JURNAL TEKNIK MESIN
INSTITUT TEKNOLOGI PADANG
https://e-journal.itp.ac.id/index.php/jtm
Vol. 11, No. 2, Oktober 2021

e-ISSN: 2598-8263
p-ISSN: 2089-4880

Perbandingan Performa Generator HHO Sel Basah dengan Elektroda Baja Galvanis dan *Stainless Steel*

Performance Comparison of Wet Cell HHO Generator with Galvanized Steel and Stainless Steel Electrodes

Putri Pratiwi[1,*], Mastariyanto Perdana[1], Ahmad Fachrurrozi[2]
[1] *Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Padang*
[2] *Undergraduate Program, Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Padang*
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang, Indonesia

doi.10.21063/jtm.2021.v11.i2.172-178
**Correspondence should be addressed to pratiwi009@gmail.com*
Copyright © 2021 P. Pratiwi. This is an open access article distributed under the CC BY-NC-SA 4.0.

Article Information

Received:
August 21, 2021
Revised:
October 22, 2021
Accepted:
October 28, 2021
Published:
October 31, 2021

Abstract

The excessive use of fossil fuels has many negative impacts on the environment and health. Many studies have been conducted to find solutions to this problem, such as the use of oxy-hydrogen gas (HHO) as an alternative to reduce the use of fossil fuels as a source of energy in vehicles and other applications. The objective of this research is to compare the performance of a wet type HHO generator using two types of electrodes, stainless steel plate and galvanized steel plate. Both generators use nine electrodes with dimensions of 130 mm x 60 mm consisting of two plates at the positive pole (anode), one plate at the negative pole (cathode), and six neutral plates. Calculation of the power consumed by the HHO generators, the flow rate of the gas produced, and the efficiency of these generators are carried out to compare the performance of both HHO generators. The results showed that the performance of the HHO generator using stainless steel plate as an electrode was better than galvanized steel which was indicated by a higher efficiency value.

Keywords: *HHO generator, efficiency, stainless steel, galvanize steel, electrolysis.*

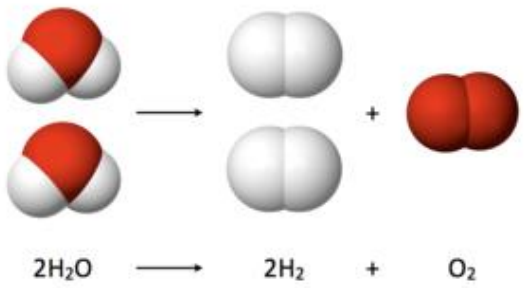
1. Pendahuluan

Pencapaian pembangunan berkelanjutan sangat bergantung pada ketersedian energi. Sumber energi utama dunia telah mengalami transisi dari yang awalnya menggunakan biomassa berubah menjadi energi fosil untuk memenuhi kebutuhan energi utama di semua sektor [1]. Tingginya penggunaan energi fosil ini sangat menguatirkan. Banyak penelitian telah membuktikan bahwa pembakaran sumber energi fosil ini menghasilkan gas berbahaya seperti Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO_2), Nitrogen Oksida (NO_x), dan Hidrokarbon (HC). Efek buruk dari gas berbahaya ini dapat menimbulkan pemanasan global, hujan asam, dan berbagai permasalahan kesehatan [2].

Dalam rangka mengatasi permasalahan ini, beberapa negara seperti jepang, korea dan Uni Eropa pada tahun 2050, dan cina pada tahun 2060 berkomitmen untuk menekan penggunaan energi fosil di semua sektor dan meningkatkan kapasitas dan utilitas pembangkit energi baru dan terbarukan (EBT) untuk mencapai *net-zero emission*. Sejalan dengan hal tersebut, Indonesia juga memiliki target untuk meningkatkan pangsa EBT hingga 31% dari total kebutuhan energi nasional pada tahun 2050. Hal ini tertuang dalam Peraturan

Pemerintah No.79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional [1].

