LAMPIRAN I
DATA PENGAMATAN

1. Data Volume Hasil Elektrolisis Sebelum dan Sesudah

Konsentrasi : 0,4 M

Tabel 7 .Volume Hasil Elektrolisis sebelum dan sesudah

No.	Voltase (volt)	Volume Awal (liter)	Volume Sesudah (liter)
1.	12	10	9,80
2.	24	10	9,86

2. Data Hasil Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 volt

Konsentrasi : 0,4 M

Volume Awal : 8500 ml

Tabel 8. Data Hasil Proses Elektrolisis dengan voltase 12 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	33	195
2	30	33	258
3	40	35	313
4	50	37	389
5	60	37	463

3. Data Hasil Proses Elektrolisis dengan Voltase 24 volt

Konsentrasi : 0,4 M

Volume Awal : 8800 ml

Tabel 9. Data Hasil Proses Elektrolisis dengan voltase 24 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	31	46
2	30	31	78
3	40	34	107
4	50	35	133
5	60	34	154

4. Data Hasil Proses korosi aluminium

Konsentrasi : 0,4 M

Volume Awal : 9300 ml

Tabel 10. Data Hasil Proses Korosi Aluminium

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	33	43
2	30	34	91
3	40	34	144
4	50	34	200
5	60	34	231

5. Data Hasil Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 volt

Konsentrasi : 0,4 M

Massa Aluminium: 10 gr

Volume Awal : 10500 ml

Tabel 11. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis dengan voltase 12 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	32	21
2	30	34	79
3	40	34	131
4	60	34	181
5	80	34	227

6. Data Hasil Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 24 volt

Konsentrasi : 0,4 M

Massa Aluminium: 10 gr

Volume Awal : 10500 ml

Tabel 12. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis dengan voltase 24 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	33	19
2	30	33	36
3	40	33	50
4	50	33	67
5	60	33	81

7. **Data Hasil Proses korosi aluminium + Galium**

Konsentrasi : 0,4 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 8900 ml

Tabel 13. Data Hasil Proses Korosi Aluminium

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	35	68
2	30	36	103
3	40	36	151
4	50	36	200
5	60	37	246

8. Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 volt

Konsentrasi : 0,4 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 9500 ml

Tabel 14. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis dengan voltase 12 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	35	70
2	30	35	96
3	40	35	124
4	50	36	148
5	60	36	173

9. Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 24 volt

Konsentrasi : 0,4 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 9900 ml

Tabel 15. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis 24 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	38	64
2	30	38	89
3	40	37	96
4	50	37	112
5	60	37	127

10. Data Volume Hasil Elektrolisis Sebelum dan Sesudah

Konsentrasi : 0,6 M

Tabel 16.Volume Hasil Elektrolisis sebelum dan sesudah

No.	Voltase (volt)	Volume Awal (liter)	Volume Sesudah (liter)
1.	12	10	9.83
2.	24	10	9.82

11. Data Hasil Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 volt

Konsentrasi : 0,6 M

Volume Awal : 7300 ml

Tabel 17. Data Hasil Proses Elektrolisis dengan voltase 12 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	33	124
2	30	33	213
3	40	35	279
4	50	35	354
5	60	37	398

12. **Data Hasil Proses Elektrolisis dengan Voltase 24 volt**

Konsentrasi : 0,6 M

Volume Awal : 7900 ml

Tabel 18. Data Hasil Proses Elektrolisis dengan voltase 24 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	39	35
2	30	42	69
3	40	39	77
4	50	40	108
5	60	40	147

13. Data Hasil Proses korosi aluminium

Konsentrasi : 0,6 M

Volume Awal : 10500 ml

Tabel 19. Data Hasil Proses Korosi Aluminium

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	33	15
2	30	34	27
3	40	37	39
4	50	37	54
5	60	38	63

14. Data Hasil Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 volt

Konsentrasi : 0,6 M

Massa Aluminium: 10 gr

Volume Awal : 9800 ml

Tabel 20. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis 12 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	35	104
2	30	35	35
3	40	36	70
4	50	36	101
5	60	37	129

15. Data Hasil Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 24 volt

Konsentrasi : 0,6 M

Massa Aluminium: 10 gr

Volume Awal : 8900 ml

Tabel 21. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis dengan voltase 24 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	35	12
2	30	35	21
3	40	35	30
4	50	35	40
5	60	35	52

16. **Data Hasil Proses korosi aluminium**

Konsentrasi : 0,6 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 9800 ml

Tabel 22. Data Hasil Proses Korosi Aluminium

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	38	34
2	30	38	53
3	40	38	70
4	50	38	90
5	60	39	111

17. Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 volt

Konsentrasi : 0,6 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 10500 ml

Tabel 23. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis dengan voltase 12 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	35	43
2	30	36	50
3	40	36	61
4	50	36	72
5	60	37	84

18. Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 24 volt

Konsentrasi : 0,6 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 11300 ml

Tabel 24. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis dengan voltase 24 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	39	38
2	30	47	55
3	40	48	61
4	50	47	69
5	60	47	81

19. Data Volume Hasil Elektrolisis Sebelum dan Sesudah

Konsentrasi : 0.8 M

Tabel 25.Volume Hasil Elektrolisis sebelum dan sesudah

No.	Voltase (volt)	Volume Awal (liter)	Volume Sesudah (liter)
1.	12	10	9,860
2.	24	10	9,855

20. Data Hasil Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 volt

Konsentrasi : 0,8 M

Volume Awal : 8200 ml

Tabel 26. Data Hasil Proses Elektrolisis dengan voltase 12 volt (9,76 Ampere)

