

PENGARUH PENAMBAHAN KETEBALAN GASKET PADA DRYCELL TERHADAP PRODUKTIFITAS HIDROGEN

Umri N. Siregar¹, A. Halim Nasution², Syahril Gultom³, Zulkifli Lubis⁴, Alfian Hamsi⁵
^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Email: umri_siregar1991@yahoo.com

ABSTRAK

Manusia dihadapkan pada situasi menipisnya cadangan sumber energi fosil dan meningkatnya kerusakan lingkungan akibat penggunaan energi fosil. Melihat kondisi tersebut teknologi *fuel cell* (sel bahan bakar) merupakan teknologi yang tepat untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan ketebalan gasket terhadap produksi hidrogen pada *dry cell*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengubah ikatan air (H₂O) untuk menghasilkan hidrogen murni dengan memvariasikan ketebalan gasket pada *drycell*. Hasil penelitian diperoleh waktu produksi tertinggi didapatkan pada pengujian tebal gasket 1,5 mm dengan konsentrasi KOH 4,66% serta kuat arus 26 Ampere yang mencapai 68 detik, laju produktifitas $4,9085 \times 10^{-5}$ kg/s dengan temperatur 44,42 °C dan waktu produktifitas minimum yang dihasilkan pada pengujian KOH 4% dengan tebal gasket 6 mm dengan kuat arus 20A yang mencapai 132 detik dengan suhu 38,97 °C serta laju produktifitas $2,528 \times 10^{-5}$ kg/s. Kesimpulan yang diperoleh bahwa waktu produksi dan laju aliran yang dihasilkan semakin menurun jika ketebalan gasket semakin bertambah dan suhu yang dihasilkan semakin menurun serta energi yang dibutuhkan semakin besar, begitu juga sebaliknya.

Kata kunci: Fuel cell, Dry cell, hidrogen, Ketebalan gasket, elektrolisis.

1. PENDAHULUAN

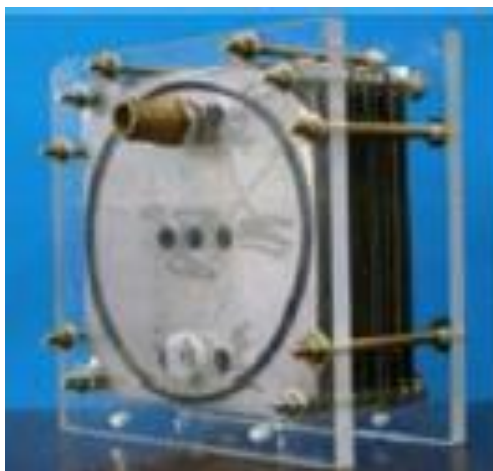
Energi menjadi komponen penting bagi kelangsungan hidup manusia karena hampir semua aktivitas kehidupan manusia sangat tergantung pada ketersediaan energi yang cukup. Dewasa ini dan beberapa tahun ke depan, manusia masih akan tergantung pada sumber energi fosil karena sumber energi fosil inilah yang mampu memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar. Sedangkan sumber energi alternatif/terbarukan belum dapat memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar karena fluktuasi potensi dan tingkat perekonomian yang belum bisa bersaing dengan energi konvensional.

Dilain pihak, kita dihadapkan pada situasi menipisnya cadangan sumber energi fosil dan meningkatnya kerusakan lingkungan. Menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) (2008), ketersediaan potensi sumber daya minyak bumi berkisar 56,6 miliar barrel sedangkan cadangan yang telah tereksplorasi sekitar 8,4 miliar barrel dan sementara yang telah diolah sudah mencapai 348 juta barrel. Minyak bumi yang dieksplorasi dan dikonsumsi setiap hari lambat laun akan habis, sedangkan proses terbentuknya minyak bumi memakan waktu jutaan tahun..