Tingginya komitmen berbagai negara dalam menekan pemakaian energi fosil dan beralih ke energi baru dan terbarukan mendorong berbagai penelitian di sektor ini. Salah satu ide inovatif yang muncul yaitu penggunaan *brown gas* sebagai penambah bahan bakar di mesin pembakar internal yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber utama untuk pembakarannya. *Brown gas* atau lebih dikenal dengan gas HHO merupakan campuran gas hidrogen dan oksigen sebagai hasil dari penguraian air murni (H_2O) yang diperoleh melalui proses elektrolisis, seperti yang terlihat pada Gambar 1 [3]. Gas HHO akan terbakar ketika dinyalakan dan menghasilkan uap air dan panas sebagai produknya [4]. Pembakaran gas HHO ini sangat bersih dan ramah lingkungan karena hanya menghasilkan uap air sebagai emisi selama berlangsungnya proses pembakaran [5].



Gambar 1. Penguraian Air menjadi Gas HHO [3]

Terdapat beberapa proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan gas HHO yaitu metode termal, elektrokimia, *byproduct recovery*, dan biologi. Proses elektrolisis merupakan salah satu metode elektrokimia yang paling sering digunakan untuk mengasilkan gas HHO. Pada proses ini dimanfaat energi listrik yang dialirkan ke elektroda positif (anode) dan negatif (katode). Dua molekul air (H_2O) menangkap dua elektron (e^-) bereaksi pada katoda menghasilkan dua ion hidrokarbon (OH^-) dan gas hydrogen (H_2). Empat ion OH^- bergerak ke anoda, disana terjadi proses pelepasan elektron yang selanjutnya bergerak melewati rangkaian eksternal. Selain elektron, penguraian ion OH^- juga menghasilkan air dan gas O_2. Gas H_2 dan O_2 yang muncul pada permukaan katoda dan anoda berupa gelembung gas-gas kecil yang selanjutkan dikumpulkan [5]. Adapun reaksi setara dari elektrolisis air dapat dituliskan sebagai berikut:

Katoda:

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2OH^-{}_{(aq)} + H_{2(g)} \quad (1)$$

Anoda:

$$4OH^-{}_{(aq)} \rightarrow O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \quad (2)$$

Reaksi Keseluruhan:

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \quad (3)$$

Generator HHO sel basah (*wet cell*) dan sel kering (*dry cell*) adalah dua jenis generator HHO berbeda yang dapat menghasilkan gas HHO. Elektroda pada sel basah direndam dalam elektrolit yang ditempatkan dalam sebuah wadah [2]. Sementara elektroda pada sel kering tidak terendam elektrolit sepenuhnya, dan elektrolit mengisi celah celah antar elektroda melalui sebuah saluran [6]. Sel basah memiliki beberapa keunggulan yaitu peningkatan produksi gas, peningkatan fleksibilitas, kemudahan pemeliharaan, dan kemudahan pembuatan.

Dalam proses produksi gas HHO, kombinasi parameter fisik dan operasional sangat perlu untuk diperhatikan. Beberapa parameter fisik yang paling signifikan dalam proses produksi gas HHO adalah jenis material elektroda, susunan elektroda, jumlah elektoda dan plat netral, jarak antar elektroda, *cross-section area*, tipe elektroda (dimensi dan bentuk) [2], jenis dan kosentrasi elektrolit [7].

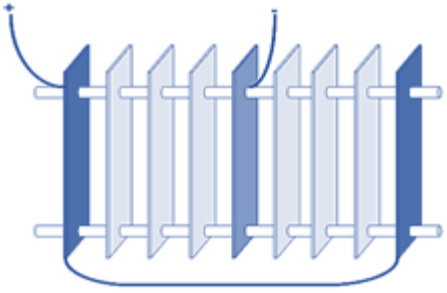
Umumnya sebuah generator HHO menggunakan bahan konduktif sebagai elektoda. Besi, *stainless steel*, grafit, dan tembaga merupakan bahan konduktif yang sering digunakan sebagai elektroda pada generator HHO [2]. Diantara keempat material tersebut, *stainless stell* yang paling banyak ditemukan, karena dianggap paling sesuai sebagai elektroda pada generator HHO. Bahan ini diketahui memiliki waktu hidup (*lifespan*) yang lebih lama karena tidak mengasilkan endapan (karat) selama reaksi elektrolisis [2]. Selain *stainless steel*, baja galvanis juga termasuk baja paduan yang tahan karat karena memiliki lapisan seng yang diberikan pada proses galvanisasi. Penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk melihat peluang pemanfaatan elektroda jenis ini. Generator dibuat dengan parameter tertentu dan dikarakterisasi untuk melihat performanya [8].

