BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

(Terlampir)

4.1.2 Contoh Perhitungan Data

Dalam analisis data dilakukan perhitungan hasil data dengan rumus-rumus yang telah ditentukan sebelumnya. Pada analisis data ini dilakukan perhitungan mengenai fraksi massa katalis yang digunakan, produktivitas *Brown's gas*, daya yang diperlukan, dan efisiensi dari generator HHO. Adapun fraksi katalis yang digunakan adalah 0.69, 1.38, 1.77, dan 2.15% dengan masing-masing berat $NaHCO_3$ sebesar 17.5, 35, 45, dan 55 gram serta tambahan katalis seberat 131.58, 202.7, 277.78, dan 441.18 gram, sehingga didapatkan contoh perhitungan fraksi massa katalis seperti pada Persamaan 2-16 sebagai berikut:

$$\% = \frac{17.5\ gram}{(2500+17.5)gram} \text{x } 100\% = \frac{17.5}{2517.5} \text{x } 100\% = \text{Fraksi massa} = 0.69\%$$

Tabel 4.1 Data hasil pengujian pada ketebalan pelat 0.3 mm dan fraksi massa katalis 0.69%

Perlakuan	t (s)	I (A)	V (Volt)	T (°C)	Volume *Brown's gas* (ml)
Fraksi 0.69%	10		44.4	37.4	108.33
Tebal:0.3mm	20		44.6	37.7	206.67
	30		43.8	38.2	291.67
	40		45.1	38.8	390.00
	50	10	45.0	39.5	516.67
	60		43.8	39.7	611.67
	70		45.4	39.7	700.00
	80		45.4	39.7	781.67
	90		45.1	39.9	866.67
	100		44.9	39.9	955.00
	Rata-rata:		44.75	39.05	

Dari berbagai data yang dihasilkan dari pengujian maka dapat dilakukan perhitungan variabel-variabel yang diperlukan. Berikut adalah contoh perhitungan dari Tabel 4.1:

1. Daya yang dibutuhkan generator HHO

   Perhitungan daya dilakukan untuk mencari besar energi yang dibutuhkan proses elektrolisis sehingga menghasilkan *Brown's gas* dengan volume tertentu. Untuk perhitungan daya dapat digunakan Persamaan (2-8) yang membutuhkan nilai *volt* dan besar arus yang dialirkan, maka dari Tabel 4.1 terdapat 10 data voltase sehingga dicari nilai rata-rata voltase dan kemudian dilakukan perhitungan daya sebagai berikut:

   P = 44.75 *volt* . 10 *Ampere*

   P = 447.5 *Watt*

2. Laju produksi *Brown's gas*

   Dari Tabel 4.1 dapat dilakukan perhitungan laju produksi *Brown's gas* untuk mengetahui produktivitas *Brown's gas* dengan menggunaka data ke-10 volume yang dihasilkan adalah 955 *ml* maka dapat diketahui nilai produktivitas sesuai dengan Persamaan (2-11), sehingga contoh perhitungan laju produksi sebagai berikut:

   $$Q = \frac{955\ (ml)}{100(s)}$$

   $$Q = 9.55\frac{ml}{s} = 0.00955\ l/s$$

3. Efisiensi generator HHO

   Perhitungan efisiensi bertujuan untuk mencari performa terbaik dari generator HHO yang digunakan dengan menghitung nilai energi yang dihasilkan per energi yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis seperti pada Persamaan 2-12. Energi yang dihasilkan merupakan energi dari *Brown's gas* yang dihasilkan melalui pengujian, untuk menghitung efisiensi terlebih dahulu harus mengetahui massa jenis dan *Low Heating Value (LHV)* dari *Brown's gas*, contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

   - Massa jenis *Brown's gas*

     Telah diketahui menurut tabel periodik bahwa nilai Mr H_2O=18, Mr H_2=2, Mr O_2=32, maka didapatkan mole H_2:

$$\left.\begin{array}{lll} 2H_2O(l) \rightarrow & 2H_2(g) + & O_2(g) \\ 36\ kg & 4\ kg & 32kg \\ 1\ kg & \frac{1}{9}\ kg & \frac{8}{9}\ kg \end{array}\right\} \quad (2\text{-}13)$$

Jika pada STP*(standard temperature pressure)* massa jenis H_2 diketahui sebesar ρ_{H2}= 0,08235 gr/lt an O_2 sebesar ρ_{O2}= 1,3088gr/lt (*Cole Parmer Instrument, 2005*), maka ρ_{HHO} dapat dicari dengan persamaan berikut ini :

$$\rho_{HHO} = \frac{m_{HHO}}{V_{HHO}}$$

$$= \frac{(m_{H2}+m_{O2})}{V_{HHO}}$$

$$= \frac{(\rho_{H2} . V_{H2}+ \rho_{O2} . V_{O2})}{V_{HHO}}$$

$$= \frac{\left(\rho_{H2} . \frac{2}{3} V_{HHO}+ \rho_{O2} . \frac{1}{3} V_{HHO}\right)}{V_{HHO}}$$

$$\rho_{HHO} = \left(\frac{2}{3}\ x\ 0.08235\,\frac{gr}{lt}\right) + \left(\frac{1}{3}\ x\ 1.3088\,\frac{gr}{lt}\right)$$

$$= 0.491167 \text{ gr/lt}$$

- *Low Heating Value* (LHV) *Brown's gas*

Jika massa H_2 dalam *Brown's gas* sebesar 1/9 dan nilai LHV H_2 adalah 119.93 kJ/g, maka LHV *Brown's gas* adalah 1/9 kali LHV gas H_2, yaitu = 1/9 x 119.93 kJ/g = 13.25 kJ/g atau 3812.754 kcal/kg.

