

LAMPIRAN I DATA PENGAMATAN

1. Data Hasil Produksi Gas Hidrogen pada Reaktor ACE dengan Massa Al 10 gram

Konsentrasi KOH= 1 M Tegangan= 12 V
 Volume Awal = 13000 ml Arus = 12,47 A
 Volume Akhir = 12800 ml
 pH awal = 13,97
 pH akhir = 13,94

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (°C)	Waktu (detik)
1	20	36	78
2	25	36	93
3	30	37	122
4	35	36	155
5	40	36	178
6	45	37	195
7	50	37	245
8	55	38	268
9	60	38	290

a. Dengan Pemanfaatan Sirkulasi Sisa Larutan KOH

Massa Aluminium = 10 gr Tegangan= 12 V
 Volume Awal = 12800 ml Arus = 12,43 A
 Volume Akhir = 12350 ml
 pH awal = 13,94
 pH akhir = 13,25

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (°C)	Waktu (detik)
1	20	35,4	83
2	25	35,8	102
3	30	36	135
4	35	35,6	168
5	40	35,8	192
6	45	35,4	211
7	50	35,6	252
8	55	35,8	283
9	60	36	312

b. Dengan Pemanfaatan Regenerasi Sisa Larutan KOH

Massa Aluminium = 10 gr Tegangan = 12 V
 Volume Awal = 12350 ml Arus = 12,48 A
 Volume Akhir = 12250 ml
 pH awal = 13,98
 pH akhir = 13,93

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (°C)	Waktu (detik)
1	20	37	75
2	25	37	90
3	30	36	118
4	35	36	153
5	40	37	175
6	45	37	188
7	50	37	240
8	55	37	267
9	60	37	288

2. Data Hasil Produksi Gas Hidrogen pada Reaktor ACE dengan Massa Al 30 gram

Konsentrasi KOH = 1 M Tegangan = 12 V
 Volume Awal = 13000 ml Arus = 12,51 A
 Volume Akhir = 12750 ml

pH awal = 13,97
pH akhir = 13,91

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (°C)	Waktu (detik)
1	20	41	65
2	25	41	84
3	30	42	97
4	35	41	110
5	40	41	137
6	45	41	158
7	50	42	175
8	55	42	194
9	60	42	210

a. Dengan Pemanfaatan Sirkulasi Sisa Larutan KOH

Massa Aluminium = 30 gr Tegangan = 12 V
Volume Awal = 12750 ml Arus = 12,50 A
Volume Akhir = 12250 ml
pH awal = 13,91
pH akhir = 13,18

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (°C)	Waktu (detik)
1	20	38	72
2	25	38,2	93
3	30	37,8	112
4	35	38	129
5	40	38,2	144
6	45	38	165
7	50	37,6	183
8	55	37,4	204
9	60	37,4	224

b. Dengan Pemanfaatan Regenerasi Sisa Larutan KOH

Massa Aluminium = 30 gr Tegangan = 12 V
Volume Awal = 12250 ml Arus = 12,51 A

Volume Akhir = 12100 ml
 pH awal = 13,97
 pH akhir = 13,90

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (°C)	Waktu (detik)
1	20	41	64
2	25	40	80
3	30	40	95
4	35	41	107
5	40	41	134
6	45	41	152
7	50	41	170
8	55	41	188
9	60	41	206

3. Data Hasil Produksi Gas Hidrogen pada Reaktor ACE dengan Massa Al 50 gram

Konsentrasi KOH= 1 M Tegangan= 12 V
 Volume Awal = 13000 ml Arus = 12,55 A
 Volume Akhir = 12650 ml
 pH awal = 13,97
 pH akhir = 13,89

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (°C)	Waktu (detik)
1	20	42	57
2	25	43	70
3	30	43	86
4	35	43	95
5	40	43	110
6	45	42	122
7	50	44	139
8	55	44	154
9	60	44	175

a. Dengan Pemanfaatan Sirkulasi Sisa Larutan KOH

Massa Aluminium = 50 gr Tegangan= 12 V
 Volume Awal = 12650 ml Arus = 12,53 A
 Volume Akhir = 12100 ml
 pH awal = 13,89
 pH akhir = 13,04