Dengan melihat kerusakan lingkungan dan menipisnya cadangan minyak bumi akibat penggunaan energi fosil, maka saat ini sangat diperlukan penelitian yang intensif untuk mencari, mengoptimalkan dan menggunakan sumber energi alternatif/terbarukan. Energi alternatif yang digunakan seperti hidrogen. Produksi hidrogen dapat diperoleh dengan proses elektrolisis, namun dalam pengoperasiannya sering elektrolizer mengalami kerusakan sehingga produksinya dapat menurun drastis bahkan tidak berfungsi lagi, hal ini disebabkan karena suhu yang ditimbulkan terlalu panas serta gasket yang digunakan tidak sanggup menahan suhu yang ditimbulkan pada elektrolizer. Dengan mempertimbangkan masalah ini maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan ketebalan gasket terhadap jumlah produksi hidrogen

yang dihasilkan. Oleh karena itu penelitian dengan menambah ketebalan gasket dapat menghasilkan suatu alat *dry cell* yang mampu menghasilkan hidrogen dengan umur alat yang cukup lama, Penambahan gasket dapat mengakibatkan laju produktifitas gas hidrogen sedikit menurun, namun suhu yang digunakan dalam proses elektrolisis akan semakin menurun sehingga berdampak pada usia *drycell* akan semakin lama.

Banyaknya variasi model *Drycell* saat ini sangat mempengaruhi laju produktifitas dan ketahanan dari elektrolizer. Elektrolizer yang dijual dipasaran mempunyai banyak model sehingga perlu diketahui pengaruh ketebalan gasket dalam *drycell* terhadap laju produktifitas dan ketahanan panas yang terjadi pada proses elektrolisis.



Gambar 1. *Drycell*

Sumber: <http://www.gas-hho.blogspot.com>

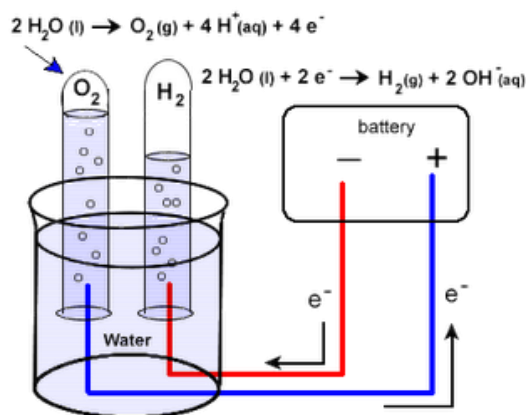
Didalam penelitian ini peneliti menggunakan ketebalan gasket mulai dari 1,5 mm, 3 mm, 4,5 mm dan 6 mm dan kuat arus yang digunakan mulai dari 20 A, 22 A, 24 A, dan 26 A serta larutan KOH yang berfungsi sebagai katalisator.

Katalisator merupakan suatu zat yang ditambahkan ke dalam sistem yang akan direaksikan untuk mempercepat reaksi di dalamnya. Pada proses elektrolisis dibutuhkan suatu elektrolit yang dijadikan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi pertukaran ion-ion di dalamnya^[1]. Umumnya kenaikan konsentrasi katalisator mempengaruhi kecepatan reaksi dari proses elektrolisis. Semakin besar konsentrasi katalis maka akan mempercepat reaksi dan katalisator menurunkan tenaga aktivasi hingga kecepatan reaksi lebih besar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Proses Elektrolisis Air ^[2]

Elektrolisis adalah suatu proses pemecahan senyawa kimia tertentu menjadi suatu molekul baru dengan bantuan arus listrik dan dua elektroda. Dimana arus listrik tersebut dialirkan pada elektroda positif (anoda) dan elektroda negatif (katoda), apabila diterapkan pada air maka senyawa kimia H₂O akan terpecah menjadi gas hidrogen (H₂) serta gas Oksigen (O₂). Agar suatu proses elektrolisis bekerja dengan cepat maka diperlukan zat lain yang disebut dengan katalis. Proses elektrolisis air dapat terjadi beberapa reaksi antara lain asam, basa maupun setengah reaksi asam ataupun basa.

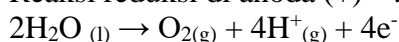


Gambar 2. Proses Elektrolisis Air

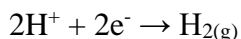
Sumber: <http://www.chevinoorcholis.blogspot.com>.