Untuk melengkapi penelitian sebelumnya, pada penelitian ini dua generator HHO dibuat dengan parameter yang sama. Digunakan dua jenis elektroda yaitu *stainless steel* tipe SS 316L dan baja galvanis. Kedua elektroda dipasang pada generator HHO dengan dimensi yang sama, menggunakan larutan elektrolit

yang sama dan kosentrasi yang sama agar bisa dibandingkan performanya.

2. Metode

Metode eksperimental digunakan pada penellitian ini untuk membandingkan performa dari Gererator HHO dengan plat Baja Galvanis dan Generator HHO dengan plat *stainless Steel* 316L sebagai elektrodanya. Dimensi dari plat dirancang sebesar 130 mm × 60 mm dengan ketebalan ± 1,5 mm. Terdapat 9 plat yang digunakan pada generator ini yang terdiri dari dua kutub positif dan satu kutub negatif. Jarak antar plat dibuat sebesar 2 mm dan diantara plat dipisahkan oleh sebuah isolator seperti yang terlihat pada Gambar 2.

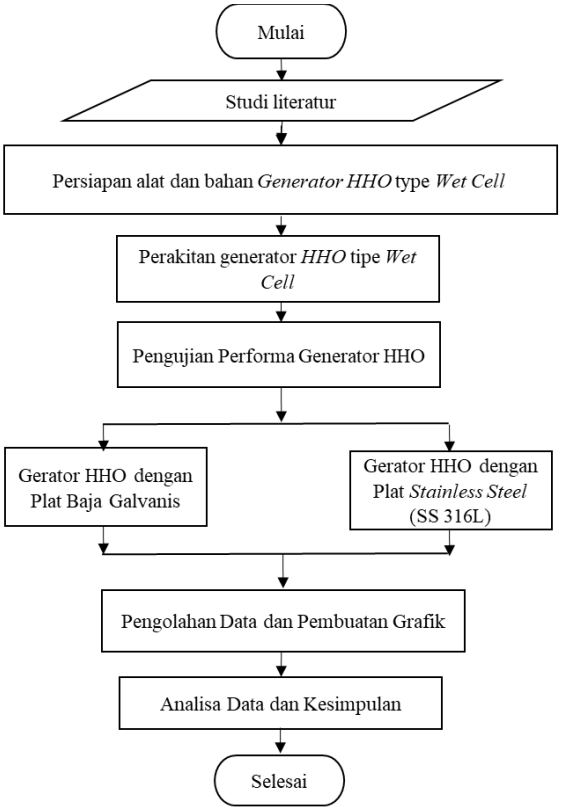


Gambar 2. Susunan Elektroda yang digunakan pada Generator HHO.

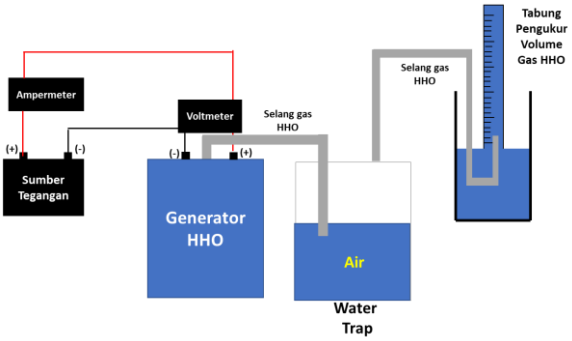
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium konversi Energi Institut Teknologi Padang. Selama pelaksanaan penelitian digunakan peralatan diantaranya: Ampermeter, Voltmeter, gelas ukur, *beaker glass*, timbangan digital, saklar, kabel listrik dan Aki. Sementara bahan yang digunakan berupa plat baja galvanis, plat *stainless steel*, air, NaOH 13% sebagai katalis, selang gas, karet *seal*, *stick* kayu dan kabel plastik untuk pengikat.

Dalam penelitian beberapa prosedur dilakukan diantaranya penyiapan alat dan bahan, perakitan generator HHO, pengujian, dan analisa data dan kesimpulan. Semua prosedur terdapat pada diagram alir yang diperlihatkan pada Gambar 3.

