

## Laju Produksi Aliran Hidrogen Menggunakan Air Elektrolit , Air Gambut, dan Air Laut Dengan Campuran NaOH

Fauzi Triyanto<sup>1</sup>, Eko Julianto<sup>2\*</sup>, Sh Mohd Firdaus<sup>3</sup>, Fuazen<sup>4</sup>, Muhammad Iwan<sup>5</sup>,  
Eko Sarwono<sup>6</sup>, Gunarto<sup>7</sup>

<sup>124567</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Muhammadiyah Pontianak

Jl. Ahmad Yani No. 111 Kota Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia

<sup>3</sup>Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Mara Malaysia, Cawangan Pulau Pinang Malaysia

\*Corresponding author: [eko.julianto@unmuhpnk.ac.id](mailto:eko.julianto@unmuhpnk.ac.id)

### Abstract

*The world's abundant water resources can be a solution to reducing the amount of available fossil fuels, therefore the use of alternative energy is now being encouraged to replace dependence on fossil fuels. This research aims to determine the flow rate of Hydrogen Production Rate Using Electrolyte Water, Peat Water, and Sea Water Mixed with NaOH using the electrolysis method. Time to current (Amperes), voltage (volts) and power (Watts) where the longer the time used, the effectiveness will decrease. Voltage (volts) has an influence on the rate of formation of HHO gas which is highest in peat water with a flow rate of 1.5L/min, while distilled water is 1L/min and sea water is 1L/min with a current of 10 amperes and a voltage of 12V. The longer the electrolysis time, the temperature will increase by 150 seconds, for 180 seconds the temperature remains at 313K with a mass increase of  $8 \times 10^{-10}$  mol/s, constant up to 300 seconds. Electrolysis time does not have a significant effect on the rate of hydrogen gas production. For the results, the hydrogen to oxygen-based fuel ratio is  $1.37 \times 10^{-8}$  k/mol and the mass-based fuel air ratio is  $9.9 \times 10^{-16}$  kg/mol peat water has the highest value. Ideal gas mixture and psychometric results Fuel ratio hho maximum value n1 850 n value  $1.1 \times 10^{-9}$  and p value =  $7.72 \times 10^{-8}$*

**Keywords:** Hydrogen, NaOH, Flow Rate, Peat Water

### Abstrak

Sumber daya air yang melimpah di dunia dapat menjadi solusi untuk mengurangi jumlah bahan bakar fosil yang tersedia, oleh karena itu penggunaan energi alternatif kini digalakkan untuk menggantikan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju aliran Laju Produksi Aliran Hidrogen Menggunakan Air Elektrolit , Air Gambut, dan Air Laut Dengan Campuran NaOH dengan metode elektrolisis. Waktu terhadap arus (Ampere), tegangan (volt) dan Daya (Watt) dimana semakin lama waktu yang digunakan maka efektifitas nya akan semakin menurun. Tegangan (volt) mempunyai pengaruh terhadap laju pembentukan gas HHO tertinggi di dapatkan pada air gambut dengan laju aliran 1,5L/min sedangkan air aquadest 1L/min dan air laut 1L/min dengan arus 10 amper dan tegangan 12V. Semakin lamanya waktu elektrolisis maka suhu akan semakin naik 150 detik pada untuk waktu 180 detik suhu tetap 313K dengan kenaikan massa  $8 \times 10^{-10}$  mol/s konstan sampai pada waktu 300 detik. Waktu elektrolisis tidak berpengaruh signifikan terhadap laju produksi gas hidrogen. Untuk hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $1,37 \times 10^{-8}$  k/mol dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $9.9 \times 10^{-16}$  kg/mol air gambut memiliki nilai tertinggi. Campuran gas ideal dan psikometrik hasil Rasio bahan bakar hho nilai maksimum n1 850 n nilai  $1.1 \times 10^{-9}$  dan nilai p =  $7.72 \times 10^{-8}$ .

