

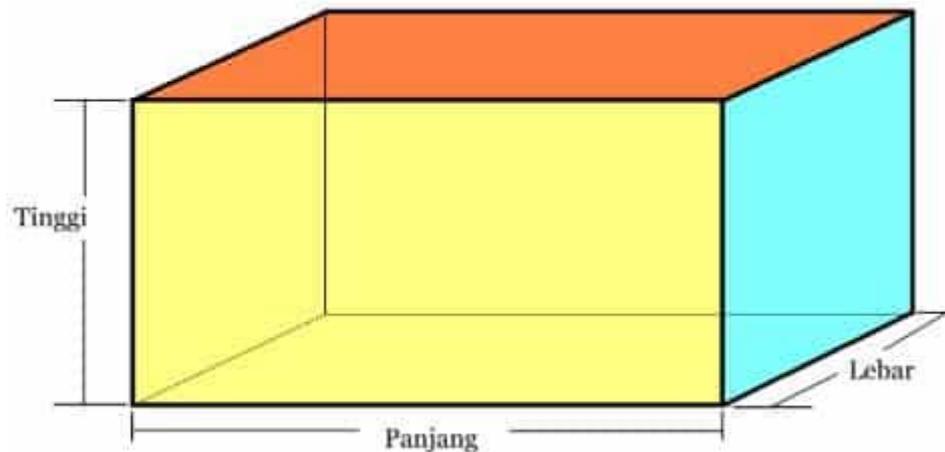
## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### 4.1 Sel Baterai

Sel baterai terdiri Anoda, Katoda, Elektrolit. Muatan Positif yang terdiri dari kation dan katoda, dimana Katoda (elektroda positif) sebagai tempat pergerakan kation (ion positif). Muatan Negatif yang terdiri dari anion dan anoda, dimana anoda sebagai tempat pergerakan anion (ion negatif).

Elektrolit merupakan komponen penting dari sel. Seringkali elektrolit hanya sebagai media untuk reaksi elektroda dan tidak muncul dalam reaksi sel, tetapi biasanya terjadi reaksi tertentu antara elektrolit dan material aktif yang tidak dapat dicegah. Sistem baterai yang menggunakan elektrolit air harus memiliki konduktivitas elektrolit cukup tinggi untuk mengurangi polarisasi IR (Internal Reaktansi) saat beroperasi.

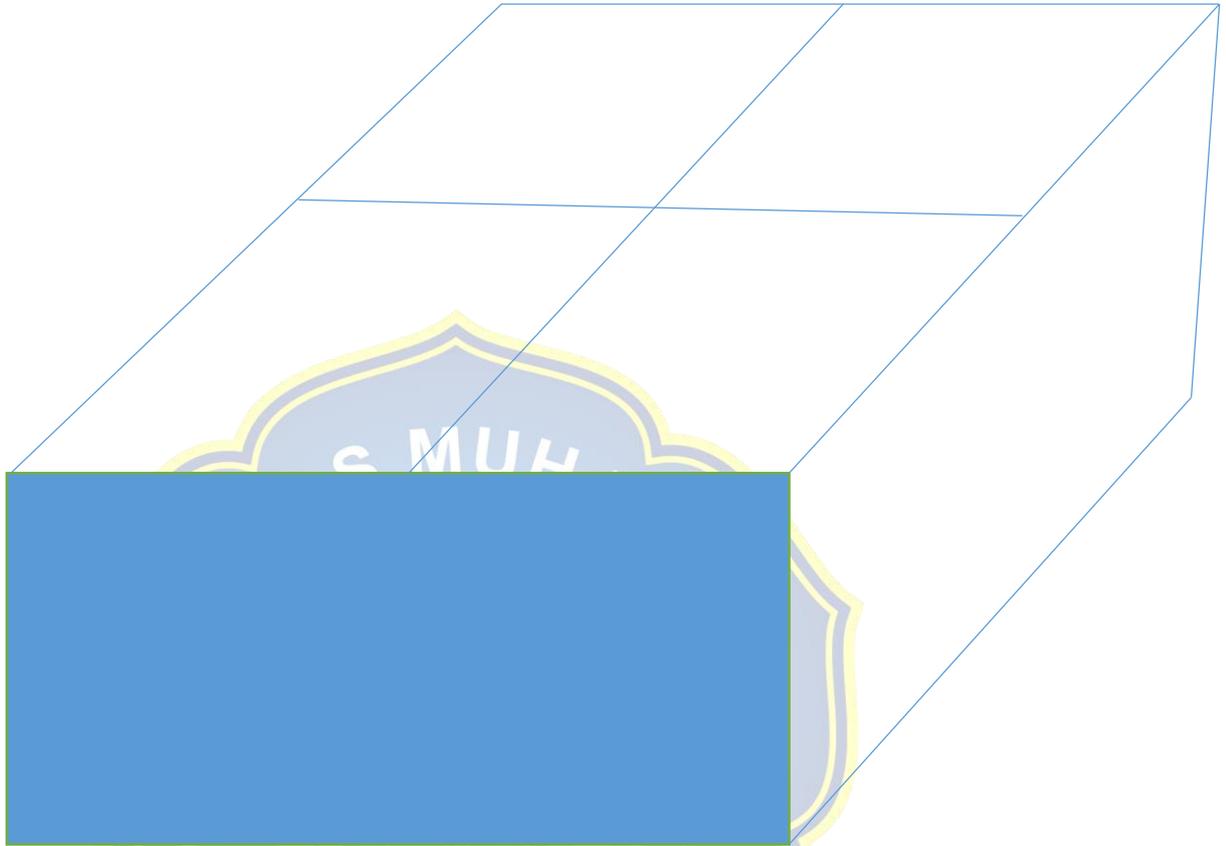


4.1 Desain Wadah Baterai Persell

Keterangan Balok :

1. Panjang = 10 cm
2. Lebar = 5 cm
3. Tinggi = 13 cm

Dengan dimensi volume  $500 \text{ Cm}^3$  per sell ,sebagai wadah elektrolit dengan volume 500 ml (milliliter).