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (°C)	Waktu (detik)
1	20	41	60
2	25	40,6	73
3	30	40,6	88
4	35	40,6	103
5	40	40,6	117
6	45	40,2	128
7	50	40,4	143
8	55	40,2	160
9	60	40,4	182

b. Dengan Pemanfaatan Regenerasi Sisa Larutan KOH

Massa Aluminium = 50 gr Tegangan= 12 V
 Volume Awal = 12100 ml Arus = 12,55 A

 Volume Akhir = 12000 ml
 pH awal = 13,97
 pH akhir = 13,88

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (°C)	Waktu (detik)
1	20	42	55
2	25	42	67
3	30	41	83
4	35	42	92
5	40	43	107
6	45	43	120
7	50	43	134
8	55	43	149
9	60	42	170

LAMPIRAN II PERHITUNGAN

1. Menghitung Jumlah KOH yang diperlukan

$$\text{Konsentrasi KOH} = 1 \text{ M}$$

$$\text{Volume Elektrolit} = 13 \text{ Liter}$$

$$\text{BM KOH} = 56,11 \text{ mol/l}$$

maka,

$$\text{gram KOH} = M \times V \times \text{BM}$$

(Sumber: *Kimia Analisis Dasar*, 2012, POLSRI)

$$\begin{aligned} &= 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 13 \text{ L} \times 56,11 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} \\ &= 729,43 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Menghitung Volume Reaktor Penampung Umpan (*Feed*)

$$\text{Tinggi Reaktor} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter Reaktor} = 18 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Reaktor} &= \left[\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right] \times H \\ &= \left[\frac{1}{4} \times 3,14 \times 18^2 \text{ cm} \right] \times 60 \text{ cm} \\ &= 15260,40 \text{ cm}^3 \\ &= 15,26 \text{ dm}^3 (\text{liter}) \end{aligned}$$

Jumlah Elektrolit yang digunakan = 13 liter

3. Menghitung Volume Bubbler dan Tabung Penyimpanan

$$\text{Tinggi Reaktor} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter Reaktor} = 8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Reaktor} &= \left[\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right] \times H \\ &= \left[\frac{1}{4} \times 3,14 \times 8^2 \text{ cm} \right] \times 40 \text{ cm} \\ &= 2009,60 \text{ cm}^3 \\ &= 2,01 \text{ dm}^3 (\text{liter}) \end{aligned}$$

4. Menghitung Volume *Storage* Gas Hidrogen

$$\text{Tinggi Reaktor} = 45 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter Reaktor} = 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Reaktor} &= \left[\frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 \text{ cm} \right] \times 45 \text{ cm} \\
 &= 22078,13 \text{ cm}^3 \\
 &= 22,078 \text{ dm}^3 (\text{liter})
 \end{aligned}$$

5. Konversi Tekanan dari *Pressure Gauge* ke Tekanan pada *Suction Vessel* gas hidrogen

Tekanan *Pressure Gauge* = 20 mmHg

$$\begin{aligned}
 &= 20 \text{ mmHg} \times \frac{0,133 \text{ kPa}}{\text{mmHg}} \\
 &= 2,660 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan Suction Vessel (Tabung)} &= 20 \text{ mmHg} \times \frac{0,00131 \text{ atm}}{\text{mmHg}} \\
 &= 0,026 \text{ atm} \\
 &= 0,026 \text{ atm} + 1 \text{ atm} \\
 &= 1,026 \text{ atm (tekanan Absolute)}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan tekanan sebagai berikut:

Tabel 36. Tekanan Hidrogen dalam Suction Vessel

No.	Tekanan pressure gauge		Tekanan Tabung
	mmHg	kPa	Absolut (atm)
1	20	2,60	1,026
2	25	3,25	1,033
3	30	3,9	1,039
4	35	4,55	1,046
5	40	5,2	1,053
6	45	5,85	1,059
7	50	6,5	1,066
8	55	7,15	1,072
9	60	7,8	1,079

