

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Pertama, penelitian terdahulu yang sudah dilakukan oleh Devi Yulianti, Amir Supriyanto, dan Gurum Ahmad Pauzi (2016). Penelitian ini memanfaatkan logam bekas sebagai elektroda untuk menghasilkan energi listrik menggunakan prinsip sel volta. Logam seperti tembaga, seng, aluminium, dan besi digunakan. Hasilnya menunjukkan bahwa beda potensial dan kuat arus dipengaruhi oleh kombinasi jenis logam yang digunakan, dengan potensi sebagai sumber energi listrik alternatif yang murah dan ramah lingkungan [3]. Kesamaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini adalah kedua penelitian ini sama-sama memanfaatkan logam bekas sebagai elektroda. Dan perbedaannya adalah pada volume cairan elektrolit yang digunakan untuk penelitian.

Kedua penelitian ini dilakukan oleh Alfian Sani tahun 2018. Penelitian ini menggunakan larutan air asin dan elektroda tembaga serta aluminium dalam konfigurasi sel elektrokimia. Variasi luas penampang elektroda dan jumlah garam dalam larutan memengaruhi hasil potensial listrik dan kuat arus. Hasil menunjukkan hubungan yang kuat antara ukuran elektroda dan nilai arus/tegangan yang dihasilkan [4]. Kesamaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini adalah sama-sama bertujuan untuk menganalisis karakteristik listrik (tegangan, arus, daya) yang dihasilkan dari berbagai jenis logam elektroda. Perbedaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini adalah variasi penampang dan kadar garam, pengukuran dengan power supply & LED.

Ketiga, penelitian yang pernah dilakukan oleh Latifah Kamila, Gurum Ahmad Pauzi, dan Sri Wahyu Suciayati. Penelitian ini mengkaji penambahan logam aluminium (Al) dan magnesium (Mg) pada elektroda zink (Zn) sebagai anoda korban dalam sistem energi listrik alternatif berbasis air laut. Tiga jenis elektroda diuji, yaitu Cu-Zn, Cu-ZnAl, dan Cu-ZnMg, dalam rangkaian 20 sel seri dengan beban lampu LED 3 Watt selama 72 jam, dengan penggantian elektrolit setiap 24 jam. Hasil menunjukkan bahwa elektroda Cu-ZnMg menghasilkan daya tertinggi (125,71 mW), diikuti oleh Cu-ZnAl (52,48 mW) dan Cu-Zn (49,49 mW). Semakin tinggi daya yang dihasilkan, semakin besar intensitas cahaya yang dipancarkan. Selain itu, Cu-ZnMg juga menunjukkan laju korosi terendah (0,079 mm/tahun),

menandakan bahwa penggunaan logam anoda korban dengan potensial elektrode lebih tinggi dapat meningkatkan efisiensi energi sekaligus menekan laju korosi pada elektroda zink. [4]. Kesamaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini Sama-sama menggunakan logam umum seperti tembaga (Cu), aluminium (Al), dan seng (Zn) sebagai elektroda. Perbedaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini adalah pengujian korosi dan daya menggunakan kombinasi elektroda Cu-Zn dengan perlakuan tambahan.

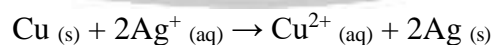
## 2.2 Landasan Teori

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang sangat penting dalam kehidupan manusia modern. Energi ini dihasilkan dari konversi berbagai bentuk energi lain, seperti energi kimia, mekanik, atau cahaya. Dalam konteks penelitian ini, energi listrik diperoleh dari reaksi kimia melalui prinsip kerja sel elektrokimia, khususnya sel volta.

Energi listrik dapat digunakan untuk menyalakan perangkat elektronik, penerangan, hingga mesin industri. Karena sifatnya yang bersih dan mudah dikonversi, energi listrik menjadi pilihan utama dalam pengembangan sumber energi alternatif .

