

## PENGARUH JARAK ANTAR ELEKTRODA PLAT BESI TERHADAP PRODUKTIVITAS DAN EFISIENSI GENERATOR HHO MENGGUNAKAN METODE ELEKTROLISIS AIR LAUT DENGAN KATALIS KOH

Akhmad Daudi Shabahaini<sup>1)</sup>, Mastiadi Tamjidillah<sup>2)</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Ahmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

Telp. 0511-4773858

email: daudy.shabahaini@gmail.com

### Abstract

*HHO gas is an alternative energy that can replace fossil energy sources. HHO gas itself can be produced in several ways, one of which uses water electrolysis. Water is given a direct electric charge so that the water molecule ( $H_2O$ ) splits into HHO gas. This study aims to determine the effect of iron plate electrode distance on the productivity and efficiency of HHO generator by varying it from 2 mm, 4 mm and 6 mm, for the water used is the sea water of Teluk Tamiang Village which was dissolved together with KOH of 3,04%. From the experiments carried out the data obtained in the form of voltage, current, time to produce 50 ml of HHO gas, pH of sea water, pH of the solution before and after electrolysis, and temperature after electrolysis. The data is then processed so that it gets the highest productivity at a distance of 2 mm with an average flow rate of 0,89 ml/s and the highest efficiency at a distance of 2 mm with an average of 23,83%. This is because at a distance of 2 mm the electrons move from the cathode electrode to the anode electrode faster and the resulting resistance is smaller, so that the HHO generator produces faster oxyhydrogen bubbles and less power and energy consumption.*

**Keywords:** HHO gas, Productivity, Efficiency

### PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan energi di dunia dewasa ini menjadi pertimbangan bagi dunia tidak terkecuali di Indonesia, cadangan minyak bumi dipertimbangkan sekitar 16,6 miliar barel, sedangkan untuk batubara sekitar 32,26 miliar ton (Nugraha, 2016).

Dari mulai menipisnya cadangan energi fosil tersebut maka perlu adanya pengembangan energi alternatif (*renewable energy*) sebagai sumber energi terbarukan. Adapun energi yang dapat dijadikan energi terbarukan antara lain gas hidrogen. Gas hidrogen sendiri merupakan salah satu energi yang ramah lingkungan sehingga menjadi perhatian besar banyak negara, terutama di negara maju (Yanuar & Djoko, 2013).

Hidrogen sendiri bukanlah sumber energi (*energy source*) melainkan pembawa energi (*energy carrier*), berarti hidrogen tidak bisa didapatkan bebas di alam ataupun dieksploitasi seperti sumber energi fosil, yang berarti hidrogen harus di produksi. Salah satu cara untuk memproduksi hidrogen adalah dengan proses elektrolisis air atau pemecahan air (Isana, 2010).

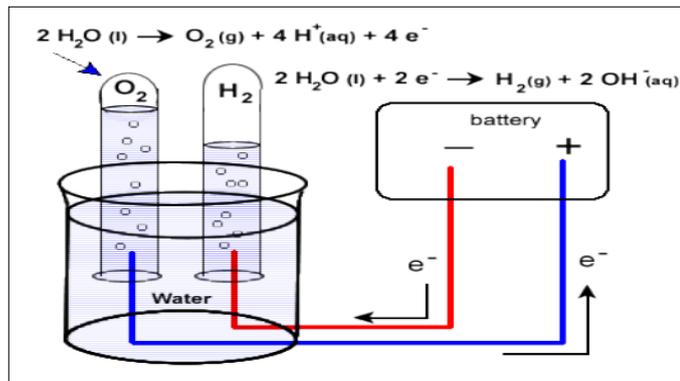
Hidrogen merupakan unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Memiliki berat 1,0079 amu, sehingga menjadikannya gas paling ringan diantara gas lainnya. Pada suhu dan tekanan standar hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tinggi, dan merupakan gas diatomik yang mudah terbakar. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol (Wahyudin, 2012).

Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



Hidrogen sendiri memiliki massa jenis  $0,0838 \text{ kg/m}^3$ , LHV (*Low Heating Value*)  $119,93 \text{ MJ/kg}$ , dan *Flame velocity*  $265\text{-}325 \text{ cm/s}$  (Gohar and Raza, 2017).

Gas hasil pemecahan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dengan proses elektrolisis. Gas yang didapatkan dari proses elektrolisis air tersebut adalah gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan Oksigen ( $\text{O}_2$ ), dengan komposisi 2 Hidrogen dan 1 Oksigen atau HHO (Lowrie, 2005). Untuk memecah senyawa air dan menjadikannya  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$  murni memanfaatkan arus listrik searah atau arus DC (*Direct Current*), molekul-molekul air dipecah menjadi unsur-unsur asalnya, gas yang dihasilkan tadi menjadi gas HHO atau *oxyhydrogen* atau *Brown's Gas*.