#### 4.2 Desain Baterai *Full Sell*

Wadah baterai terdiri dari 4 kotak balok dengan volume  $500 \text{ Cm}^3$  perselnya .

Keterangan :

1. Panjang = 20 cm
2. Lebar = 10 cm
3. Tinggi = 13 cm

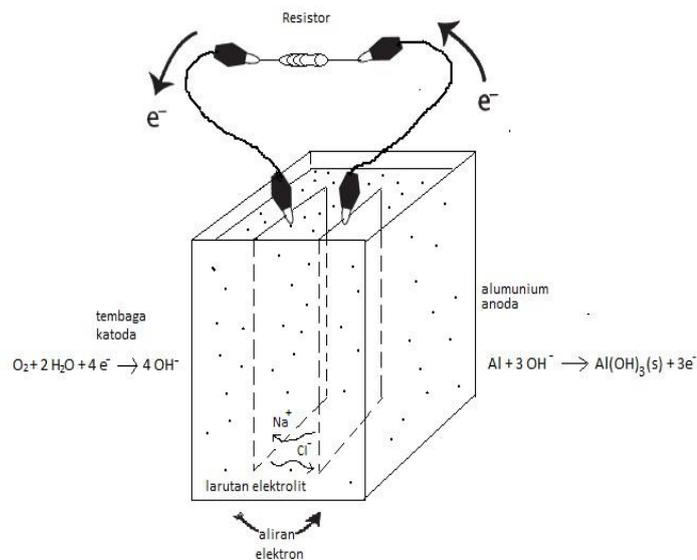


4.3 Gambar Baterai Air Laut

Masing-masing kutub baterai di susun secara seri dengan volume elektrolit sebanyak 500 ml. Proses yang terjadi ketika elektrolit dan elektroda (positif/negatif) berada pada satu keadaan dapat berlangsung reaksi elektrokimia yaitu reaksi redoks spontan. Dengan demikian elemen baterai dapat menghasilkan daya atau muatan yang diakibatkan oleh reaksi redoks.

#### 4.1.1 Reaksi Elektrokimia Sel Pada Baterai

Pada sel yang tersusun atas aluminium, tembaga dan larutan Natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ), elektron mengalir melalui larutan elektrolit dan rangkaian eksternal. Tembaga memiliki keelektronegatifan lebih besar dibandingkan dengan aluminium, sehingga elektron tertarik menuju tembaga. Tembaga dan aluminium masing-masing memiliki potensial standar sebesar +0,34 volt (Standard Hydrogen Electrode) dan -1,66 volt (SHE) (Linden & Reddy, 2002). Sedangkan didalam elektrolit, elektron yang dibawa oleh ion mengalir dari tembaga ke aluminium. Elektron dari tembaga akan mengisi kembali elektron yang hilang pada aluminium. Didalam larutan elektrolit, elektron mendapatkan energi potensial melalui serangkaian reaksi kimia sehingga elektron dapat mengalir dari tembaga ke aluminium.



Gambar 4.4 Aliran Elektron Didalam Sel Baterai Air Laut.

Tembaga bekerja sebagai sumber elektron didalam sel. Elektron melewati tembaga setelah mengalir dari beban. Selanjutnya, elektron pada tembaga akan mereduksi oksigen terlarut didalam elektrolit yang disebut dengan reaksi dissolve Oxygen. Pada anoda, aluminium teroksidasi menghasilkan elektron. Aluminium dan hidroksida bereaksi menghasilkan aluminium hidroksida  $Al(OH)_3(s)$  yang berupa endapan putih. Pada reaksi kimia sel, tembaga tidak ikut bereaksi. Elektron hanya melewati tembaga untuk dapat mereduksi oksigen. Tembaga dan aluminium dapat teroksidasi oleh oksigen terlarut didalam elektrolit. Hasil reaksi oksidasi tembaga oleh oksigen adalah cuprous oksida ( $Cu_2O$ ) dan hasil reaksi oksidasi aluminium oleh oksigen adalah aluminium hidroksida ( $Al(OH)_3$ ). Reaksi oksidasi aluminium oleh oksigen lebih banyak terjadi dari pada reaksi oksidasi tembaga karena nilai energi ikat oksidasi aluminium oleh oksigen lebih besar dibanding energi ikat oksidasi tembaga oleh oksigen. Energi potensial standart total oksidasi pada tembaga adalah 1,18 volt atau pada  $Cu^{2+}$  adalah 0,48 volt, sedangkan aluminium memiliki energi potensial standart sebesar 3,12 volt (Chasteen, Chasteen, & Doherty, 2008).