**Kata kunci:** Hidrogen, NaOH, Laju Aliran, Air Gambut

### 1. Pendahuluan

Kebutuhan energi meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi manusia dan berasal dari sumber energi tak terbarukan seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Peningkatan kebutuhan energi dari sumber tak terbarukan terlihat dari data Kementerian Energi dan Sumber Daya

Mineral Tahun 2020. Produksi minyak bumi pada Tahun 2019 sebanyak 272 juta barrel. Sejak Tahun 2010, produksi minyak bumi mengalami penurunan rata-rata sebesar 2,11% per Tahun [1]. Secara umum masyarakat masih sangat bergantung sumber daya alam yang tersedia, khususnya bahan bakar fosil yang tidak terbarukan sedangkan minyak bumi semakin terbatas,

berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengatasi terbatasnya ketersediaan sumber daya alam, yaitu sumber energi alternatif[2].

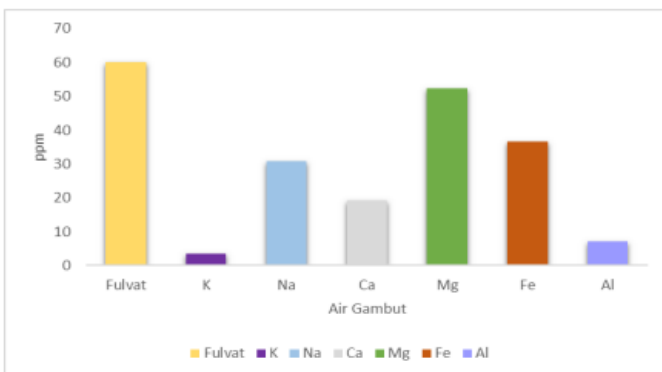
Pemanfaatan energi yang baru dan terbarukan menjadi sebuah terobosan dalam salah satu bagian dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dalam pemanfaatan air sekarang semakin berkembang dengan memanfaatkan air sebagai unsur pendukung bahan bakar kendaraan, dengan cara mengkonversi air menjadi gas Hidrogen [3–5].

Air menutupi hampir 72% permukaan Bumi. Jumlah air Bumi digambarkan dengan model bola dan memiliki volume sekitar 332.500.000 mil kubik (mi<sup>3</sup>) atau 1,386 juta kilometer kubik (km<sup>3</sup>). Air memiliki rumus kimia air H<sub>2</sub>O yakni satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen [6][7].

Luas lahan gambut di Kalimantan mencapai 5.769.246 hektar, termasuk Kalimantan barat dengan luas 1,729,980 hektar[8], dan belum dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Di dalam Air Gambut ada beberapa kandungan senyawa yaitu: K, Na, Ca, Mg, Fe, dan Al [9].

Tabel 1. Komposisi Air Gambut Dalam Satuan ppm.

Fulvat	K	Na	Ca	Mg	Fe	Al
60	3.59	30.9	19.3	52.31	36.86	7.06

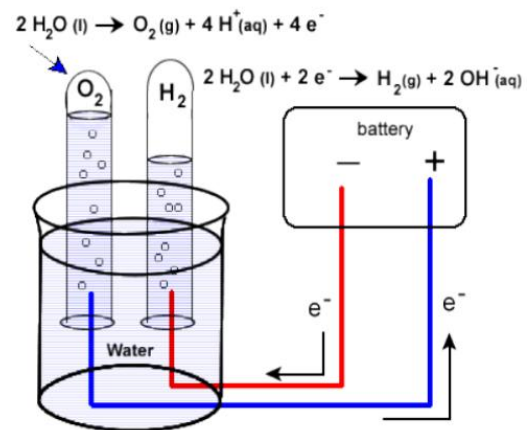


Gambar 1. Grafik Air Gambut Dalam Satuan Ppm[9]

Air laut merupakan larutan yang mengandung berbagai macam garam. Unsur kimia yang terganggu dalam larutan air laut

adalah Klorin (Cl) 55%, Natrium (Na) 31%, kemudian Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Belerang (S), dan Kalium (K). Selain itu, dalam jumlah kecil juga terdapat Bromium (Br), Carbon (C), Strontium (Sr), Barium (Ba), Silikon (Si), dan Fluorium (F). kadar air Laut juga terdiri dari berbagai gas seperti oksigen (O<sub>2</sub>) dan gas asam karbonat (CO<sub>2</sub>). Produksi gas hidrogen menggunakan air laut yang mengandung natrium klorida (NaCl) merupakan solusi yang tepat dikarenakan NaCl yang terkandung dalam air laut tersebut merupakan katalis alami [10].

Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air (H<sub>2</sub>O) menjadi oksigen (O<sub>2</sub>) dan hidrogen gas (H<sub>2</sub>) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut. Pada katode, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H<sub>2</sub> dan ion hidroksida (OH<sup>-</sup>). Sementara itu pada anode, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O<sub>2</sub>), melepaskan 4 ion H<sup>+</sup> serta mengalirkan elektron ke katode. Ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air. Reaksi keseluruhan yang setara dari elektrolisis air dapat dituliskan sebagai berikut [11].



Gambar 2. Proses hidrolisi air dan hidrogen[11]

Elektroda berperan penting pada proses elektrolisis dalam sel tersebut memiliki dua buah dapat disebut sebagai anoda atau katoda. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari tegangan listrik yang

diberikan. Elektroda ini adalah tembaga (Cu), perak (Ag), nikel (Ni), besi (Fe) dan lainnya [12].

Katalisator berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen.[13] Dari hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya diperoleh hasil katalis NaOH memiliki laju aliran sebesar 2,203 ml/s dan merupakan katalis yang paling bagus dibanding dengan katalis NaCl 1,24 ml/s dan katalis KOH 1,859 ml/s [14].

Dengan berbagai penelitian yang telah dilakukan dalam pemanfaatan hidrogen sebagai campuran pada kendaraan sebagai unsur pendukung. Kemudian ketersediaan air yang berlimpah, dan mudah di dapatkan. Dan di Indonesia sendiri memiliki berbagai macam-macam jenis air dan dalam penggunaannya masih belum maksimal sebagai energi alternatif maka Laju Produksi Aliran Hidrogen Menggunakan Air Elektrolit, Air Gambut, dan Air Laut Dengan Campuran NaOH diharapkan dapat di aplikasikan pada berbagai macam kendaraan sebagai campuran pendukung demi mengurangi emisi gas buang.

### Teknik Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan rata-ratanya dari proses pengujian kemudian akan dianalisis untuk memperoleh tingkat perbedaan yang ditunjukkan dari indikator-indikator penelitian yang telah ditetapkan. Hasil pengujian tersebut berbentuk angka. Langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil penelitian dengan metode statistik untuk mengetahui perbedaan larutan NaOH pada Air Laut, Air Gambut dan Air Elektrolit.

1. Daya yang dibutuhkan oleh generator HHO Untuk menghasilkan gas HHO dengan menggunakan proses elektrolisis air dibutuhkan energi listrik. Sumber energi listrik generator bisa di ambil dari aki sepeda motor. Untuk itu perlu diketahui seberapa besar daya yang dibutuhkan oleh generator HHO.

Persamaan yang digunakan untuk mencari daya yang dibutuhkan adalah :

$$P = V \times I \dots\dots\dots (1)$$

Dimana , $P$  = Daya Generator HHO (Watt),  
 $V$  =Beda potensial (Volt),  $I$  = Kuat arus listrik (Ampere)

2. Laju produksi gas HHO (mass flow rate) Produk utama proses elektrolisa air dengan menggunakan generator HHO adalah gas HHO. Sehingga untuk mengetahui seberapa baik kinerja generator HHO, perlu diketahui seberapa banyak gas HHO yang dihasilkan oleh generator HHO tersebut. Untuk menghitung mass flow rate gas HHO dapat dicari dengan persamaan berikut ini :

$$M = Q \times \rho \dots\dots\dots (2)$$

$$Q = \nu / T \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

$Q$  = Produktivitas Brown's gas (l/s),  
 $\nu$  = Volume Brown's gas (liter),  $T$  = waktu elektrolisis air (s)  $\rho$  = massa jenis fluida.

Volume gas terukur didapatkan dari hasil naiknya volume gas yang terukur pada saat melewati alat ukur gas flow meter dan disinkronkan dari pengukuran waktu menggunakan stopwatch.