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	35	72
2	30	39	107
3	40	39	129
4	50	41	202
5	60	41	247

21. **Data Hasil Proses Elektrolisis dengan Voltase 24 volt**

Konsentrasi : 0,8 M

Volume Awal : 8200 ml

Tabel 27. Data Hasil Proses Elektrolisis dengan voltase 24 volt (31,7 Ampere)

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	35	25
2	30	39	37
3	40	39	53
4	50	41	68
5	60	41	83

22. Data Hasil Proses korosi aluminium

Konsentrasi : 0,8 M

Volume Awal : 8600 ml

Tabel 28. Data Hasil Proses Korosi Aluminium

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	38	4
2	30	40	14
3	40	41	21
4	50	41	31
5	60	42	42

23. Data Hasil Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 volt

Konsentrasi : 0,8 M

Massa Aluminium: 10 gr

Volume Awal : 9800 ml

Tabel 29. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis dengan voltase 12 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	38	4
2	30	40	11
3	40	41	16
4	50	41	23
5	60	42	28

24. Data Hasil Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 24 volt

Konsentrasi : 0,8 M

Massa Aluminium: 10 gr

Volume Awal : 8900 ml

Tabel 30. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis 24 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	39	3
2	30	39	9
3	40	39	14
4	50	40	20
5	60	41	23

25. **Data Hasil Proses korosi aluminium**

Konsentrasi : 0,8 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 8900 ml

Tabel 31. Data Hasil Proses Korosi Aluminium

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	39	4
2	30	39	11
3	40	39	18
4	50	40	23
5	60	41	37

26. Data Hasil Proses korosi aluminium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 volt

Konsentrasi : 0,8 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 9300 ml

Tabel 32. Data Hasil Proses Korosi Aluminium dan Proses Elektrolisis dengan voltase 12 volt

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	39	11
2	30	39	18
3	40	39	23
4	50	40	37
5	60	41	48

27. **Data Hasil Proses Korosi Aluminium + Galium**

Konsentrasi : 0,8 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 10300 ml

Tabel 33. Data Hasil Proses Korosi Aluminium + Galium

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	38	23
2	30	39	31
3	40	39	37
4	50	40	48
5	60	41	61

28. **Data Hasil Proses Korosi Aluminium + Galium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 Volt**

Konsentrasi : 0,8 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 9300 ml

Tabel 34. Data Hasil Proses Korosi Aluminium + Galium dan Proses Elektrolisis 9,76 A

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	39	23
2	30	44	35
3	40	43	49
4	50	44	63
5	60	44	75

29. **Data Hasil Proses Korosi Aluminium + Galium dan Proses Elektrolisis dengan Voltase 12 Volt**

Konsentrasi : 0,8 M

Massa Aluminium: 10 gr

Massa Gallium : 2,5 gr

Volume Awal : 10300 ml

Tabel 35. Data Hasil Proses Korosi Aluminium + Galium dan Proses Elektrolisis 9,76 A

No.	Tekanan (mmHg)	Temperatur (C)	Waktu (detik)
1	20	50	14
2	30	52	23
3	40	50	32
4	50	52	42
5	60	51	49

LAMPIRAN II
PERHITUNGAN

A. Dimensi Alat

1. Menghitung Jumlah KOH yang dibutuhkan

   Konsentrasi KOH = 0,4 M

   Volume Elektrolit = 10 Liter

   BM KOH = 56,11 mol/l

   gram KOH = M x V x BM

   = 0,4 $\frac{mol}{l}$ x 10 l x 56,11$\frac{gr}{mol}$

   = 224,4 gram

Kosentrasi Katalis

Konsentrasi (M)	Massa KOH (gram)
0.4	224.44
0.6	336.66
0.8	448.88

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

   Tinggi Reaktor = 60 cm

   Diameter Reaktor = 18 cm

   Volume Reaktor = [$\frac{1}{4}$ x ∏ x D^2] x H

   = [$\frac{1}{4}$ x 3,14 x 18^2 cm] x 60 cm

   = 15260,40 cm^3

   = 15,26 dm^3 (liter)

   Jumlah Elektrolit yang digunakan = 10 liter

3. Menghitung Volume Reaktor Dalam (Tempat Berlangsung Reaksi Korosi)

   Tinggi Reaktor = 18 cm

   Diameter Reaktor = 10 cm

Volume Reaktor $= [\frac{1}{4} x \prod \text{ x } D^2] \text{ x } H$

$= [\frac{1}{4} x \text{ 3,14 x } 10^2 \text{ cm}] \text{ x 18 cm}$

$= 1413{,}00 \text{ cm}^3$

$= 1{,}41 \text{ dm}^3 \text{ (liter)}$

4. Menghitung Volume Reaktor Dalam (Tempat Berlangsung Reaksi Korosi)

Tinggi Reaktor = 13 cm

Diameter Reaktor = 10 cm

Volume Reaktor $= [\frac{1}{4} x \prod \text{ x } D^2] \text{ x } H$

$= [\frac{1}{4} x \text{ 3,14 x } 10^2 \text{ cm}] \text{ x 13 cm}$

$= 1020{,}50 \text{ cm}^3$

$= 1{,}02 \text{ dm}^3 \text{ (liter)}$

Persen Reaktor dalam terisi $= \frac{Jumlah\ Feed}{Jumlah\ Total} \text{ x } 100$