### 2.2.1 Elektrokimia

Hubungan antara proses kimia dan energi listrik yang terjadi dikenal sebagai elektrokimia. Energi listrik dihasilkan oleh munculnya elektron pada salah satu terminal (oksidasi) dan hilangnya elektron pada katoda lainnya dalam reaksi elektrokimia ini, yang dapat mengubah energi zat menjadi energi listrik (penurunan). Reaksi redoks adalah nama lain dari proses oksidasi dan reduksi. Reaksi redoks dapat dibagi menjadi dua setengah reaksi. Misalnya, reaksi kedua membahas reaksi reduksi sedangkan setengah respons membahas reaksi oksidasi, seperti berikut :



Pemisalah dua setengah reaksi pada sel elektrokimia bertujuan agar aliran listrik (elektron) yang dihasilkan dapat dimanfaatkan, dengan salah satu cirinya yaitu adanya perbedaan potensial listrik antara elektroda negatif (anoda) dengan elektroda positif (katoda).

## 2.2.2 Elektroda

Elektroda atau yang juga dikenal dengan kutub atau pelat, merupakan konduktor dalam perangkat listrik yang memungkinkan listrik mengalir masuk atau keluar dari larutan atau media lain seperti baterai atau tabung elektron. Ada dua jenis elektroda yang berbeda, elektroda negatif memberikan elektron ekstra melalui proses kimia, sedangkan elektroda positif menghilangkan elektron melalui reaksi kimia. Kelebihan elektroda akan mengalir dari elektroda negatif ke elektroda positif ketika dua elektroda dihubungkan oleh rangkaian listrik eksternal.

### a. Anoda

Anoda merupakan elektroda dengan kutub positif, yang merupakan tempat terjadinya reaksi oksidasi. Ketika anion bermuatan negatif, mereka bergerak berlawanan arah menuju katoda dan anoda, masing-masing.

### b. Katoda

Katoda terletak di sebelah anoda, di mana reduksi kimia terjadi. Katoda sel elektrokimia adalah elektroda yang menjadi terpolarisasi saat arus listrik melewatinya.

### c. Potensial Elektroda

Arus listrik dihasilkan oleh aliran elektron selama reaksi redoks dalam sel galvanik (sel volta). Besarnya beda potensial antara kedua elektroda menentukan nilai intensitas arus yang dihasilkan (anoda dan katoda). Jenis elektroda, suhu larutan elektrolit, dan konsentrasinya semuanya berdampak pada potensi setiap sel yang dihasilkan. Oleh karena itu, kombinasi berbagai jenis elektroda menghasilkan potensi sel yang berbeda. Pengukuran beda potensial antara dua elektroda, dapat menggunakan multimeter. Berikut ini adalah daftar harga potensial elektroda untuk logam-logam penting:

Tabel 2. 1 Potensial Elektroda

Reaksi Reduksi	E° Sel (Volt)
$\text{Li}^+_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{Li}_{(s)}$	3,04
$\text{K}^+_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{K}_{(s)}$	-2,92
$\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Ca}_{(s)}$	-2.76
$\text{Na}^+_{(aq)} + e^- \rightarrow \text{Na}_{(s)}$	-2.71
$\text{Mg}^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{Mg}_{(s)}$	-2.38

$\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}_{(\text{s})}$	-1.66
$2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	-0.83
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$	-0.76
$\text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}_{(\text{s})}$	-0.74
$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{s})}$	-0.41
$\text{Cd}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}_{(\text{s})}$	-0.40
$\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}_{(\text{s})}$	-0.23
$\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}_{(\text{s})}$	-0.14
$\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}_{(\text{s})}$	-0.13
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{s})}$	-0.04
$2\text{H}^+_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})}$	0.00
$\text{Sn}^{4+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})}$	0.15
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^+_{(\text{aq})}$	0.16
$\text{ClO}^{4-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}^{3-}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	0.17
$\text{AgCl}_{(\text{s})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}_{(\text{s})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$	0.22
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$	0.34
$\text{ClO}^{3-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}^{2-}_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	0.35
$\text{IO}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{I}^-_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	0.49
$\text{Cu}^+_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})}$	0.52
$\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-_{(\text{aq})}$	0.54
$\text{ClO}^{2-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{ClO}^-_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	0.59
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$	0.77
$\text{Hg}_2^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg}_{(\text{l})}$	0.80
$\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}_{(\text{s})}$	0.80
$\text{Hg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_{(\text{l})}$	0.85
$\text{ClO}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^-_{(\text{aq})} + 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$	0.90
$2\text{Hg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}_{(\text{aq})}$	0.90
$\text{NO}^{3-}_{(\text{aq})} + 4\text{H}^+_{(\text{aq})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO}_{(\text{g})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	0.96
$\text{Br}_2(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-_{(\text{aq})}$	1.07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+_{(\text{aq})} + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1.23