3. Efisiensi generator HHO ( $\eta_{HHO}$ ), [%]'. Efisiensi merupakan perbandingan antara energi yang berguna dengan energi yang diberikan pada suatu sistem. Adapun kegunaan penghitungan efisiensi suatu alat-alat konversi energi adalah untuk mengetahui seberapa optimal alat tersebut dapat bekerja.

$$\eta = \frac{Q_{HHO} \times \rho_{HHO} \times LHV_{HHO}}{P} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

$Q_{HHO}$  = Produktivitas Brown's gas (l/s),  $\rho_{HHO}$  = Massa jenis Brown's gas (gr/l),  $LHV_{HHO}$  = Nilai energi terendah (J/gr),  $P$  = Konsumsi daya generator (Watt)

- Menentukan Rasio hydrogen dan Oksigen Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen dimana rasio udara-bahan bakar singkatnya adalah rasio jumlah dalam sebuah reaksi terhadap jumlah bahan bakar.

$$\frac{AF \cdot 12.5 \cdot X \text{ HASIL mol/s}}{1} = K / \text{mol} \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{AF \cdot 12.5 \cdot X \text{ mol/s}}{1} = K g / \text{mol} \dots \dots \dots (6)$$

Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah :

$$AF(\text{Hasil mol/s}) \times \frac{O_2 = 0 \text{ Kg/mol}}{\text{Hasil Kg/mol}} = K g / \text{mol}..$$

- Campuran gas ideal dan psikometrik Rumus model Dalton, didasarkan pemikiran bahwa tiap komponen dari campuran berlaku sebagai gas ideal seakan akan komponen tersebut merupakan komponen tunggal pada temperatur (T) dan volume (V) dari campuran

$$\rho = n \frac{\bar{R}T}{V} \dots \dots \dots (7)$$

$$\rho = n (\text{Energi generator}) \times \frac{\bar{R}T}{V}$$

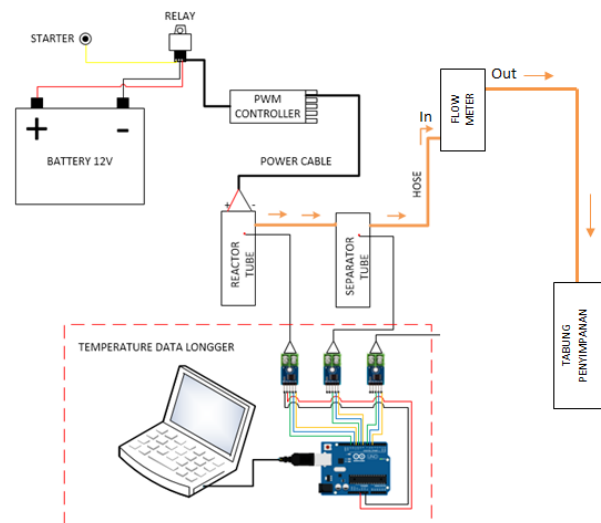
$$n \frac{T_2 (\text{Temperatur sparator})}{V (\text{Sparator 1lt di konversi } m^3)} = P (\text{tekanan}) (8)$$

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium teknik mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak. Pengujian berfokus pada laju aliran hidrogen terhadap pengaruh suhu, tegangan dan waktu dengan bervariasi aliran listrik yang digunakan pada berbagai jenis larutan NaOH pada air gambut, air laut, dan air elektrolit.

Pengujian dilakukan dengan metode elektrolisis pada sel elektrolisis terdapat dua buah elektroda yang dihubungkan pada sumber listrik yaitu anoda di kutub positif (+) dan katoda di kutub negatif (-) pada

generator HHO Wett Cell berkapasitas 500 mililiter dengan diberikan aliran listrik dengan pembebanan pertama laju aliran listrik 5 Ampere dan 12 Volt dengan menggunakan power supply. Kemudian pada pembebanan kedua di alirkan listrik dengan suplai listrik menggunakan baterai Li-Ion 10 Ampere dan 12 Volt. Penelitian dimulai dengan memasukan air dengan takaran sebanyak 400 ml ke dalam generator, kemudian generator di aliri arus listrik pada anoda (+) dan katoda (-) generator menghasilkan gas hidrogen dan oksigen kemudian hasil elektrolisis tersebut keluar melalui selang yang berada pada atas generator kemudian gas hasil dari generator masuk ke sparator didalam sparator terdapat selang yang masuk kedalam air kemudian gas naik ke atas dan bergerak menuju selang keluaran ke flow meter kemudian terukur gas keluar melalui output flow meter menuju penampung gas.