Persen Reaktor dalam terisi $= \frac{1{,}02\ l}{1{,}41\ l} \text{ x } 100$

$= 72{,}22\%$

5. Volume Suction Vessel Gas Hidrogen

Tinggi Reaktor = 40 cm

Diameter Reaktor = 8 cm

Volume Reaktor $= [\frac{1}{4} x \prod \text{ x } D^2] \text{ x } H$

$= [\frac{1}{4} x \text{ 3,14 x } 8^2 \text{ cm}] \text{ x 40 cm}$

$= 2009{,}60 \text{ cm}^3$

$= 2{,}01 \text{ dm}^3 \text{ (liter)}$

6. Volume *Suction Vessel* Gas Hidrogen

Tinggi Reaktor = 45 cm

Diameter Reaktor = 25 cm

Volume Reaktor $= [\frac{1}{4} x \text{ 3,14 x } 25^2 \text{ cm}] \text{ x 45 cm}$

$= 22078{,}13 \text{ cm}^3 = 21{,}08 \text{ dm}^3 \text{ (liter)}$

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

   Tekanan *Pressure Gauge* = 20 mmHg

   $= 20 \text{ mmHg} \times \frac{0{,}133\ kPa}{mmHg}$

   = 2,660 kPa

   Tekanan Suction Vessel (Tabung) = $20 \text{ mmHg} \times \frac{0{,}00131\ atm}{mmHg}$

   = 0,026 atm

   = 0,026 atm + 1 atm

   = 1,026 atm (tekanan Absolute)

   Dengan cara yang sama, maka didapatkan tekanan *Suction Vessel* sebagai berikut:

Tabel 36. Tekanan Hidrogen dalam Suction Vessel

No	Tekanan *pressure gauge*		Tekanan *Suction Vessel* Absolut (atm)
	mmHg	kPa	
1.	20	2.66	1.0262
2.	30	3.99	1.0393
3.	40	5.32	1.0524
4.	50	6.65	1.0655
5.	60	7.98	1.0786

B. Perhitungan Produksi H_2 yang dihasilkan secara Teoritis

1. Total Volume gas yang dihasilkan pada Tegangan 12 Volt dan Arus 9,76 Ampere Konsentrasi 0,8 M

   Diketahui : I = 9,76 Ampere

   T dari table 20 = 107 detik

   1 Faraday = N. e = 96500 C/mol

   Volume STP = 22,4 liter/mol

   Maka : Gas yang dihasilkan pada masing-masing elektroda

   Reaksi yang terjadi :

   Katoda : $2H_2O_{(l)} + 2e^- \longleftrightarrow H_{2\,(g)} + 2OH^-_{(aq)}$

   Anoda : $4OH^-_{(aq)} \longleftrightarrow O_{2\,(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4\,e^-$

   Reaksi Total : $2H_2O_{(l)} \longleftrightarrow 2H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)}$

   Total Volume Gas :

Mol gas = $\frac{i\ x\ t}{N\ x\ e}$ *(Hoffman, at all 2000)*

= $\frac{9{,}76\ A\ x\ 107\ s}{96500\ C/mol}$

= 0,0108 mol

Pada Katoda (Pers.1) dihasilkan

Mol Gas H_2 = Jumlah Elektron x mol gas

= $\frac{1}{2}\ x\ 0{,}0108\ mol$

Volume Gas H_2 = 0,0054 mol gas H_2

= 0,0054 mol gas H_2 x 22,4 l/mol (STP)

= 0,1212 liter gas H_2

Pada Anoda (Pers.2) dihasilkan

Mol Gas O_2 = Jumlah Elektron x mol gas

= $\frac{1}{2}\ x\ 0{,}0108\ mol$

Volume Gas O_2 = 0,0027 mol gas O_2

= 0,0027 mol gas O_2 x 22,4 l/mol (STP)

= 0,0606 liter gas O_2

Total Volume Gas yang dihasilkan, yaitu :

V.total = Volume Gas H_2 + Volume Gas O_2

= 0,1212 liter + 0,0606 liter

= 0,1818 liter

Tabel 37. Total Gas pada Arus 9,6 A dan Konsentrasi 0,8 M

Konsentrasi (M)	Tegangan (Volt)	i (A)	waktu (detik)	H_2 (Liter)	O_2 (Liter)	Total Gas Campuran (Liter)	Total Gas Campuran (mol)
0.8	12	9.76	107	0.1212	0.0606	0.1818	0.0081
	24	31.7	47	0.1729	0.0865	0.2594	0.0036

2. Total Volume gas yang dihasilkan pada reaksi korosi Aluminium

$2\ Al_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} + 6\ H_2O_{(l)} \longrightarrow 2[Al(OH)]^-_{4\ (aq)} + 3H_{2(q)}$

Diketahui : m Al = 10 gr

mr Al = 27 gr/mol

m KOH = 448,88 gr

mr KOH = 56,11 gr/mol

m H_2O = $\frac{1000 \text{ ml} \mid 0{,}99987 \text{ gr}}{1 \text{ ml}}$ = 9998,72 gr

m H_2O = 18,015 gr/mol

Vol STP = 22,4 liter/mol

BM H_2 = 2,0159 gr/mol

- Mencari mol masing-masing reaktan

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

Mol KOH = $\frac{m\ KOH}{mr\ KOH} = \frac{448{,}88\ gr}{56\ gr/mol}$ = 8 mol

Mol H_2O = $\frac{m\ H2O}{mr\ H2O} = \frac{9998{,}72\ gr}{18{,}015\ gr/mol}$ = 555,02 mol

- Mencari Reaksi Pembatas yang berperan pada Stoikiometri reaksi

Al = $\frac{mol\ AL}{Koef\ Al} = \frac{0{,}37\ mol}{2}$ = 0,1852 (Reaksi Pembatas)

