

LAMPIRAN 1
DATA PENGAMATAN

Tabel 10. Ketinggian H₂ pada Tabung Penampung H₂

No.	gr NaCl	h H ₂ (cm)	P		mol NaCl	volume Air (L)	Konsentrasi NaCl (Mol/L)
			mmHg	atm			
1	10	28	424	1,5578	0,1709	6	0,0285
2	20	30	432	1,5684	0,3419		0,0570
3	30	32	572	1,7526	0,5128		0,0855
4	40	36	612	1,8053	0,6838		0,1140
5	50	39	645	1,8487	0,8547		0,1425

Tabel 11. Kondisi Operasi Alat *Prototype Water Electrolyzer*

Tegangan (Volt)		Arus Listrik (Amper)		Waktu Elektrolisis (menit)
Teori	Praktikum	Teori	Praktikum	
13,3	13,1	6	5	20

Tabel 12. Hasil Analisa Produk Menggunakan *Gas Chromatography*

Parameter	Unit	NaCl 10%	NaCl 20%	NaCl 30%	NaCl 40%	NaCl 50%
Karbon Dioksida	%mol	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
Oksigen		10,86	11,23	11,50	11,60	12,20
Nitrogen		12,13	10,78	10,23	10,02	9,27
Hidrogen		76,94	77,92	78,20	78,31	78,45

Sumber: Dianalisis di Laboratorium Kontrol Produksi PT. PUSRI, 2016

LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN

1. Volume Penampung Air Umpan

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 27 \text{ cm} \\ \text{Lebar} &= 13 \text{ cm} \\ \text{Tinggi} &= 17 \text{ cm} \\ \text{Volume} &= p \times l \times t \\ &= 27 \text{ cm} \times 13 \text{ cm} \times 17 \text{ cm} \\ &= 5967 \text{ cm}^3 = 5,967 \text{ Liter}\end{aligned}$$

2. Volume Tabung Penampung Gas H₂ dan O₂

$$\begin{aligned}\text{Tinggi Tabung} &= 27 \text{ cm} \\ \text{Diameter Tabung} &= 13 \text{ cm} \\ \text{Jari-jari Tabung} &= 6,5 \text{ cm} \\ \text{Volume tabung} &= \pi r^2 t \\ &= 3,14 \times 6,5^2 \text{ cm} \times 27 \text{ cm} \\ &= 3581,955 \text{ cm}^3 \\ &= 3,58 \text{ dm}^3 (\text{liter})\end{aligned}$$

3. Konsentrasi Larutan NaCl

$$\begin{aligned}m \text{ NaCl} &= 10 \text{ gram} \\ \text{BM NaCl} &= 58,5 \text{ gr/mol} \\ V \text{ air} &= 6 \text{ L} \\ \text{mol NaCl} &= \frac{m \text{ NaCl}}{\text{BM NaCl}} \\ &= \frac{10 \text{ gram}}{58,5 \text{ gr/mol}} \\ &= 0,1709 \text{ mol} \\ M \text{ NaCl} &= \frac{\text{mol}}{V} \\ &= \frac{0,1709 \text{ mol}}{6 \text{ L}} \\ &= 0,0285 \text{ mol/L}\end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 13. Konsentrasi Larutan NaCl

Massa NaCl (gr)	BM NaCl (gr/mol)	Mol NaCl	Konsentrasi NaCl (mol/L)
10		0,1709	0,0285
20		0,3419	0,0569
30	58,5	0,5128	0,0855
40		0,6838	0,1139
50		0,8547	0,1424

4. Konversi Tekanan pada Tabung Penampung Gas H₂

$$P \text{ (mmHg)} = 424$$

$$P \text{ (atm)} = \frac{424+760}{760} \text{ atm}$$

$$= 1,5578 \text{ atm}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama untuk seluruh data, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 14. Tekanan Gas H₂

P (mmHg)	P (atm)
424	1,5578
432	1,5684
572	1,7526
612	1,8053
645	1,8487

5. Jumlah Gas H₂ yang Dihasilkan

a. Secara Teori

Jumlah gas H₂ yang dihasilkan dapat dihasilkan dengan perhitungan menggunakan persamaan reaksi untuk mendapatkan mol reaksi secara teoritis.