Untuk contoh perhitungan dari Tabel 4.1 dapat dilakukan perhitungan efisiensi ketika data pengambilan pada detik ke 70 *sekon*, dan pada Tabel 4.2 ketika pengambilan data detik ke 50 *sekon* seperti pada Persamaaan 2-14 yaitu:

V_{HHO} = volume *Brown's gas* yang di hasilkan dalam satu detik (l/s), pada perhitungan ini diambil data ke-70 s sehingga nilai volume per *sekon* sebesar 0.01000 *l*/s.

P_{HHO} = Daya yang diambil merupakan rata-rata daya dari 7 data pertama dari Tabel 4.1, sehingga nilai P= 445.857 *Watt* = 445.857 J/s.

Sehingga contoh perhitungan efisiensi sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\text{Energi yang dimiliki oleh HHO hasil elektrolisis}}{\text{Energi yang dibutuhkan untuk memproduksi } \textit{Brown's gas}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{M_{HHO} \text{ x } LHV_{HHO}}{P_{HHO}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{V_{HHO} \text{ x } \rho_{HHO} \text{ x } LHV_{HHO}}{P_{HHO}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{0.01000\ l/s \text{ x } 0.491167 \text{ gr}/l \text{ x } 13250 \text{ J/gr}}{445.857 \text{ J}/s}\ x\ 100\%$$

$$= 14.597\ \%$$

Berikut hasil dari perhitungan efisiensi semua data yang diambil dari data ke-70s dan nilai daya rata-rata 7 data pertama pengambilan data:

Tabel 4.2 Hasil perhitungan efisiensi pada berbagai macam tebal

Fraksi Massa	Tebal	Ampere	LHV (J/gr)	ρ HHO (gr/l)	V (l/s)	Daya (Watt)	Efisiensi (%)
0.69%	0.3	10	13250	0.49117	0,01000	445.857	14.597
	1				0,00886	447.286	12.887
	1.2				0,00881	448.000	12.797
	1.5				0,00848	449.571	12.270
1.38%	0.3	10	13250	0.49117	0,01452	435.857	21.686
	1				0,01376	438.000	20.448
	1.2				0,01357	438.000	20.165
	1.5				0,01321	437.286	19.666
1.77%	0.3	10	13250	0.49117	0,01471	427.429	22.404
	1				0,01464	431.714	22.074
	1.2				0,01417	434.714	21.208
	1.5				0,01357	437.286	20.198
2.15%	0.3	10	13250	0.49117	0,01690	424.000	25.947
	1				0,01679	430.000	25.405
	1.2				0,01638	431.000	24.735
	1.5				0,01571	433.000	23.618

Keterangan: Data diambil saat detik ke 70 pengambilan data

Tabel 4.3 Hasil perhitungan efisiensi pada berbagai macam fraksi massa katalis

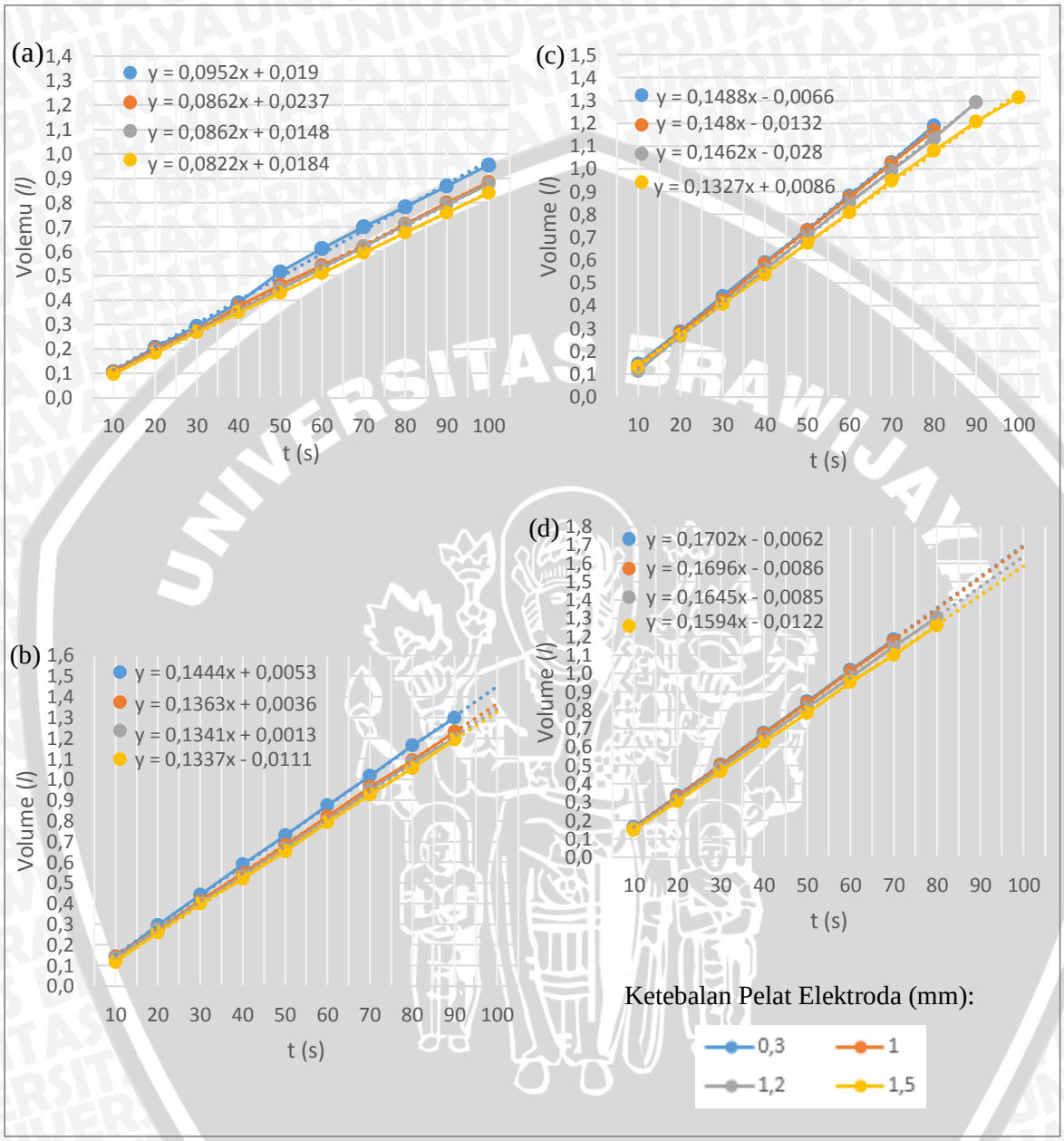
Fraksi massa	LHV (J/gr)	ρ_{HHO} (gr/l)	V (l/s)	Daya (Watt)	Efisiensi (%)
0.69	13250	0.491167	0.00927	451	13.37187
1.38	13250	0.491167	0.01367	441	20.16829
1.77	13250	0.491167	0.01460	431	22.04554
2.15	13250	0.491167	0.01683	433	25.30039
5	13250	0.491167	0.01890	419	29.35573
7.5	13250	0.491167	0.02067	408	32.96517
10	13250	0.491167	0.02250	396	36.97706
15	13250	0.491167	0.02173	423	33.43729