Generator HHO yang telah selesai dirakit mendapat pasokan listrik dari Aki kering bertegangan 12 Volt dan arus 7,5 Ampere. Aki dihubungkan dengan saklar kemudian Ampermeter dan Voltmeter yang berfungsi sebagai alat untuk mengukur arus dan tegangan pada penelitian ini. Listrik kemudian langsung dihubungkan ke generator HHO dan menghasilkan reaksi elektrolisis dan terbetuk gas HHO. Sebuah *reservoir* berisi air digunakan sebagai *water trap*. Dari *water trap* gas dialirkan melalui selang ke alat ukur volume seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian Generator HHO



Gambar 4. Skema Pengujian Generator HHO

Terdapat beberapa parameter penting yang digunakan untuk melihat performa sebuah generator HHO. Adapun parameter-parameter tersebut adalah:

A. Kebutuhan Daya dan Energi Listrik Generator HHO (Watt)

Daya yang digunakan oleh generator HHO dapat ditentukan oleh besarnya tegangan dan arus listrik yang digunakan dalam proses elektrolisis. Perhitungan daya listrik yang digunakan oleh generator HHO secara matematis diperlihatkan pada persamaan (4).

$$P = V \times I \quad (4)$$

dengan P adalah daya listrik (Watt), V adalah tegangan listrik (Volt) dan I adalah arus listrik (Ampere).

Sementara energi listrik yang digunakan oleh generator HHO dapat ditentukan dengan mengalikan besarnya tegangan, arus listrikdan waktu yang digunakan dalam proses elektrolisis. Perhitungan energi listrik yang digunakan oleh generator HHO secara matematis diperlihatkan pada persamaan (5).

$$W = V \times I \times t \quad (5)$$

dengan W adalah energi listrik yang digunakan oleh generator HHO (Joule) dan t adalah waktu (s).

B. Laju Aliran Gas yang Diproduksi Generator HHO *(Flow rate)*

Untuk menghitung laju aliran gas HHO dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\dot{V}_{gas_{HHO}} = \frac{Vgas\ HHO}{t} \text{ (L/s)} \quad (6)$$

dengan $\dot{V}_{gas_{HHO}}$ adalah laju gas HHO (L/s), $V_{gas_{HHO}}$ adalah volume gas *HHO* yang ditampung pada alat ukur (L) dan t adalah waktu yang diperlukan untuk menghasilkan gas *HHO* (s).

C. Efisiensi Generator HHO

Efisiensi generator HHO didapatkan dengan menghitung perbandingan energi berguna yang dihasilkan generator HHO (*output*) dengan energi yang digunakan generator HHO (*input*), secara matematis diperlihatkan pada persamaan (7) [9]–[11].

$$\eta = \frac{\Delta h \times \dot{n}}{V \times I} \quad (7)$$

dengan Δh adalah nilai perubahan entalphi untuk penguraian gas H_2O pada keadaan STP ($\Delta h = +285{,}84 \times 10^3 \frac{J}{mol}$), $\dot{n}$adalah molaritas senyawa per satuan waktu (mol/s), P adalah daya listrik (Watt) dan V adalah tegangan listrik (Volt).

Untuk mendapatkan nilai $\dot{n}$ digunakan persamaan (8) [9]–[11].

$$\dot{n} = \frac{P \times \dot{V}}{R \times T} \quad (8)$$

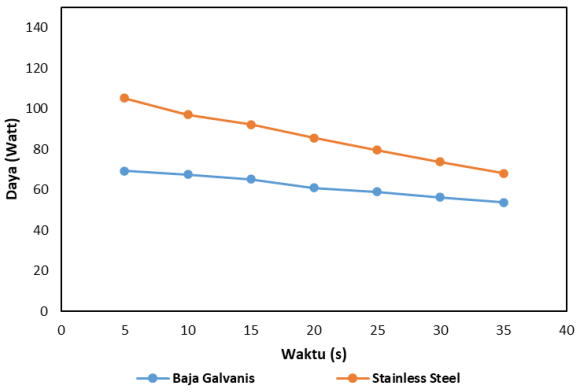
dengan P adalah tekanan gas ideal (atm), $\dot{V}$ adalah volume gas terukur per satuan waktu (L/s), R adalah konstanta gas universal (0,08206 L.atm/mol.K dan T adalah temperatur (298 ºK)

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kedua generator ini dilakukan untuk melihat performa dari generator HHO yang dihasilkan. Performa dari generator diperlihatkan oleh efisiensi yang didapatkan dengan menghitung energi yang dihasilkan oleh generator HHO dan energi yang digunakan. Selain efisiensi terdapat beberapa parameter lain yang dihitung diantanya daya dan energi listrik yang digunakan serta laju aliran gas yang dihasilkan oleh kedua generator HHO.