## 4.2 Pengaruh Massa Garam Terhadap Salinitas

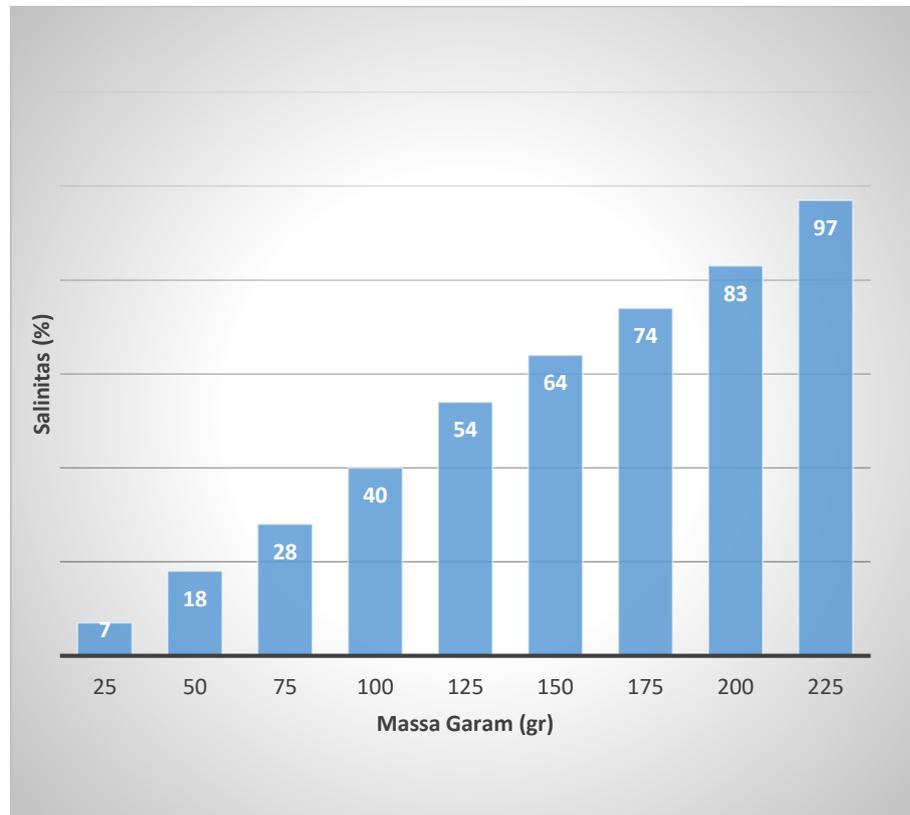
Berdasarkan hasil penelitian Seiring penambahan Massa Garam Salinitas Elektrolit juga semakin tinggi .

**4.1 Tabel Pengaruh Massa Garam Terhadap Salinitas.**

NO	Massa (gr)	Salinitas (%)
1	25	7
2	50	18
3	75	28
4	100	40
5	125	54
6	150	64
7	175	74
8	200	83
9	225	97

Pengambilan data dilakukan dengan melarutkan NaCl dengan Massa 25gr secara linier pada aquades (H<sub>2</sub>O) sebanyak 1 liter, Lalu di ukur salinitasnya menggunakan

salinometer (alat ukur salinitas). Dalam pengukuran ini dilakukan pada wadah yang cukup untuk menampung larutan elektrolit dengan volume 1 liter. Korelasi antara massa garam dan salinitas dapat dilihat pada grafik berikut:



Grafik 4.1 Korelasi antara Massa NaCl dan Salinitas

Dari proses percobaan penambahan massa NaCl sebanyak 25 gr secara linier sampai dengan massa 225 gr pada 1 liter *aquades*. Seiring penambahan massa NaCl Salinitas air laut sintetis semakin naik seiring penambahan masa garam, kenaikan salinitas dapat dilihat pada grafik diatas.

### 4.3 PENGARUH SALINITAS TERHADAP DAYA BATERAI

Baterai mengalirkan arus listrik karena terdapat beda potensial antara anoda dan katoda. Beda potensial ini dapat disebut sebagai tegangan baterai atau tegangan sel. Potensial standart sebuah sel ditentukan oleh tipe material aktif yang terdapat didalam sel. Potensial standart sel dapat diperoleh dari data energi bebas seperti pada tabel berikut :

**Tabel 4.2 Tabel Reaksi Elektroda Allumunium dan Tembaga**

Reaksi Elektroda	$E^0(V)$
$Cu^+ + e \rightleftharpoons Cu$	0,52
$Al^{3+} + 3e \rightleftharpoons Al$	-1,66

Elektroda yang memiliki potensial reduksi lebih kecil akan mengalami oksidasi, sebaliknya elektroda yang potensial reduksinya lebih besar akan mengalam reduksi. Suatu sel elektrokimia dapat terjadi secara spontan atau tidak spontan, dapat diperkirakan dari nilai potensial sel atau  $E^0$  sel. Jika potensial bernilai positif, maka reaksi berlangsung spontan. Sebaliknya jika potensial sel bernilai negatif maka reaksi tidak berlangsung spontan.

Daya listrik merupakan jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit atau rangkaian. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya listrik adalah:

$$P=V.I \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

V = Potensial (Volt)