Gambar 3. Skema peralatan pengujian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental (*experimental research*), yaitu melalui metode eksperimen dengan melaksanakan pengamatan secara langsung. Dengan beberapa tahapan yaitu:

### Studi Literatur

Pada Tahap Ini Dilakukan Pendekatan Studi Literatur Yang Berkaitan Dengan Penelitian Sebelumnya Atau Yang

Serupa Melalui Sumber Jurnal Ilmiah, Buku-Buku Yang Berkaitan Dan Sumber Internet.

#### Persiapan Peralatan

Pada Langkah Persiapan Peralatan Peneliti Melakukan Instalasi Atau Perakitan Alat Penelitian Untuk Mempermudah Pengambilan Data.

#### Pengujian

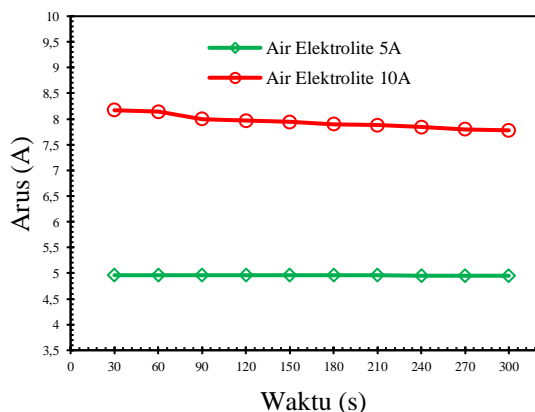
Pada Tahap Pengujian Peneliti Melakukan Pengujian Pada Laju Aliran Gas Hidrogen Yang Menuju Ruang Pembakaran Menggunakan Flow Meter Hidrogen, Setelah Itu Dilakukan Pengukuran Energi Listrik Yang Digunakan Untuk Elektrolisis Pada Generator Hho Tipe Wet Menggunakan Joule Meter, Kemudian Melakukan Pengujian Emisi Gas Buang Menggunakan Alat Emisi Analyzer.

#### Analisa Data

Analisa Data Pada Tahap Setelah Didapat Data Dari Hasil Pengujian Maka Data Tersebut Diolah Untuk Mendapatkan Hasil Dari Pengujian Dan Dilakukan Perhitungan Efisiensi Generator Hho (H Hho), [%].

### 3. Hasil dan Pembahasan Perhitungan Daya Generator

#### a. Air Elektrolite

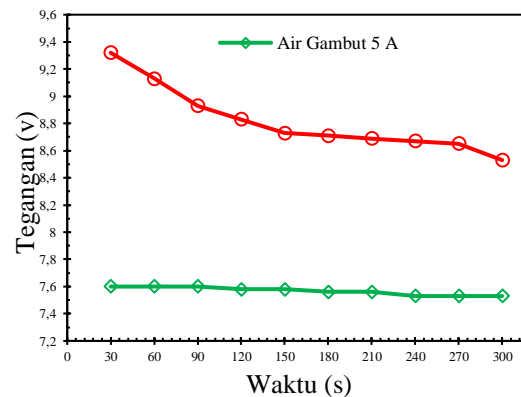


Gambar 7. Pengaruh Waktu terhadap arus pada Air Elektrolite

Berdasarkan grafik pada gambar 7 menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu maka akan terjadinya penurunan, pada arus 5A pada awal mula arus 4.96A dan pada selanjutnya mengalami penurunan hingga pada menit terakhir dengan arus 4.95A. dan

penurunan juga terjadi pada arus 10A pada awal mula arus 8.17A dengan lama nya waktu digunakan hingga menit terakhir mengalami penurunan hingga ke 7.78A. Pengaruh penurunan terhadap arus dikarenakan semakin lama waktu akan mengalami penurunan kadar dalam larutan.