A. Daya yang digunakan Generator HHO.

Daya yang digunakan oleh generator HHO dihitung untuk melihat kebutuhan listrik generator ini pada waktu t. Untuk mendapatkan grafik pada Gambar 5, data tegangan dan kuat arus listrik diambil setiap 5 detik. Data ini selanjutnya digunakan untuk mendapatkan besaran daya yang digunakan generator HHO. Besaran daya dihitung dengan menggunakan persamaan (4).



Gambar 5. Daya Listrik yang digunakan generator HHO terhadap Waktu

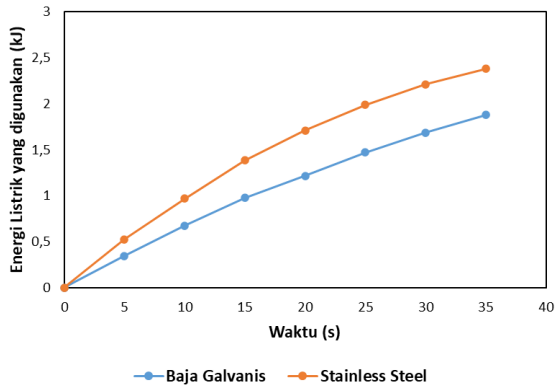
Gambar 5 memperlihatkan konsumsi daya oleh generator HHO plat baja galvanis dan plat *stainless steel* setiap lima detik hingga detik ke-35. Konsumsi daya generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis berturut-turut adalah 69,3 Watt, 65,1 Watt, 65,1 Watt, 60,8 Watt, 58,8 Watt, 56,3 Watt dan 53,7 Watt. Sementara itu, konsumsi daya oleh generator HHO yang menggunakan plat *stainless steel* berturut-turut adalah 105,3 Watt, 96,9 Watt, 92,2 Watt, 85,5 Watt, 79,5 Watt, 73,7 Watt dan 68,0 Watt. Dari data ini diketahui bahwa konsumsi daya oleh generator HHO yang menggunakan plat *stainless steel* lebih besar dibandingkan generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis.

Selain itu dari Gambar 5 juga diketahui adanya sedikit penurunan daya terhadap penambahan waktu. Hal ini berkemungkinan

disebabkan oleh meningkatnya kejenuhan larutan yang terdapat pada generator. Meningkatnya kejenuhan larutan artinya molaritas larutan semakin besar dan larutan semakin pekat. Hal inilah yang mengakibatkan terbatasnya gerakan anion dan kation dalam larutan tersebut. Keterbatasan gerak ini tentunya berpengaruh terhadap proses penghantaran elektron yang semakin lambat [12],[13]. Pada penelitian ini, cepatnya terjadi kejenuhan pada larutan elektrolit berkemungkinan disebabkan oleh tingginya kosentrasi larutan yang digunakan dan kecilnya bejana generator HHO sehingga jumlah larutan yang bisa disimpan dalam generator tersebut sedikit.

B. Energi Listrik yang Digunakan Generator HHO.

Untuk mendapatkan grafik pada Gambar 6, data tegangan dan kuat arus listrik diambil setiap 5 detik. Data ini selanjutnya dikalikan dengan besaran waktu untuk mendapatkan besaran energi listrik yang digunakan generator HHO. Besaran energi ini dihitung dengan menggunakan persamaan (5).

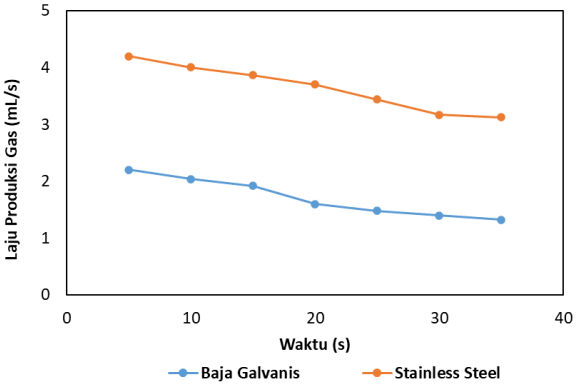


Gambar 6. Energi listrik yang dikonsumsi generator HHO terhadap Waktu

Gambar 6 memperlihatkan hubungan konsumsi energi listrik oleh generator HHO dengan plat baja galvanis dan plat *stainless steel* dengan waktu. Berdasarkan gambar tersebut diketahui energi yang dikonsumsi oleh kedua generator HHO meningkat seiring dengan semakin lamanya generator HHO digunakan. Selain itu, dari Gambar 6 juga dapat disimpulkan energi listrik yang dikonsumsi oleh generator HHO yang menggunakan plat *stainless steel* hampir dua kali lebih besar dibandingkan generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis. Hal ini tentunya juga akan berakibat pada jumlah gas yang diproduksi oleh generator tersebut.