KOH = $\frac{mol\ AL}{Koef\ Al} = \frac{8\ mol}{2}$ = 4

H_2O = $\frac{mol\ AL}{Koef\ Al} = \frac{555{,}02\ mol}{6}$ = 92,5037

$2\ Al_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} + 6\ H_2O_{(l)} \longrightarrow 2[Al(OH)]^-_{4\ (aq)} + 3H_{2(q)}$

m:	0,37	8	555,02	-	-	mol
b:	0,37	0,37	6/2. 0,37	0,37	0,37	mol
s:	-	7,63	553,91	0,37	0,37	mol

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

V H_2 = mol H_2 x BM H_2

= 0,5556 mol x 22,4 l/mol

= 12,444 l = 12444,4 ml

C. Menghitung Produksi H_2 secara Aktual

1. Menghitung total volume gas yang dihasilkan pada konsentrasi 0,8 M pada kondisi tekanan dan temperatur yang berubah

   Diketahui :

   Vol STP = 22,4 l/mol

   P = 1,0262 mmHg

   V = 2,0096 liter

   T = 39 °C

   = 39 °C + 273 K

   = 312 K

   R = 0,082 l.atm/mol.K *(Hougen,1943)*

   Untuk menghitung laju alir molar digunakn rumus gas ideal,

   P.V = n. R. T *(Hoffman, at all,2000)*

Sehingga menjadi :

$$\text{Mol } H_2 = \frac{P \,.\, V}{R \,.\, T}$$

$$= \frac{1{,}0262\ atm\ x\ 2{,}0096\ liter}{0{,}082\ l.atm/molK\ x\ 312\ K}$$

$$= 0{,}0806 \text{ mol}$$

$$\text{Massa } H_2 = 0{,}0806 \text{ mol x } 22{,}4 \text{ l/mol}$$

$$= 1{,}8056 \text{ l} = 1805{,}6 \text{ ml}$$

Tabel 38. Total Gas Hasil Elektrolisis dengan variasi arus secara praktik

Konsentrasi (M)	Tegangan (Volt	i (A)	Waktu (sekon	T (K)	Volume H_2 (ml)	*Flow Gas* (ml/s)
0.8	12	9.76	107	312	1805,60	16,87
	24	31.7	47	312	1805,60	38,42

Tabel 39. Total Gas hasil Elektrolisis dengan Variasi arus secara praktik

Konsentrasi (M)	Tegangan (Volt)	I (A)	Waktu (sekon)	T (K)	Volume H_2 (ml)	*Flow Gas* (ml/s)
0.8	12	9.76	107	312	1805.60	16.87
	24	31.7	47	315	1788.40	38.05
0.6	12	9.76	213	306	1841	8.64
	24	31.7	69	315	1788.40	25.92
0.4	12	9.76	258	306	1841	7.14
	24	31.7	78	308	1829.05	23.45

2. Menghitung total volume gas yang dihasilkan pada proses korosi Al pada kondisi tekanan dan temperatur yang berubah

   Diketahui :

   Vol STP = 22,4 l/mol

   P = 1,0262 mmHg

   V = 2,0096 liter

   T = 39 °C

   = 39 °C + 273 K

   = 312 K

   R = 0,082 l.atm/mol.K *(Hougen,1943)*

   Untuk menghitung laju alir molar digunakn rumus gas ideal,

   P.V = n. R. T *(Hoffman, at all,2000)*

Sehingga menjadi :

$$\text{Mol } H_2 = \frac{P \,.\, V}{R \,.\, T}$$

$$= \frac{1{,}0262\ atm\ \ x\ \ 2{,}0096\ liter}{0{,}082\ l.atm/molK\ x\ \ 312\ K}$$

= 0,0806 mol

Massa H_2 = 0,0806 mol x 22,4 l/mol

= 1,8056 l = 1805,60 ml

Tabel 40. Total Gas Hasil Korosi Al

Konsentrasi (M)	Waktu (s)	P (atm)	T (°C)	Volume H_2 (ml)	*Flow Gas* (ml/s)
0.8	14	1.0262	311	1811.40	129.39
0.6	27	1.0262	310	1817.25	67.31
0.4	91	1.0262	273	2063.54	22.68

Tabel 41. Total Gas Hasil elektrolisis dan korosi Al dengan variasi arus secara praktik

Konsentrasi (M)	Tegangan (Volt)	I (A)	Waktu (sekon)	T (K)	Volume H_2 (ml)	*Flow Gas* (ml/s)
0.8	12	9.76	11	313	1799.83	163.62
	24	31.7	9	312	1805.60	200.62
0.6	12	9.76	35	308	1829.05	52.26
	24	31.7	21	308	1829.05	87.10
0.4	12	9.76	79	307	1835.01	23.23
	24	31.7	36	306	1841.00	51.14

Tabel. 42. Total gas hasil Korosi Al + Ga

Massa Al (gr)	Massa Ga (gr)	Konsentrasi (M)	waktu (s)	P (atm)	T (°C)	Volume H_2 (ml)	*Flow Gas* (ml/s)
10	2.5	0.8	11	1.026	315	1788.40	162.58
		0.6	50	1.026	311	1811.40	36.23
		0.4	103	1.026	307	1835.01	17.82

Tabel 43. Total Hasil Korosi Al + Ga pada Konsentrasi 0,8 M

Massa Al (gr)	Massa Ga (gr)	Konsentrasi (M)	waktu (s)	P (atm)	T (°C)	Volume H_2 (ml)	*Flow Gas* (ml/s)
10	2.5	0.8	11	1.026	315	1788.40	162.58
	5		18	1.026	312	1805.60	100.31
	7.5		31	1.026	312	1805.60	58.25