#### b. Air Gambut



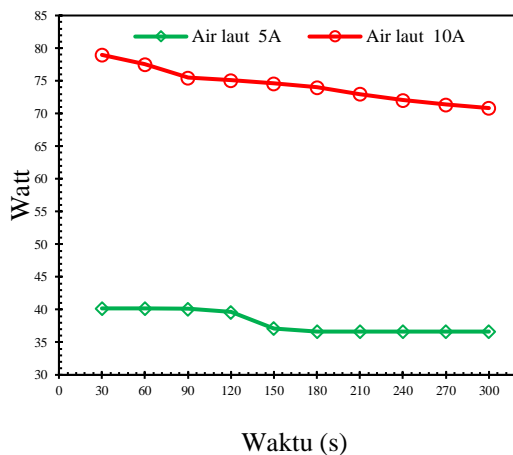
Gambar 8. Pengaruh Waktu terhadap tegangan pada Air Gambut

Berdasarkan grafik pada gambar 8 di atas menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu maka akan terjadinya penurunan, pada arus 5A pada awal mula Tegangan 7.6V dan pada selanjutnya mengalami penurunan hingga pada menit terakhir dengan Tegangan 7.53V. dan penurunan juga terjadi pada arus 10A pada awal mula arus 9.32V dengan lama nya waktu digunakan hingga menit terakhir mengalami penurunan hingga ke 8.53V. Pengaruh penurunan terhadap Tegangan dikarenakan semakin lama waktu akan mengalami penurunan kadar dalam larutan.

#### c. Air Laut

Berdasarkan grafik pada Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu maka akan terjadinya penurunan, pada arus 5A pada awal mula arus 40.17Watt dan pada selanjutnya mengalami penurunan hingga pada menit terakhir dengan daya 36.63Watt . dan penurunan juga terjadi pada arus 10A pada awal mula daya 78.97Watt dengan lama nya waktu digunakan hingga menit terakhir mengalami penurunan hingga ke 70.83Watt. Pengaruh penurunan terhadap daya berbanding lurus dengan arus dan

teganggan dikarenakan semakin lama waktu akan mengalami penurunan kadar dalam larutan.



Gambar 9. Pengaruh Waktu terhadap Daya pada Air Laut

## Laju Produksi HHO

Tabel Laju Produksi HHO

Tabel 1. Air Elektrolit 5A

No	L/Min	%	m <sup>3</sup> /s
1	0,5	3x10 <sup>-10</sup>	9x10 <sup>-29</sup>
2	0,75	5x10 <sup>-10</sup>	8.3x10 <sup>-18</sup>

Tabel 2. Air Elektrolit 10A

No	L/Min	%	m <sup>3</sup> /s
1	0,75	5x10 <sup>-10</sup>	8.3x10 <sup>-18</sup>
2	1	7x10 <sup>-10</sup>	1,62x10 <sup>-17</sup>

Berdasarkan hasil penelitian yang di dapatkan laju produksi HHO pada Air Elektrolit dimana laju aliran pertama pada arus 5A di dapat 0.5 L/min dengan efisiensi di dapat 3x10<sup>-10</sup>% menghasilkan laju aliran 9x10<sup>-29</sup> m<sup>3</sup>/s , kemudian pada laju aliran kedua naik menjadi 0,75 L/min dengan nilai nilai efisiensi 5x10<sup>-10</sup>% menghasilkan laju aliran 8.3x10<sup>-18</sup> m<sup>3</sup>/s. Pada Arus 10A pada laju aliran pertama 0,75 L/min dengan nilai nilai efisiensi 5x10<sup>-10</sup>% menghasilkan laju aliran 8.3x10<sup>-18</sup> m<sup>3</sup>/s. Pada laju aliran kedua yaitu 1 L/min dengan nilai efisiensi terbesar didapat 7x10<sup>-10</sup>% menghasilkan laju aliran 1,62x10<sup>-17</sup> m<sup>3</sup>/s.

Tabel Laju Produksi HHO

Tabel 3. Air Gambut 5A

No	L/Min	%	m <sup>3</sup> /s
1	0,5	3x10 <sup>-10</sup>	9x10 <sup>-29</sup>
2	0,75	5x10 <sup>-10</sup>	8.3x10 <sup>-18</sup>

Tabel 4. Air Gambut 10 A

No	L/Min	%	m <sup>3</sup> /s
1	1	7x10 <sup>-10</sup>	1,62x10 <sup>-17</sup>
2	1,5	99x10 <sup>-9</sup>	9,9x10 <sup>-16</sup>

