

**ANALISA PENGARUH GEOMETRI PLAT ELEKTRODA PADA GENERATOR HHO TERHADAP LAJU ALIRAN GAS HHO YANG DIHASILKAN**  
**ANALISYS THE EFFECT OF GEOMETRY ON ELECTRODE PLATES IN HHO GENERATORS TOWARD HHO GASES FLOW RATE THAT BE PRODUCED**

Abdillah Muttaqin<sup>1</sup>, Reza Fauzi Iskandar<sup>2</sup>, Eng Indra Wahyudhin Fathona<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom<sup>3</sup>

<sup>1</sup>abdillahmuttqin@gmail.com, <sup>2</sup>rezafauzii@gmail.com, <sup>3</sup>indrafathonah@gmail.com

**Abstrak**

Kebutuhan manusia akan energi semakin besar dari waktu ke waktu, terutama kebutuhan terhadap bahan bakar minyak. Namun ketersediaan bahan bakar minyak yang ada semakin berkurang. Untuk itu diperlukan energi alternatif baru sebagai pengganti bahan bakar minyak. Salah satunya adalah bahan bakar gas HHO. Gas HHO dapat diinjeksikan ke dalam motor bakar sebagai pengganti bahan bakar minyak. Gas HHO dapat dihasilkan oleh generator HHO dengan menggunakan prinsip elektrolisis air. Sebelumnya sudah banyak penelitian yang dilakukan terhadap generator HHO, namun masih sedikit yang meneliti pengaruh geometri elektroda pada generator HHO. Umumnya bentuk plat elektroda pada generator HHO hanyalah plat sejajar berbentuk persegi panjang. Pada penelitian ini dibuat generator dengan bentuk plat berupa silinder dan akan dibandingkan dengan generator plat sejajar yang memiliki volume sama untuk menganalisa pengaruh geometri elektroda terhadap laju aliran gas HHO yang dihasilkannya. Alat ukur yang digunakan adalah alat pengukur debit yaitu MEMS *mass flow meter* tipe MF5706. Pada penelitian ini, volume generator yang dibuat adalah 0,15 liter dan menghasilkan nilai kapasitansi berbeda pada tiap generator yaitu 2925  $\mu\text{F}$  untuk generator plat sejajar dan 1765  $\mu\text{F}$  untuk generator silinder. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa geometri plat elektroda pada generator HHO akan mempengaruhi waktu tunak ( $T_s$ ) generator HHO tersebut.

**Kata Kunci:** energi, generator HHO, kapasitansi, *mass flow meter*.

**Abstract**

The human need for energy is increasing over time, especially the need for fuel oil. However, the availability of fuel oil is increasingly waning. For that we need a new alternative energy as a substitute for fuel oil. One of them is HHO gas fuel. HHO gas can be injected into the combustion engine in lieu of fuel oil. HHO gas can be generated by HHO generator by using water electrolysis principle. Previously, a lot of research has been done on HHO generator, but there are still few who study the effect of electrode geometry on HHO generator. Generally the geometry of the electrode plate on the HHO generator is just a thin parallel plate of rectangular shape. In this study a generator with a cylindrical or tube plate is formed and will be compared with a parallel plate generator having equal volume to analyze the effect of the electrode geometry on the HHO gas flow rate that be produced. The measuring instrument used is a debit measuring device that is MEMS *mass flow meter* type MF5706. In this study, the generator volume made is 0.15 liters and produces different capacitance values on each generator ie 2925  $\mu\text{F}$  for parallel plate generator and 1765  $\mu\text{F}$  for cylinder generator. From this research it can be concluded that the geometry of the electrode plate on the HHO generator will affect the steady-state ( $T_s$ ) time of the HHO generator.

**Keywords:** Energy, HHO gases, HHO generators, *mass flow meter*, capacitance.

**1. Pendahuluan**

Dalam beberapa tahun terakhir, banyak peneliti telah berfokus pada studi tentang bahan bakar alternatif yang bermanfaat untuk meningkatkan karakteristik ekonomi dan kinerja mesin [1]. Salah satu bahan bakar yang ketersediaannya lebih banyak serta ramah lingkungan adalah hidrogen. Kelebihan hidrogen sebagai bahan bakar adalah tidak menimbulkan polusi, tidak beracun, tidak berbau dan juga mudah terbakar yang meluas [2].