Gambar 1. Proses Elektrolisis Air

Beda potensial yang dihasilkan oleh arus listrik antara anoda dan katoda akan mengionisasi molekul air menjadi ion positif dan ion negatif. Pada katoda terdapat ion positif yang menyerap elektron dan menghasilkan molekul ion  $\text{H}_2$ , dan ion negatif akan bergerak menuju anoda untuk melepaskan elektron dan menghasilkan molekul ion  $\text{O}_2$ . Reaksi total elektrolisis air adalah penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen. Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung-gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan.

Air laut adalah air dari laut atau samudra, air laut memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Artinya dalam 1 liter (1000 ml) air laut mengandung 35 gram garam. Meskipun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5%, air laut ada juga berbeda-beda kandungan garamnya. Yang paling tawar adalah di Timur Teluk Finlandia dan di Utara Teluk Bothnia, keduanya bagian dari Laut Baltik. Air laut paling asin terdapat di Laut Merah, suhu tinggi dan sirkulasi terbatas membuat penguapan tinggi dan sedikit masukkan air dari sungai-sungai. Garam-garaman yang terdapat di air laut meliputi 55% Klorida (Cl), 31% Natrium (Na), 8% Sulfat ( $\text{SO}_4$ ), 4% Magnesium (Mg), 1% Kalsium (Ca), 1% Kalium (K), dan <1% Bikarbonat, Bromida, Asam Borak, Strontium dan Florida.

KOH (Kalium Hidroksida) atau yang juga dikenal dengan nama *caustic potash* merupakan senyawa anorganik basa kuat yang juga termasuk dalam golongan *heavy chemical industry*. *Heavy chemical* merupakan bahan kimia yang diproduksi dalam partai besar dan harga murah dengan industri lain sebagai konsumen utamanya. KOH dapat digunakan sebagai bahan untuk mempercepat laju reaksi pada proses elektrolisis atau katalis. KOH dengan konsentrasi tinggi akan membuat larutan semakin mendekati 0 (nol) ketahanannya, tetapi akan menyebabkan proses elektrolisis semakin panas dan mempercepat korosi pada elektroda.

Prosentase katalis yang besar dapat menaikkan laju aliran gas H<sub>2</sub>O, dikarenakan bertambahnya prosentase katalis akan menyebabkan elektrolit semakin banyak mengandung kation dan anion. Semakin banyaknya kation dan anion pada larutan elektrolit menyebabkan elektrolit dapat menghantarkan arus yang besar sehingga energi listrik yang digunakan akan semakin banyak untuk melakukan proses elektrolisis (Marayanti, 2008). Menaikkan prosentase katalis akan membuat larutan akan semakin basa.



Gambar 2. Kalium Hidroksida (KOH)

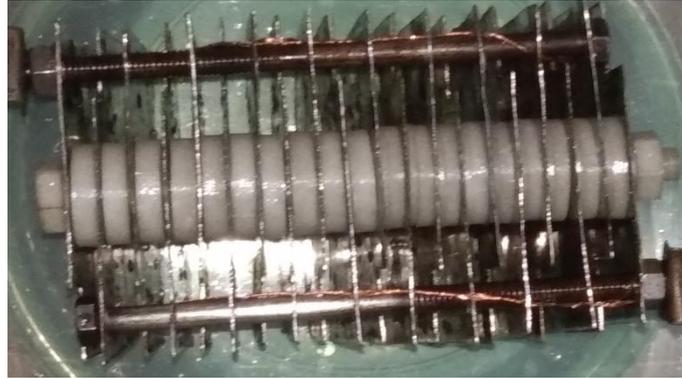
Untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan suatu zat cair maka digunakan alat ukur pH. Alat ukur pH ada bermacam-macam, ada yang disebut dengan kertas lakmus dan ada juga pH meter berbentuk *pen*, pada penelitian ini menggunakan pH meter berbentuk *pen* dengan merek ATC dengan akurasi 0,2.



Gambar 3. pH meter

Sel elektrolisis berbeda dengan sel volta jika sel volta reaksi oksidasinya berlangsung spontan dan energi kimia yang menyertai reaksi kimia diubah menjadi energi listrik. Maka pada sel elektrolisis terjadi reaksi kebalikan dari sel volta yang potensial selnya negatif, atau pada keadaan normal tidak akan terjadi reaksi dan reaksi dapat terjadi bila diinduksi dengan energi listrik dari luar.

