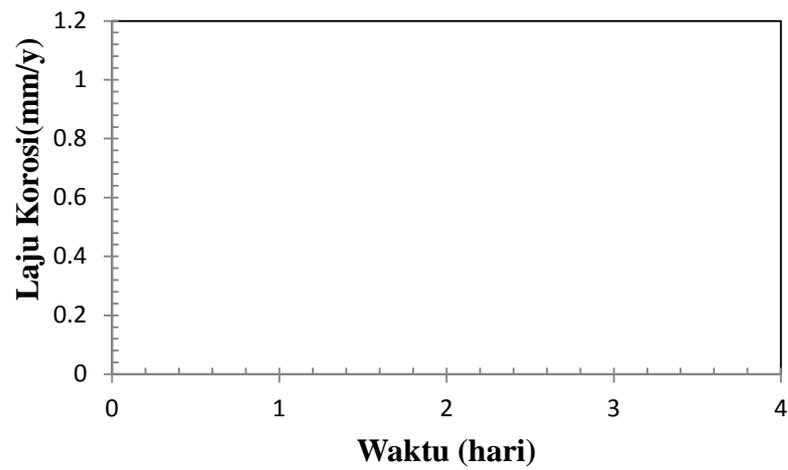
Data hasil pengamatan yang diperoleh akan dianalisis bagaimana pengaruh waktu terhadap intensitas cahaya dan laju korosi yang dihasilkan. Analisis data pada penelitian ini dilakukan sebelum pengisian ulang elektrolit dan setelah pengisian ulang elektrolit, sehingga dapat diketahui pengaruh pengisian ulang elektrolit terhadap energi listrik yang diberikan pada LED. Analisis data diplot dalam bentuk grafik seperti Gambar berikut ini.



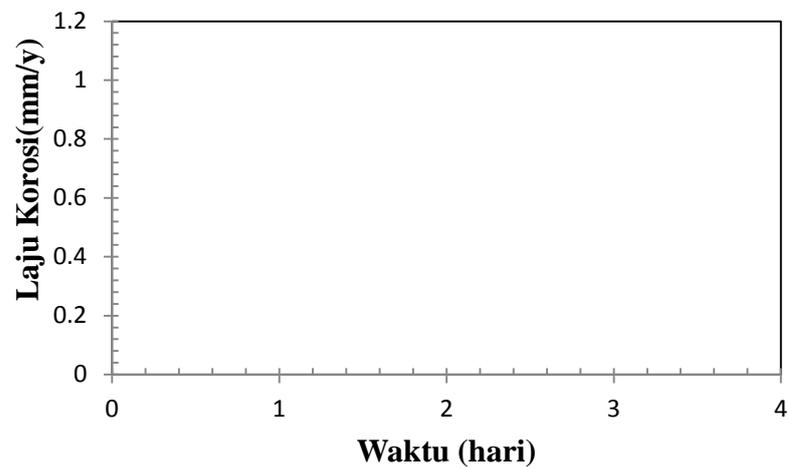
Gambar 3.5. Grafik Pengukuran Karakteristik Energi Listrik Alat elektrolit air laut murni



Gambar 3.6. Grafik Pengukuran Karakteristik Energi Listrik Alat elektrolit air laut setelah filtrasi dan penambahan sodium bikarbonat



Gambar 3.7. Grafik Rancangan Pengukuran Laju Korosi elektrolit air laut murni



Gambar 3.8. Grafik Pengukuran Karakteristik Energi Listrik Alat elektrolit air laut setelah filtrasi dan penambahan sodium bikarbonat

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan realisasi penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Penekanan Laju Korosi
 - a. Laju korosi elektroda seng berhasil dihambat dengan penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat namun nilai intensitas cahaya semakin lama semakin menurun
 - b. Lapisan Sodium Bikarbonat dapat melindungi permukaan seng dari korosi namun menghambat konduktivitas elektrik logam
2. Pengaruh Penyaringan dan Penambahan Sodium Bikarbonat
 - a. Laju Korosi elektroda seng pada alat yang menggunakan elektrolit air laut saja jauh lebih tinggi dibandingkan laju korosi elektroda seng yang menggunakan elektrolit air laut setelah penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat.
 - b. Selain menekan laju korosi, penyaringan dan penambahan sodium bikarbonat dapat menambah lama waktu nyala lampu LED