Pada reaksi asam, reaksi reduksi terjadi pada elektroda negatif (katoda), dimana elektron (e^-) dari katoda diikat oleh kation H^+ untuk membentuk gas hidrogen ($H_{2(g)}$). Sedangkan pada elektroda positif (anoda), molekul H_2O kehilangan elektron (e^-) sehingga terpecah menjadi gas oksigen ($O_{2(g)}$), dan kation H^+ sebagaimana dapat dilihat pada persamaan reaksi kimia berikut:

Reaksi reduksi di anoda (+) :

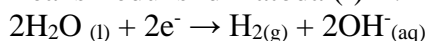


Reaksi reduksi di katoda (-) :

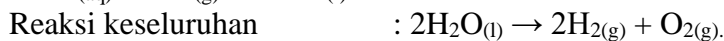
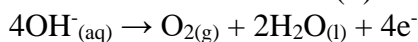


Jika elektrolit yang digunakan adalah larutan basa seperti KOH, NaOH (basa dari golongan periode IA, alkali tanah) maka akan terjadi reaksi basa. Pada reaksi basa, reaksi reduksi terjadi di katoda dimana molekul air mengikat elektron (e^-) sehingga terpecah menjadi gas hidrogen ($H_{2(g)}$) dan anion OH^- . Anion tersebut kemudian tertarik ke sisi anoda dan terpecah menjadi gas oksigen dan molekul $H_2O(l)$, sebagaimana dapat dilihat pada persamaan reaksi kimia berikut:

Reaksi reduksi di katoda (-) :



Reaksi oksidasi di anoda (+) :



Tabel 1. Karakteristik Kalium Hidroksida (KOH)

No	Karakteristik	Satuan	Nilai
1.	Berat Molekul	Gr/mol	56,1
2.	Titik Lebur	°C	360
3.	Titik Didih	°C	1320
4.	Densitas	Gr/cm ³	2,04
5.	Sangat korosif		

Energi Dalam Proses Elektrolisis

Sel elektrolisis merupakan sel elektrokimia yang bereaksi secara tidak spontan (E^o sel (-) atau $\Delta G > 0$), karena energi listrik disuplai dari sumber luar dan dialirkan melalui sebuah sel [3].

Untuk mengetahui besar energi yang digunakan dalam proses elektrolisis adalah perkalian antara voltase, kuat arus dan waktu elektrolisis. Besarnya jumlah energi yang digunakan pada proses elektrolisa dihitung menggunakan persamaan 1 dan jumlah energi yang terbuang menggunakan persamaan 3, serta untuk mencari persentase energi yang hilang gunakan persamaan 4.

$$E = V \times I \times t \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta T = T_f - T_s \dots\dots\dots (2)$$

$$H_{Lost} = \Delta T \cdot V_f \dots\dots\dots (3)$$

$$\%Lost = \frac{H_{lost}}{E} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

E = Energi yang digunakan dalam mesin *drycell* (Watt-hours).

V =Tegangan yang digunakan mesin *drycell* (Volt).

I = Kuat arus yang digunakan mesin *drycell* (Ampere).

T = Waktu yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis (hours).

ΔT = Perubahan Temperatur (C).

T_f = Tempertur Akhir (C).

T_s = Temperatur Awal (C).

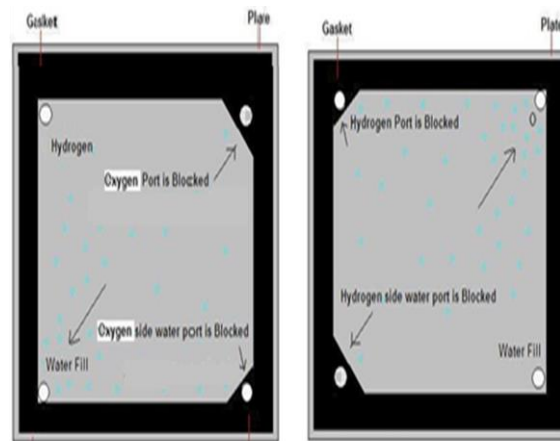
V_f = Volume air (cm³).

H_{Lost} = Energi Terbuang (kalori).

%Lost = Persentase energi yang terbuang.