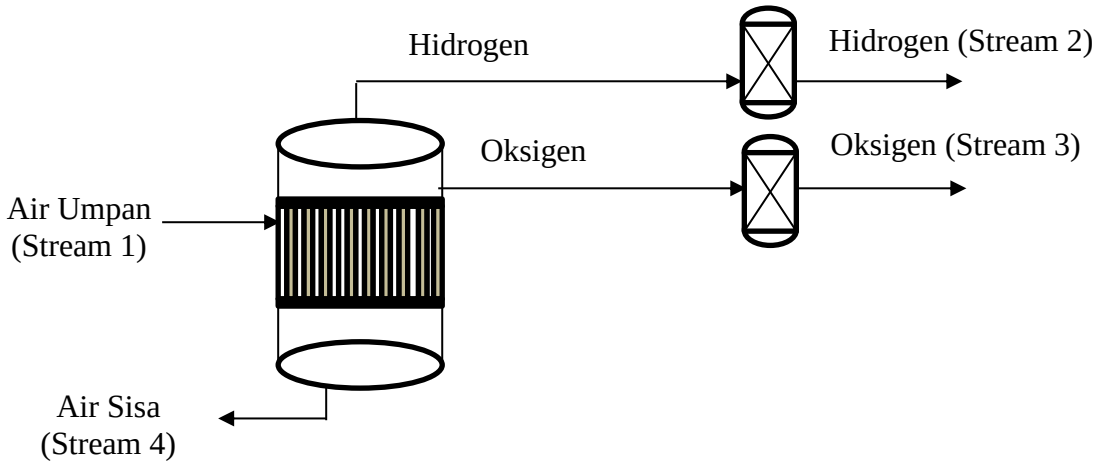
44. Total gas hasil elektrolisis dan korosi Al + Ga dengan Variasi arus aktual

Massa Al (gr)	Massa Ga (gr)	Konsentrasi (M)	i (A)	waktu (s)	P (atm)	T (°C)	Volume H_2 (ml)	*Flow Gas* (ml/s)
10	2.5	0.8	9.76	35	1.0262	317	1777.12	50.77
			31.7	23	1.0262	325	1733.37	75.36
		0.6	9.76	50	1.0262	309	1823.13	36.46
			31.7	55	1.0262	312	1805.60	32.83
		0.4	9.76	96	1.0262	308	1829.05	19.05
			31.7	80	1.0262	311	1811.40	22.64

Tabel 45. Hasil Proses Pasivasi terhadap lama waktu tahan Bahan Baku Aluminium

Konsentrasi (M)	Massa Al (gr)	Massa Ga (gr)	Waktu (menit)	Volume H_2 (ml)	Flow Gas (ml/s)
0.8	10	0	29.53	229246.16	129.3860
	10	2.5	49.31	481015.21	162.5820
	10	5	43.57	262233.10	100.3110
	10	7.5	52.13	182179.07	58.2451

D. Neraca Massa pada Reaktor *Aluminium Corrosion and Electrolysis* (ACE)



- Arus 9,76 Ampere dan Tegangan 12 Volt

  Diketahui :

  Volume Awal = 10 liter

  Massa H_2O Awal = 10 liter x Densitas H_2O

  = 10 liter x 1000 gr/liter

  = 10000 gr

  Volume Akhir = 9,86 liter

  Waktu = 107 detik

  Massa H_2O Akhir = 9,86 liter x Densitas H_2O

  = 9,86 liter x 1000 gr/liter

  = 9860 gr

  Sehingga :

  H_2O terelektrolisis = Bera Awal –Berat Akhir

  = 10000 gr – 9860 gr

  = 140 gr

  Volume Gas H_2 = 0,1212 liter

Volume Gas O_2 = 0,0606 liter

Input :

Stream 1 (Air Umpan)

- Konversi Volume ke liter/jam

$$\frac{10\ l}{107\ detik} \text{ x } \frac{3600\ detik}{1\ jam} = 336{,}45\frac{l}{jam} \text{ x } \frac{1000\ ml}{1\ L}$$

- Konversi Volume ke kg/jam

$$336{,}45\frac{l}{jam} \text{ x } \frac{1000\ gr}{1\ L} \text{ x } \frac{1\ kg}{1000\ gr} = 336{,}45\frac{kg}{jam}$$

- Konversi Volume ke mol/hr

$$336{,}45\frac{l}{jam} \text{ x } \frac{1\ mol}{22{,}4\ l} = 15{,}02\frac{mol}{jam}$$

Output :

Stream 2 (Gas Hidrogen)

- Konversi 0,2798 l/detik ke liter/jam

$$\frac{0{,}1212\ l}{107\ detik} \text{ x } \frac{3600\ detik}{1\ jam} = 4{,}078\frac{l}{jam} \text{ x } \frac{1000\ ml}{1\ L}$$

- Konversi ml/jam ke kg/jam

$$4078\frac{ml}{jam} \text{ x } \frac{0{,}0000899\ gr}{1\ ml} \text{ x } \frac{1\ kg}{1000\ gr} = 0{,}00037\frac{kg}{jam}$$

- Konversi kg/jam ke mol/hr

$$4{,}078\frac{l}{jam} \text{ x } \frac{1\ mol}{22{,}4\ l} = 0{,}182\frac{mol}{jam}$$

Stream 3 (Gas Oksigen)