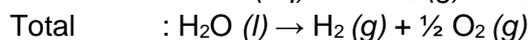
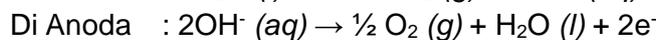
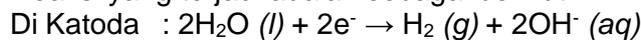
Rangkaian sel elektrolisis menyerupai sel volta, yang membedakan sel elektrolisis dari sel volta yaitu pada sel elektrolisis komponen voltmeter diganti dengan sumber arus. Larutan yang ingin dielektrolisis ditempatkan pada *camber*, kemudian elektroda dicelupkan kedalam larutan.



Gambar 4. Sel Elektrolisis

Elektroda berperan sebagai tempat terjadi reaksi. Reaksi reduksi terjadi di katoda, sedangkan reaksi oksidasi terjadi di anoda. Kutub negatif sumber arus ke katoda (karena memerlukan elektron) dan kutub positif sumber arus mengarah ke anoda. Akibatnya, katoda bermuatan negatif dan menarik kation-kation yang akan tereduksi menjadi endapan logam. Sebaliknya pada anoda, anoda akan bermuatan positif dan menarik anion-anion yang akan teroksidasi menjadi gas.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Produktivitas dan efisiensi dari generator HHO dipengaruhi oleh beberapa parameter sebagai berikut:

1. Laju aliran gas HHO.

Laju aliran gas dapat diketahui dari persamaan sebagai berikut ini:

$$Q = \frac{\text{Volume}}{t} \quad (1)$$

Dimana:

Q = Laju aliran gas HHO (ml/s)

Volume = Volume gas HHO (ml)

T = Waktu diperlukan (s)

2. Daya listrik

Daya listrik dapat diketahui dari persamaan sebagai berikut ini:

$$P = V \times I \quad (2)$$

Dimana:

P = Daya yang digunakan generator HHO (watt)

V = Beda potensial (Volt)

I = Kuat Arus (Ampere)

3. Energi listrik

Energi listrik dapat diketahui dari persamaan sebagai berikut ini:

$$E = P \times t \quad (3)$$

Dimana:

E = Energi listrik (Joule)

P = Daya yang digunakan generator HHO (watt)

t = Waktu diperlukan (s)

#### 4. Efisiensi generator HHO

Efisiensi generator HHO dapat diketahui dari persamaan berikut ini:

$$\eta = \frac{\text{Volume} \times \rho \times \text{LHV}}{P} \times 100\% \quad (4)$$

$\eta$  = Efisiensi generator HHO (%)

Volume = Volume gas HHO (ml)

$\rho$  = Massa jenis gas HHO (gram/liter)

LHV = *Low Heating Value* (nilai pembakaran terendah) (MJ/Kg)

P = Daya yang digunakan generator HHO (watt)

Tujuan dari penelitian ini yang diinginkan dicapai adalah untuk mengetahui hubungan antar jarak elektroda plat besi dari proses elektrolisis air laut dengan penambahan 3,04% KOH sebagai katalis terhadap produktivitas dan efisiensi dari generator HHO.

#### METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan secara eksperimental dengan cara ini akan di uji pengaruh dari variasi jarak elektroda terhadap produktivitas dan efisiensi generator HHO untuk menghasilkan gas HHO (*Brown's Gas*). Penelitian ini menggunakan variasi jarak elektroda 2 mm, 4 mm dan 6 mm.

Variabel terkontrol adalah jenis dan dimensi elektroda besi 90 mm x 110 mm x 1 mm, volume air 2300 ml, massa katalis 70 gram. Variabel yang diamati adalah pH air laut sesudah dan sebelum dielektrolisis, waktu yang diperlukan untuk menghasilkan 50 ml gas HHO, tegangan (volt), arus (ampere), dan temperatur.

#### Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: generato HHO, *water trap*, alat ukur volume gas, DC *adaptor & battery charger*, volt ampere meter digital, pH meter, termometer, multimeter, timbangan digital, *stopwatch*, gelas ukur. Sedangkan untuk bahan yang digunakan adalah air laur Teluk Tamiang, Kecamatan Pulau Laut Tanjung Selayar, Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan, KOH (Kalium Hidroksida).

Khusus untuk generator HHO, *water trap* dan alat ukur volume gas tidak didapatkan dari pasar atau komersial, tetapi alat-alat tersebut dibuat sendiri dengan menggunakan teori-teori yang ada.