Keterangan: Data diambil saat detik ke 50 pengambilan data dan pada tebal elektroda 1 mm

4.2 Analisis Grafik dan Pembahasan

Data hasil pengolahan ditampilkan dalam bentuk grafik agar mudah dilakukan analisis dan pembahasan sebab akibat dari hasil data pengujian sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan. Parameter grafik yang dianalisis terdapat tiga macam grafik yaitu grafik produktivitas , konsumsi daya masing-masing variabel, serta efisiensi dari generator HHO.

4.2.1 Hubungan antara Volume *Brown's Gas* terhadap Waktu pada Fraksi Massa Sama



Gambar 4.1 Hubungan antara volume *Brown's gas* dan waktu pada fraksi massa katalis (%) : (a) 0.69, (b) 1.38, (c) 1.77, dan (d) 2.15

Gambar 4.2 meliputi grafik (a), (b), (c), dan (d) dengan fraksi massa katalis yang tetap dan tebal yang berbeda maka semakin tipis pelat akan menghasilkan volume *Brown's gas* yang semakin besar dibanding dengan ketebalan pelat yang lebih tebal. Selain itu juga dengan gradien atau kemiringan garis dari masing-masing gambar menunjukkan semakin besar nilai gradien maka volume yang dihasilkan semakin besar dengan urutan penghasil volume yang paling besar ke kecil yaitu ketebalan pelat 0.3, 1, 1.2, dan 1.5 mm. Hal ini

disebabkan ketebalan pelat semakin tebal memiliki hambatan yang semakin besar seperti Persamaan 4-1 dengan produksi volume terbesar pada ketebalan pelat 0.3 dan fraksi massa 2.15 % sebesar 0,01690 *liter* selama 70 detik.

$$R = \frac{\alpha . l}{A} \tag{4-1}$$

Dimana :

R = Besarnya hambatan (ohm)

α = Resistivitas material elektroda atau tahanan jenis material (Ω.mm)

l = ketebalan material (mm)

A= Luas permukaan elektroda (mm^2)

Jika hambatan pada pelat elektroda semakin besar maka transfer elektron untuk memecah molekul H_2O akan terhambat sehingga produktivitas *Brown's gas* menjadi rendah. Dapat dilihat pada Tabel 4.1 perhitungan hambatan tiap ketebalan pelat.