Metode Pemisahan Hidrogen dan Oksigen Dry Cell

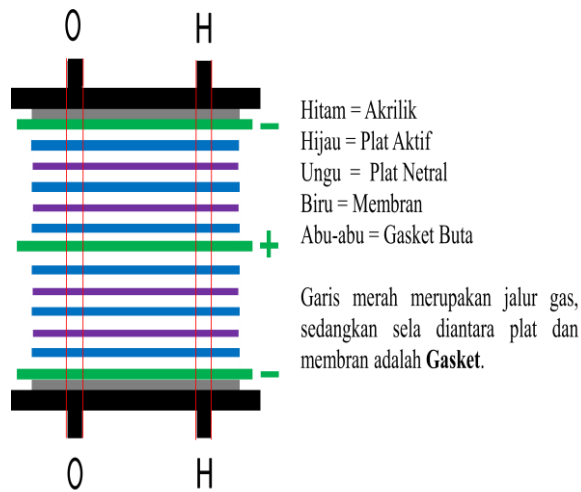
Hal pertama yang harus diperhatikan agar hidrogen terpisah dengan Oksigen yaitu memisahkan aliran air yang akan dielektrolisis menjadi dua bagian aliran. Untuk membagi aliran air ini, lubang pada gasket yang menjadi inti pembagiannya. Gasket dibuat seperti gambar berikut. Ketika disusun, aliran dibagi menjadi aliran sisi kiri dan aliran sisi kanan, dimana aliran sisi kiri tidak bersentuhan dengan aliran sisi kanan sehingga gas yang dihasilkan juga tidak bercampur karna dialirkan pada sisi yang tetap [4].



Abu-abu= plat
Hitam = gasket
http://hho4free.com/hydrogen_separator_cell.htm

Gambar 3. Bentuk Gasket Yang Dipakai
Sumber: <http://www.hho4free.com>

Kemudian plat, membran dan gasket akan disusun seperti gambar berikut, sehingga dapat dilihat aliran gas yang akan dihasilkan.



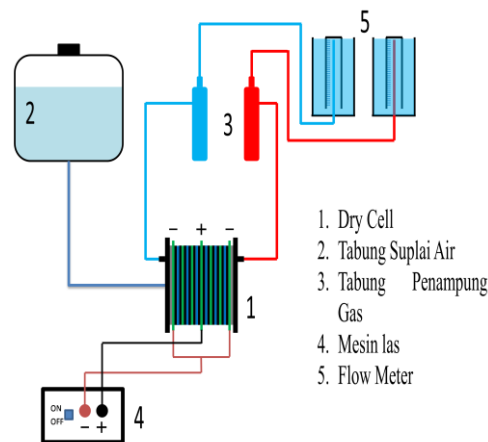
Gambar 4. Aliran Oksigen dan Hidrogen
 Sumber: <http://www.hho4free.com>

3. METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian penambahan tebal gasket pada *drycell* terhadap produktifitas hidrogen antara lain, Plat Stainless steel, gasket, plat akrilik, mesh membrane, gerinda tangan, mesin bor, adaptor, gunting, tang pembolong, tang, multimeter, *stopwatch*, dan *Thermocouple Agilent*.

Konstruksi Penelitian



Gambar 5. Konstruksi Penelitian

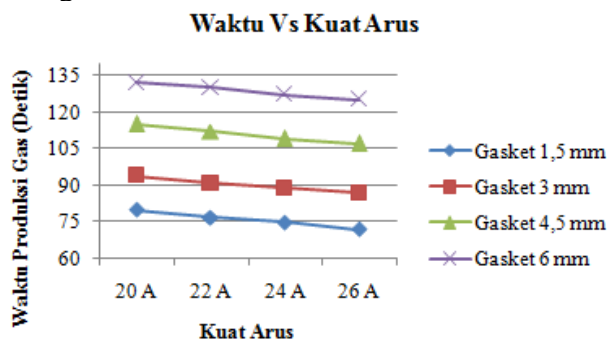
Dari gambar di atas dapat dijelaskan, arus listrik dialirkan melalui mesin las yang berfungsi sebagai adaptor, kemudian air yang mengandung KOH mengalir masuk kedalam *Dry Cell*. Didalam *dry cell* terjadi elektrolisis. Hasil elektrolisis berupa gas hidrogen dan oksigen mengalir ke penampung masing-masing yang berisi air yang berfungsi memastikan adanya gas yang dihasilkan. Dari tabung penampung gas, gas dialirkan ke flow meter untuk mengetahui volume gas yang dihasilkan.

Langkah Kerja Penelitian

1. Dioperasikan mesin dengan cara merakit susunan power supply ke mesin *drycell* dengan menyambung tang jepit buaya ke kabel yang ada pada mesin *drycell* tersebut.
2. Disiapkan gasket pada pengujian dengan tebal mulai dari 1,5 mm, 3 mm, 4,5 mm dan 6 mm, yang disusun diantara plat netral dan menggunakan 8 plat netral, kemudian kabel *termocouple agilent* dihubungkan ke *drycell* untuk menghitung suhu pada saat terjadinya reaksi.
3. Diatur kuat arus 20 A, kemudian dilanjutkan ke 22 A, 24 A, dan 26 A dan voltase 50 V
4. Disiapkan jumlah volume air 1500 ml dan katalis KOH 4%, 4,33%, dan 4,66% dalam masing-masing tabung pengisi air.
5. Disediakan tabung penampungan gas hidrogen dan tabung penampung oksigen dihubungkan pada gas out masing- masing pada *dry cell* dan masing- masing penampung dihubungkan pada *Flow meter*.
6. Dicatat waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi hidrogen sebanyak 300 ml dengan memperhatikan *flowmeter*.
7. Dicatat suhu yang terjadi pada proses elektrolisis tersebut dengan melihat data dari *termocouple*.
8. Dinyalakan Mesin las (power supply) sampai volume gas hidrogen yang dihasilkan pada flow meter mencapai 300 ml.
9. Volume gas hasil elektrolisis yang telah diketahui kemudian diuraikan sehingga didapatkan volume gas hidrogen dan oksigen dengan persamaan kimia, $2KOH + 2H_2O \rightarrow K_2 + 3H_2 + 2O_2$. Dalam 100 ml gas hasil elektrolisis terdapat 60 ml gas hidrogen dan 40 ml gas oksigen.

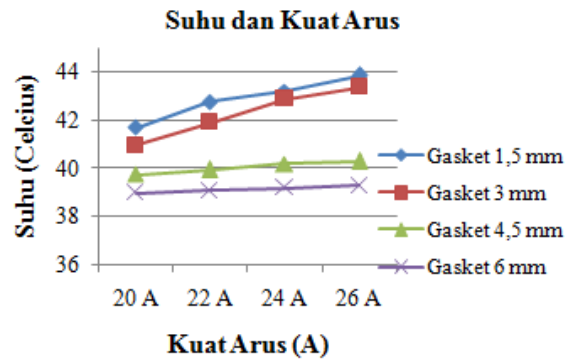
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan digambarkan dalam bentuk grafik, yaitu grafik waktu vs kuat arus pada gambar 6, gambar 8, dan gambar 10 serta grafik suhu vs kuat arus pada gambar 7, gambar 9 dan gambar 11.



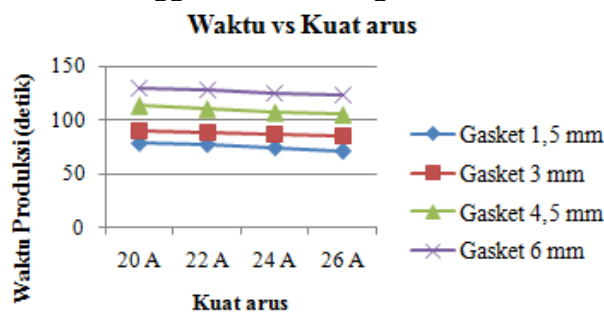
Gambar 6 Grafik Waktu vs Kuat Arus pada KOH 4%

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kuat arus maka waktu yang dibutuhkan akan semakin rendah, waktu produksi semakin menurun sehubungan dengan penambahan tebal gasket.



Gambar 7 Grafik Suhu vs Kuat Arus pada KOH 4%

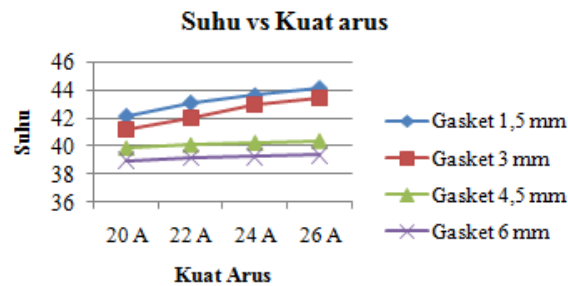
Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kuat arus maka suhu yang dibutuhkan akan semakin tinggi serta tebal gasket semakin tinggi maka suhunya



semakin menurun.

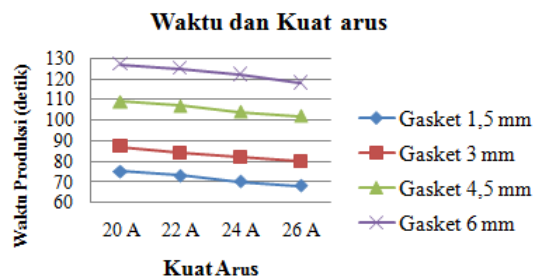
Gambar 8 Grafik Waktu vs Kuat Arus pada KOH 4,33%

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kuat arus maka waktu yang dibutuhkan akan semakin rendah, waktu produksi semakin menurun sehubungan dengan penambahan tebal gasket.



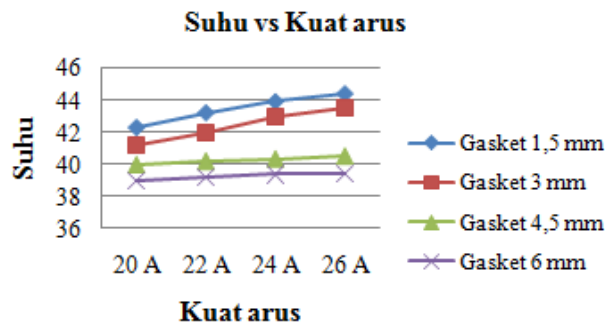
Gambar 9 Grafik Suhu vs Kuat Arus pada KOH 4,33%

Dari gambar 9 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kuat arus maka suhu yang dibutuhkan akan semakin tinggi serta tebal gasket semakin tinggi maka suhunya semakin menurun.



Gambar 10 Grafik Waktu vs Kuat Arus pada KOH 4,66%

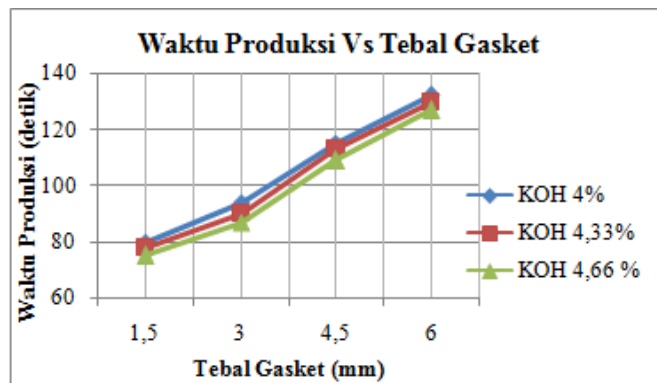
Dari gambar 10 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kuat arus maka waktu yang dibutuhkan akan semakin rendah, waktu produksi semakin menurun sehubungan dengan penambahan tebal gasket.



Gambar 11 Grafik Suhu vs Kuat Arus pada KOH 4,66%

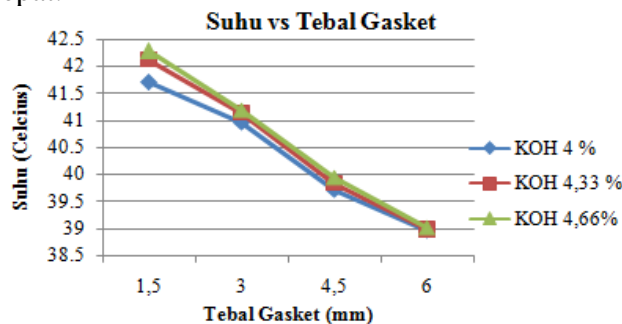
Dari gambar 11 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kuat arus maka suhu yang dibutuhkan akan semakin tinggi serta tebal gasket semakin tinggi maka suhunya semakin menurun.

Dengan mengambil kuat arus konstant yaitu pada kuat arus 20 A grafik waktu produksi vs tebal gasket dapat dilihat pada gambar 12 dan grafik suhu vs tebal gasket pada gambar 13.



Gambar 12 Grafik Waktu produksi vs tebal gasket pada Kuat arus 20 A.

Dari gambar 12 dapat dilihat bahwa semakin tinggi tebal gasket maka waktu produksi yang dibutuhkan akan semakin tinggi namun dengan penambahan KOH waktu produksi semakin cepat.



Gambar 13 Grafik Suhu vs tebal gasket pada Kuat arus 20 A.

Dari gambar 13 dapat dilihat suhu semakin menurun terhadap penambahan ketebalan gasket dan semakin meningkat terhadap kenaikan konsentrasi KOH.

Menghitung Laju Produksi Gas H₂

Hasil pengujian ini menghasilkan volume hidrogen dari proses elektrolisis. Pada proses elektrolisis diperoleh waktu untuk memproduksi gas hidrogen dan pada prosesnya terdapat laju aliran produksi gas hidrogen. Laju aliran produksi dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$\dot{m} = \frac{Q}{\rho},$$

Dimana:

\dot{m} = Laju produksi gas H₂ (kg/s)

Q = Debit produksi gas H₂ (m³/s)

ρ = Massa jenis gas H₂ (kg/m³) (0,08988 kg/m³)

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

Dimana:

V = Volume gas H₂ terukur (m³)

t = waktu produksi (detik)

hasil perhitungan laju produksi gas hidrogen dengan tebal gasket 1,5 mm pada KOH 4%, 4,33% dan 4,66% dapat dilihat pada tabel 2.

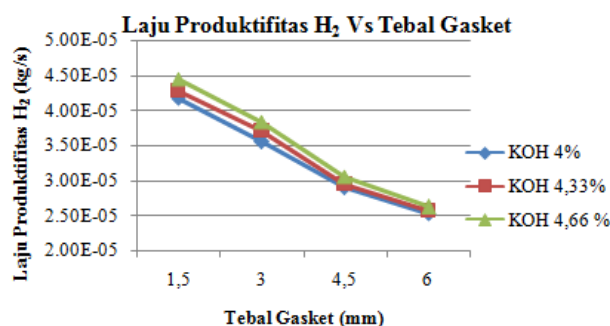
Tabel 2 Perhitungan Laju Aliran pada tebal gasket 1,5 mm dengan konsentrasi KOH 4%, 4,33% dan 4,66% .

Kuat Arus (A)	Volume H ₂ (ml)	Waktu Produksi (s)	Debit H ₂ (m ³ /s)	Laju Produksi H ₂ (kg/s)
20	300	80	0,00000375	4,17223E-05
22	300	77	3,8961E-06	4,33478E-05
24	300	75	0,000004	4,45038E-05
26	300	72	4,1667E-06	4,63581E-05

Kuat Arus (A)	Volume H ₂ (ml)	Waktu Produksi (s)	Debit H ₂ (m ³ /s)	Laju Produksi H ₂ (kg/s)
20	300	78	3,8462E-06	4,27921E-05
22	300	77	3,8961E-06	4,33478E-05
24	300	74	4,0541E-06	4,51052E-05
26	300	71	4,2254E-06	4,7011E-05

Kuat Arus (A)	Volume H ₂ (ml)	Waktu Produksi (s)	Debit H ₂ (m ³ /s)	Laju Produksi H ₂ (kg/s)
20	300	75	0,000004	4,45038E-05
22	300	73	4,1096E-06	4,57231E-05
24	300	70	4,2857E-06	4,76826E-05
26	300	68	4,4118E-06	4,90851E-05

Dari tabel 2 dapat dilihat pengaruh penambahan KOH terhadap laju produksi gas hidrogen. Grafik laju produktifitas dengan ketebalan gasket pada kuat arus konstan 20 A dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14 Grafik Laju Produktifitas H₂ vs tebal gasket pada kuat arus 20 A.

Laju produksi menurun sehubungan meningkatnya tebal gasket, dan waktu produktifitas naik sehubungan bertambahnya konsentrasi KOH.

Besarnya Energi Yang Digunakan

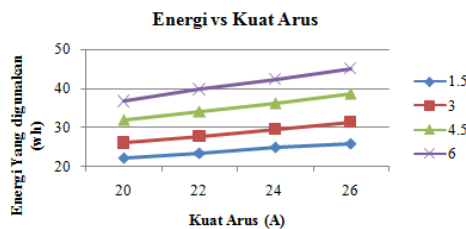
Pengujian pengaruh ketebalan gasket terhadap produktifitas gas hidrogen membutuhkan energi untuk mengelektrolisis air. Besarnya jumlah energi yang digunakan pada proses elektrolisa, jumlah energi yang terbuang dan persentase energi yang hilang diperoleh dari perhitungan pada tabel 3.