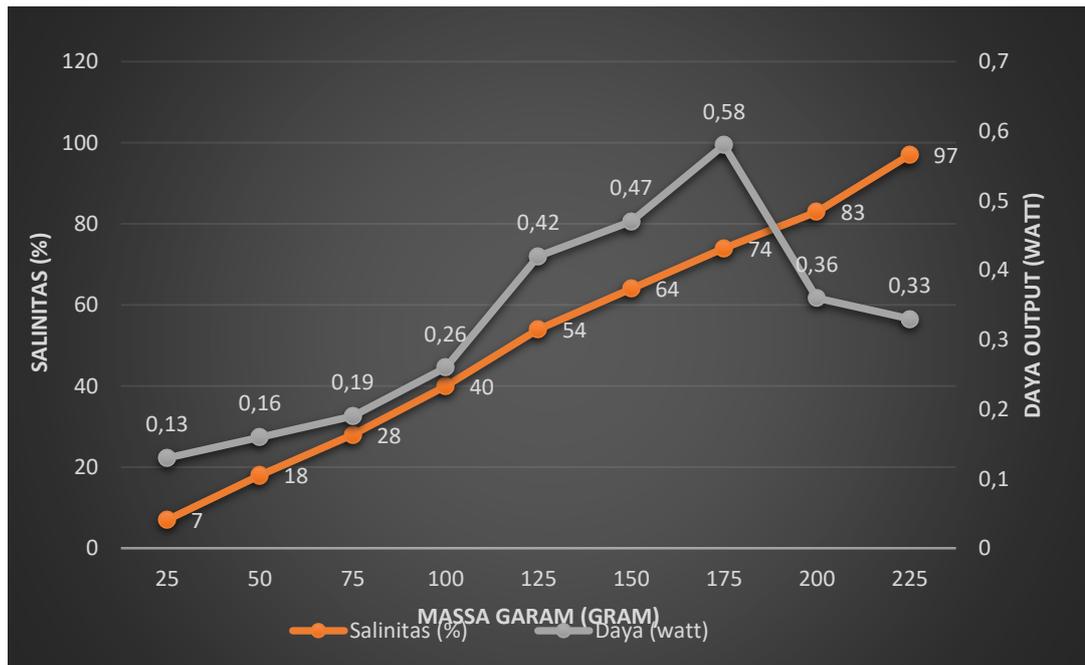
I = Arus (Ampere)

Berdasarkan hasil penelitian terhadap pengaruh salinitas terhadap daya yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga air garam sintetis sebagai energi alternatif terbarukan, didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.3 Pengaruh Salinitas Terhadap Daya Baterai.**

NO	Massa garam (g)	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Salinitas (%)	Daya (watt)
1	25	1,13	0,010	7	0,13
2	50	1,19	0,013	18	0,16
3	75	1,34	0,014	28	0,19
4	100	1,49	0,018	40	0,26
5	125	1,67	0,025	54	0,42
6	150	1,76	0,027	64	0,47
7	175	1,97	0,029	74	0,58
8	200	1,10	0,033	83	0,36
9	225	0,93	0,035	97	0,33

Pengambilan data dilakukan pada 9 keadaan salinitas yang berbeda . Dengan melarutkan garam kasar dengan massa 25 gr disetiap percobaan. Pengukuran salinitas dilakukan dengan menggunakan alat ukur salinometer . Pengukuran daya baterai dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus terlebih dahulu dengan alat ukur avo meter lalu di aplikasikan dengan persamaan (4) .Kenaikan dan penurunan daya baterai dapat di lihat pada grafik korelasi salinitas terhadap daya berikut ini :



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Salinitas Terhadap Daya Listrik

Gambar di atas merupakan grafik daya yang dihasilkan air garam sebagai sumber energi. Dari grafik, nilai daya tertinggi yang mampu dihasilkan air garam sebagai sumber energi listrik yaitu terdapat pada kadar garam 74 % dapat menghasilkan daya sebesar 0.058 Watt, sedangkan nilai daya terendah terdapat pada kadar garam 7 % dimana hanya mampu menghasilkan daya listrik sebesar 0,011 Watt. Proses penurunan daya pada salinitas 83 % dan 97 % diakibatkan oleh aquades yang sudah tidak bisa menguraikan NaCl menjadi Na(Natrium) dan Cl(chlor).

Hal tersebut dikarenakan makin banyak sel yang ada pada sel elektrokimia makin banyak pula potensial listrik dari penampang tembaga dan aluminium yang dihasilkan pada sel sehingga memperbesar daya listrik, sesuai dengan rumus dari daya listrik yaitu, daya sama dengan hasil perkalian antara potensial listrik dengan arus listrik. Maka, makin besar potensial listriknya makin besar pula daya yang dihasilkan. Begitupun sebaliknya antara potensial dan arus listrik sama-sama dapat memperbesar nilai daya listrik apabila nilainya besar dan besarnya nilai potensial dan arus listrik salah satunya tergantung dari besarnya nilai luas penampang katoda dan anoda pada sel elektrokimia.

#### 4.4 PENGOSONGAN BATERAI

Secara umum, energi (E) dalam Watt hour (Wh) yang dihasilkan dari baterai dapat ditentukan dengan persamaan.

$$E = \int_0^t U(t) \cdot I(t) dt \dots\dots\dots \text{Persamaan (5)}$$

Keterangan

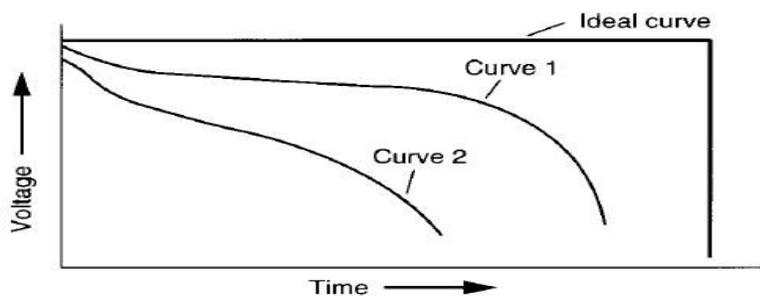
U : Tegangan (V)

I : Arus *discharge* (A)

t : Waktu *discharge* (detik)

Pengukuran kapasitas sering dilakukan pada beban konstan dan keluaran energi dihitung dengan mengalikan kapasitas terukur dengan tegangan discharge. Oleh karena terbentuk integrasi yang tepat sesuai dengan persamaan (5) atau digunakan tegangan rata-rata. Istilah yang sesuai adalah :

- Tegangan *discharge* awal : tegangan pada saat beban diberikan
- Tegangan rata-rata *discharge* : rata-rata perkiraan tegangan selama discharge keseluruhan
- Tegangan *dischargemidpoint* : tegangan setelah 50% dari kapasitas setelah discharge (Kiehne, 2003).