Tabel 4.4 Hambatan masing-masing ketebalan pelat

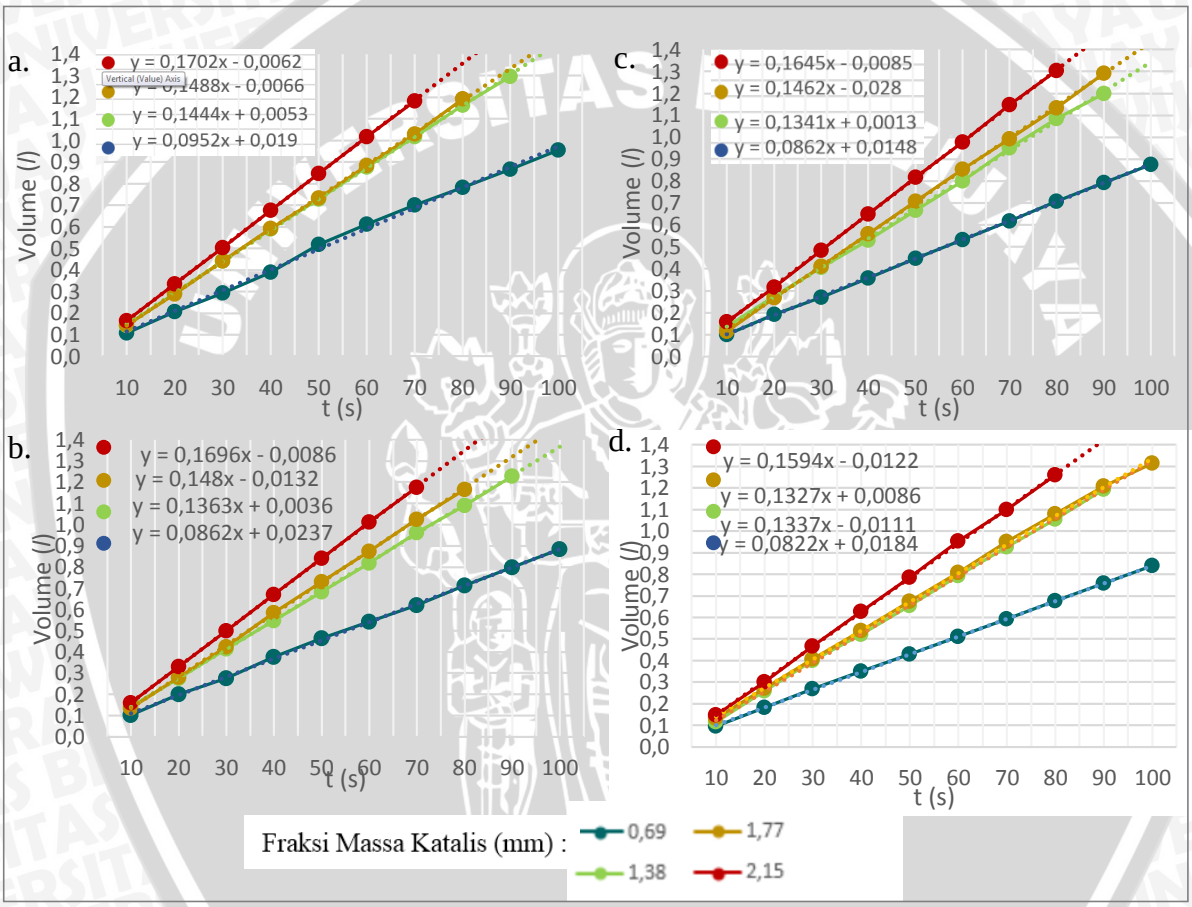
No.	*l* (mm)	*A* (mm^2)	α (Ω.mm)	*R* (Ω)
1.	0.3	$(3.14x28^2)2 = 4923.52$	6.9×10^{-4}	4.204×10^{-8}
2.	1	$(3.14x28^2)2 = 4923.52$	6.9×10^{-4}	1.401×10^{-7}
3.	1.2	$(3.14x28^2)2 = 4923.52$	6.9×10^{-4}	1.681×10^{-7}
4.	1.5	$(3.14x28^2)2 = 4923.52$	6.9×10^{-4}	2.102×10^{-7}

Pada penelitian sebelumnya belum ada yang mengamati pengaruh ketebalan terhadap jumlah volume *Brown's gas* yang dihasilkan. Wiryawan, 2013 menyatakan penambahan arus dan fraksi massa katalis dengan jumlah tertentu akan meningkatan volume *Brown's gas* karena pada penambahan arus yang semakin banyak akan meningkatkan jumlah elektron-elektron yang mengalir untuk memecah molekul air dan katalis dapat mempercepat laju reaksi dengan laju produksi terbasar mencapai 0.0017 *l/s* (Wiryawan dkk, 2013). Namun pada penelitian ini arus yang digunakan tetap untuk mengetahui perubahan tegangan yang disebabkan adanya hambatan. Sedangkan percobaan variasi tegangan listrik dan *mesh* elektroda pada elektrolisis *wet cell* menyebutkan semakin besar tegangan listrik dan jumlah *mesh* maka produksi hidrogen semakin banyak, diperoleh produksi gas Hidrogen maksimum terjadi pada elektroda dengan *mesh* 150 dan tegangan 18 V sebesar 0,00488 l/s (Kurniawan, 2015). Hal ini karena semakin banyak jumlah *mesh* maka luas permukaan elektroda semakin besar sehingga produksi hidrogen semakin besar.

Ketebalan dari pelat elektroda mempengaruhi produksi *Brown's gas* disebabkan oleh semakin tebal pelat maka jarak transfer elektron semakin jauh (dx) dari suatu pelat tersebut, sehingga dengan energi yang sama maka ketebalah yang lebih besar membutuhkan waktu

lebih lama untuk mentransfer elektron sehingga produksi *Brown's gas* lebih lama. Semakin tebal pelat elektroda dan netral juga akan membuat jarak anoda dan katoda semakin jauh, sehingga elektron H^+ pada anoda membutuhkan waktu lebih lama untuk ditransfer ke katoda guna pembentukan senyawa H_2. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa ketebalan pelat semakin tipis cenderung menghasilkan produktivitas *Brown's gas* semakin besar dibanding dengan ketebalan pelat yang lebih besar.

4.2.2 Grafik Hubungan Volume *Brown's Gas* terhadap Waktu pada Ketebalan Sama



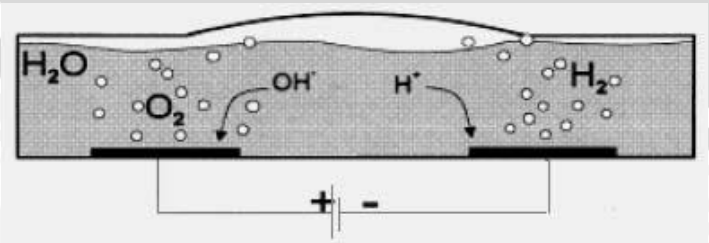
Gambar 4.2 Hubungan antara volume *Brown's gas* dan waktu pada ketebalan pelat (mm): (a) 0.3, (b) 1, (c) 1.2, dan (d) 1.5

Gambar 4.2 seperti halnya dengan Gambar 4.1 menunjukkan hubungan antara produktivitas *Brown's gas* dan waktu namun ditinjau dari ketebalan pelat sama dengan fraksi massa katalis yang berbeda. Masing-masing grafik (a), (b), (c), dan (d) menunjukkan *trendline* yang cenderung linier pada setiap garisnya. Hal ini dikarenakan produksi setiap waktunya konstan sehingga nilai *trendline* terlihat lurus. Dari masing-masing gambar, gradien yang semakin besar pelat menunjukkan urutan produksi *Brown's gas* dari fraksi massa katalis terbesar sampai terkecil yaitu 2.15, 1.77, 1.38, dan 0.69%.