B. Saran

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

1. Melakukan kajian secara kuantitatif untuk mengetahui konsentrasi elektrolit yang mempengaruhi gerak elektron di dalam sel elektrolit
2. Melakukan upaya pembersihan lapisan sodium bikarbonat pada elektroda setiap 24 jam.
3. Melakukan kajian secara kualitatif dan kuantitatif untuk mengetahui lapisan hitam pada tembaga yang mempengaruhi daya hantar listrik
4. Melakukan pengukuran intensitas cahaya dengan toleransi waktu yang sama setelah pengisian elektrolit serta memperpendek selang waktu pengukuran kurang dari 4 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian. 2009. *Perilaku Korosi Material Baja Paduan Akibat Pengaruh Kondensat Yang Berasal Dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi*. (Tesis). Universitas Indonesia. Jakarta
- Anggraeni, Dewi, Sri Tjahajawati, Rosy Wihardja. 2007. *Saliva Secretion Difference before and after rinsing with baking soda on menopause women*. Padjadjaran Journal of Dentistry. Hal 28-23.
- Anggono, Juliana, Soejono Tjitro, Victor Rizal Palapessy, 1999. *Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut*. Jurnal Teknik Mesin Vol. 1 No.2. Hal 89-99
- Aristian, Jovizal. 2016. *Desain dan Aplikasi Sistem Elektrik Berbasis Elektrolit Air Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Berkelanjutan*. (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Arjmand, Farzin, dan Annemie Adriaens. 2012. *Influence of pH and Chloride Concentration on the Corrosion Behavior of Unalloyed Copper in NaCl Solution: A Comparative Study Between the Micro and Macro Scales*. Materials. Pp 2440-2464.
- Arwaditha, Randha Kentama. 2017. *Desain dan Realisasi Akumulator Elektrolit Air Laut dengan Penambahan Sodium Bicarbonate (NaHCO₃) sebagai Sumber Energi Alternatif*. (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- ASTM International. 2004. *ASTM G31-72: Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. United State
- Bagotsky, V.S. 2006. *Fundamentals Of Electrochemistry*. Canada. Inc.All rights reserved. Hal. 29-30.
- Brady, James E. 1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur Jilid 1*. Diterjemahkan oleh Sukmariah Maun. Tangerang. Binarupa Aksara Publisher.
- Chang, Raymond. 2003. *General Chemistry: The Essential Concept*. Diterjemahkan oleh Suminar Setiadi Achmadi, Ph.D. Erlangga. Jakarta. 189-196 hlm.