Gambar 4.5 Karakteristik kurva discharge baterai (Linden & Reddy, 2002)

Tegangan awal sel yang terhubung dengan beban nilainya lebih rendah dari nilai teoritisnya dikarenakan resistansi internal, drop IR (Internal Reaktansi) dan juga pengaruh polarisasi pada kedua elektroda. Tegangan juga mengalami drop selama

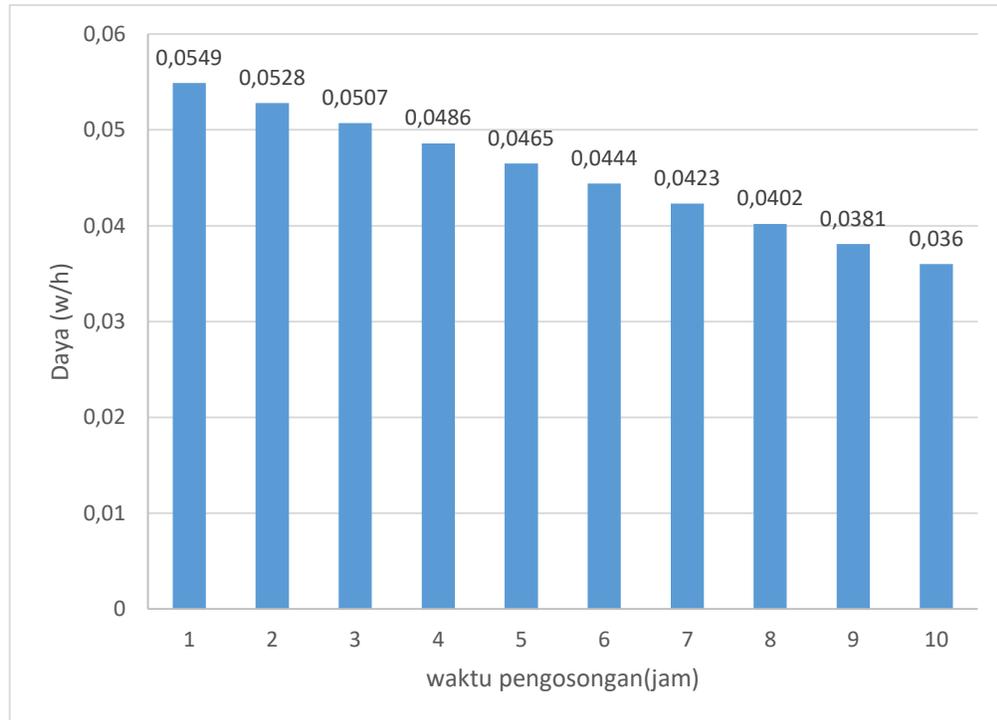
discharge ketika resistansi meningkat disebabkan akumulasi produk discharge, aktivasi, konsentrasi, polarisasi dan faktor lain yang berhubungan. Kurva 1 sama dengan kurva 2, tapi kurva 2 menggambarkan sebuah sel dengan resistansi internal yang lebih tinggi atau laju discharge lebih tinggi atau keduanya dibanding kurva 1. Ketika resistansi sel atau arus discharge meningkat, tegangan discharge menurun.

Pengambilan data discharging ini menggunakan Sel baterai dengan Salinitas 74 % ,Tegangan = 1,97 V, Arus = 0,029 A, dan Daya = 0.058 W. Pengambilan data diambil setiap 1 jam sekali selama 10 jam ,untuk mengetahui penurunan daya pada baterai digunakan beban LED dengan  $V_{led} = 1,5$  , $R_{led} = 10$  ohm.

#### 4.4 Tabel Pengosongan Baterai Air Laut Sintetis dengan Salinitas 74%

waktu pengosongan (jam)	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Daya (w/h)
1	1.965	0,028	0,0549
2	1.951	0,027	0,0528
3	1.947	0,026	0,0507
4	1.943	0,025	0,0486
5	1.939	0,024	0,0465
6	1.935	0,023	0,0444
7	1.931	0,022	0,0423
8	1.927	0,021	0,0402
9	1.923	0,020	0,0381
10	1.919	0,019	0,0360
Total pengosongan 10 jam	0,051	0,010	0,022

Grafik Pengosongan baterai (*Discharging*) dapat di lihat dari grafik berikut



#### 4.4 Grafik pengosongan daya baterai selama 10 jam

Proses penurunan daya disebabkan oleh

Tegangan awal *discharge* = 0,05 v

Tegangan Rata- rata = 0,0031 v

Tegangan *discharge* midpoint = 1,935 v

Contoh Perhitungan muatan baterai menggunakan persamaan 4 :

#### Contoh 1.

$$E = \int_0^t U(t) \cdot I(t) dt$$

Diketahui :

1. T = 1 jam = 3600 detik
2. U = 1,965 volt

3.  $I = 0,028$  ampere

Ditanya E : .....

Jawab :

$$E = \int_0^t U(t) \cdot I(t) dt$$
$$= \int_0^{3600} 1,965 * 0,028 * 3600 dt$$
$$= 198,072 \text{ Joule}$$

**Contoh 2.**

$$E = \int_0^t U(t) \cdot I(t) dt$$

Diketahui :

1.  $T = 1$  jam = 3600 detik
2.  $U = 1,951$  volt
3.  $I = 0,027$  ampere

Ditanya E = .....