6. Perhitungan Produksi H₂ yang dihasilkan secara Teoritis

a. Pada Proses Elektrolisis

$$\text{Diketahui : } I = 12,47 \text{ Ampere}$$

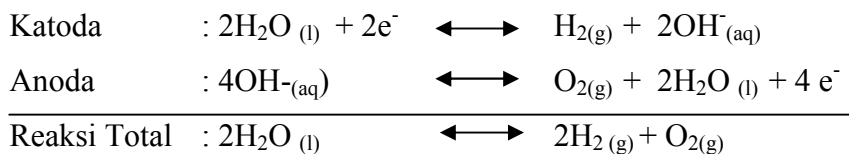
$$\text{waktu} = 290 \text{ detik}$$

$$1 \text{ Faraday} = N. e = 96500 \text{ C/mol}$$

$$\text{Volume STP} = 22,4 \text{ liter/mol}$$

Maka : Gas yang dihasilkan pada masing-masing elektroda

Reaksi yang terjadi :



Total Volume Gas :

$$F = i \times t \quad (Hoffman, at all 2000)$$

$$= 12,47 \text{ A} \times 290 \text{ detik}$$

$$= 3616,3 \text{ Coloumb} \times \frac{1 \text{ Faraday}}{96500 \text{ Coloumb/mol}}$$

$$= 0,0375 \text{ Mol}$$

Pada Katoda (Pers.1) dihasilkan

$$\text{Mol Gas H}_2 = \frac{\text{Faraday}}{\text{Jumlah Elektron}}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,0375 \text{ Mol}$$

$$= 0,0187 \text{ mol}$$

$$\text{Volume Gas H}_2 = 0,0187 \text{ mol gas H}_2$$

$$= 0,0187 \text{ mol gas H}_2 \times 22,4 \text{ l/mol (STP)}$$

$$= 0,4197 \text{ liter gas H}_2$$

Pada Anoda (Pers.2) dihasilkan

$$\text{Mol Gas O}_2 = \frac{\text{Faraday}}{\text{Jumlah Elektron}}$$

$$= \frac{1}{4} \times 0,0375 \text{ Mol}$$

$$= 0,0094 \text{ mol}$$

$$\text{Volume Gas H}_2 = 0,0094 \text{ mol gas H}_2$$

$$= 0,0094 \text{ mol gas H}_2 \times 22,4 \text{ l/mol (STP)}$$

$$= 0,2099 \text{ liter gas H}_2$$

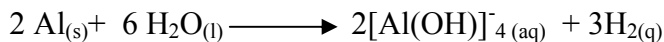
Total Volume Gas yang dihasilkan, yaitu :

$$V.\text{total} = \text{Volume Gas H}_2 + \text{Volume Gas O}_2$$

$$= 0,4197 \text{ liter} + 0,2099 \text{ liter}$$

$$= 0,6296 \text{ liter}$$

a. Pada Proses Korosi Aluminium



Diketahui : $m \text{ Al} = 10 \text{ gr}$

$\text{BM Al} = 27 \text{ gr/mol}$

$m \text{ H}_2\text{O} = 13 \text{ L} \times 1 \text{ mol/L} = 13 \text{ mol}$

$\text{Vol STP} = 22,4 \text{ liter/mol}$

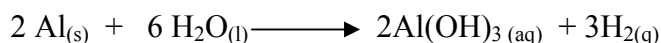
- Mencari mol masing-masing reaktan

$$\text{Mol Al} = \frac{m \text{ Al}}{mr \text{ Al}} = \frac{10 \text{ gr}}{27 \text{ gr/mol}} = 0,37 \text{ mol}$$

- Mencari Reaksi Pembatas yang berperan pada Stoikiometri reaksi

$$\text{Al} = \frac{\text{mol Al}}{\text{Koeef Al}} = \frac{0,37 \text{ mol}}{2} = 0,1852$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{mol Al}}{\text{Koeef Al}} = \frac{13 \text{ mol}}{6} = 2,167$$



m:	0,37	13	-	-	mol
b:	0,37	2,22	0,74	0,48	mol
s:	-	10,78	0,74	0,48	mol

Sehingga, secara teoritis H_2 yang dihasilkan dengan metode korosi aluminium, sebanyak :

$$\begin{aligned} V \text{ H}_2 &= \text{mol H}_2 \times \text{Volume STP} \\ &= 0,48 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol} \\ &= 10,69 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Volume H}_2 &= \text{Volume H}_2 \text{ Elektrolisis} + \text{Volume H}_2 \text{ korosi aluminium} \\ &= 0,4197 \text{ L} + 10,69 \text{ L} \\ &= 11,111 \text{ L} \end{aligned}$$