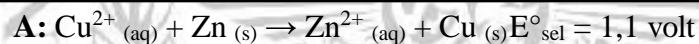
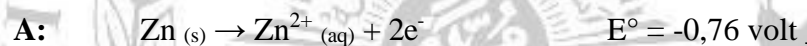
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1.33
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1.36
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	1.44
$\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8\text{H}^+(\text{aq}) + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1.49
$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1.78
$\text{Co}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}^{2+}(\text{aq})$	1.82

Adapun sebagai contoh, nilai potensial anoda dengan menggunakan lempengan seng (Zn) yaitu sebesar -0,76 volt sedangkan nilai potensial katoda dengan menggunakan lempengan tembaga (Cu) yaitu sebesar +0,34 volt sehingga didapatkan nilai potensial sel atau tegangan sebagai berikut:

$$E^\circ \text{ Sel} = E^\circ \text{ Katoda} - E^\circ \text{ Anoda}$$

$$E^\circ \text{ Sel} = 0,34 - (-0,76) = 1,1 \text{ volt}$$

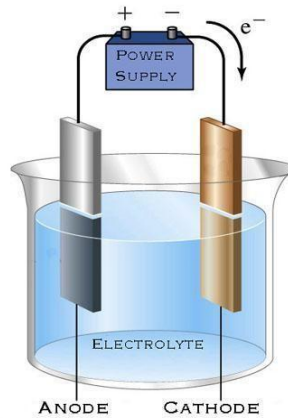
Diagram sel volta yang dihasilkan dari reaksi antara seng (Zn) dan tembaga (Cu) adalah sebagai berikut:



### 2.2.3 Jenis Sel Elektrokimia

#### a. Sel Volta

Salah satu sistem sel elektrokimia yang secara teori dapat menghasilkan energi listrik dari proses reaksi kimia yang terjadi secara spontan adalah sel volta, disebut juga sel galvanik. Baik sel volta maupun sel galvanik dikembangkan pada tahun 1786 sebagai hasil studi tentang baterai cair garam oleh dua ilmuwan bernama Alexander Volta dan Luigi Galvani.



Gambar 2.1 Sel Volta

Sel volta bekerja dengan merendam negatif dua pelat logam yang berbeda secara bersamaan yang berfungsi sebagai elektroda dalam larutan elektrolit. Ketika Reaktivitas yang lebih tinggi pada pelat logam akan mengakibatkan ion logam larut sebagai ion bermuatan positif, meninggalkan negatif bebas pada pelat, membuat pelat logam bermuatan negatif. Sebaliknya, pelat logam dengan reaktivitas lebih rendah akan sering menarik ion positif dari larutan elektrolit, yang kemudian akan menempel pada permukaannya dan membuat pelat bermuatan positif. Jika kedua pelat dihubungkan oleh penghantar, maka negatif akan mengalir dan menghasilkan arus listrik. Jumlah muatan positif dan negatif yang ada pada setiap pelat logam menentukan berapa banyak arus listrik yang mengalir melaluinya.

#### **b. Sel Elektrolisis**

Proses reaksi kimia yang menggunakan atau membutuhkan arus listrik terjadi dalam sel elektrolisis. Reaksi kimia dalam sel elektrolisis hanya dapat terjadi jika terjadi perbedaan potensial yang diinduksi secara eksternal. Sel ini, yang terdiri dari sumber arus searah, dihubungkan ke dua elektroda dengan anoda dan katoda dengan kawat penghantar, kemudian kedua ujung elektroda terendam dalam wadah berisi cairan elektrolit.

#### **2.2.4 Deret Volta**

Pengertian deret volta secara umum yaitu merupakan suatu urutan logam dari zat pereduksi terkuat ke zat pereduksi terlemah, atau sekumpulan elemen logam yang disusun menurut potensial reduksi standarnya ( $E^{\circ}$  red). Pada umumnya semua logam mempunyai sidat pereduksi karena cenderung kehilangan elektron atau teroksidasi. Adapun urutan deret volta yaitu :



Gambar 2.2 Deret Volta

Dalam deret volta semakin ke kiri suatu logam, sifat pereduksi logam semakin ke kiri akan kuat. Ion di sebelah kanan dapat direduksi oleh logam dalam deret volta, sedangkan ion di sebelah kiri tidak dapat direduksi.