Bahan bakar hidrogen salah satunya bisa didapatkan dari alat Generator HHO. Teknologi ini menggunakan proses elektrolisis air yang memanfaatkan arus listrik dari kendaraan bermotor. Air yang merupakan sumber gratis yang memiliki struktur kimia  $\text{H}_2\text{O}$ , dan jika dipisahkan melalui proses elektrolisis menjadi  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$ . Proses elektrolisis air merupakan salah satu cara untuk memisah kandungan  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$  dari air atau hasil gas dari proses elektrolisis ini lebih dikenal dengan istilah gas HHO [3].

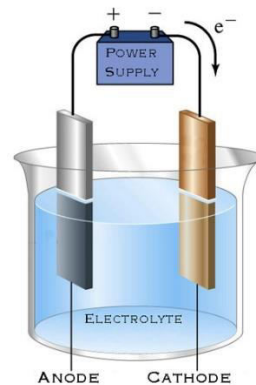
Beberapa peneliti telah melakukan penelitian guna mengembangkan performa generator HHO dengan memvariasikan beberapa faktor untuk mempengaruhi gas HHO yang dihasilkan. Fatauh, M. et al, (2013), meneliti tentang pengaruh konsentrasi larutan, geometri elektroda dengan lima bahan yang berbeda pada produksi hidrogen, pada penelitian ini dapat disimpulkan pada rasio konsentrasi 26% larutan KOH, temperatur larutan 70 C, tegangan 11Volt, dan elektroda silinder berbentuk halus menghasilkan produksi hidrogen yang maksimum[4]. Putra, (2010), pengaruh konsentrasi KOH dan arus listrik pada proses elektrolisis dengan menggunakan elektroda silinder, disimpulkan pada larutan 5,33% konsentrasi KOH dan arus 6 A menghasilkan produktifitas gas hidrogen yang maksimal[4]. Dari beberapa penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa dengan merencanakan sebagian atau seluruh bagian pada HHO generator dapat mempengaruhi efisiensi generator dalam laju produksi gas HHO yang dihasilkan.

Pada penelitian kali ini akan dilakukan analisa pengaruh variasi geometri elektroda terhadap hasil gas HHO, maka dapat diketahui komparasi percepatan pelepasan gas HHO yang dihasilkan. Bentuk penampang yang akan dibuat ada dua, yaitu plat sejajar dan silinder.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Pengertian Elektrolisis

Elektrolisis adalah proses dimana arus listrik dilewatkan pada suatu zat yang mengakibatkan reaksi kimia. Reaksi kimia yang terjadi adalah reaksi pelepasan atau penambahan elektron (oksidasi atau reduksi)[5]. Elektrolisis merupakan reaksi kebalikan dari sel volta/galvani. Dalam sel volta/galvani, reaksi oksidasi dan reduksi terjadi secara spontan dimana energi kimia yang menyertai reaksi kimia diubah menjadi energi listrik. Elektrolisis menggunakan arus listrik untuk menghasilkan reaksi redoks yang diinginkan atau dibutuhkan..



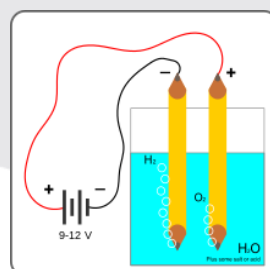
Gambar 2. 1 Rangkaian Elektrolisis

Beberapa faktor yang mempengaruhi elektrolisis diantaranya adalah :

- Besar arus listrik
- Katalisator
- Luas Penampang Elektroda

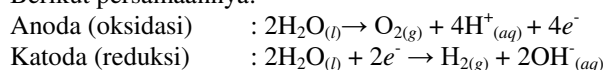
### 2.2 Elektrolisis Air

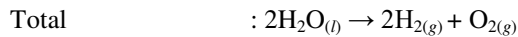
Air ( $H_2O$ ) pada kondisi normal tidak akan terurai menjadi bentuk gas secara spontan menjadi gas Hidrogen (H) dan Oksigen ( $O_2$ ) karena standar perubahan energi yang dibutuhkan untuk reaksi nilainya cukup besar[6]. Untuk menguraikan air menjadi gas-gas pembentuknya bisa menggunakan proses elektrolisis yang bisa dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Elektrolisis Air