Generator HHO (Gambar 5.) sendiri mempunyai beberapa bagian-bagian di dalamnya, yaitu: Sel elektrolisis yang tersusun dari plat-plat besi dan diberi *washer* kemudian dikencangkan menggunakan baut isolator, ditambahkan baut konduktor sebagai penghantar listrik ke plat anoda dan katoda.

*Water trap* (Gambar 6.) terbuat dari toples yang kemudian diberi dop ban *tubeless* sebagai *niple* sebagai jalur untuk gas HHO di dalam selang dan diberi air hingga menenggelamkan selang pada bagian dalam.

Alat ukur volume gas (Gambar 7.) terdiri dari dua buah botol bekas, satu botol kecil yang kemudian di ukur per 50 ml menggunakan gelas ukur yang diberi air kemudian diberi tanda, dan dimasukkan ke dalam botol besar sehingga mulut dari botol kecil bertemu dengan selang jalur masuk gas HHO.



Gambar 5. Generator HHO



Gambar 6. Water Trap



Gambar 7. Alat Ukur Volume Gas

### Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini meliputi beberapa langkah-langkah, yaitu:

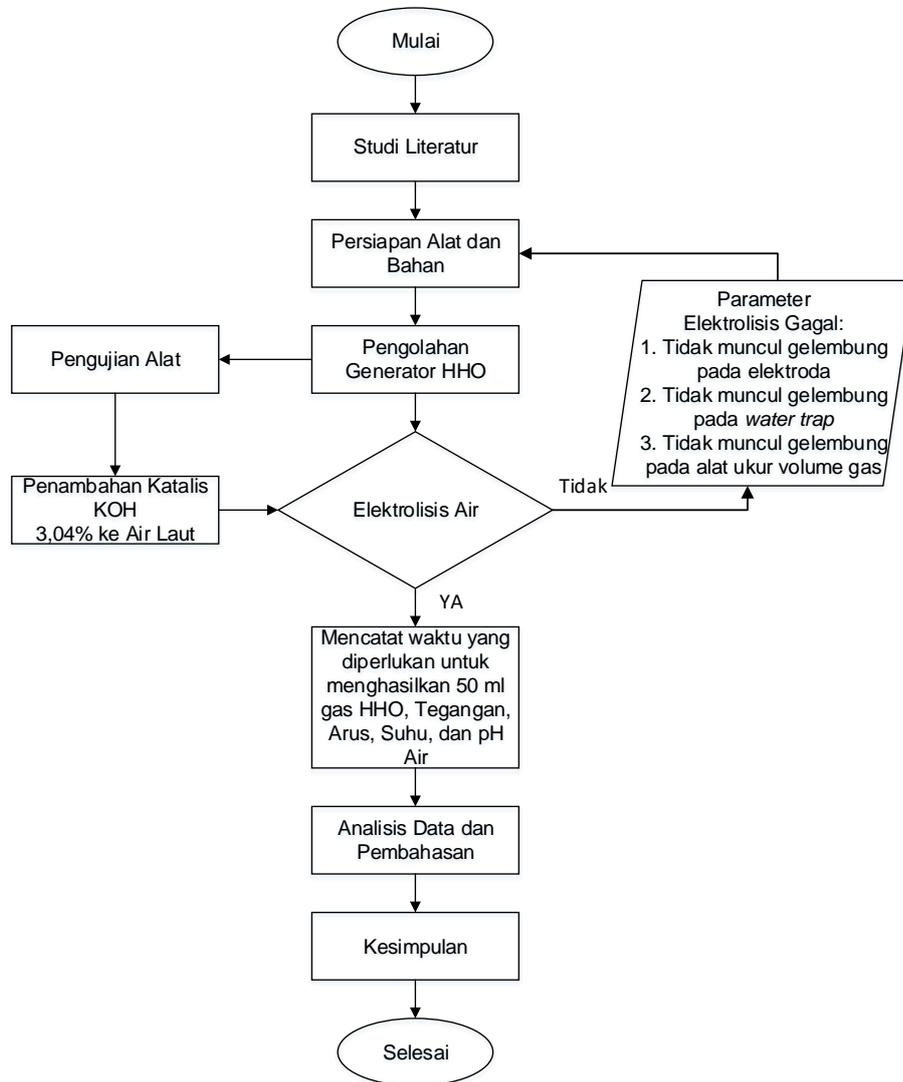
1. Perancangann generator HHO, meliputi pembuatan plat elektroda besi, pengeboran dan pemasangan dop ban *tubeless* sebagai *niple* pada wadah atau toples vakum, serta termometer, dan pembuatan *water trap*.
2. Perancangan sistem kelistrikan generator HHO, meliputi instalasi kabel-kabel sebagai sumber daya dari generator HHO, menggunakan volt ampere meter sebagai *display* tegangan dan arus yang digunakan generator HHO, saklar *on/off* untuk mengatur penghubungan arus.
3. Pengambilan data, meliputi mencatat waktu yang diperlukan untuk menghasilkan 50 ml gas HHO, mencatat tegangan dan arus yang diperlukan

generator HHO, mencatat pH air sebelum dan sesudah dielektrolisis, dan mencatat temperatur air pada termometer.