Jawab :

$$E = \int_0^t U(t) \cdot I(t) dt$$
$$= \int_0^{3600} 1,951 * 0,027 * 3600 dt$$
$$= 189,6372 \text{ Joule}$$

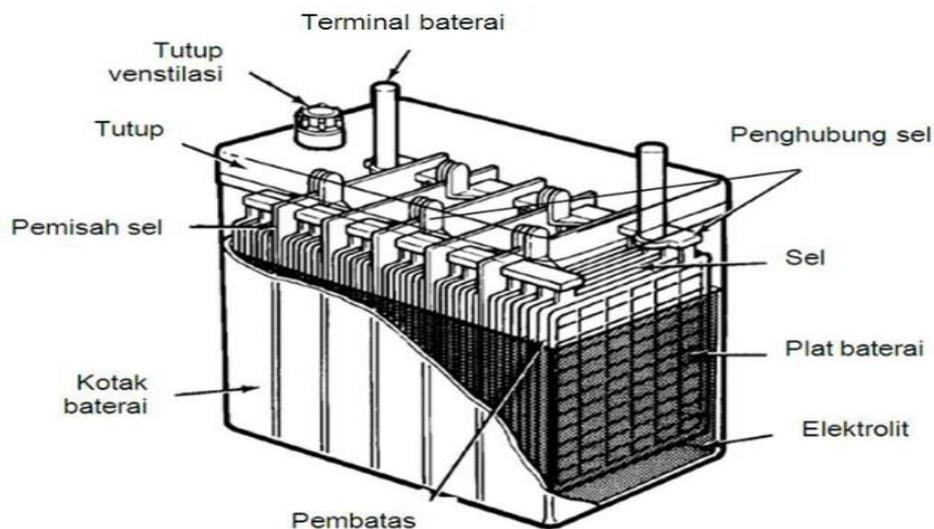
Pelepasan Muatan Sendiri Baterai (*Self Discharge*) *Self discharge* artinya hilangnya muatan sedikit demi sedikit pada elektroda positif dan negatif ketika baterai tidak digunakan. Reaksi self discharge dengan S adalah material anoda dengan elektrolit cair. yaitu  $S + 2H_2O \rightarrow S(OH)_2 + H_2 + \text{panas}$

*Self discharge* dapat juga disebabkan oleh bahan yang dapat teroksidasi atau tereduksi dalam elektrolit ketika mencapai elektroda negatif dan positif. Efek ini disebut sebagai *suttle. Self discharge* memiliki pengaruh pada baterai diantaranya yaitu :

1. Mengurangi efisiensi anoda dan kapasitas anoda, karena logam tidak dapat seluruhnya digunakan untuk menghasilkan arus .
2. Peningkatan gas hidrogen yang disebabkan oleh *self discharge*. Hidrogen mengaduk elektrolit dekat permukaan, hal tersebut dapat mempercepat *selfpeeling* hasil *discharge*.
3. Panas yang ditimbulkan dari *self discharge* menyebabkan kinerja baterai menjadi rendah karena kenaikan temperatur.

#### 4.5 Perancangan Prototipe Baterai

Dalam perancangan ini menggunakan lebih banyak sel yaitu 6 sel dengan tujuan agar daya yang dihasilkan oleh baterai semakin besar sehingga dapat di gunakan sebagai sumber energi bagi alat-alat elektronik. Elektrolit pada salinitas optimum yaitu 74 % digunakan sebagai elemen baterai pada prototype.



Gambar 4.6 Rangkaian Baterai Air Laut Sintetis Menggunakan 6 Sel

#### 4.5 Tabel Elemen Baterai

No	Salinitas	Banyak Elektroda Positif Persel	Banyak Elektroda Negatif Persel	Banyak Sel Baterai
1	74 %	5	5	6

#### 4.6 Perangkaian Elektroda

Elektroda berfungsi sebagai penghantar muatan listrik . dalam baterai laut ini kutup positif menggunakan tembaga dan kutub negatif menggunakan alluminium . tembaga dan alluminium disusun secara seri dengan saparator atau skat pemisah dengan jarak 0,5 cm .dalam penyusunan elektroda semakin banyak elektroda yang di rangkai akan semakin besar daya listriknya karna konsleting yang semakin banyak antar elektroda positif dan negatif . Ukuran elektroda dalam prototype ini yaitu : Panjang = 16 cm dan lebar = 4cm .

#### 4.7 Elektrolit

Elektrolit merupakan komponen penting dari sel bataerai. Seringkali elektrolit hanya sebagai media untuk reaksi elektroda dan tidak muncul dalam reaksi sel, tetapi biasanya terjadi reaksi tertentu antara elektrolit dan material aktif yang tidak dapat dicegah.

Dalam pengujian yang telah dilakukan sebelumnya telah didapatkan nilai salinitas yang optimal untuk menghasilkan energi listrik . Dengan massa garam 175 gr menghasilkan nilai salinitas 74 % dan merupakan nilai salinitas yang optimal untuk di gunakan sebagai penghasil daya listrik pada prototipe.

#### 4.8 Reaksi Pada Baterai Laut

Pada saat elemen baterai bersatu antara elektroda positif, elektroda negatif, dan elektrolit akan berlangsung suatu reaksi kimia yaitu reaksi redoks spontan menghasilkan energi listrik. Energi listrik dihasilkan karena adanya proses penerimaan dan pelepasan elektron atau suatu peristiwa yang biasa disebut dengan reaksi oksidasi dan reaksi reduksi.