Berikut persamaannya:





Gas hidrogen dan oksigen dari reaksi ini akan membentuk gelembung-gelembung pada masing-masing elektrodanya. Gas hidrogen terbentuk pada katoda dimana reduksi terjadi, sedangkan gas oksigen akan terbentuknya di bagian anoda dimana proses oksidasi terjadi. Dari persamaan reaksi diketahui jumlah gas hidrogen akan dua kali lebih banyak dibandingkan dengan gas oksigen.

### 2.3 Elektrolit

Larutan elektrolit merupakan larutan yang dibentuk dari zat elektrolit. Sedangkan zat elektrolit itu sendiri merupakan zat-zat yang di dalam air terurai membentuk ion-ionnya[7]. Elektrolit digunakan untuk mempermudah proses elektrolisis. Air memang sudah memiliki sifat penghantar listrik tapi merupakan bahan konduktor yang buruk karena nilai konduktivitasnya kecil. Namun air merupakan pelarut yang baik untuk senyawa ion yang dapat menghantarkan arus listrik. Sehingga dengan mencampurkan bahan elektrolit dengan air, proses elektrolisis akan menjadi lebih baik. Proses elektrolisis dapat dilakukan dengan larutan asam maupun larutan basa. Contoh larutan seperti asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), dan asam klorida ( $\text{HCl}$ ). Sedangkan contoh elektrolit basa adalah natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), dan kalium hidroksida ( $\text{KOH}$ ).

### 2.4 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor, elektrolit atau vakum). Ungkapan kata ini diciptakan oleh ilmuwan Michael Faraday dari bahasa Yunani elektron (berarti amber, dan hodos sebuah cara) [8]. Elektroda merupakan konduktor yang dilalui arus listrik dari satu media ke media lainnya pada perangkat listrik seperti baterai atau media lainnya dengan muatan positif dan negatif. Elektroda negatif mengalami reaksi kimia yang dapat menerima tambahan elektron yang membuat bilangan oksidasi elektroda tersebut berkurang. Reaksi tersebut disebut juga dengan reaksi reduksi. Sedangkan pada plat elektroda positif terjadi reaksi kimia yang menghilangkan elektronnya, sehingga jumlah elektron pada plat tersebut berkurang dan reaksi tersebut disebut juga dengan reaksi oksidasi. Elektroda positif disebut dengan anoda, sedangkan elektroda negatif disebut dengan katoda.

### 2.5 Kapasitansi Kapasitor

Secara khusus, kapasitor merupakan salah satu komponen elektronik yang tersusun dari dua buah permukaan yang sejajar (jarak antara setiap titik pada kedua permukaan sama) dan diberi muatan yang sama besar di setiap permukaan tetapi dengan berbeda jenis muatan[9]. Salah satu fungsi dari kapasitor adalah sebagai komponen penyimpanan muatan. Besar muatan pada kapasitor dapat dihitung dengan rumus  $Q = C \cdot V$  dimana  $C$  merupakan nilai kapasitansi kapasitor dan  $V$  merupakan tegangan yang diberikan pada kapasitor. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa jumlah muatan akan berbanding lurus dengan besar kapasitansi dari kapasitor. Kapasitor yang terdiri dari dua buah elektroda memiliki beberapa bentuk yang berbeda yang akan berpengaruh pada nilai kapasitansinya.