- Dogra, S. 1990. *Kimia Fisik dan Soal-Soal*. Diterjemahkan oleh Umar Mansyur. Jakarta. Universitas Indonesia. Hal. 20-35.
- Fariya, Siti, dan Sri Rejeki. 2015. *Seacell (Sea Water Electrochemical Cell) Pemanfaatan Elektrolit Air Laut Menjadi Cadangan Sumber Energi Listrik Terbarukan Sebagai Penerangan Pada Sampan*. Jurnal Sain dan Teknologi. Pp 44-58
- Hammond, C.R. 2004. *The Elements, in Handbook of Chemistry and Physics 81st edition*. CRC press.
- Jawe, Madi, dkk. 2008. *The Extract of Purple Sweet Potato Decreases Blood and Liver MDA of MICE After Intense Physical Activity*. Laboratorium Farmakologi Universitas Udayana.
- Karim, Azis Abdul, dan Zulkifli A Yusuf. 2012. Analisa Pengaruh Penambahan Inhibitor Kalsium Karbonat dan Tapioka terhadap Tingkat Laju Korosi pada Pelat Baja Tangki Ballast Air Laut. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan*. Vol 10. No. 2. pp 205-212.
- Keenan, Charles W, Donald C. Kleinfeter, dan Jesse H. Wood. *Ilmu Kimia Untuk Universitas*. Diterjemahkan Oleh Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, Ph.D. Jakarta. Erlangga
- Kuncoro, Eko Budi. 2004. *Akuarium Laut*. Yogyakarta. Kanisius.
- Kuwahara. 2001. *Geologi Laut*. Jakarta: Erlangga
- Landis, E.H. 1909. *Some of the Laws Concerning Voltaic Cells*. The Journal of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania. Vol. CLXVIII, No. 6, hal. 399-420.
- Marayanti, Meti. 2008. *Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit*. Bahan Ajar. Jurusan Pendidikan Kimia. FPMIPA. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Marlina, Ena, Slamet Wahyudi dan Lilis. 2013. *Produksi Brown's Gas Hasil Elektrolisis H₂O dengan Katalis NaHCO₃*. Jurnal Rekaasa Mesin Universitas Brawijaya. Vol. 4, No. 1, hal. 53-58.
- Milanino, R, KD Rainsford and GP Melo. 1989. *Copper and Zinc in Inflammation*. USA. Kluwer Academic Publishers.
- Murabbi, Abdul Latif, dan Sulistijono. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Larutan Garam Terhadap Laju Korosi DENGAN Metode Polarisasi dan Uji Kekerasan serta Uji Tekuk Pada Plat Bodi Mobil*. Jurnal Teknik Pomits. Pp. 1-5

- Ngadiwiyan, Intan Endah Rachmawati dan Ismiyanto. 2017. *Sintesis Turunan Azomethin Sebagai Zat Aktif Inhibitor Korosi pada Logam Menggunakan Bahan Dasar Piperonal dan 2-Aminopiridin*. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi. Vol 20. No 3.
- Nugroho, Adhi. 2011. *Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Ubi Ungu Terhadap Laju Korosi Pada Material Baja Low Carbon Di Lingkungan NaCl 3,5%*. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok.
- Oxtoby, David W, H. P. Gillis, dan Norman H. Nachtrieb. 2001. *Kimia Modern*. Jakarta. Erlangga
- Pauzi, G. A., Ayu S.A., Dita R., Nindi E. M. (2015). *Perhitungan Laju Korosi di dalam Air Laut dan Air Garam 3% pada Paku dan Besi. ASTM 36*. Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika (Gravity). pp 37–41.
- Plorentino, Gracio, dan Dito Landiano. 2010. *Proteksi Korosi pada Kaki-kaki Platform SBU*. (Laporan Kerja Praktek). Universitas Indonesia. Jakarta
- Rachmawati, Fitria. 2013. *Elektrokimia Transformasi Energi Kimia-Listrik*. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Reisman, A, M. Berkenblit, R. Ghez dan S. A. Chan. 1972. *The Equilibrium Constant for The Reaction of ZnO+H₂ and The Chemical Vapor Transport of ZnO Via The Zn+H₂O Reaction*. Journal of Electronic Materials. Vol 1. No.3.
- Riyanto. 2012. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta. Graha Ilmu
- Silberberg, Martin S. 2000. *Chemistry, The Molecular Nature Of Matter And Change*. New York. McGraw Hill Education.
- Sidiq, M Fajar. 2013. *Analisa Korosi dan Pengendaliannya*. Jurnal Foundry. Pp.25-30
- Silhacek K, Taake K. 2005. *Sodium Bicarbonate and Hidrogen peroxide the effect on the growth of streptococcus mutans*. JDent Health. Hal 2-6.
- Supian, Budi, Sehendar, dan Rian Fahrizal. 2013. *Studi Pemanfaatan Arus Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif di Wilayah Selat Sunda*. SETRUM. Pp. 49-57
- Vlack, Lawrence H. Van. 2004. *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Diterjemahkan Oleh Ir. Sriati Djaprie, M.Met. Jakarta. Erlangga.
- Widowati, W., AstianaSastiono dan Raymond Jusuf. 2008. *Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta. Penerbit Andi.