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{O} &= V \text{ air} \times \\ &= 6 \text{ liter} \times 0,998 \text{ gr/ml} \\ &= 5998 \text{ gr} \\ \text{Mol H}_2\text{O} &= \frac{\text{gr}}{\text{BM}} \\ &= \frac{5998 \text{ gr}}{18 \text{ gr/mol}} = 332,6667 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{NaCl}_{(aq)} \longrightarrow 2\text{H}_2_{(g)} + 2\text{Na}_{(s)} + \text{O}_2_{(g)} + \text{Cl}_2_{(g)}$$

Mula-mula:	332,6667	0,1709	-	-	-	
Bereaksi :	0,1709	0,1709	0,1709	0,1709	0,0855	0,0855
Sisa :	332,4957	-	0,1709	0,1709	0,0855	0,0855

Dengan menggunakan rumus gas ideal maka didapat volume gas H₂:

$$PV = nRT$$

$$\frac{V}{n} = \frac{RT}{P}$$

Keterangan:

P = Tekanan Tabung Penampung Gas (atm)

V = Volume Gas Penampung (Liter)

n = Mol gas H₂ (mol)

R = Konstanta Gas 0,082 L·atm·K⁻¹·mol⁻¹

T = Suhu (K)

$$\frac{V}{n} = \frac{0,082 \frac{\text{L atm}}{\text{mol K}} \times 298 \text{ K}}{1,5578 \text{ atm}}$$

$$\frac{V}{n} = 15,6853 \text{ L/mol}$$

$$V = 15,6853 \text{ L/mol} \times 0,1709 \text{ mol}$$

$$V = 3,7146 \text{ L}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, untuk data selanjutnya didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 15. Volume Gas H₂ Secara Teori

Mol H ₂ O	Mol NaCl	Mol H ₂	Suhu (K)	V/n (L/mol)	V (L)
	0,1709	0,1709	298	15,6853	3,7146
	0,3419	0,3419	298	15,5800	5,3265
332,6667	0,5128	0,5128	298	13,9425	7,1500
	0,6838	0,6838	298	13,5360	9,2554
	0,8547	0,8547	298	13,2180	11,2975

b. Secara Praktik

Dari hukum Archimedes yang berbunyi: “Jika sebuah benda dicelupkan ke dalam zat cair, maka benda tersebut akan mendapat gaya yang disebut gaya apung (gaya

ke atas) sebesar berat zat cair yang dipindahkannya.” Kita dapat menentukan massa suatu benda yang masuk ke dalam cairan dengan melihat jumlah cairan yang berpindah ketika benda tersebut dimasukkan, tetapi jika benda tersebut dalam fase gas akan sulit untuk menentukan massanya. Jumlah cairan yang berpindah juga dapat dihitung sebagai volume, sehingga jika benda tersebut adalah fase gas maka kita dapat menentukan volumenya sesuai dengan volume cairan yang dipindahkannya.

Jika diasumsikan bahwa sejumlah volume air yang berpindah adalah sama dengan sejumlah volume gas yang masuk, maka volume gas yang masuk dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$V = r^2 t$$

Keterangan:

V = Volume silinder (L)

r = jari-jari (cm)

= konstanta lingkaran (3,14)

t = ketinggian air yang berpindah (cm)

$$V_{H_2} = 3,14 \times (6,5)^2 \text{ cm} \times 28 \text{ cm}$$

$$V_{H_2} = 2618,2 \text{ cm}^3$$

$$V_{H_2} = 2,6812 \text{ Liter}$$

Debit gas H_2 yang dihasilkan yaitu:

t = 20 menit = 1200 sekon

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$= \frac{2,6182 \text{ L}}{20 \text{ menit}}$$

$$= 0,1857 \text{ L/menit}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, untuk data selanjutnya didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 16. Volume Gas H_2 Secara Praktikum

Tinggi tabung (cm)	Jari-jari tabung (cm)	Volume gas		Debit (L/menit)
		Cm^3	Liter	
28	6,5	2618,2	2,6182	0,1857
30		3980,0	3,9800	0,1990
32		4245,3	4,2453	0,2123
36		4775,9	4,7759	0,2388
39		5173,9	5,1739	0,2587

6. Nilai Potensial Sel yang digunakan pada Proses Elektrolisis

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{Red}{Oks}$$

(sumber: Nernst, 2014)

Dimana:

E = Potensial Sel (V)

E^0 = Potensial Reduksi (V)

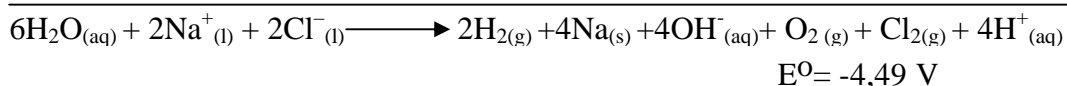
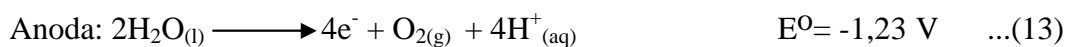
R = Konstanta Gas $0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