Meningkatnya volume akibat dari penambahan katalis sesuai dengan pernyataan Laksono & Widhiyanuriyawan, 2013 yaitu penambahan katalis akan meningkatkan produktivitas namun semakin banyak penambahan katalis maka larutan akan semakin jenuh, mengakibatkan anion dan kation dalam larutan akan semakin sulit untuk bergerak untuk mentransfer elektron. Didapatkan produksi *Brown's gas* terbesar pada fraksi massa 1.31% yaitu 0.00171 *l*/s pada elektrolisis *wet* cell (Laksono & Widhiyanuriyawan, 2013).

Masing-masing grafik ketebalan pelat melihatkan bahwa produktivitas *Brown's gas* terbesar pada fraksi massa katalis 2.15 %. Dengan demikian, fraksi massa katalis semakin besar akan menaikkan produktivitas *Brown's gas* karena katalis yang digunakan $NaHCO_3$ yaitu merupakan katalis homogen yang berfungsi untuk mengkoordinir reaksi elektrolisi sehingga reaksi lebih cepat (Wardana, 2008:8). Mula-mula $NaHCO_3$ dipecah menjadi senyawa Na^+ dan HCO^-_3, katalis akan menarik elektron dari molekul air akibat beda potensial air lebih negatif dari katalis. Akibatnya molekul dari air kekurangan elektron atau kelebihan proton yang pecah menjadi ion H^+. Kemudian karena katalis juga memiliki beda potensial dengan oksigen yang terdapat dalam air, yakni katalis berpotensial lebih negatif dari oksigen. Sehingga air memiliki senyawa yang kebihan elektron atau bermuatan negatif yaitu OH^-. Ada proses ini katalis mereaksikan pemecahan senyawa H_2O lebih cepat, sebelum dan sesudah reaksi jumlah katalis tidak berubah (Wardana, 2008:9).

Pada proses pemecahan H_2O menjadi ion H^+ dan OH^-, elektroda yang bermuatan positif (anoda) akan menarik OH^- dan elektroda yang bermuatan negatif (katoda) akan menarik H^+ seperti pada Gambar 4.3 (Streblau dkk, 2014). Jumlah katalis semakin besar akan membuat ikatan molekul H_2O semakin lemah sehingga mudah untuk dipecah. Selain itu juga pergerakan elektron juga semakin cepat sehingga transfer elektron lebih tinggi kemudian senyawa hidrogen dan oksigen yang dihasilkan lebih besar. Hal ini karena penambahan katalis akan menurunkan energi aktivasi dari reaksi tersebut.

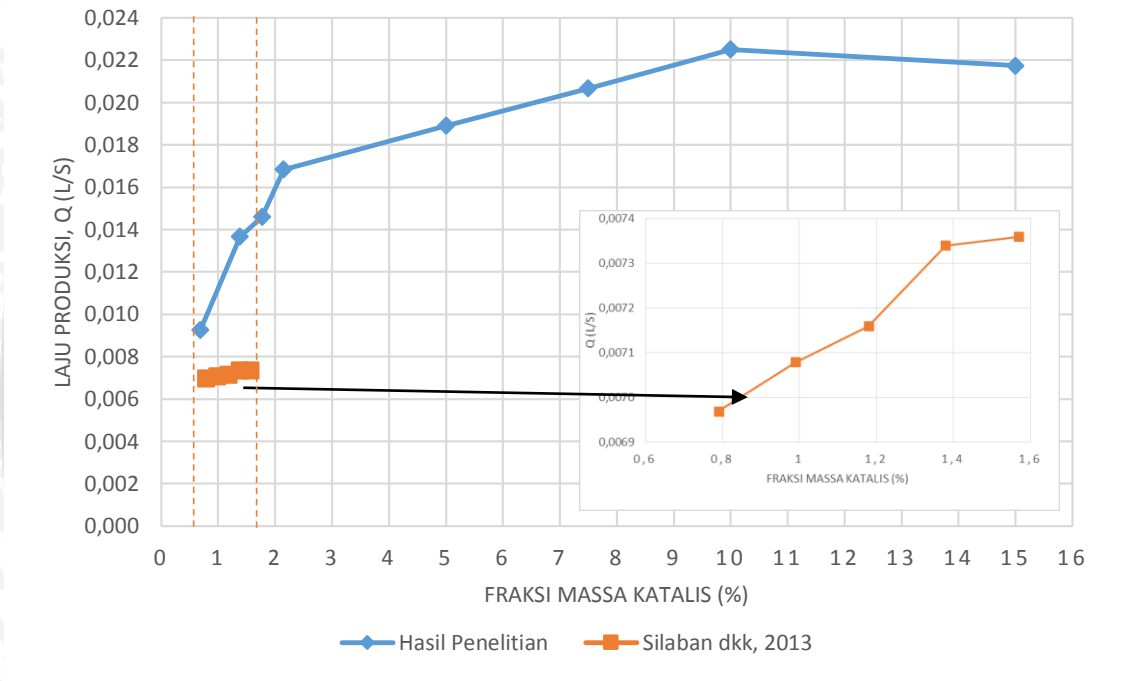


Gambar 4.3 Proses yang terjadi pada anoda dan katoda
Sumber : Streblau dkk, 2014

Energi aktivasi adalah energi minimum yang diperlukan untuk melangsungkan terjadinya suatu reaksi. Jika molekul-molekul bertabrakan dengan energi yang lebih rendah

dari energi aktivasi, maka reaksi tidak akan terjadi. Hanya tumbukan yang memiliki energi sama ayau lebih besar dari energi aktivasi yang dapat membuat reaksi berlangsung. Maka pada proses yang terjadi ikatan-ikatan diputus dengan sejumlah energi (membutuhkan energi) dan membentuk ikatan-ikatan baru yang melepas sejumlah energi (Wardana, 2008:104). Jadi penambahan fraksi massa katalis pada ketebalan yang tetap akan meningkatkan volume *Brown's gas* karena katalis dapat menurunkan energi aktivasi.