4. Pengolahan data, meliputi perhitungan laju aliran gas HHO, perhitungan daya yang digunakan generator HHO, perhitungan energi listrik yang digunakan generator HHO, perhitungan efisiensi generator HHO.

### Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengujian yang dilakukan di *Workshop* Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat, diambil data berupa pH air laut sebelum ditambah katalis, pH air laut setelah ditambah katalis, dan pH air laut sesudah dielektrolisis menggunakan pH meter jenis *pen*. Tegangan dan arus menggunakan volt ampere meter digital. Waktu diperlukan generator untuk menghasilkan per 50 ml menggunakan *stopwatch*. Temperatur air menggunakan termometer.

Tabel 1. Data hasil pengujian elektrolisis

| No. | Jarak (mm) | pH Air Laut | pH      |         | Katalis | Volume Gas (ml) | Waktu (sekon) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Temperatur (°C) |
|-----|------------|-------------|---------|---------|---------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
|     |            |             | Sebelum | Sesudah |         |                 |               |                 |               |                 |
| 1   | 2          | 7,8         | 12,8    | 12,9    | 3,04%   | 50              | 55,6          | 2,2             | 9,8           | 31              |
| 2   |            |             |         |         |         | 100             | 111           | 2,1             | 9,9           |                 |
| 3   |            |             |         |         |         | 150             | 168,3         | 2,3             | 9,6           |                 |
| 4   |            |             |         |         |         | 200             | 227           | 2,2             | 9,4           |                 |
| 5   |            |             |         |         |         | 250             | 283,9         | 2,1             | 9,7           |                 |
| 6   |            |             |         |         |         | 300             | 343           | 2,3             | 9,2           |                 |
| 1   | 4          | 7,8         | 12,8    | 13      | 3,04%   | 50              | 61,8          | 2,2             | 11,2          | 32              |
| 2   |            |             |         |         |         | 100             | 123,6         | 2,3             | 11,1          |                 |
| 3   |            |             |         |         |         | 150             | 186           | 2,3             | 11,4          |                 |
| 4   |            |             |         |         |         | 200             | 250,2         | 2,2             | 11,3          |                 |
| 5   |            |             |         |         |         | 250             | 313,2         | 2,3             | 11,5          |                 |
| 6   |            |             |         |         |         | 300             | 376,8         | 2,3             | 11,3          |                 |
| 1   | 6          | 7,8         | 12,8    | 13,1    | 3,04%   | 50              | 65,4          | 2,4             | 12,1          | 33              |
| 2   |            |             |         |         |         | 100             | 134,4         | 2,5             | 12,2          |                 |
| 3   |            |             |         |         |         | 150             | 200,4         | 2,4             | 11,5          |                 |
| 4   |            |             |         |         |         | 200             | 268,8         | 2,3             | 11,6          |                 |
| 5   |            |             |         |         |         | 250             | 335,4         | 2,5             | 12,4          |                 |
| 6   |            |             |         |         |         | 300             | 407,4         | 2,4             | 12,1          |                 |

Dari data diatas kemudian dihitung sehingga didapatkan data laju aliran gas HHO, daya listrik yang digunakan, energi listrik yang digunakan, dan efisiensi generator HHO.

Tabel 2. Data hasil perhitungan laju aliran gas HHO

| No. | Jarak (mm) | Volume Gas (ml) | Waktu (sekon) | $Q_{HHO}$ (ml/s) |
|-----|------------|-----------------|---------------|------------------|
| 1   | 2          | 50              | 55,6          | 0,9              |
| 2   |            | 100             | 111           | 0,9              |
| 3   |            | 150             | 168,3         | 0,89             |
| 4   |            | 200             | 227           | 0,88             |
| 5   |            | 250             | 283,9         | 0,88             |
| 6   |            | 300             | 343           | 0,87             |
| 1   | 4          | 50              | 61,8          | 0,81             |
| 2   |            | 100             | 123,6         | 0,81             |
| 3   |            | 150             | 186           | 0,81             |
| 4   |            | 200             | 250,2         | 0,8              |
| 5   |            | 250             | 313,2         | 0,8              |
| 6   |            | 300             | 376,8         | 0,8              |
| 1   | 6          | 50              | 65,4          | 0,76             |
| 2   |            | 100             | 134,4         | 0,74             |
| 3   |            | 150             | 200,4         | 0,75             |
| 4   |            | 200             | 268,8         | 0,74             |
| 5   |            | 250             | 335,4         | 0,75             |
| 6   |            | 300             | 407,4         | 0,74             |