#### 2.5.1 Kapasitor Plat Sejajar

Kapasitor plat sejajar/ keping sejajar merupakan kapasitor yang terdiri dari dua plat konduktor yang memiliki luas penampang yang sama, sejajar dan terpisah pada jarak tertentu. Salah satu konduktor bermuatan positif dan konduktor lainnya bermuatan negatif. Adanya perbedaan jenis muatan listrik pada kedua plat konduktor menimbulkan medan listrik dan beda potensial listrik diantara kedua plat tersebut[10]. Kapasitansi kapasitor plat sejajar dapat ditentukan sebagai berikut:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Nilai kapasitansi kapasitor plat sejajar tergantung pada dimensi kapasitor plat sejajar tersebut, yaitu  $A$  dan  $d$ .

#### 2.5.2 Kapasitor Silinder

Kapasitor silinder terbentuk dari dua buah permukaan selubung silinder yang diletakkan sesumbu dengan jari-jari penampang silinder yang berbeda dan dihubungkan dengan kutub sumber arus yang saling berlawanan[11]. Kapasitansi kapasitor silinder dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

Rangkaian kapasitor serupa dengan rangkaian elektrolisis. Pada proses elektrolisis nilai kapasitansi akan berpengaruh pada besar muatan yang lewat pada elektrolit dan berpengaruh pada laju reaksi yang dihasilkan. Semakin besar muatan yang lewat maka semakin besar gas yang akan dihasilkan dalam satu waktu. Dengan

volume yang sama dapat diketahui bahwa nilai kapasitansi pada plat akan lebih besar dibandingkan dengan nilai kapasitansi pada silinder.

## 2.6 Sistem Orde Satu

Sistem orde satu adalah sistem dimana penyebut fungsi transfernya memiliki pangkat tertinggi sama dengan satu[12]. Fungsi transfer sendiri merupakan fungsi perbandingan antara output dan input sistem. Berikut persamaan sistem orde satu:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{Ts + 1}$$

Contoh sederhana dari orde satu adalah pada sistem elektronika rangkaian RC. Sistem ini memiliki fungsi transfer yaitu:

$$\frac{Vo(s)}{Vi(s)} = \frac{1}{RCs + 1}$$

Ts adalah waktu saat sistem menjadi kondisi tunak. Nilai Ts pada sistem RC akan dipengaruhi dari besar nilai R dan C pada rangkaian. Bila ingin mencapai waktu tunak yang lebih cepat maka besar nilai kapasitansi atau resistansi harus diperkecil. Semakin kecil Nilai C atau R maka waktu tunaknya pun akan semakin cepat sehingga proses pada sistem pun akan menjadi lebih cepat.

## 2.7 Baja Tahan Karat

Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan Stainless Steel adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% *Chromium* untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam)[13]. *Stainless steel* sendiri terbagi menjadi beberapa kelompok utama, yaitu:

- Baja Tahan Karat *Austenitic*
- Baja Tahan Karat *Ferritic*
- Baja Tahan Karat *Martensitic*

## 3. Metodologi

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian pertama dilakukan pembuatan generator terlebih dahulu, dengan menggunakan plat dan pipa stainless steel tipe 306 sebagai elektroda, serta akrilik setebal 8mm untuk *chase* generator tersebut. Setelah bahan-bahan didapatkan, segera rakit agar menjadi generator HHO. Kemudian dilakukan pencarian kadar katalisator yang optimal untuk generator-generator tersebut. Setelah kadar KOH didapatkan, segera lakukan percobaan dengan cara memberikan beda potensial pada generator tersebut.

Hal pertama yang dilakukan adalah mengisi generator dengan larutan elektrolit. Setelah itu berit tegangan sebesar 12 V dengan arus 3 A. Lalu hitung laju aliran yang didapat dengan mencatat data dalam skala waktu tertentu. Setelah data didapatkan, ubah data menjadi grafik agar lebih mudah dipresentasikan. Setelah itu, hitung rumus matematis untuk dibandingkan dengan hasil percobaan.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian

## 4. Pembahasan

### 4.1 Persiapan Pengerjaan

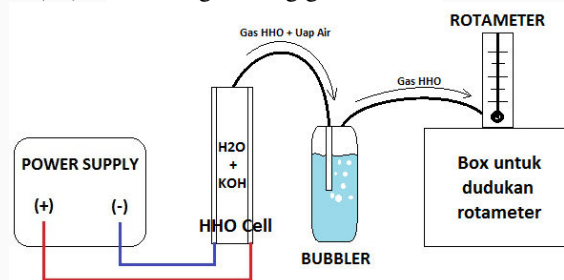
Dalam penelitian ini, pengujian yang dilakukan adalah pengujian bentuk geometri elektroda pada generator HHO dengan membuat dua geometri berbeda yaitu plat sejajar serta bentuk silinder. Pengukuran yang akan dilakukan adalah berupa pengukuran laju aliran gas yang dihasilkan oleh kedua generator tersebut. Namun sebelum pengujian ini bisa dilakukan, terlebih dahulu harus membuat kedua generator HHO tersebut. Setelah kedua generator berhasil dibuat dan siap untuk dipakai, barulah data bisa diambil serta dianalisis. Bahan utama generator adalah stainless steel agar tidak mudah karat, serta akrilik sebagai *chase* utama generator.



Gambar 4.1 Generator HHO Bentuk Plat dan Bentuk Silinder

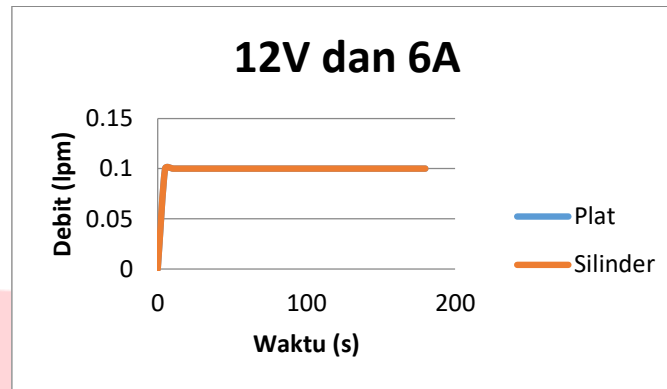
### 4.2 Data Pengukuran

Percobaan dilakukan dengan menggunakan tegangan 12 V arus 3 A dengan kadar KOH pada air sebesar 0,1% pada kedua generator. Kadar KOH 0,1% ini digunakan setelah melakukan beberapa kali percobaan dengan variasi kadar KOH. Percobaan ini akan berfokus pada 2 hal, yaitu debit yang dihasilkan serta mencari waktu transiennya ( $T_s$ ). Debit akan dibaca oleh rotameter tiap satuan waktu lalu dipetakan ke dalam grafik. Dari grafik inilah akan terlihat waktu transien ( $T_s$ ) dari masing-masing generator. Berikut skema sistem percobaan:



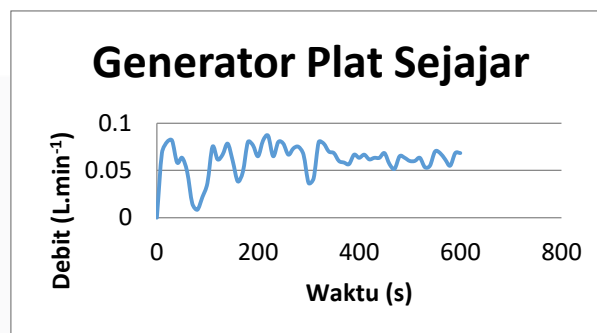
Gambar 4. 2 Skema Sistem Percobaan

Pada saat beda potensial diberikan kepada generator, reaksi langsung terjadi dengan indikator berupa terjadinya gelembung pada *bubbler*. Selain sebagai indikator, *bubbler* juga berfungsi sebagai penangkap uap air yang tercampur dalam gas hasil reaksi. Namun pada percobaan ini reaksi tidak dapat diukur karena rotameter tidak bergerak meskipun reaksi terlihat terjadi pada *bubbler*. Hal ini disebabkan debit gas yang dihasilkan oleh generator tidak mencapai skala terkecil yang dapat dibaca oleh rotameter yaitu 0,1 lpm. Dengan persamaan faraday diketahui bahwa massa yang dihasilkan proses elektrolisis akan berbanding lurus dengan besar muatan yang diberikan yaitu  $W \approx Q$ . Oleh karena itu untuk mendapatkan reaksi yang dapat terbaca oleh rotameter, maka besar  $Q$  harus diperbesar. Cara termudah memperbesar nilai  $Q$  adalah dengan menambahkan nilai arus. Arus yang dicoba adalah 4,2 A dan 6 A. Hasilnya rotameter bergerak dan karakteristiknya hampir sama pada kedua arus ini baik pada generator plat maupun generator silinder. Pada arus 4,2 A rotameter tidak dapat membaca karena bola penunjuk berada dibawah skala terkecil, sedangkan pada arus 6 A bola menunjukkan nilai 0,1 lpm. Berikut grafik hasil pengukuran aliran yang dihasilkan:

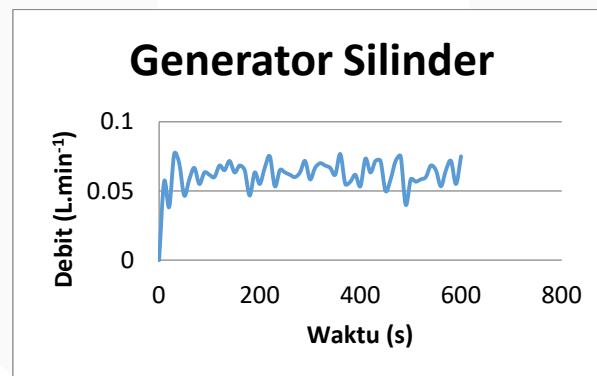


Gambar 4. 3 Grafik Debit Gas Terhadap Waktu

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa aliran yang dihasilkan memiliki karakteristik yang sama yaitu besar debit 0,1 lpm serta debitnya langsung konstan pada kedua generator. Dengan data tersebut akan sulit untuk melihat waktu transiennya ( $T_s$ ) karena respon yang terjadi berkarakteristik konstan dari detik awal. Oleh karena itu untuk dapat mengamati hasil reaksi lebih baik harus dilakukan pengukuran dengan cara lain. Salah satu cara yang dicoba adalah dengan mengganti alat ukur yang nilai sensitivitasnya lebih baik. Alat ukur yang digunakan adalah MEMS *Mass Flow Meter* tipe MF5706. Alat ukur ini merupakan alat pengukur debit dengan display digital memiliki skala terkecil bacaan sebesar 0,01 lpm. Percobaan pun dilakukan dengan menggunakan nilai tegangan 12 V dan arus 4,2 A. Berikut grafik hasil percobaan:



Gambar 4. 4 Grafik Debit Gas Terhadap Waktu Pada Generator Plat Sejajar



Gambar 4. 5 Grafik Debit Gas Terhadap Waktu Pada Generator Silinder

Debit rata-rata yang didapatkan pada generator plat sejajar dan plat silinder adalah sama yaitu  $0,06 \text{ L.min}^{-1}$ . Meskipun banyak terjadi osilasi pada kedua grafik di atas, perbedaan karakteristiknya tetap dapat teramati. Pada generator plat sejajar dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai keadaan lebih stabil/tunak yaitu pada waktu memasuki detik 400 dibandingkan dengan generator silinder yang hanya membutuhkan waktu sekitar 100 detik. Hal ini dapat terjadi karena waktu transien ( $T_s$ ) pada generator bergantung pada nilai kapasitansinya ( $T_s = R \times C$ ). Dengan volume yang sama yaitu 0,15 liter pada kedua generator, nilai kapasitansi generator silinder akan lebih kecil dibandingkan dengan generator plat sejajar sehingga nilai waktu transien generator silinder akan lebih kecil dibandingkan generator plat sejajar.

### 4.3 Data Perhitungan

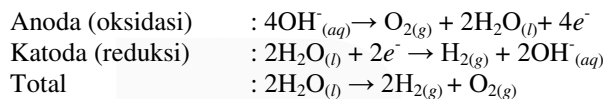
Proses perhitungan pertama adalah proses hitung menentukan waktu ketika akan transien (Ts) dari kedua generator dengan cara mengukur besar resistansi dan kapasitansi dari kedua generator. Tabel hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1 Perbandingan Waktu Transien Generator**

Besaran	Generator Plat Sejajar	Generator Silinder
R	218 kΩ	270 kΩ
C	2925 μF	1765 μF
Ts (Perhitungan)	637,65 s	476,55 s
Ts (Pengukuran)	400 s	100 s

Perhitungan besar nilai waktu menuju transien didapatkan dengan cara mengalikan nilai kapasitansi dengan resistansi. Dari sini dapat diketahui bahwa waktu menuju transien generator plat sejajar lebih lama dibandingkan dengan waktu menuju transien pada generator silinder. Data yang didapatkan ini serupa dengan data hasil percobaan dimana generator plat sejajar memiliki waktu menuju transien lebih lama dibandingkan dengan waktu menuju transien plat silinder namun dengan nilai yang berbeda.

Setelah mendapatkan perhitungan waktu menuju transien, hitung pula nilai debit saat waktu sudah memasuki waktu transien. Pada generator HHO proses utama yang terjadi adalah proses elektrolisis air. Air (H<sub>2</sub>O) yang dicampur dengan katalisator berupa KOH diberikan beda potensial melalui 2 buah elektroda yang berbeda muatan akan terpisah menjadi zat-zat penyusunnya yaitu berupa gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan gas oksigen (O<sub>2</sub>). Berikut reaksi kimia yang terjadi di dalam generator HHO.



Selanjutnya persamaan reaksi ini akan digunakan untuk mencari massa molar gas yang dihasilkan oleh generator HHO dengan menggunakan persamaan Hukum Faraday I yaitu

$$W = \frac{Q}{F} \quad (3.1)$$

Dimana:

W = Massa Molar Gas [mol e<sup>-</sup>]

Q = Besar Muatan [C]

F = Tetapan Faraday (96.500 *Coulomb*)

Sebelum menghitung massa molar gas, terlebih dahulu hitung nilai kapasitansi generator menggunakan persamaan 2.6 pada generator plat sejajar, dan menggunakan persamaan 2.7 pada generator silinder untuk menentukan nilai Q. Setelah nilai kapasitansi diketahui, data lalu diolah hingga mendapatkan nilai debit seperti yang ditunjukkan dengan Tabel 4.2

**Tabel 4. 2 Data Perbandingan Debit Generator**

Nilai	Generator Plat Sejajar	Generator Silinder	Keterangan
Kapasitansi	76,3	69,5	Persamaan 2.6 dan 2.7
Massa Molar	$9,4 \times 10^{-3}$ mol e <sup>-</sup>	$8,6 \times 10^{-3}$ mol e <sup>-</sup>	W = Q/F
Massa Molar Tiap Elektron (H <sub>2</sub> )	$4,7 \times 10^{-3}$ mol	$4,3 \times 10^{-3}$ mol	M = W/2
Massa Molar Tiap Elektron (O <sub>2</sub> )	$2,3 \times 10^{-3}$ mol	$2,1 \times 10^{-3}$ mol	M = W/4
Massa Gas H <sub>2</sub>	$9,4 \times 10^{-3}$ gr	$8,6 \times 10^{-3}$ gr	m = M × MrH <sub>2</sub>
Massa Gas O <sub>2</sub>	$7,5 \times 10^{-3}$ gr	$6,9 \times 10^{-3}$ gr	m = M × MrO <sub>2</sub>
Volume H <sub>2</sub>	$106,6 \times 10^{-3}$ liter	$97,1 \times 10^{-3}$ liter	V = m × ρH <sub>2</sub>

Volume O <sub>2</sub>	$53 \times 10^{-3}$ liter	$4,8 \times 10^{-3}$ liter	$V = m \times \rho_{O_2}$
Volume Total	$159,7 \times 10^{-3}$ liter	$145,5 \times 10^{-3}$ liter	$V_{total} = V_{H_2} + V_{O_2}$
Waktu	3,63 menit	3,31 menit	$t = (C \times V) / I$
Debit	0,04 L.min <sup>-1</sup>	0,04 L.min <sup>-1</sup>	$Q = V_{total} / \text{waktu}$

Dari data perhitungan dapat diketahui bahwa meskipun nilai kapasitansi pada kedua generator berbeda, nilai debit akhir ketika waktu sudah tunak akan tetap sama yaitu 0,04 L.min<sup>-1</sup>. Data ini juga serupa dengan data hasil pengukuran pada kedua generator HHO, dimana data rata-rata ketika sistem sudah tunak adalah 0,06 L.min<sup>-1</sup> pada kedua generator HHO.