T = Suhu (K)

F = Kontanta Faraday (96500)

n = Jumlah mol gas yang dihasilkan (mol)

Reaksi:



Diketahui:

$$[\text{H}_2] = \frac{0,1709 \text{ mol}}{6 \text{ L}} = 0,0285 \text{ mol/L}$$

$$[\text{O}_2] = \frac{0,0855 \text{ mol}}{6 \text{ L}} = 0,0142 \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cl}_2] = \frac{0,0855 \text{ mol}}{6 \text{ L}} = 0,0142 \text{ mol/L}$$

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{Red}{Oks}$$

$$E = 4,49 - 0,1502 \ln \frac{(0,0285 \frac{\text{mol}}{\text{L}})}{0,0142 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,0142 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}$$

$$E = 4,49 - 0,1502 (4,9445)$$

$$E = 3,7473 \text{ V}$$

Untuk hasil masing-masing konsentrasi NaCl menggunakan rumus yang sama dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 17. Nilai E sel pada Produk H₂

Variasi Konsentrasi NaCl (%wt)	RT/nF	$\ln \frac{\text{Red}}{\text{Oks}}$	E sel (V)
10	0,1502	4,9445	3,7473
20	0,0751	4,2513	4,1707
30	0,0500	3,8459	4,2974
40	0,0375	3,5582	4,3563
50	0,0300	3,3351	4,3898

Daya yang Disuplai

Secara Teori

Diketahui :

$$V = 13,3 \text{ Volt}$$

$$I = 6 \text{ Amper}$$

$$P = I.V$$

$$= 79,8 \text{ Watt}$$

Secara Praktek

$$V = 13,1 \text{ Volt}$$

$$I = 5 \text{ Amper}$$

$$P = I.V$$

$$= 65,5 \text{ Watt}$$

7. Efisiensi Elektrik dan % Heat Loss

$$\% \text{ Efisiensi Elektrik} = \frac{\text{Daya yang digunakan}}{\text{Daya yang disuplai}} \times 100 \%$$

$$= \frac{65,5 \text{ watt}}{79,8 \text{ watt}} \times 100\%$$

$$= 82,0802\%$$

$$\% \text{ Heat Loss} = \frac{\text{Energi yang disuplai} - \text{Energi yang digunakan}}{\text{Energi yang disuplai}} \times 100\%$$

$$= \frac{79,8 - 65,5 \text{ watt}}{79,8 \text{ watt}} \times 100 \%$$

$$= 17,9198\%$$

$$\text{SFC} = \frac{W}{n}$$

Keterangan:

W: Energi yang digunakan untuk proses elektrolisis

n : mol gas hidrogen yang dihasilkan

$$W = V.i.t$$

$$= 13,1 \text{ Volt} \cdot 5 \text{ Amper} \cdot 1200 \text{ detik}$$

$$= 78600 \text{ Joule}$$

$$= 78,6 \text{ kJ}$$

$$\text{sehingga, SFC} = \frac{78,6 \text{ kJ}}{0,1709 \text{ mol}}$$

$$= 459,81 \text{ kJ/mol}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 18. Nilai SFC (*Specific Fuel Consume*) Terhadap Volume Gas Hidrogen yang Dihasilkan Secara Teori dan Praktek

Variasi Konsentrasi NaCl (% wt)	SFC (kJ/mol)	Volume gas H ₂ (L)	
		Teori	Praktek
10	459,81	3,7146	2,6812
20	229,905	5,3265	3,9800
30	153,27	7,1500	4,2453
40	114,9525	9,2554	4,7759
50	91,962	11,2975	5,1739

LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI PENELITIAN

1. Komponen Alat *Prototype Water Electrolyzer*



Gambar 15. Alas Tabung Penampung Gas



Gambar 16. Tabung Penampung Gas Hidrogen dan Oksigen



Gambar 17. Box Panel



Gambar 18. Penampung Bahan Baku

2. Proses Pembuatan Alat *Prototype Water Electrolyzer*



Gambar 19. Pembuatan Kerangka Alat



Gambar 20. Alat *Prototype Water Electrolyzer*

3. Pengoperasian Alat *Prototype Water Electrolyzer*



Gambar 21. A) Pencampuran Larutan NaCl dengan Bahan Baku Air 6 Liter, B) Memasukkan Bahan Baku ke dalam Alat *Prototype Water Electrolyzer*, C) Pengisian Tabung Penampung Gas Hidrogen dan Oksigen, D) Penampungan Produk Gas Hidrogen ke dalam Sampel Bag, E) Produk Gas Hidrogen, F) Nyala Api yang Dihasilkan pada Gas Hidrogen