Tabel 3. Data hasil perhitungan daya

| No. | Jarak (mm) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
|-----|------------|-----------------|---------------|-------------|
| 1   | 2          | 2,2             | 9,8           | 21,6        |
| 2   |            | 2,1             | 9,9           | 20,8        |
| 3   |            | 2,3             | 9,6           | 22,1        |
| 4   |            | 2,2             | 9,4           | 20,7        |
| 5   |            | 2,1             | 9,7           | 20,4        |
| 6   |            | 2,3             | 9,2           | 21,2        |
| 1   | 4          | 2,2             | 11,2          | 24,6        |
| 2   |            | 2,3             | 11,1          | 25,5        |
| 3   |            | 2,3             | 11,4          | 26,2        |
| 4   |            | 2,2             | 11,3          | 24,9        |
| 5   |            | 2,3             | 11,5          | 26,5        |
| 6   |            | 2,3             | 11,3          | 26          |
| 1   | 6          | 2,4             | 12,1          | 29          |
| 2   |            | 2,5             | 12,2          | 30,5        |
| 3   |            | 2,4             | 11,5          | 27,6        |
| 4   |            | 2,3             | 11,6          | 26,7        |
| 5   |            | 2,5             | 12,4          | 31          |
| 6   |            | 2,4             | 12,1          | 29          |

Tabel 4. Data hasil perhitungan energi listrik

| No. | Jarak (mm) | Daya (Watt) | Waktu (sekon) | Energi Listrik (Joule) |
|-----|------------|-------------|---------------|------------------------|
| 1   | 2          | 21,6        | 55,6          | 1198,7                 |
| 2   |            | 20,8        | 111           | 2307,7                 |
| 3   |            | 22,1        | 168,3         | 3716,1                 |
| 4   |            | 20,7        | 227           | 4694,4                 |
| 5   |            | 20,4        | 283,9         | 5783                   |
| 6   |            | 21,2        | 343           | 7257,9                 |
| 1   | 4          | 24,6        | 61,8          | 1522,8                 |
| 2   |            | 25,5        | 123,6         | 3155,5                 |
| 3   |            | 26,2        | 186           | 4876,9                 |
| 4   |            | 24,9        | 250,2         | 6220                   |
| 5   |            | 26,5        | 313,2         | 8284,1                 |
| 6   |            | 26,0        | 376,8         | 9793                   |
| 1   | 6          | 29,0        | 65,4          | 1899,2                 |
| 2   |            | 30,5        | 134,4         | 4099,2                 |
| 3   |            | 27,6        | 200,4         | 5531                   |

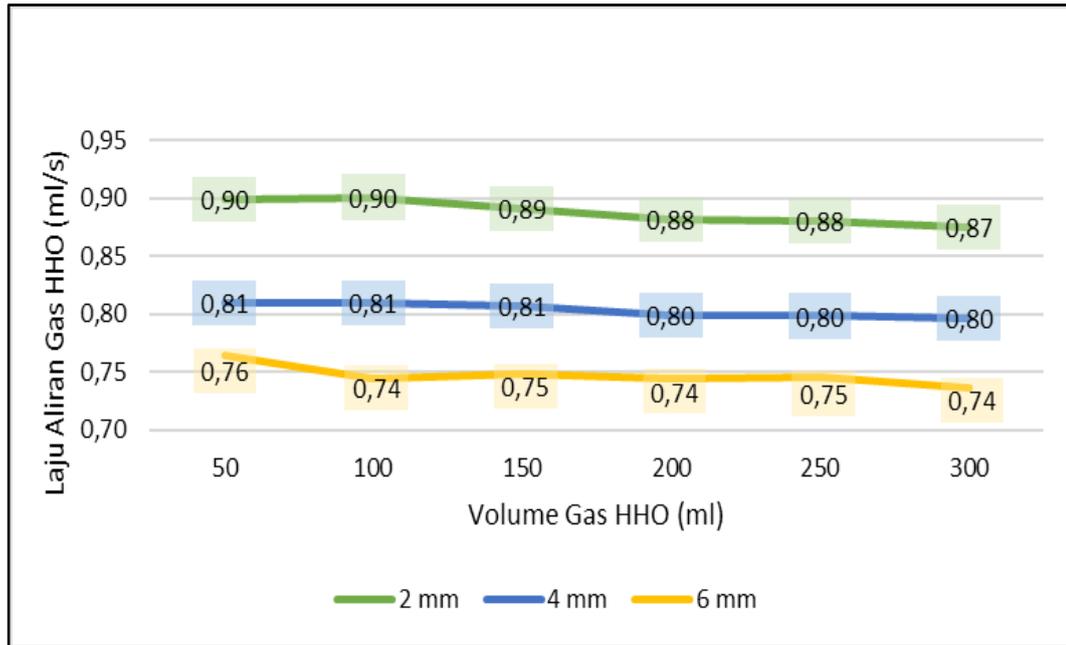
|   |  |      |       |         |
|---|--|------|-------|---------|
| 4 |  | 26,7 | 268,8 | 7171,6  |
| 5 |  | 31,0 | 335,4 | 10397,4 |
| 6 |  | 29,0 | 407,4 | 11830,9 |