Pada reaksi kimia sel, Elektroda tembaga tidak ikut bereaksi. Elektron melewati elektroda tembaga untuk dapat mereduksi oksigen. Tembaga dan aluminium dapat teroksidasi oleh oksigen terlarut didalam elektrolit. Hasil reaksi oksidasi tembaga oleh oksigen adalah *cuprous okside* ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) dan hasil reaksi oksidasi aluminium oleh oksigen adalah aluminium hidroksida ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ). Reaksi oksidasi aluminium oleh oksigen lebih banyak terjadi dari pada reaksi oksidasi tembaga karena nilai energi ikat oksidasi aluminium oleh oksigen lebih besar dibanding energi ikat oksidasi tembaga oleh oksigen.

Didalam sel listrik yang terdapat pada baterai berlangsung proses elektrokimia yang bersifat reversibel (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Proses elektrokimia reversibel maksudnya yaitu terdapat proses perubahan energi kimia menjadi energi listrik (proses pengosongan) dan juga terjadi proses perubahan energi listrik menjadi energi kimia (proses pengisian) dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan cara melewatkan arus listrik pada arah polaritas yang berlawanan didalam sel.

#### 4.9 Hasil Pengujian Daya Baterai Pada Prototipe

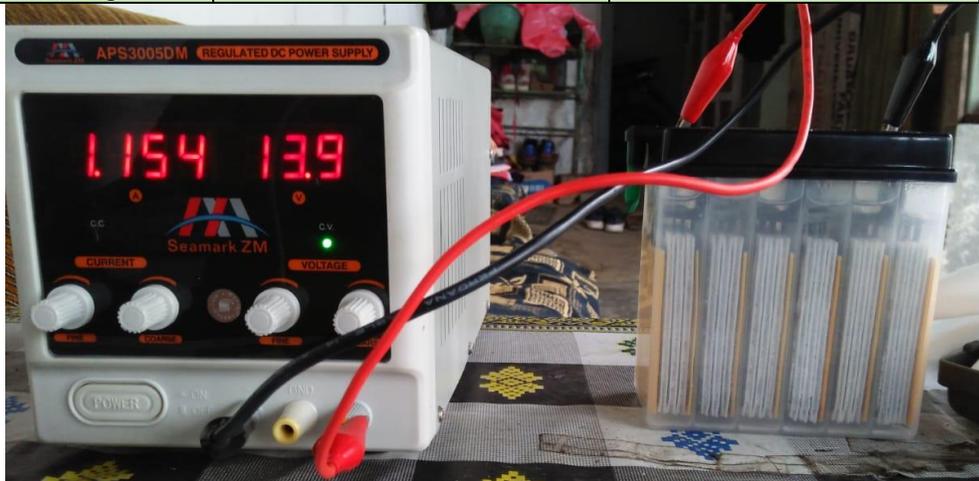
Kondisi Baterai pada saat belum di *charging* adalah  $V=4,44$  Volt ,belum bisa digunakan untuk menghidupkan bebab LCD pada modul yang tegangan minimumnya adalah  $V=6$  volt dan  $I=0,031$  Ampere .



4.7 Gambar Kondisi Tegangan Baterai Sebelum *Charging*

Proses *Charging* dengan menggunakan tegangan sebesar 14 Volt dan Arus Pengisian Sebesar 1,154 Ampere. *Power Supply* dengan Kapasitas 33 Volt digunakan sebagai penyuplai daya pada baterai.

NO	JAM (H)	TEGANGAN (V)
1	1	4,19
2	2	5,81
3	3	7,21
4	4	8,59
5	5	9,89
6	6	11,32
Total Pengisian	6 Jam(H)	7,13 V

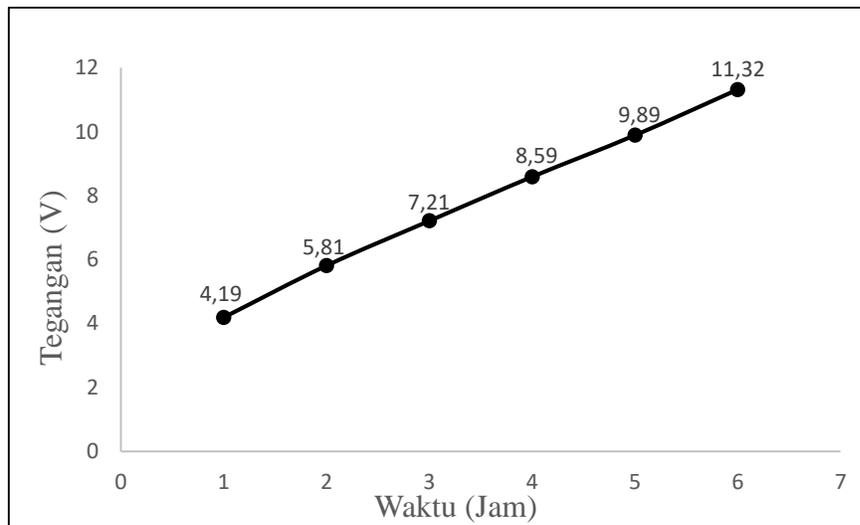


4.8 Gambar Kondisi Awal Pengisian

Pengambilan data dilakukan setiap 1(satu) jam sekali dengan mengukur tegangan pada baterai menggunakan avometer dan melihat indikator arus pada *power supply*.