4.2.3 Hubungan antara Produktivitas dan Fraksi Massa Katalis



Keterangan: Variabel Penelitian dan Silaban dkk (2013) dengan Jarak celah 1.5 mm dan arus yang digunakan 10 A

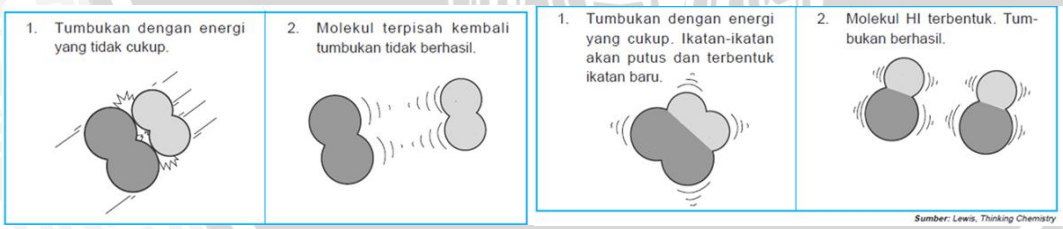
Gambar 4.4 Hubungan antara produktivitas dan fraksi massa katalis

Pada Gambar 4.4 terlihat produktivitas *Brown's gas* naik seiring dengan penambahan fraksi massa katalis namun akan ada titik optimal produktivitas *Brown's gas*. Pada penelitian ini dilakukan percobaan pada berbagai fraksi massa katalis $NaHCO_3$ dengan tujuan mencari titik optimal dari penambahan fraksi massa katalis pada larutan elekrolit. Didapatkan hasil ketika penambahan fraksi massa katalis antara 0.69-2.15 % masih mengalami peningkatan produksi *Brown's gas*, kemudian ditambahkan lagi fraksi massa katalis dengan jumlah yang ekstrim yaitu 5, 7.5, 10, dan 15 %. Hasilnya masih mengalami kenaikan produktivitas namun pada titik 10% mencapai titik optimal produksi *Brown's gas* dengan produktivitas sebesar 0,02250 *l*/s dalam waktu selama 50 detik. Namun penambahan jumlah fraksi massa katalis berikutnya mengalami penurunan produktivitas sampai pada penambahan fraksi massa 15%.

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Laksono & Widhiyanuriyawan, 2013 menyatakan penambahan katalis akan meningkatkan produktivitas namun semakin banyak penambahan katalis maka larutan akan semakin jenuh, mengakibatkan anion dan kation dalam larutan akan semakin sulit untuk bergerak untuk mentransfer elektron. Didapatkan produksi *Brown's gas* terbesar pada fraksi massa 1.31% yaitu 0.00171 *l*/s pada elektrolisis *wet* cell (Laksono & Widhiyanuriyawan, 2013). Namun berbeda dengan pernyataan Silaban menyebutkan penambahan faksi massa katalis pada perlakuan yang sama elektrolisis *dry cell* dengan massa air 2500 ml, terlihat kecenderungan produktivitas konstan ketika penambahan fraksi massa katalis. Hal ini dikarenakan besar penambahan fraksi massa bernilai kecil yaitu 0.39, 0.59, 0.79, 0.99, 1.18, 1.38, dan 1.58 % sehingga kenaikan produksi tidak signifikan (Silaban dkk, 2013).

Penambahan katalis akan mempercepat laju reaksi sehingga menghasilkan laju produksi yang lebih besar namun terdapat titik optimal ketika jumlah kosentrasi katalis melebihi batas kejenuhan dari suatu larutan. Katalis merupakan suatu cat yang memiliki kemampuan untuk membantu percepatan suatu reaksi, tetapi katalis tidak bereaksi bersama reaksi dan jumlah katalis akan tetap sama seperti bukti sisa katalis setelah reaksi pada Gambar 4.5. Penambahan fraksi massa katalis dapat mempercepat reaksi elektrolisis karena katalis dapat menurunkan energi aktivasi.

Gambar 4.5 Penampang pelat elektroda dan netral dengan sisa katalis



(a) (b)

Gambar 4.6 Teori tumbukan molekul (a) Tumbukan tidak berhasil (b) Tumbukan berhasil