- Konversi 0,1399 l/detik ke liter/jam

$$\frac{0{,}0606\ l}{107\ detik} \text{ x } \frac{3600\ detik}{1\ jam} = 2{,}039\frac{l}{jam} \text{ x } \frac{1000\ ml}{1\ L}$$

- Konversi ml/jam ke kg/jam

$$2{,}039\frac{ml}{jam} \text{ x } \frac{0{,}001429\ gr}{1\ ml} \text{ x } \frac{1\ kg}{1000\ gr} = 0{,}0000029\frac{kg}{jam}$$

- Konversi kg/jam ke mol/hr

$$2{,}039\frac{l}{jam} \text{ x } \frac{1\ mol}{22{,}4\ l} = 0{,}091\frac{mol}{jam}$$

Stream 4 (Air Sisa)

- Konversi 0,2798 l/detik ke liter/jam

  $$\frac{9{,}86\ l}{107\ detik} \text{ x } \frac{3600\ detik}{1\ jam} = 331{,}74\frac{l}{jam} \text{ x } \frac{1000\ ml}{1\ L}$$

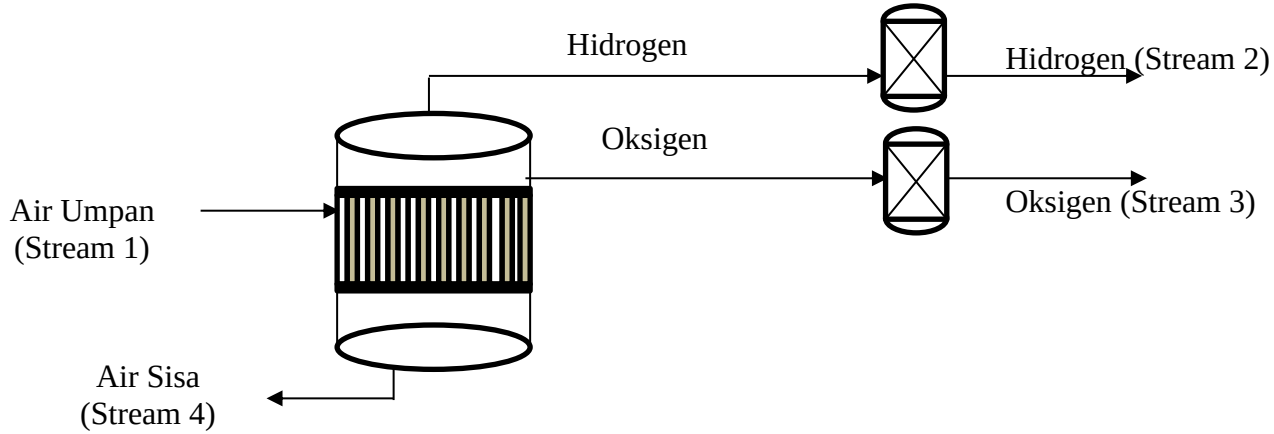
- Konversi ml/jam ke kg/jam

  $$331738\frac{ml}{jam} \text{ x } \frac{1000\ gr}{1\ ml} \text{ x } \frac{1\ kg}{1000\ gr} = 331{,}74\frac{kg}{jam}$$

- Konversi kg/jam ke mol/hr

  $$331{,}74\frac{l}{jam} \text{ x } \frac{1\ mol}{22{,}4\ l} = 14{,}81\frac{mol}{jam}$$

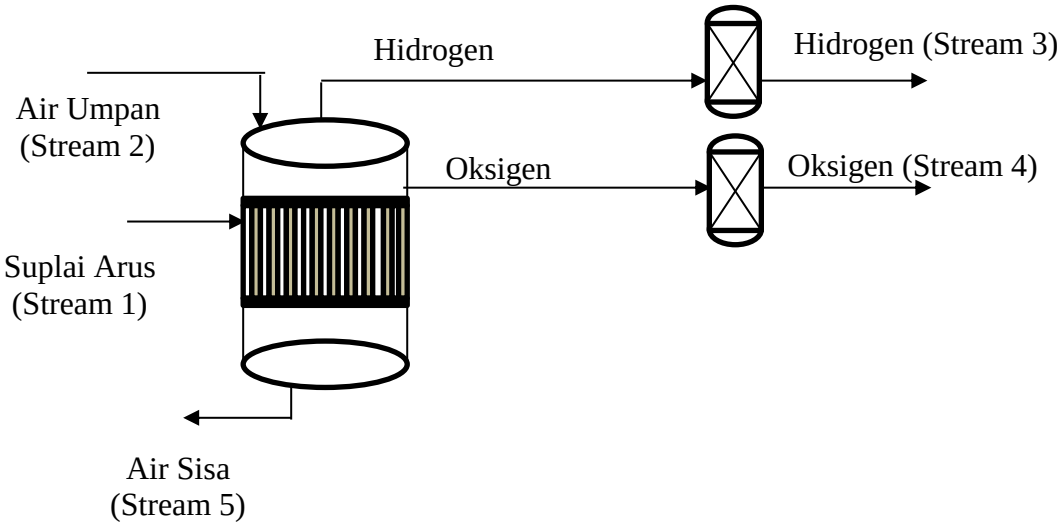
Neraca Massa pada Reaktor *Aluminium Corrosion and Electrolysis* (ACE)



Tabel 46. Neraca Masa pada Reakor *Aluminium Corrosion and Electrolysis* (ACE)