C. Laju produksi gas pada Generator HHO (*flow rate*)

Laju gas yang diproduksi oleh generator HHO dihitung untuk mengetahui sebanyak apa produk gas dari generator ini setiap detiknya. Untuk mendapatkan grafik pada Gambar 7, data volume gas diambil setiap 5 detik. Data ini selanjutnya dibagi dengan waktu terbentuknya gas untuk mendapatkan besaran Laju produksi gas pada generator HHO. Besaran tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan (6).



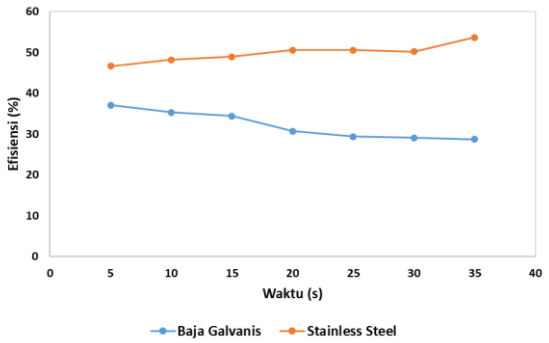
Gambar 7. Laju produksi gas pada Generator HHO terhadap Waktu

Gambar 7 memperlihatkan laju gas yang diproduksi oleh generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis dan plat *stainless steel* setiap lima detik hingga detik ke-35. Besar laju gas yang diproduksi oleh generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis berturut-turut adalah 2,2 mL/s, 2,0 mL/s, 1,9 mL/s, 1,6 mL/s, 1,5 mL/s, 1,4 mL dan 1,3 mL/s. Sementara itu, besar laju gas yang diproduksi oleh generator HHO yang menggunakan plat *stainless steel* berturut-turut adalah 4,2 mL/s, 4,0 mL/s, 3,9 mL/s, 3,7 mL/s, 3,4 mL/s, 3,2 mL dan 3,1 mL/s. Dari keterangan tersebut diketahui bahwa laju gas yang diproduksi oleh generator HHO yang menggunakan plat *stainless steel* dua kali lebih besar dibandingkan generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis. Hal ini sesuai penjelasan sebelumnya, semakin besar energi listrik yang digunakan oleh generator HHO, semakin banyak gas yang dapat diproduksi [12]. Dari gambar ini juga disimpulkan bahwa generator HHO yang menggunakan plat *stainless stell* lebih baik performanya dalam menghasilkan gas dibandingkan dengan generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis sebagai elektroda.

D. Efisiensi Generator HHO

Efisiensi dari generator HHO dipengaruhi oleh beberapa besaran diantaranya daya listrik

yang digunakan, laju produksi gas yang dihasilkan, nilai perubahan entalphi untuk penguraian gas H_2O pada keadaan STP dan molaritas senyawa HHO per satuan waktu, secara matematis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7). Dengan persamaan (7) ini, data-data yang telah didapatkan sebelumnya digunakan untuk mendapatkan nilai efisiensi dari generator HHO. Hubungan antara efisiensi generator HHO terhadap waktu diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Efisiensi generator HHO terhadap Waktu

Gambar 8 memperlihatkan nilai efisiensi generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis dan plat *stainless steel* setiap lima detik hingga detik ke-35 pengujian. Besar efisiensi generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis berturut-turut adalah 37,1%, 35,3%, 34,4%, 30,7%, 29,4%, 29,1% dan 28,7% pada detik ke-35 pengujian. Sementara itu, besar efisiensi generator HHO yang menggunakan plat *stainless steel* berturut-turut adalah 46,6%, 48,2%%, 48,9% 50,5%, 50,5%, 50,2 % dan 53,7% pada detik ke-35 pengujian. Berdasarkan nilai tersebut diketahui nilai efisiensi generator HHO yang menggunakan plat *stainless steel* lebih besar dibandingkan generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis. Hal ini membuktikan bahwa performa *stainless steel* lebih baik sebagai elektroda generator HHO dibandingkan baja galvanis. Selain itu unggulnya performa generator HHO yang menggunakan *stainless steel* sebagai elektroda juga diperlihatkan dari grafik efisiensi yang terus meningkat seiring dengan penambahan waktu, berbeda dengan generator HHO yang menggunakan baja galvanis, grafik efisiensi terus mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka penulis dapat menyimpulkan bahwa Daya listrik yang digunakan oleh kedua generator HHO semakin kecil seiring bertambahnya waktu. Energi listrik yang digunakan kedua generator HHO semakin meningkat dengan bertambanya waktu dan generator HHO yang menggunakan *stainless steel* sebagai elektroda mengkonsumsi energi listrik yang lebih besar.