#### 4.6 Tabel Pengisian Tegangan Baterai

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Pengisian Pada Tegangan} &= \text{Total pengisian/Lama Pengisian} \\
 &= 7,13/6 \\
 &= 1,188 \text{ VH}
 \end{aligned}$$



### Karakteristik Charging Pada Tegangan Baterai Perjam

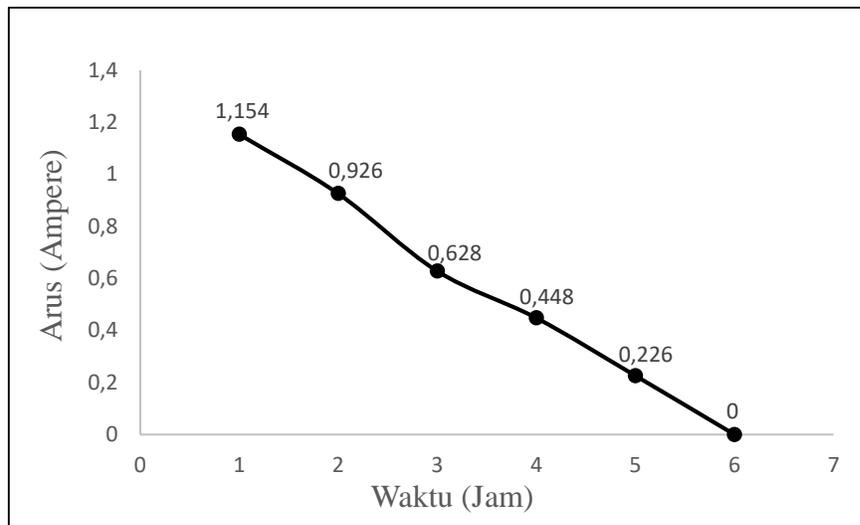


### 4.7 Tabel Pengisian Arus Baterai

NO	JAM (H)	ARUS (AMPERE)
1	1	1,154
2	2	0,926
3	3	0,628
4	4	0,448
5	5	0,226
6	6	0
<b>Total Pengisian</b>	<b>6 Jam(H)</b>	<b>1,154</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata Pengisian Arus} &= \text{Total pengisian/Lama Pengisian} \\
 &= 1,154/6 \\
 &= 0,19 \text{ AH}
 \end{aligned}$$

### Grafik Karakteristik Pengisian Arus Baterai Perjam



Total Pengisian Daya selama 6 Jam = Total (Tegangan \* Arus) Selama Pengisian

$$= 7,13 * 1,154$$

$$= 8,22 \text{ WH}$$

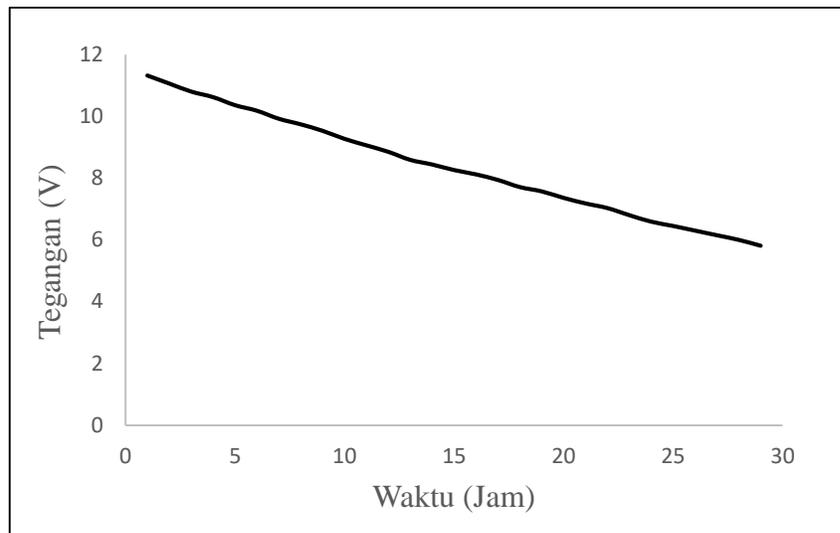
#### 4.8 Tabel Pengosongan Baterai Menggunakan Beban LCD dengan Tegangan LCD= 6 Volt, Daan Arus LCD= 0,031 Ampere

NO	JAM (H)	TEGANGAN V
1	1	11,32
2	2	11,06
3	3	10,8
4	4	10,62
5	5	10,36
6	6	10,18
7	7	9,92
8	8	9,74
9	9	9,53
10	10	9,27
11	11	9,06

12	12	8,85
13	13	8,59
14	14	8,44
15	15	8,26
16	16	8,12
17	17	7,94
18	18	7,71
19	19	7,57
20	20	7,36
21	21	7,18
22	22	7,03
23	23	6,8
24	24	6,59
25	25	6,45
26	26	6,3
27	27	6,15
28	28	6
29	29	5,81
Total Pengosongan	29 JAM (H)	5,51 V

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Penurunan Tegangan Perjam} &= 5,51/29 \\ &= 0,19 \text{ V/H} \end{aligned}$$

Pengosongan Baterai Menggunakan Beban LCD dengan Tegangan LCD= 6 Volt,  
Dan Arus LCD= 0,031 Ampere



Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali, Parameter yang diukur pada saat pengosongan adalah tegangan . Pada saat baterai sudah tidak bisa menghidupkan LCD pengukuran selesai dan pada kondisi ini adalah kondisi baterai perlu di *charging* ulang.

Proses charging ulang dengan perlakuan sebagai berikut:

1. Membuang elektrolit yang telah digunakan.
2. Membersihkan elektroda sel baterai dengan air panas sampai sel elektroda benar-benar bersih dari NaCl yang terendap pada saporator(skaf pemisah elektroda positif dan elektroda negatif).
3. Mengisi Elektrolit baru .
4. *Charging* sesuai dengan perlakuan sebelumnya .

Perlakuan tersebut di tujukan agar baterai dapat digunakan secara maksimal.