Konsentrasi (M)	Arus (A)	Waktu (detik)	**Input**			**Output**								
			Stream (1) Air Umpan			Stream (2) Gas Hidrogen			Stream (3) Gas Oksigen			Stream (4) Air Sisa		
			ml/jam	kg/jam	mol/jam	ml/jam	kg/jam	mol/jam	ml/jam	kg/jam	mol/jam	ml/jam	kg/jam	mol/jam
0.8	9.76	107	336449	336.45	15.02	4077.96	0.00037	0.18	2038.98	2.9E-06	0.09103	331738	332	14.8097
	31.7	47	765957	765.96	34.1945	9283.87	0.0008	0.41	4641.93	6.6E-06	0.20723	754851	754.851	33.6987
Total			336449	336.45	15.02	4077.96	0.00037	0.18	2038.98	2.9E-06	0.09103	331738	332	14.8097
			336800.0668			336800.0549								

E. Neraca Energi pada Reaktor *Aluminium Corrosion and Electrolysis* (ACE)



1. Neraca Energi pada Konsentrasi 0,8 M dan Arus 9,76 A

Input

- **Stream 1 (Suplai Arus)**

Tegangan = 12 V

Arus = 9,76 A

Waktu = 107 detik

W = V x I x t

= 12 V x 9,76 A x 107 detik

= 12531,84 J

- **Stream 2 (Air Umpan)**

Temperatur Air umpan masuk = 35°C

= 35°C + 273 K

= 308 K

Temperatur Ambient = 30°C

= 30°C + 273 K

= 303 K

ΔT = $T_2 - T_1$

= 308 K – 303 K

= 5 K

Massa Air Umpan = 336 kg

BM H_2O = 18 kg/kmol

Mol H_2O $= \frac{M}{BM\ H2O}$

$= \frac{336\ kg}{18\ kg/kmol}$

= 18,69 kmol

Cp H_2O (308K) = 75,29 J/kmol.K

(Thermophysical Properties ofFluid Systems, The NIST WebBook)

Q H_2O = n x Cp x ΔT

= 18,69 kmol x 75,29 J/kmol.K x (308 – 303) K

= 7036,54 J

Output

- **Stream 3 (Gas Hidrogen)**

Temperatur Gas H_2 Keluar = 39°C

= 39°C + 273 K

= 312 K

Temperatur Ambient = 30°C

= 30°C + 273 K

= 303 K

ΔT = $T_2 - T_1$

= 312 K – 303 K

= 9K

Massa H_2 = 0,00037 kg

Mol H_2 = 0,1821 kmol

Cp H_2 (312K) = 28,93 J/kmol.K

(Thermophysical Properties ofFluid Systems, The NIST WebBook)

Q H_2 = n x Cp x ΔT

= 0,18 kmol x 28.93 J/kmol.K x (312 – 303) K

= 47,40 J

- **Stream 4 (Gas Oksigen)**

Temperatur Gas O_2 Keluar = 39°C
= 39°C + 273 K
= 312 K
Temperatur Ambient = 30°C
= 30°C + 273 K
= 303 K
ΔT = $T_2 – T_1$
= 312 K – 303 K
= 9K
Massa O_2 = 0,0000029 kg
Mol O_2 = 0,0910 kmol
Cp O_2 (312K) = 29,494 J/kmol.K
(Thermophysical Properties of Fluid Systems, The NIST WebBook)

Q O_2 = n x Cp x ΔT
= 0,091 kmol x 29,49 J/kmol.K x (312 – 303) K
= 24,16 J

- **Stream 5 (Air Sisa)**

Temperatur Air sisa = 41°C
= 41°C + 273 K
= 314 K
Temperatur Ambient = 30°C
= 30°C + 273 K
= 303 K
ΔT = $T_2 – T_1$
= 314 K – 303 K
= 11K
Massa Air Sis = 331,74 kg
BM H_2O = 18 kg/kmol
Mol H_2O = $\frac{M}{BM\ H2O}$

$= \frac{331{,}74\ kg}{18\ kg/kmol}$

= 18,43 kmol

Cp H_2O (308K) = 75,29 J/kmol.K

(Thermophysical Properties ofFluid Systems, The NIST WebBook)

Q H_2O = n x Cp x ΔT

= 18,43 kmol x 75,29 J/kmol.K x (314 – 303) K

= 15264,48 J

Tabel 47. Neraca Energi pada Konsentrasi 0,8 M dengan Arus 9,76 A

Komponen	Input		Output		
	Joule	%	Komponen	Joule	%
Q Suplai Arus	12531.84	64.04	Q Hidrogen	47.40	0.24
Q Air Umpan	7036.54	35.96	Q Oksigen	24.16	0.12
			Q Air Sisa	15264.48	78.01
			Heat Loss	4232.34	21.63
Total	**19568.38**	**100**		**19568.38**	**100**

2. Neraca Energi pada Konsentrasi 0,8 M dan Arus 31,7 A

Input

- **Stream 1 (Suplai Arus)**

Tegangan = 24 V

Arus = 31,7A

Waktu = 47 detik

W = V x I x t

= 24 V x 31,7 A x 47 detik

= 35757,6 J

- **Stream 2 (Air Umpan)**

Temperatur Air umpan masuk = 39°C

= 39°C + 273 K

= 312 K

Temperatur Ambient = 30°C

= 30°C + 273 K

= 303 K

ΔT = $T_2 - T_1$

= 312 K – 303 K

= 9K

Massa Air Umpan = 755 kg

BM H_2O = 18 kg/kmol

Mol H_2O = $\frac{M}{BM\ H2O}$

= $\frac{755\ kg}{18\ kg/kmol}$

= 41,94 kmol

Cp H_2O (308K) = 75,29 J/kmol.K

(Thermophysical Properties ofFluid Systems, The NIST WebBook)