Laju produksi gas yang dihasilkan oleh kedua generator HHO semakin menurun dengan bertambanya waktu dan generator HHO yang menggunakan *stainless steel* sebagai elektroda menghasilkan gas dua kali lebih banyak dibandingkan generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis. Performa generator HHO yang menggunakan *stainless steel* lebih baik bila dibandingkan generator HHO yang menggunakan plat baja galvanis, diperlihatkan oleh lebih baiknya nilai efisiensi dari generator tersebut dan kecendrungan peningkatan efisiensi seiring dengan bertambahnya waktu.

Referensi

[1] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, “Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11157.

[2] A. Ridhuan, S. A. Osman, M. Fawzi, A. J. Alimin, and S. A. Osman, “A Review of Comparative Study on The Effect of Hydroxyl Gas in Internal Combustion Engine (ICE) On Engine Performance and Exhaust Emission,” *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 87, no. 2, pp. 1–16, 2021, doi: 10.37934/arfmts.87.2.116.

[3] . B. S., “Application of Dry Cell Hho Gas Generator With Pulse Width Modulation on Sinjai Spark Ignition Engine Performance,” *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 05, no. 02, pp. 105–112, 2016, doi: 10.15623/ijret.2016.0502019.

[4] T. B. Arjun, K. P. Atul, A. P. Muraleedharan, P. A. Walton, P. B. Bijinraj, and A. A. Raj, “A review on analysis of HHO gas in IC engines,” *Mater. Today Proc.*, vol. 11, pp. 1117–1129, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2018.12.046.

[5] Wahyono and R. Anis, “Pembuatan Alat Produksi Gas Hidrogen Dan Oksigen Tipe,” *J. Tek. Energi*, vol. 12, no. 1,

2016.

[6] Yanuar Arzaqa Ghiffari and D. S. Kawano, "Studi Karakteristik Generator Gas HHO Tipe Dry Cell dan Wet Cell berdimensi 80 x 80 mm dengan Penambahan PWM E-3 FF (1 kHz)," *J. Tek. POMITS*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2013.

[7] Rusdianasari, Y. Bow, and T. Dewi, "HHO Gas Generation in Hydrogen Generator using Electrolysis," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 258, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/258/1/012007.

[8] P. Pratiwi and A. Fachrurrozi, "Studi Ekperimen Generator HHO Tipe Wet Cell dengan Elektroda Baja Galvanis Experimental Study of Wet Cells HHO Generator using Galvanized Steel Plate Electrodes," *J. Tek. Mesin ITP*, vol. 10, no. 1, pp. 67–72, 2020.

[9] Saharuddin, "Komparasi Penghasilan Hho Pada Generator Sistem Basah (Wet) Dengan Elektroda Bentuk Kerucut Dan Plat Datar Terpasang," *ITS*, 2014.

[10] A. Hakim, "Karakterisasi Unjuk Kerja Generator Gas HHO," *Fak. Tek. Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, 2016.

[11] Nofriyandi, "Aplikasi Gas Hho Pada Sepeda Motor 150 Cc," *J. Tek. ITS*, 2014.

[12] Y. Bow, A. P. Sari, A. D. Harliyani, B. Saputra, and R. Budiman, "Produksi Gas Hidrogen Ditinjau dari Pengaruh Duplex Stainless Steel terhadap Variasi Konsentrasi Katalis dan Jenis Air yang Dilengkapi Arrestor," *J. Kinet.*, vol. 11, no. 03, pp. 46–52, 2020.

[13] M. Ena, W. Slamet, and Y. Lilis, "Produksi Brown's Gas Hasil Elektrolisis H2O dengan Katalis NaHCO3," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 53–58, 2013.