### 2.2.5 Energi

Energi merupakan suatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tapi dapat dirasakan adanya. Energi, menurut Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007, adalah kemampuan untuk melaksanakan tugas atau memindahkan benda panas, cahaya, mekanika, kimia dan elektromagnetika. Pengertian sumber energi adalah sesuatu yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan energi, baik secara langsung maupun tidak langsung melalui proses konversi atau transformasi. Teknologi sistem konversi energi memungkinkan peralihan dari satu jenis energi ke jenis energi lainnya.

Perubahan internal sistem, seperti perubahan suhu, ekspansi/perubahan bentuk, dan perubahan fase, dapat disebabkan oleh penambahan energi. Berikut merupakan rumus menentukan energi listrik:

$$W = V \times I \times t$$

$$W = I^2 \times R \times t$$

$$W = \frac{V^2}{R} \times t$$

Keterangan :

W	= Energi Listrik	(Wh/Joule)
V	= Tegangan	(Volt)
I	= Kuat Arus	(Ampere)
R	= Hambatan	(Ohm)
t	= Waktu	(Sekon)

### 2.2.6 Rangkaian Listrik

Rangkaian listrik adalah jalur atau rangkaian di mana elektron dari sumber tegangan atau arus dapat mengalir. Elektron dapat mengalir melalui material penghantar arus yaitu konduktor seperti kabel yang terbuat dari tembaga, dan listrik terjadi karena proses perpindahan. Sumber daya listrik adalah tempat masuknya elektron ke dalam suatu rangkaian listrik, sedangkan beban listrik adalah sesuatu yang memanfaatkan listrik agar dapat berfungsi.

Rangkaian listrik memiliki dua jenis rangkaian yang dapat digabung maupun dikombinasikan. Rangkaian tersebut adalah rangkaian seri dan juga rangkaian paralel.

#### a. Rangkaian Seri

Rangkaian dengan komponen-komponen yang disusun dalam satu baris dan hanya satu jalur untuk arus listrik dikenal sebagai rangkaian seri. Contoh kasus terdapat dua buah beban listrik yang diwakilkan dengan resistor dalam satu rangkaian listrik. Namun, listrik disalurkan dari sumber listrik yang hanya melalui satu jalur kabel. Lebih jelasnya rangkaian seri disajikan pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Rangkaian Seri

Karena setiap elemen dalam rangkaian seri menerima jumlah arus listrik yang sama, maka rumus rangkaian seri adalah sebagai berikut:

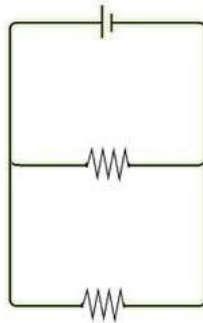
$$I_{masuk} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n = I_{keluar}$$

Resistansi keseluruhan rangkaian seri dihitung dengan menjumlahkan masing-masing resistansi menggunakan rumus di bawah ini:

$$R_{seri} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

## b. Rangkaian Paralel

Bagian-bagian dari suatu rangkaian listrik disusun secara paralel untuk membentuk rangkaian paralel bila terdapat beberapa saluran atau cabang listrik. Contoh singkat kitaambil dari kasus yang sama seperti yang ada pada rangkaian seri sebelumnya, sehingga terdapat masing-masing satu jalur untuk setiap resistornya seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Rangkaian Paralel

Sesuai yang ada pada hukum kirchoff I, ketika arus listrik masuk dan keluar sama besar. Rumus dibawah ini menunjukkan bahwa pada rangkaian paralel, nilai arus yang masuk ke cabang dan nilai arus yang keluar dari cabang adalah sama.

$$I_{masuk} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Menurut hukum Ohm, nilai resistansi total pada rangkaian paralel sama dengan jumlah resistansi terbalik dari masing-masing komponen., sehingga dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$\frac{1}{R_{pararel}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$