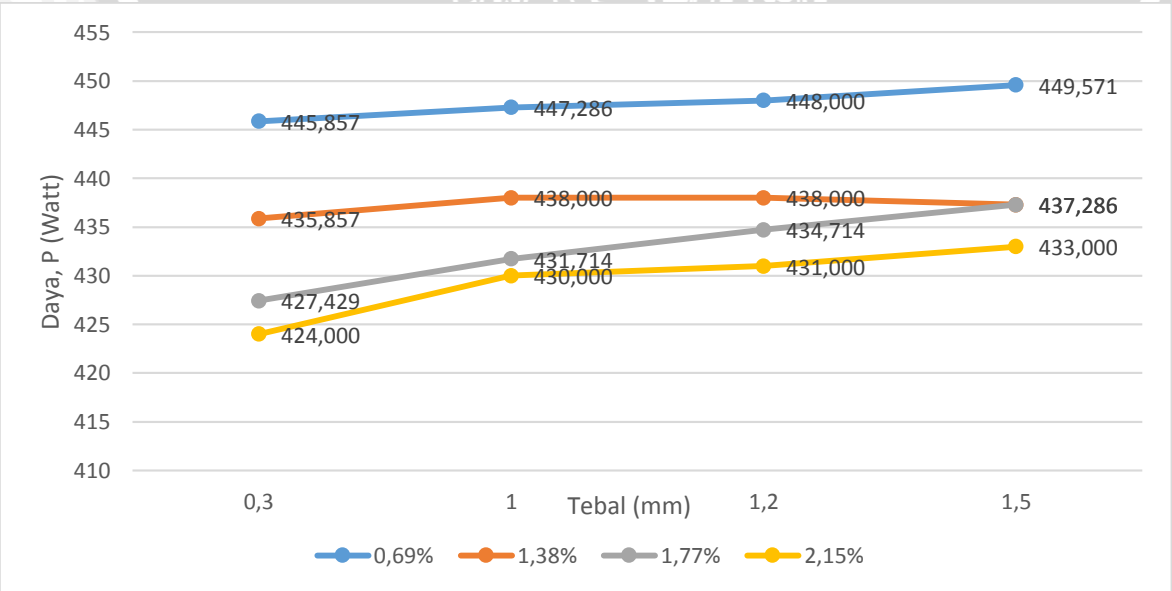
Energi aktivasi merupakan energi minimum yang diperlukan agar zat-zat pereaksi dapat berinteraksi dan bercampur. Energi aktivasi berupa hambatan energi yang memisahkan antara pereaksi dan hasil reaksi. Agar reaksi dapat berlangsung, dibutuhkan setidaknya energi yang sama besar dengan energi aktivasi (Utomo dan Laksono, 2013). Dengan begitu peningkatan konsentrasi pereaksi dapat mempercepat laju reaksi sebab jumlah partikel akan

bertambah pada volume tersebut dan menyebabkan tumbukan antarpartikel lebih sering terjadi. Dengan energi yang sama dan jumlah tumbukan banyak memungkinkan tumbukan yang berhasil akan bertambah sehingga laju reaksi meningkat. Reaksi dapat terjadi karena adanya tumbukan antar molekul dibantu dengan energi yang cukup dapat lihat pada Gambar 4.6.

Sehingga penambahan fraksi massa katalis $NaHCO_3$ dapat memperngaruhi produktivitas *Brown's gas* sesuai dengan hipotesa yaitu semakin besar fraksi massa katalis akan mempercepat laju reaksi sehingga produktivitas lebih besar. Namun penambahan katalis memiliki nilai maksimum ketika jumlah konsentrasi katalis mencapai titik malsimal dalam penelitian ini titik optimal pada faksi massa 10%. Setelah fraksi massa 10%, larutan akan mengalami kepekatan dan kejenuhan sehingga pergerakan anion dan kation terhambat. Fenomena lain terjadi pengendapan dan nilai kelarutan katalis dalam air berkurang sehingga fungsi tidak maksimal yang dapat dilihat pada lampiran Gambar 4.7.

Gambar 4.7 Larutan elektrolit yang jenuh dan pengendapan setelah proses elektrolisis

4.2.4 Hubungan antara Daya terhadap Ketebalan Pelat dan Fraksi Massa



Gambar 4.7 Hubungan antara daya terhadap ketebalan pelat dan fraksi massa

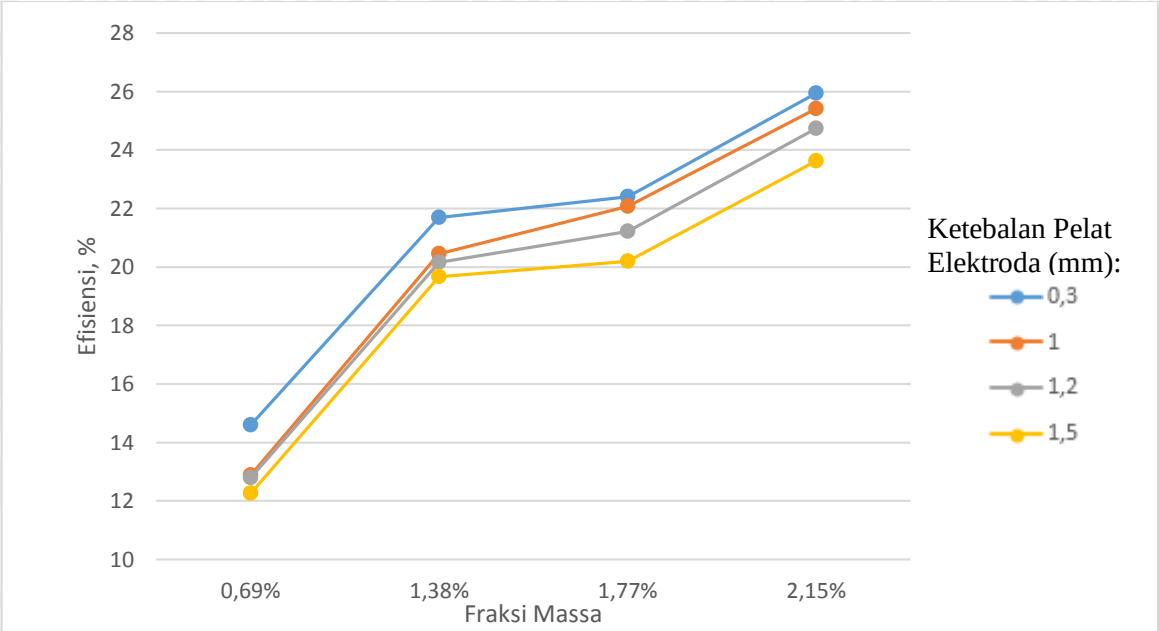
Gambar 4.8 melihatkan konsumsi daya dari generator HHO untuk proses elektrolisis pada masing-masing ketebalan pelat dan fraksi massa katalis berbeda. Pada grafik hubungan antara daya terhadap ketebalan pelat dan fraksi massa katalis terlihat rata-rata pemakaian daya terbesar pada fraksi massa katalis 0.69 %. Pemakaian daya terbesar pada fraksi katalis massa 0.96 % dengan ketebalan pelat 1.5 mm. Penggunaan fraksi massa katalis semakin besar akan berbanding terbalik dengan pemakaian daya yang dihasilkan dari pengukuran *voltase* saat pengujian. Dengan kata lain, penambahan fraksi massa katalis pada proses elektrolisis akan menurunkan konsumsi daya. Hal ini dikarenakan penambahan katalis $NaHCO_3$ akan mempercepat laju reaksi kimia untuk memecah molekul H_2O menjadi 2 hidrogen dan 1 oksigen (*Brown's gas*). Pada penelitian ini katalis $NaHCO_3$ yang digunakan akan dipecah menjadi senyawa anion Na^+ dan kation HCO_3^- didalam larutan elektrolit. Anion Na^+ akan mempercepat pergerakan elektron-elektron yang mengalir sehingga beda potensial semakin kecil ketika arus yang digunakan diatur konstan. Jika arus yang dialirkan konstan dan beda potensial semakin kesil maka daya yang dibutuhkan juga akan semakin kecil.