## 5. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, maka kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

- Dari percobaan yang dilakukan diketahui bahwa waktu menuju tunak pada generator plat sejajar adalah ketika waktu memasuki detik ke 400, sedangkan pada generator silinder debit sudah mulai tunak pada saat memasuki detik ke 100. Dari sini dapat disimpulkan bahwa geometri elektroda pada suatu generator HHO akan berpengaruh terhadap waktu tunak (Ts) generator HHO tersebut.
- Pada keadaan tunak, nilai debit rata-rata yang dihasilkan kedua generator HHO cenderung sama yaitu 0,06 L.min<sup>-1</sup>. Dari sini dapat disimpulkan bahwa dalam keadaan tunak, bentuk geometri pada generator HHO relatif tidak mempengaruhi nilai debit gas yang dihasilkan.
- Pada penelitian yang sudah dilakukan, diketahui bahwa pada saat kedua generator HHO diberi arus 1 A hingga 4,2 A rotameter tidak dapat membaca debit gas HHO dikarenakan debit gas HHO yang dihasilkan oleh generator HHO terlalu kecil. Rotameter baru dapat membaca debit saat menggunakan arus 6 A dengan debit yang dihasilkan sebesar 0,1 L.min<sup>-1</sup>. Dari sini dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai arus yang diberikan pada generator HHO, semakin besar pula debit gas HHO yang dihasilkan oleh generator HHO tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. C. Yilmaz and K. Aydin, "Effect of hydroxy ( HHO ) Gas Addition on Performance and Exhaust Emissions in Compression Ignition Engines" pp. 1–7, 2010.
- [2] Chauhan, Bhaves V, "An Experimental Investigation og HHO gas and Varying Compression Ratio on Performance Characteristics of Constant Speed Diesel Engine" pp. 41, 2016.
- [3] Hidayatullah,P. dan Mustari,F. (2008), *Bahan Bakar Air*,Ufuk Press, Jakarta.
- [4]Saharudin. "Komparasi Penghasilan HHO Pada Generator Sistem Basah (Wet) Dengan Elektroda Bentuk Kerucut dan Plat Datar Terpasang Horisontal" pp. 2, 2014.
- [5] Britannica. "Electrolysis", <https://www.britannica.com/science/electrolysis>, diakses pada 21 September 2017 pada 13.10.
- [7]<https://sherchemistry.wordpress.com/kimia-x-2/kimia-xi/>.
- [8]Kurniawan, Rahmadhani. 2010. "Elektroda Bagi Ilmu Kedokteran", <http://djokodjayusman.blogspot.co.id/2010/03/elektroda-bagi-ilmu-kedokteran.html>, diakses pada 21 September 2017 pukul 13.28.
- [9] Darmawan, Dudi. 2010.*Bertanya Fisika Seri Listrik Magnet*. Pp. 131. Gunung Kawi : CV Maju Jaya.
- [10] Gurumuda. 2017. "Kapasitor Keping Sejajar", <https://gurumuda.net/kapasitor-keping-sejajar.htm>, diakses pada 21 September 2017 pukul 13:30.
- [11] Darmawan, Dudi. 2010. *Bertanya Fisika Seri Listrik Magnet*. Pp. 136. Gunung Kawi : CV Maju Jaya.
- [12] Hannan, John. "Sistem Orde Pertama", <http://seidamout.blogspot.co.id/2009/08/sistem-orde-satu.html>, diakses pada 21 September 2017 pukul 13.37.
- [13] Alfian, Raden. 2014. "Stainless Steel-Baja Tahan Karat", <https://radenalfian.wordpress.com/2014/01/02/stainless-steel-baja-tahan-karat/>, diakses pada 21 September 2017 pukul 13.40.