7. Menghitung Total Volume Gas Hidrogen secara Praktek

Diketahui :

$$P_1 = 1 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1,079 \text{ atm}$$

$$T_1 = 273 \text{ K}$$

$$T_2 = 38 \text{ C}$$

$$V_1 = 2,001 \text{ L}$$

$$= 38 \text{ C} + 273 = 311 \text{ K}$$

Untuk menghitung laju alir molar digunakan rumus gas ideal,

$$P.V = n. R. T \quad (\text{Sumber :Hougen.1960. halaman 47})$$

Sehingga menjadi :

$$\begin{aligned} \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} &= \frac{n R T_1}{n R T_2} \\ V_2 &= \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1} \\ &= \frac{1 \text{ atm} \times 2,001 \text{ L} \times 311 \text{ K}}{1,079 \text{ atm} \times 273 \text{ K}} \\ &= 2,12181 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} \\ &= 2121,81 \text{ ml} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan hasil gas H₂ seperti dibawah ini :

Massa Al (gr)	Proses	Voltase (Volt)	i (A)	Waktu (detik)	Volume H ₂ (ml)	flow gas H ₂ (ml/s)
10	Awal		12,47	290	2121,81	7,317
	Sirkulasi	12	12,43	312	2108,17	6,757
	Regenerasi		12,48	288	2114,99	7,344

Massa Al (gr)	Proses	Voltase (Volt)	i (A)	Waktu (detik)	Volume H ₂ (ml)	flow gas H ₂ (ml/s)
30	Awal		12,52	210	2149,10	10,234
	Sirkulasi	12	12,50	224	2117,72	9,454
	Regenerasi		12,51	206	2142,28	10,399

Massa Al (gr)	Proses	Voltase (Volt)	i (A)	Waktu (detik)	Volume H ₂ (ml)	flow gas H ₂ (ml/s)
50	Awal		12,55	175	2162,75	12,359
	Sirkulasi	12	12,53	182	2138,19	11,748
	Regenerasi		12,55	170	2149,10	12,642

8. Menghitung jumlah make up KOH untuk regenerasi

Diketahui : Massa Al = 10 gr

Volume sisa larutan = 12350 ml

Berat Molekul KOH = 56,11 gr/grmol

maka,

$$\text{gram KOH} = M \times V \times \text{BM}$$

$$= 1 \text{ mol/L} \times 12,35 \text{ L} \times 56,11 \text{ gr/grmol}$$

$$= 692,96 \text{ gr}$$

Dengan cara yang sama, jumlah make up KOH didapatkan sebagai berikut:

Massa Al (gr)	Volume Sisa Larutan KOH (ml)	Massa Make up KOH (gr)
10	12350	692,96
30	12250	687,35
50	12100	678,93

9. Menghitung Penurunan Konsentrasi Larutan Elektrolit KOH selama Proses

Produksi Gas Hidrogen

a. Pemanfaatan Sirkulasi dengan Massa Al 10 gram

- pH awal = 13,94

$$\text{pKw} = \text{pH} - \text{pOH}$$

$$\text{pH} - \text{pOH} = 14$$

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH}$$

$$\text{pOH} = 14 - 13,94$$

$$\text{pOH} = 0,06$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$0,06 = -\log [\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-0,06}$$

$$[\text{OH}^-] = 0,87$$

- pH akhir = 13,25

$$\text{pKw} = \text{pH} - \text{pOH}$$

$$\text{pH} - \text{pOH} = 14$$

$$\begin{aligned}
 \text{pOH} &= 14 - \text{pH} \\
 \text{pOH} &= 14 - 13,25 \\
 \text{pOH} &= 0,75 \\
 \text{pOH} &= -\log [\text{OH}^-] \\
 0,75 &= -\log [\text{OH}^-] \\
 [\text{OH}^-] &= 10^{-0,75} \\
 [\text{OH}^-] &= 0,18
 \end{aligned}$$