Tabel 5. Data hasil perhitungan efisiensi generator HHO

| No. | Jarak (mm) | Daya (Watt) | $\eta$ Generator HHO (%) |
|-----|------------|-------------|--------------------------|
| 1   | 2          | 21,6        | 23,31                    |
| 2   |            | 20,8        | 24,17                    |
| 3   |            | 22,1        | 22,76                    |
| 4   |            | 20,7        | 24,3                     |
| 5   |            | 20,4        | 24,67                    |
| 6   |            | 21,2        | 23,75                    |
| 1   | 4          | 24,6        | 20,39                    |
| 2   |            | 25,5        | 19,68                    |
| 3   |            | 26,2        | 19,17                    |
| 4   |            | 24,9        | 20,21                    |
| 5   |            | 26,5        | 19                       |
| 6   |            | 26,0        | 19,33                    |
| 1   | 6          | 29,0        | 17,3                     |
| 2   |            | 30,5        | 16,48                    |
| 3   |            | 27,6        | 18,21                    |
| 4   |            | 26,7        | 18,83                    |
| 5   |            | 31,0        | 16,21                    |
| 6   |            | 29,0        | 17,3                     |

**Laju Aliran Gas HHO**

Gambar 9. Menunjukkan hubungan jarak dan volume gas HHO yang dihasilkan terhadap laju aliran gas HHO yang dilakukan pada proses elektrolisis.



Gambar 9. Grafik Hubungan Laju Aliran Gas HHO terhadap Jarak Antar Plat dan Volume Gas HHO

Dari Gambar 9. dapat dilihat hubungan laju aliran gas HHO dengan volume gas HHO yang dihasilkan dari 50 ml sampai dengan 300 ml dengan variasi jarak antar elektroda menggunakan katalis KOH (Kalium Hidroksida) dengan jarak 2 mm, 4 mm dan 6 mm menunjukkan laju aliran gas yang didapatkan tidak terlalu jauh turun atau naik di masing-masing jarak antar elektroda, terlihat bahwa di jarak elektroda 2 mm laju aliran gas HHO yang paling tinggi didapatkan dengan rata-rata 0,89 ml/s, diikuti jarak 4 mm dengan rata-rata 0,80 ml/s dan paling rendah pada jarak 6 mm dengan rata-rata 0,75 ml/s. Hal ini dikarenakan pada jarak 2 mm gelembung-gelembung gas lebih banyak didapatkan dibandingkan pada jarak 4 mm dan 6 mm.

Munculnya gelembung-gelembung juga sebagai parameter-parameter jika proses elektrolisis air berhasil. Gelembung-gelembung kecil dapat ditemukan pada plat elektroda dan akan terkumpul pada bagian atas generator, kemudian akan muncul gelembung besar pada *water trap* yang diteruskan ke alat ukur volume gas.