Ketebalan pelat elektroda juga mempengaruhi konsumsi daya pada proses elektrolisis, dapat dilihat pada grafik efisiensi tertinggi oleh ketebalan pelat 0.3 mm dengan fraksi massa katalis 2.15 %. Tegangan akan semakin meningkat dengan bertambahnya tebal pelat elektroda, pada rumus perhitungan daya disebutkan bahwa daya akan berbanding lurus dengan tegangan dan arus seperti pada Persamaan 2-8.

Pada penelitian ini arus yang diberikan pada proses elektrolisis dikondisikan konstan yaitu sebesar 10 amepere sehingga jika tegangan meningkat maka daya yang dibutuhkan juga akan meningkat seperti rumus $I = V/R$. Hal ini dikarenakan besarnya tegangan dipengaruhi oleh hambatan dari pelat tersebut. Berdasarkan rumus hambatan dapat dikatakan bahwa semakin tebal pelat elektroda akan semakin besar pula hambatannya seperti Persamaan 4-1.

Jenis bahan pelat elektroda yang digunakan pada penelitian ini sama yaitu *stainless steel* 304L sehingga tahanan jenis material antar tebal pelat sama atau dapat dikatakan nilai resistivitas material konstan. Begitu juga dengan luas permukaan elektroda yang tercelup juga sama. Jika tebal elektroda semakin besar dengan nilai resistivitas dan luas permukaan elektroda tetap maka nilai hambatan akan semakin besar dengan bertambahnya tebal pelat. Jadi besarnya daya yang digunakan dipengaruhi oleh ketebalan pelat dan besarnya fraksi massa katalis yaitu semakin besar ketebalan pelat elektroda dan jumlah fraksi massa katalis akan semakin besar daya yang digunakan.

4.2.5 Hubungan antara Efisiensi terhadap Ketebalan Pelat dan Fraksi Massa



Gambar 4.9 Hubungan antara efisiensi terhadap ketebalan pelat dan fraksi massa

Efisiensi merupakan perbandingan antara energi yang dihasilkan dengan energi yang dibutuhkan dalam suatu proses. Pada penelitian ini perhitungan efisiensi didapatkan dari energi dari *Brown's gas* dan volume *Brown's gas* yang dihasilkan oleh generator HHO per detik. Berdasar Persamaaan 2-14 nilai efisiensi tergantung dengan besar volume *Brown's gas* per detik dan daya yang dibutuhkan. Efisiensi berbanding lurus dengan volume, jika volume mengalami kenaikan maka besar efisiensi juga akan naik. Namun efisiensi juga dipengaruhi oleh daya yang dibutuhkan generator HHO. Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan Grafik 4.8 bahwa daya akan semakin besar apabila ketebalan pelat dan fraksi massa katalis semakin besar nilainya.

Pada setiap ketebalan pelat dengan fraksi massa katalis sama, efisiensi akan cenderung naik dikarenakan produktivitas ketebalan pelat yang lebih tipis lebih besar dari pada pelat yang lebih tebal. Pelat yang lebih tebal memiliki hambatan yang lebih besar dibanding dengan pelat yang lebih tipis seperti penjelasan Grafik 4.5 sehingga tegangan pada pelat yang lebih tebal lebih tinggi kemudian daya yang dibutuhkan akan semakin besar. Daya yang digunakan semakin besar akan menyebabkan efisiensi semakin rendah sebab efisiensi dan daya generator HHO berbanding terbalik.

Besar fraksi massa katalis juga mempengaruhi besar efisiensi, pada Grafik 4.9 dapat dilihat bahwa fraksi massa katalis yang lebih besar pada masing-masing ketebalan pelat memiliki efisiensi yang lebih besar dibanding dengan fraksi massa katalis yang lebih kecil sebab fraksi

massa katalis semaikin besar dapat mempercepat rekasi pemecahan molekul H_2O sehingga produksi *Brown's gas* lebih cepat dan semakin besar. Jadi efisiensi akan cenderung naik apabila ketebalan pelat semakin tipis dan fraksi massa katalis yang lebih besar akan menaikkan efisiensi.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA