

## PENGARUH FRAKSI MASSA KATALIS NAOH TERHADAP LAJU PRODUKSI GAS OXY-HYDROGEN PADA GENERATOR HHO TIPE DRY CELL

Rahadi Agung Raharjo<sup>1</sup>, Ryan Rizaldi<sup>1</sup>, Tria Puspa Sari<sup>1,2a</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan

Korespondensi:

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

alamat email

tria.puspa.tm@upnjatim.ac.id

### ABSTRAK

Penggunaan energi terbarukan merupakan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mengatasi krisis pengembangan energi terbarukan, salah satu cara untuk mengatasinya adalah memanfaatkan hidrogen. Hidrogen dapat dihasilkan melalui proses elektrolisis air, dimana  $H_2O$  akan  $H_2$  dan  $O_2$  dengan bantuan arus listrik untuk mengurai zat elektrolit. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh fraksi massa katalis NaOH terhadap laju produksi gas *oxy-hydrogen* pada generator HHO. Pengamatan dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan variasi fraksi massa katalis NaOH 13%, 15%, dan 17% untuk mengetahui hasil terbaik dari variasi tersebut. Hasil dari penelitian ini mempengaruhi setiap variasi fraksi massa katalis terhadap laju produksi gas *oxy-hydrogen*. Rata-rata hasil tertinggi pada variasi fraksi massa katalis NaOH 17% mencapai 0,00925 l/s dengan konsumsi daya 137,98 Watt. Sedangkan rata-rata hasil terendah didapat pada variasi fraksi massa katalis NaOH 13% mencapai 0,00914 l/s dengan konsumsi daya 143,01. Efisiensi yang diperoleh melalui perbandingan antara laju produksi dengan daya yang digunakan energi. Hasil efisiensi tertinggi pada variasi fraksi massa katalis 17% mencapai 43,63%. Diketahui bahwa variasi fraksi massa katalis memiliki pengaruh yang signifikan terhadap laju produksi gas *oxy-hydrogen* dan efisiensi dari generator HHO.

**Kata kunci:** elektrolisis air, generator HHO, fraksi massa katalis, *oxy-hydrogen*

### ABSTRACT

*The use of renewable energy is the development of science and technology to address the renewable energy development crisis, and one way to overcome this is by utilizing hydrogen. Hydrogen can be produced through the process of water electrolysis, where  $H_2O$  is broken down into  $H_2$  and  $O_2$  with the help of electric current to decompose the electrolyte substance. This research aims to observe the effect of NaOH catalyst mass fraction on the production rate of *oxy-hydrogen* gas in an HHO generator. The observation is conducted experimentally using variations in NaOH catalyst mass fractions of 13%, 15%, and 17% to determine the best results from these variations. The results of this study indicate that each variation of the catalyst mass fraction affects the production rate of *oxy-hydrogen* gas. The highest average result for the NaOH catalyst mass fraction variation of 17% reaches 0.00925 l/s with a power consumption of 137.98 Watts. Meanwhile, the lowest average result is obtained with the NaOH catalyst mass fraction variation of 13%, reaching*

0.00914 l/s with a power consumption of 143.01 Watts. Efficiency is obtained by comparing the production rate with the energy used. The highest efficiency result for the 17% catalyst mass fraction variation reaches 43.63%. It is known that the variation in catalyst mass fraction has a significant impact on the production rate of oxy-hydrogen gas and the efficiency of the HHO generator.

**Keywords:** Water electrolysis, HHO generator, catalyst mass fraction

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi baru dan terbarukan merupakan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Penggunaan energi baru terbarukan dapat digunakan sebagai energi alternatif dan salah satunya yaitu air. Berbagai jenis energi baru terbarukan diantaranya yaitu hidrogen. Dalam pembentukan hidrogen menggunakan alat yang dinamakan generator HHO (*Oxy-hydrogen*) yang merupakan teknologi ramah lingkungan. Energi berperan penting dalam kehidupan sehari-hari selama ini manusia bergantung pada energi yang tidak dapat diperbaharui yang berasal dari minyak bumi, dalam kasus energi dimana ketergantungan manusia terhadap energi tidak terbarukan salah satunya yaitu fosil dimana penggunaan fosil secara terus menerus akan mengakibatkannya krisis energi karena energi yang tidak dapat diperbaharui [1].

Dalam energi baru terbarukan yang sebelumnya yaitu hidrogen, hidrogen merupakan energi salah satu upaya untuk mengatasi krisis energi di Indonesia mendatang. Untuk mendapatkan gas hidrogen dengan cara elektrolisis air, elektrolisis air menghasilkan gas hidrogen dengan cara memecah senyawa  $H_2O$  (air) menjadi gas *oxy-hydrogen* dengan cara proses elektrolisis dengan bantuan arus listrik searah atau arus DC [2]. Elektrolisis merupakan proses arus listrik menguraikan zat elektrolit, pada proses elektrolisis terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Pada elektrolisis tempat untuk menghubungkan arus listrik disebut katoda dan anoda, dimana katoda terdapat ion positif (+) yang menyerap elektron dan menghasilkan molekul ion  $H_2$  dan ion negatif akan bergerak menuju anoda (-) untuk melepaskan elektron dan menghasilkan molekul ion  $O_2$  dan alat untuk elektrolisis dikenal sebagai generator HHO [3]. Hasil dari elektrolisis menggunakan alat generator HHO yaitu berupa *oxy-hydrogen*, *oxy-hydrogen* merupakan hasil dari pemecahan air ( $H_2O$ ) dengan cara elektrolisis. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air tersebut adalah hidrogen dan oksigen, dengan komposisi 2 hidrogen dan 1 oksigen (HHO).

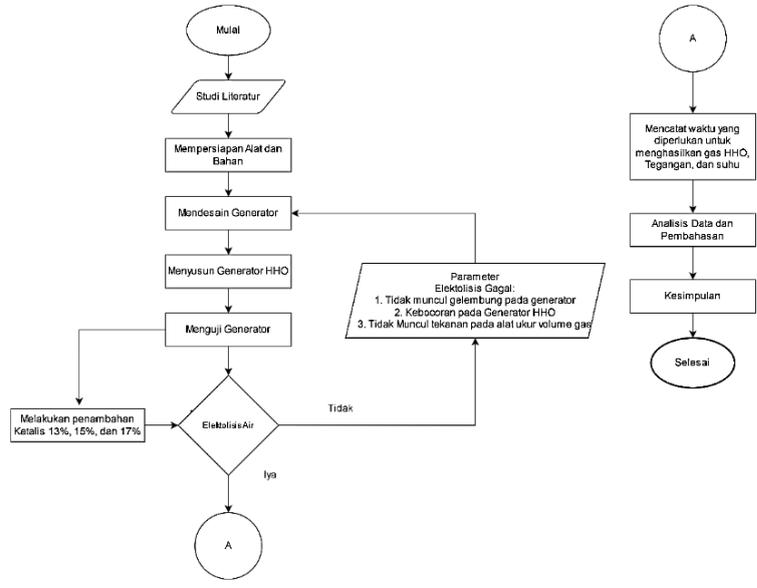
Pada pengujian *oxy-hydrogen* dari pengujian performa generator HHO, dengan menggunakan jarak *cell* 3 mm, 4 mm dan 5 mm, maka semakin besar jarak antar *cell*, daya yang diperlukan akan semakin besar. Semakin besar jarak antar *cell* maka efisiensi dan *flowrate* yang dihasilkan kecil [4]. Pada pengujian fraksi massa katalis dengan katalis yang digunakan adalah NaOH didapatkan Variasi konsentrasi katalis NaOH sangat berpengaruh dengan volume gas HHO yang dihasilkan. Karena semakin tinggi konsentrasi katalis NaOH, maka semakin banyak volume gas yang dihasilkan. Akan tetapi pada konsentrasi katalis NaOH 25%, volume yang dihasilkan menurun jumlahnya disbanding dengan katalis NaOH 20% [5]. Pada pengujian fraksi massa katalis NaOH dengan variasi yang digunakan yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Variasi konsentrasi NaOH sangat berpengaruh dengan volume gas HHO yang dihasilkan. Karena semakin tinggi konsentrasi katalis NaOH maka semakin banyak volume gas yang dihasilkan. Akan tetapi pada konsentrasi katalis NaOH 25%, volume yang dihasilkan menurun jumlahnya dibanding dengan katalis NaOH 20%. Efisiensi alat bergantung dengan produktifitas gas HHO yang dihasilkan dan produktifitas gas HHO bergantung pada konsentrasi katalis NaOH, Penambahan pelat sisi akan menaikkan daya pada proses elektrolisis, dikarenakan dengan penambahan pelat hambatan pada rangkaian juga akan meningkat. Semakin banyak jumlah pelat sisi akan menurunkan temperatur dikarenakan luas kontak dengan udara juga semakin besar yang akan mengakibatkan kualitas dan kerapatan partikel *oxy-hydrogen* meningkat. Penambahan pelat sisi akan menghasilkan produksi (volume) *oxy-hydrogen* yang lebih besar dikarenakan induksi listrik dari pelat elektroda menuju pelat sisi menyebabkan terjadinya reaksi elektrolisis pada pelat sisi. Efisiensi semakin besar apabila jumlah pelat sisi bertambah [6].

Pada penelitian ini generator HHO yang akan digunakan tipe *dry cell* dengan menggunakan pelat SS 316 L dengan jumlah 10 pelat dan divariasikan 2 lubang pada pelat, untuk pelat netral 8 pelat, dan 1 pelat katoda 1 pelat anoda, dan penambahan 1 fan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi massa katalis NaOH terhadap produksi gas *oxy-hydrogen* menggunakan generator HHO tipe *dry cell* dengan metode elektrolisis air. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa katalis NaOH

terhadap laju produksi gas *oxy-hydrogen* dan meningkatkan efisiensi energi dari generator HHO. Variasi fraksi massa katalis NaOH yang digunakan dalam penelitian ini adalah 13%, 15%, dan 17%.

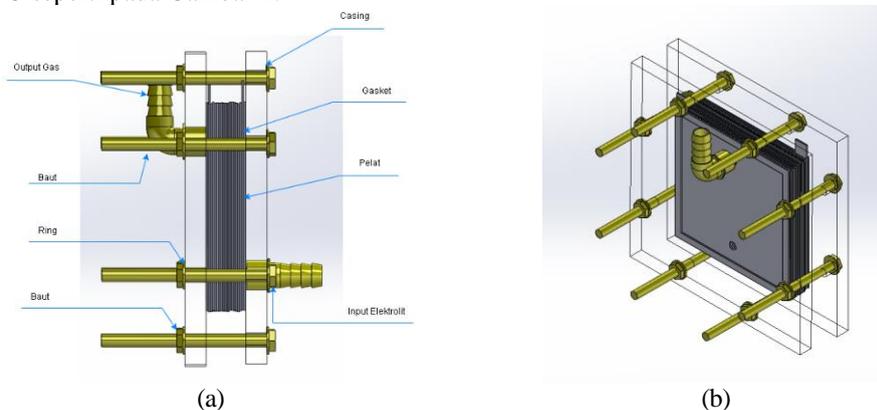
**2. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan cara pengamatan secara langsung untuk menemukan hubungan sebab akibat variabel yang digunakan. Analisis dan desain penelitian yang cermat sangat penting untuk memastikan hubungan sebab akibat yang valid antara variabel yang dimanipulasi dan hasil yang diamati.



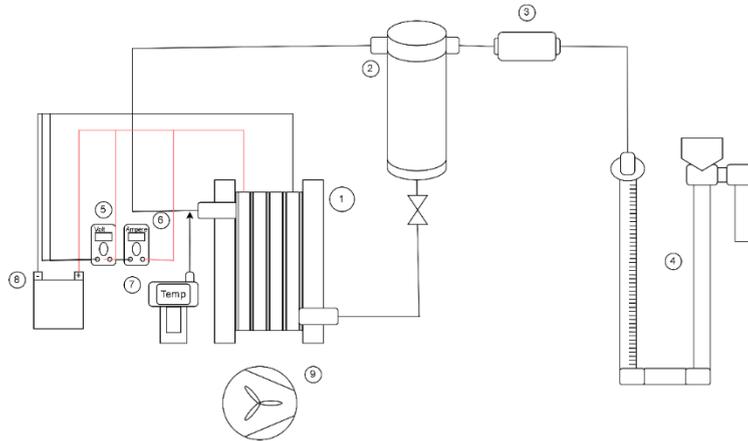
**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

Variabel dari penelitian ini berupa variasi fraksi massa katalis NaOH 13%,15%, dan 17%. Pada generator HHO yang digunakan yaitu menggunakan tipe *dry cell* dengan 10 pelat yang terbuat dari *Stainless steel 316L* dengan ketebalan 1mm dan Panjang lebarnya 100mm x 100mm, setiap pelat memiliki 2 lubang vertikal dengan diameter 6mm dibagian atas dan bawah. Gesket pada generator berbentuk segi empat dengan tenal 1mm, dan ada 2 jenis *casing input* dan *output* yang masing-masing memiliki dimensi 150mm x 150mm dengan tebal 10mm. Kedua casing memiliki 8 lubang yang bertujuan untuk baut, baut yang digunakan dengan diameter 6 mm disetiap sisi *casing* dan dua lubang dengan diameter 14mm pada *input* dan *output casing* generator HHO seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2. (a) Komponen generator HHO (b) Desain Generator HHO**

Dalam penelitian ini suhu lingkungan asumsikan konstan selama penelitian berlangsung. Proses pemasangan pelat elektroda dengan jarak 1mm menyesuaikan pada tebal gasket yang dipakai. Penentuan eksperimen menggunakan arus yang ditetapkan 10 A menggunakan inverter DC. Kemudian larutan elektrolit dengan tambahan katalis volume 1000ml ditambahkan ke dalam tabung reservoir dan terdapat tambahan fan pada generator HHO untuk menurunkan suhu generator, dapat dilihat pada Gambar 3. Proses elektrolisis dimulai dengan menjalankan generator HHO. Data yang didapatkan yaitu arus Listrik, tegangan, volume gas, temperature dan waktu reaksi dicatat setiap 10 detik selama 60 detik.



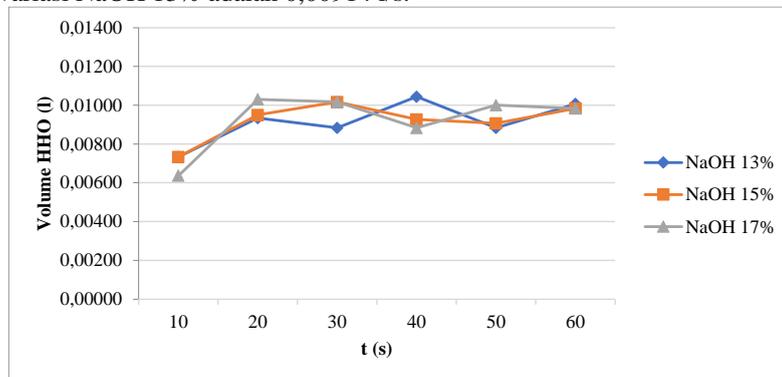
**Gambar 3. Skema Generator HHO**

Keterangan:

1. Generator HHO tipe *dry cell*
2. *Reservoir* larutan
3. *Flashback arrestor*
4. Pipa *overflow*
5. Voltmeter
6. Ampere Meter
7. *Thermocouple*
8. *Inverter*
9. Fun cooler 12V

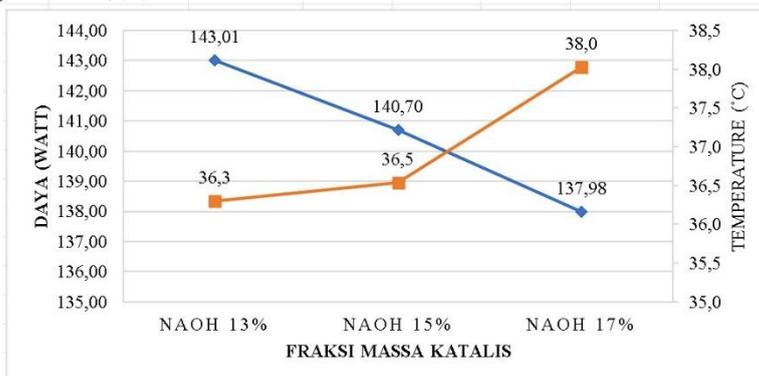
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian pada Gambar 4 menunjukkan bahwa laju produksi terdinggi (Rata-rata 0,00925 l/s) dicapai pada variasi NaOH 17%, Laju produksi rata-rata variasi NaOH 15% adalah 0,00919 l/s, sedangkan pada variasi NaOH 13% adalah 0,00914 l/s.



**Gambar 4. Grafik hubungan variasi fraksi massa katalis terhadap laju produksi**

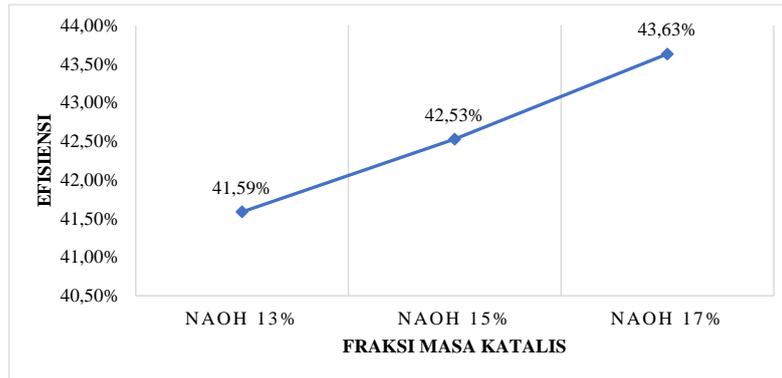
Pada Gambar 4 hal ini disebabkan oleh pengaruh konsentrasi yang tinggi, kenaikan laju produksi dari hasil rata-rata fraksi massa katalis dapat diketahui pada katalis NaOH 17%, selama waktu elektrolisis dapat mempengaruhi temperatur generator dan daya yang masuk selama proses elektrolisis sehingga saat proses elektrolisis memiliki hambatan yang kecil dan meningkatkan laju produksi. Semakin banyak katalis maka elektron yang mengalir semakin banyak karena fungsi katalis adalah memperlancar jalannya elektron dikarenakan katalis terurai menjadi ion, daya yang dihasilkan berkurang seiring dengan meningkatnya fraksi massa katalis, yang menyebabkan kejenuhan pada katalis dan berdampak pada penurunan daya. Semakin banyak ion maka ikatannya akan tidak stabil maka energi aktivasi akan turun (energi minimum yang dibutuhkan agar terjadi reaksi)[7].



**Gambar 5. Grafik hubungan antara fraksi massa katalis terhadap daya dan temperatur**

Pada Gambar 5 diketahui bahwa generator HHO dengan variasi 13%, 15%, dan 17% menunjukkan konsumsi daya rata-rata tertinggi pada variasi NaOH 13% dengan konsumsi daya 143,01 Watt, diikuti oleh variasi 15% dengan konsumsi daya 140,7 Watt, dan yang terendah pada variasi NaOH 17% dengan konsumsi daya 137,98 Watt. Hal ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor, seperti sifat basah kuat yang menyebabkan konsumsi daya lebih besar. Kekentalan larutan yang meningkat membantu hantaran arus listrik dengan baik. Namun, semakin kental larutan, semakin cepat pula terjadinya proses kejenuhan pada katalis. Seiring waktu pengujian, ion dalam senyawa air ( $H_2O$ ) akan berkurang, yang mengganggu keseimbangan larutan. Proses elektrolisis membutuhkan daya listrik yang lebih besar untuk memecah air. Sejalan dengan bertambahnya daya listrik larutan elektrolit, hambatan rangkaian menjadi semakin kecil. Pada penelitian ini, selama proses elektrolisis dapat mempengaruhi daya yang masuk selama proses elektrolisis karena fraksi massa katalis dapat mempengaruhi hambatan listrik. Semakin tinggi temperatur pada generator HHO dapat mempengaruhi hambatan listrik, semakin tinggi fraksi massa katalis yang digunakan akan mengalami kejenuhan seiring waktu elektrolisis, selain itu zat elektrolit semakin sulit untuk bergerak pada saat menghantarkan arus listrik. Sehingga daya generator HHO yang dihasilkan juga menjadi rendah. Semakin banyak fraksi massa katalis yang digunakan akan semakin kental larutan pada waktu elektrolisis mengalami kejenuhan dengan bertambahnya waktu pengujian .[8]. Secara tidak langsung temperatur dapat mempengaruhi performa generator HHO. Pengaruh temperatur terhadap hambatan rangkaian Listrik telah diteliti dan memberikan hasil bahwa semakin besar temperatur suatu rangkaian maka hambatan yang terjadi semakin besar[9]

Pada Gambar 5 rata-rata suhu generator dengan variasi NaOH 13%, 15%, dan 17% menunjukkan suhu tertinggi mencapai (38 °C) pada variasi NaOH 17%, diikuti variasi NaOH 15% dengan temperatur mencapai (36,5 °C), dan temperatur terendah pada variasi NaOH 13% mencapai (36,3 °C) diketahui bahwa adanya lonjatan katalis NaOH 15% ke 17%. Hal ini dapat disebabkan meningkatnya konsentrasi fraksi massa katalis akan mempengaruhi temperatur generator selama proses elektrolisis yang disebabkan pergerakan ion-ion semakin cepat sehingga menimbulkan gesekan antara ion yang semakin besar dan temperatur larutan semakin tinggi. Selain itu hal tersebut terjadi akibat kejenuhan pada katalis selama proses elektrolisis yang dapat menyebabkan temperature meningkat, semakin banyaknya katalis semakin banyak kejenuhan yang mengakibatkan temperatur meningkat [10]. Temperatur merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi proses elektrolisis, terutama dalam hal efisiensinya. Semakin tinggi suhu elektrolisis, semakin sedikit energi listrik yang diperlukan [11].



**Gambar 6. Grafik hubungan fraksi massa katalis terhadap efisiensi generator HHO**

Hasil penelitian dari Gambar 6 menunjukkan efisiensi pada variasi fraksi massa katalis NaOH 13%, 15%, dan 17% menunjukkan efisiensi paling tinggi pada variasi NaOH 17% mencapai 43,6%, lalu diikuti oleh variasi NaOH 15% dengan nilai efisiensi mencapai 42,53%, dan diikuti oleh variasi NaOH 13% dengan nilai efisiensi 41,59%. Hal ini disebabkan pada laju produksi generator HHO pada gambar 4 menunjukkan pada variasi fraksi massa katalis NaOH 17% memiliki nilai laju produksi tertinggi dan diikuti oleh konsumsi daya pada generator HHO yang ditunjukkan pada gambar 5 yang menunjukkan bahwa daya yang dibutuhkan selama proses elektrolisis memiliki nilai daya yang rendah pada variasi NaOH 17%, hal tersebut mengakibatkan nilai efisiensi yang tinggi pada generator HHO. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi generator yaitu produktifitas generator HHO dan daya pada generator HHO. Semakin tinggi daya yang digunakan selama proses produksi oxy-hydrogen, dan penggunaan fan selama proses elektrolisis yang dapat mempengaruhi laju produksi yang membuat laju produksi meningkat hal ini disebabkan dengan adanya penambahan kipas selama proses elektrolisis mengakibatkan suhu pada generator HHO tidak terlalu tinggi dan mengakibatkan daya yang masuk selama proses elektrolisis menerima hambatan yang rendah. Besarnya energi yang digunakan banyak yang berubah menjadi panas dan bukan digunakan untuk melepaskan ikatan air, sehingga banyak energi yang terbuang dan efisiensinya akan semakin turun [8].

#### 4. KESIMPULAN

Dalam Kesimpulan ini diketahui bahwa fraksi massa katalis memiliki pengaruh signifikan terhadap produksi gas oxy-hydrogen dan efisiensi dari generator HHO. Variasi fraksi massa katalis dengan katalis NaOH 17% memiliki produksi tertinggi hal tersebut terjadi pergerakan anion dan kation dalam larutan elektrolit juga semakin cepat bergerak membantu proses pemecahan molekul air H<sub>2</sub>O menjadi gas oxy-hydrogen sehingga dapat meningkatkan produksi dari gas oxy-hydrogen dan efisiensi. Efisiensi tertinggi pada variasi fraksi massa katalis NaOH 17%, sementara efisiensi terendah pada variasi fraksi massa katalis NaOH 13%. Hasil ini menunjukkan pentingnya fraksi massa katalis untuk meningkatkan produksi gas dan efisiensi dari generator HHO.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Graha Riset UPN "Veteran" Jawa Timur atas kontribusi dan dukungannya dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Adzikri F, Notosudjono D, Suhendi D. Strategi Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia. J Online Mhs Bid Tek Elektro [Internet]. 2017;1(1):1–13. Available from: <http://jom.unpak.ac.id/index.php/teknikelektro/article/view/667>
2. Abdurahman R, Eliza R, Manggala A, Suci Ningsih A, Effendy A S. Produksi Gas Hidrogen Berdasarkan Pengaruh Luas Penampang Terhadap Konsentrasi Larutan Elektrolit Dan Suplai Arus Dengan Metode Elektrolisis. J Pendidik dan Teknol Indones. 2021;1(11):447–51.
3. Alkarni AU, Yusuf M, Minarti. Jurnal Sains Fisika. J Sains Fis [Internet]. 2021;1(1):42–52. Available from: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis>

4. Robbi N, Basjir EM dan M. Alat produksi HHO tipe dry cell dengan variasi jarak cell elektroda. *Info Tek.* 2017;18(2):161–70.
5. Arifin T, Rudiyanto B SY. JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN ISSN : 2085-2614; e-ISSN 2528 2654. *J Rona Tek Pertan.* 2017;10(1):34–45.
6. Syafutra MA, Alfernando O, Muis L, Haleza N. Perancangan Generator HHO Untuk Mengubah Air Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Elektroda Grafit dan Katalis NaOH dengan Metode Elektrolisis. *J Teknol dan Inov Ind.* 2022;03(01):9–15.
7. Marlina, Wahab A, Ena. Pengaruh Prosentase Fraksi Massa NaOH(Natrium Hidroksida) Sebagai Katalis Dalam Proses Elektrolisis Dengan Menggunakan Elektrolisis Tipe DryCell. *AK Steel* [Internet]. 2014;7–8. Available from: [http://www.aksteel.com/pdf/markets\\_products/stainless/austenitic/304\\_304l\\_data\\_sheet.pdf](http://www.aksteel.com/pdf/markets_products/stainless/austenitic/304_304l_data_sheet.pdf)
8. Prasetyo Rahmanto, Raden Hengki Diningrum JP. ANALISIS PENGGUNAAN VARIASI KATALIS NaOH, NaCl, DAN KOH TERHADAP LAJU ALIRAN GAS HHO. *J Ilm Tek Mesin.* 2020;7(2):64–71.
9. Kusumaningsih E, Hamidi N, Prayitno EK. Pengaruh Penambahan Pelat terhadap Produksi Brown's Gas pada Generator HHO Tipe Dry Cell. *Proceeding Semin Nas Tah Tek Mesin XV (SNTTM XV).* 2016;(Snttm Xv):383–8.
10. Manurung R, Putri Afisna L, Gumara Nugrah D, Rainal E, Juhensen J, Mahendra MR. PRODUCTION OF HYDROGEN GAS USING ELECTROLYSIS METHOD FROM WATER ELECTROLYTE WITH NaOH CATALYST. *Kurvatek.* 2022;7(2):45–50.
11. Todd D, Schwager M, Mérida W. Thermodynamics of high-temperature, high-pressure water electrolysis. *J Power Sources.* 2014;269:424–9.