Tabel 3. Data hasil Penelitian pada KOH 4%,

Tebal Gasket (mm)	Kuat Arus (A)	Waktu Produksi (detik)	Suhu (°C)	Energi (Wh)	ΔT (°C)	H _{lost} (kalori)	Persentase H _{lost} (%)
1,5	20	80	41,71	22,22222	16,71	-1483,29	-0,077614
	22	77	42,78	23,52778	17,78	-1482,22	-0,073254
	24	75	43,19	25	18,19	-1481,81	-0,068921
	26	72	43,84	26	18,84	-1481,16	-0,066242
3	20	94	40,96	26,11111	15,96	-1484,04	-0,066088
	22	91	41,89	27,80556	16,89	-1483,11	-0,062022
	24	89	42,88	29,66667	17,88	-1482,12	-0,058092
	26	87	43,38	31,41667	18,38	-1481,62	-0,054838
4,5	20	115	39,72	31,94444	14,72	-1485,28	-0,054065
	22	112	39,92	34,22222	14,92	-1485,08	-0,05046
	24	109	40,18	36,33333	15,18	-1484,82	-0,047519
	26	107	40,27	38,63889	15,27	-1484,73	-0,044681
6	20	132	38,97	36,66667	13,97	-1486,03	-0,047126
	22	130	39,07	39,72222	14,07	-1485,93	-0,043498
	24	127	39,16	42,33333	14,16	-1485,84	-0,040812
	26	125	39,26	45,13889	14,26	-1485,74	-0,038273

NB: Tanda minus (-) menunjukkan energi yang terbuang

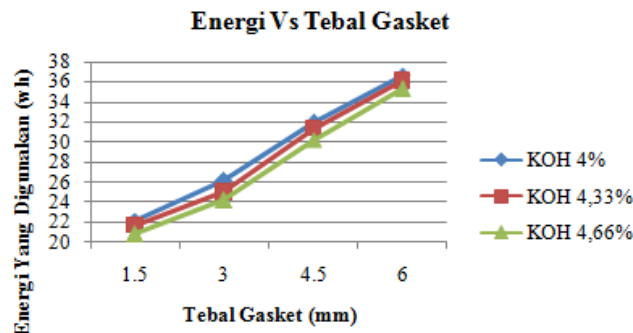
Dari tabel 3 dapat dilihat hasil perhitungan energi, dan persentase energi yang terbuang dan diperoleh grafik energi vs kuat arus seperti gambar 15.



Gambar 15 Grafik Energi Vs Kuat Arus pada KOH 4%.

Dari gambar 15 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kuat arus dan semakin tebal gasket, maka energi yang digunakan semakin tinggi.

Pengaruh penambahan KOH dapat dilihat melalui grafik Energi vs tebal gasket pada kuat arus konstan 20 A dan terlihat pada gambar 16.



Gambar 16 Grafik Energi Vs Tebal Gasket pada kuat arus 20 A.

Dari gambar 16 dapat dilihat bahwa energi yang digunakan meningkat sehubungan meningkatnya tebal gasket, dan energi cenderung menurun sehubungan bertambahnya konsentrasi KOH.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian waktu produktifitas minimum yang dihasilkan pada pengujian adalah 127 detik untuk mencapai 300 ml volume gas hidrogen dengan tebal gasket 6 mm dengan kuat arus 20 Ampere dengan suhu 39,02 °C serta laju produktifitas $2,628 \times 10^{-5}$ kg/s dengan konsentrasi KOH 4,66 % dan waktu produktifitas maksimum yang dihasilkan pada pengujian adalah 68 detik untuk mencapai 300 ml volume gas hidrogen dengan tebal gasket 1,5 mm dengan kuat arus 26A dengan temperatur 44,42°C serta laju produktifitas $4,9085 \times 10^{-5}$ kg/s dengan konsentrasi KOH 4,66 %.
2. Semakin tinggi kuat arus dan konsentrasi KOH yang digunakan maka laju produktifitas akan semakin tinggi pula namun seiring penambahan tebal gasket pada *drycell* maka laju produktifitas cenderung menurun.
3. Semakin besar penambahan tebal gasket dan kuat arus pada *drycell* maka akan semakin besar energi yang digunakan, tetapi energi yang digunakan akan menurun sehubungan semakin besarnya konsentrasi KOH.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gesser, H.D.2002. Applied Chemistry : A text book for Engineers and Technologists. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- [2] Herring S. 2004, *High Temperatur Electrolysis*, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Gaithersburg.
- [3] Emoto, M. 2006. *The True Power Of Water*. MQ Publishing: Bandung.
- [4] <http://www.hho4free.com>