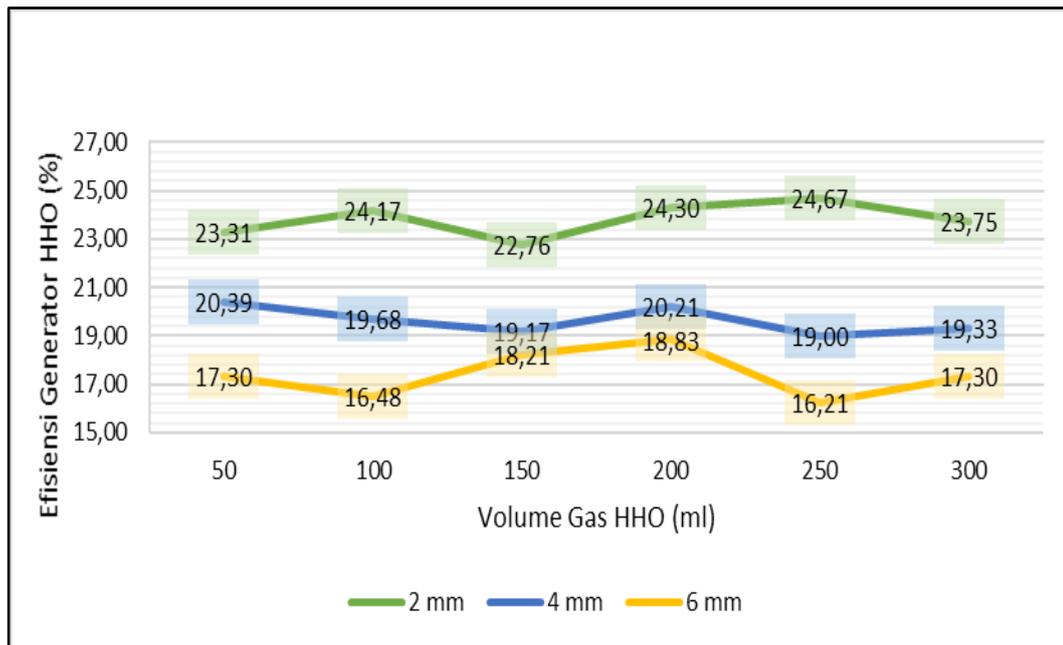
(a)

(b)

Gambar 10. Gelembung-Gelembung (a). Pada Plat Elektroda (b). Pada Bagian Atas Generator

### Efisiensi Generator HHO

Gambar 11. Menunjukkan hubungan jarak dan volume gas HHO yang dihasilkan terhadap efisiensi generator HHO untuk menghasilkan gas HHO.



Gambar 11. Grafik Hubungan Efisiensi Generator HHO terhadap Jarak Antar Plat dan Volume Gas HHO

Dari Gambar 11. dapat dilihat efisiensi pada setiap volume gas berurutan yang dihasilkan dari 50 ml hingga 300 ml bahwa efisiensi generator HHO berubah-ubah pada setiap jarak dengan didapatnya efisiensi tertinggi pada jarak plat 2 mm dengan rata-rata efisiensi sebesar 23,83%, diikuti jarak 4 mm dengan rata-rata efisiensi sebesar 19,63% dan efisiensi terendah pada jarak 6 mm dengan rata-rata efisiensi sebesar 17,39%. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu volume gas HHO yang dihasilkan, massa jenis gas HHO, LHV, dan daya yang digunakan untuk melakukan proses elektrolisis.

## KESIMPULAN

Dari hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa untuk produktivitas generator HHO tercepat untuk menghasilkan gas HHO pada jarak 2 mm dengan rata-rata laju aliran 0,89 ml/s, diikuti jarak 4 mm dengan rata-rata laju aliran 0,80 ml/s, dan jarak 6 mm dengan rata-rata laju aliran 0,75 ml/s, sedangkan untuk efisiensi pada generator HHO tertinggi pada jarak 2 mm dengan rata-rata efisiensi 23,83%, diikuti jarak 4 mm dengan rata-rata efisiensi 19,63%, dan diikuti jarak 6 mm dengan rata-rata efisiensi 17,39%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gohar, G. A. & Hassan R. 2017. *Comparative Analysis of Performance Characteristics of CI Engine with and without HHO gas (Brown Gas)*. Adv Automob Eng 2017, 6:4. Pakistan: Institute of Information Technology, Sahiwal.
- Isana, SYL. 2010. *Perilaku Sel Elektrolisis Air dengan Elektroda Stainless Steel*. Yogyakarta: Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010.
- Lowrie, P.E.W. 2005. "Mitsubishi Cyclon". Procending of Elektrolytic Gas, USA.
- Marayanti, M. 2008. *Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit*. Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Marlina, E. dkk. 2016. *Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit Terhadap Produksi Brown's Gas*. Info Teknik, Vol. 17, No. 2, Desember 2016: 187-196.

- Nugraha, S. 2016. *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta: Dewan Energi Nasional.
- Wahyudin, I., Harus L. G. 2012. *Characteristics Study HHO gas Generator Wet Cell and its Application in 1300cc Engined Vehicle*. Jurnal Teknik POMITS, Vol. 1, No. 1, Hal. 1-6.
- Yanuar & Djoko. 2013. *Studi Karakteristik Generator Gas HHO Tipe Dry Cell dan Wet Cell berdimensi 80 x 80 mm dengan Penambahan PWME-3 FF (1KHz)*. Surabaya: ITS.