b. Regenerasi sisa larutan elektrolit KOH dengan massa Al 10 gram

$$\begin{aligned}
 \text{pH awal} &= 13,98 \\
 \text{pK}_w &= \text{pH} - \text{pOH} \\
 \text{pH} - \text{pOH} &= 14 \\
 \text{pOH} &= 14 - \text{pH} \\
 \text{pOH} &= 14 - 13,98 \\
 \text{pOH} &= 0,02 \\
 \text{pOH} &= -\log [\text{OH}^-] \\
 0,02 &= -\log [\text{OH}^-] \\
 [\text{OH}^-] &= 10^{-0,02} \\
 [\text{OH}^-] &= 0,95
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, maka didapatkan hasil konsentrasi dari pemanfaatan sirkulasi dan regenerasi sebagai berikut:

Massa Al (gr)	Konsentrasi Awal (M)	Proses	Konsentrasi Akhir (M)
10	1	Awal	0,87
		Sirkulasi	0,18
		Regenerasi	0,95
30	1	Awal	0,81
		Sirkulasi	0,15
		Regenerasi	0,93
50	1	Awal	0,77
		Sirkulasi	0,10
		Regenerasi	0,93

LAMPIRAN III GAMBAR ALAT



Gambar L3.1. Tampak Depan
Rektor ACE



Gambar L3.2. Tampak Belakang
Reaktor ACE



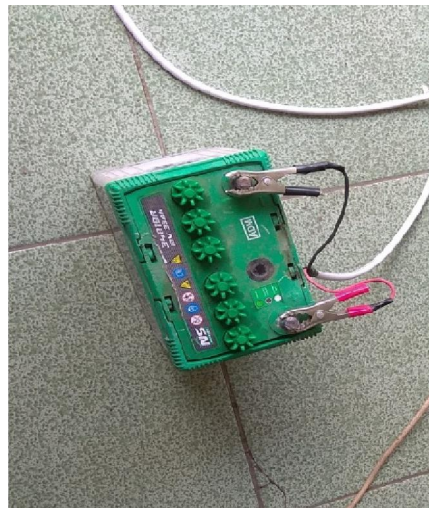
Gambar L3.3. *Storage*



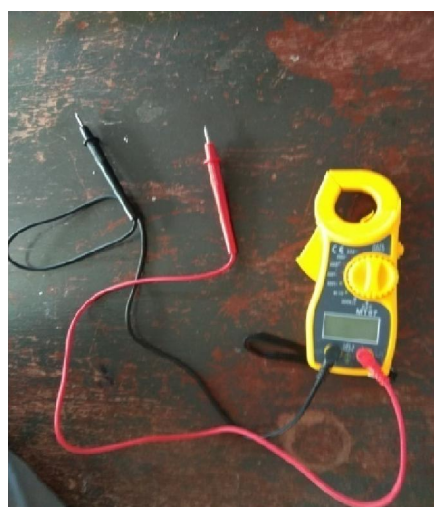
Gambar L3.4. Panel Surya



Gambar L3.5. pH meter



Gambar L3.6. Aki



Gambar L3.7. Tang Ampere



Gambar L3.8. Controller



Gambar L3.9. Kaleng Minuman Bekas



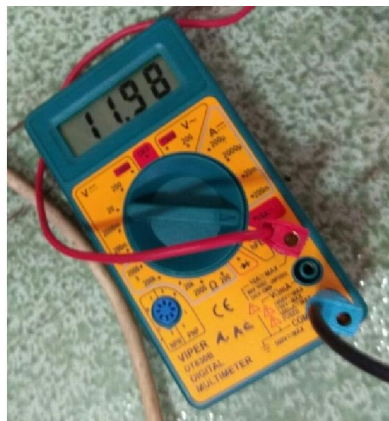
Gambar L3.10. KOH



Gambar L3.11 Kompresor



Gambar L3.12 Termogun



Gambar L3.13 Multimeter Digital

Proses Pembuatan Adsorben Karbon Aktif



Gambar L3.14. Batubara



Gambar L3.15 Proses Sieving



Gambar L3.16. Batubara yang telah di preparasi



Gambar L3.17. Proses Karboninasi



Gambar L3.18. Karbon



Gambar L3.19 Proses Aktivasi



Gambar L3.20 Proses Penyaringan



Gambar L3.21. Adsorben Karbon Aktif