Q H_2O = n x Cp x ΔT

= 41,94 kmol x 75,29 J/kmol.K x (312 – 303) K

= 28416,75 J

Output

- **Stream 3 (Gas Hidrogen)**

Temperatur Gas H_2 Keluar = 39°C

= 39°C + 273 K

= 312 K

Temperatur Ambient = 30°C

= 30°C + 273 K

= 303 K

ΔT = $T_2 - T_1$

= 312 K – 303 K

= 9K

Massa H_2 = 0,0008 kg

Mol H_2 = 0,4145kmol

Cp H_2 (312K) = 28,93 J/kmol.K

(Thermophysical Properties ofFluid Systems, The NIST WebBook)

$Q\ H_2$ = n x Cp x ΔT

= 0,41 kmol x 28.93 J/kmol.K x (312 – 303) K

= 107,91 J

- **Stream 4 (Gas Oksigen)**

Temperatur Gas O_2 Keluar = 39°C

= 39°C + 273 K

= 312 K

Temperatur Ambient = 30°C

= 30°C + 273 K

= 303 K

ΔT = $T_2 – T_1$

= 312 K – 303 K

= 9K

Massa O_2 = 0,00001 kg

Mol O_2 = 0,2072 kmol

Cp O_2 (312K) = 29,494 J/kmol.K

(Thermophysical Properties ofFluid Systems, The NIST WebBook)

$Q\ O_2$ = n x Cp x ΔT

= 0,207 kmol x 29,49 J/kmol.K x (312 – 303) K

= 55,01 J

- **Stream 5 (Air Sisa)**

Temperatur Air sisa = 41°C

= 41°C + 273 K

= 314 K

Temperatur Ambient = 30°C

= 30°C + 273 K

= 303 K

ΔT = $T_2 – T_1$

= 314 K – 303 K

= 11K

Massa Air Sis = 754,85 kg

BM H_2O = 18 kg/kmol

Mol H_2O $= \frac{M}{BM\ H2O}$

$= \frac{754{,}85\ kg}{18\ kg/kmol}$

= 41,94 kmol

Cp H_2O (308K) = 75,29 J/kmol.K

(Thermophysical Properties ofFluid Systems, The NIST WebBook)

Q H_2O = n x Cp x ΔT

= 41,94 kmol x 75,29 J/kmol.K x (314 – 303) K

= 34733,42 J

Tabel 48. Neraca Energi pada Konsentrasi 0,8 M dengan Arus 31,7 A

Komponen	Input		Output		
	Joule	%	Komponen	Joule	%
Q Suplai Arus	35757.6	55.72	Q Hidrogen	107.91	0.17
Q Air Umpan	28416.75	44.28	Q Oksigen	55.01	0.09
			Q Air Sisa	34733.42	54.12
			Heat Loss	29278.01	45.62
Total	**64174.35**	**100**		**64174.35**	**100**

F. Efisiensi Alat pada Proses Elektrolisis pada arus 9,76 dan 31,7 A

Konsentrasi 0,8 M :

$2H_2O_{(l)} \longrightarrow H_{2(g)} + O_{2(g)}$ ΔH_f = +285,8 kJ/mol

ΔH_f = +285,8 kJ/mol x 1000 J/kJ

= 285840 J/mol

W = V x I x t

= 12 V x 9,76 A x 107 detik

= 12531,84 J

$$\text{Efisiensi Alat } (\eta) = \frac{Efisiensi\ Teoritis\ digunakan\ untuk\ elektrolisis}{Energi\ aktual\ dibutuhkan}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{Jumlah\ mol\ campuran\ x\ \Delta Hf}{W}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{0{,}010822\ mol\ x\ 285840 J/mol}{12531{,}84\ J}\ x\ 100\%$$

$$= 24{,}68\%$$

Tabel 49. Efisiensi Alat pada masing-masing Arus

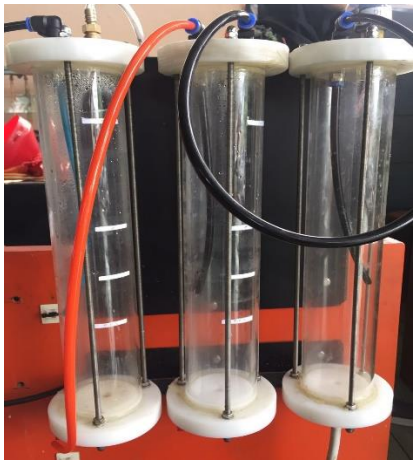
Konsentrasi (M)	Tegangan (Volt)	I (A)	Waktu (detik)	Efisiensi Alat (%)
0.8	12	9.76	107	24.68
	24	31.7	47	17.30

LAMPIRAN III
GAMBAR ALAT

Gambar 13.Tampak Depan Reaktor ACE

Gambar 14. Tampak Belakang Reaktor ACE

Gambar 15. Reaktor ACE



Gambar 16. Bubbler

Gambar 17. Storage ACE

Gambar 18. Kompresor

Gambar 19. Kondenser

Gambar 20. Cooler

Gambar 21. Engine

Gambar 22. Termogan

Gambar 23.Katalis Pottasium Hidroksida (KOH)

Gambar 24. *Oksigen Scavenger* Asam Askorbat

Gambar 25. Karbon Aktif

Gambar 26. Zeolit

Gambar 27. Tabung Sampel

Gambar 28. Aluminium Foil

Gambar 29. Aluminium Powder

Gambar 30. Plat Baja

Gambar 31. Aluminium Sebelum Korosi

Gambar 32. Sesudah Korosi