Berdasarkan hasil penelitian yang di dapatkan laju produksi HHO pada Air Gambut dengan dua variasi hasil berbeda dimana laju aliran pertama pada arus 5A di dapat 0.5 L/min dengan efisiensi di dapat 3x10<sup>-10</sup> % menghasilkan laju aliran 9x10<sup>-29</sup> m<sup>3</sup>/s , kemudian pada laju aliran kedua naik menjadi 0,75 L/min dengan nilai nilai efisiensi 5x10<sup>-10</sup>% menghasilkan laju aliran 8.3x10<sup>-18</sup> m<sup>3</sup>/s. Pada Arus 10A terjadi kenaikan 1 L/min dengan nilai efisiensi didapat 7x10<sup>-10</sup>% menghasilkan laju aliran 1,62x10<sup>-17</sup> m<sup>3</sup>/s dan naik menjadi 1,5 L/min dengan nilai efisiensi terbesar didapat 99x10<sup>-9</sup> % menghasilkan laju aliran 9,9x10<sup>-16</sup> m<sup>3</sup>/s.

Tabel 5. Air Laut 5A

No	L/Min	%	m <sup>3</sup> /s
1	0,5	3x10 <sup>-10</sup>	9x10 <sup>-29</sup>
2	0,75	5x10 <sup>-10</sup>	8.3x10 <sup>-18</sup>
3	1	7x10 <sup>-10</sup>	1,62x10 <sup>-17</sup>

Tabel 6. Air Laut 10A

No	L/Min	%	m <sup>3</sup> /s
1	0,5	3x10 <sup>-10</sup>	9x10 <sup>-29</sup>
2	0,75	5x10 <sup>-10</sup>	8.3x10 <sup>-18</sup>
3	1	7x10 <sup>-10</sup>	1,62x10 <sup>-17</sup>

Berdasarkan hasil penelitian yang di dapatkan laju produksi HHO pada air laut dengan tiga hasil yang sama dimana laju aliran pertama di dapat 0.5 L/min dengan efisiensi di dapat 3x10<sup>-10</sup> % menghasilkan laju aliran 9x10<sup>-29</sup> m<sup>3</sup>/s , kemudian pada laju aliran kedua naik menjadi 0,75 L/min dengan nilai nilai efisiensi 5x10<sup>-10</sup> % menghasilkan laju aliran 8.3x10<sup>-18</sup> m<sup>3</sup>/s dan 1 L/min dengan nilai efisiensi terbesar

didapat  $7 \times 10^{-10}$  % menghasilkan laju aliran  $1,62 \times 10^{-17} \text{ m}^3/\text{s}$

### Produksi HHO Berdasarkan Suhu dan Waktu Terhadap hasil produksi HHO

Tabel 7. Air Aquadest 5A

No	Waktu	T(K)	mol/s
1	30	311 K	$4 \times 10^{-10}$
2	300	312 K	$6 \times 10^{-10}$

Tabel 8. Air Aquadest 10A

No	Waktu	T(K)	mol/s
1	30	313 K	$6 \times 10^{-10}$
2	300	313 K	$8 \times 10^{-10}$

Tabel 9. Air Gambut 5A

No	Waktu	T(K)	mol/s
1	30	309 K	$3.5 \times 10^{-11}$
2	300	310 K	$6 \times 10^{-10}$

Tabel 10. Air Gambut 10A

No	Waktu	T(K)	mol/s
1	30	310 K	$8 \times 10^{-10}$
2	300	311 K	$1.1 \times 10^{-9}$

Tabel 11. Air Laut 5A

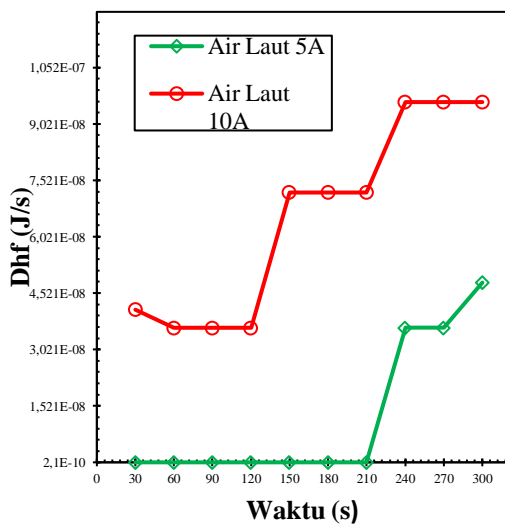
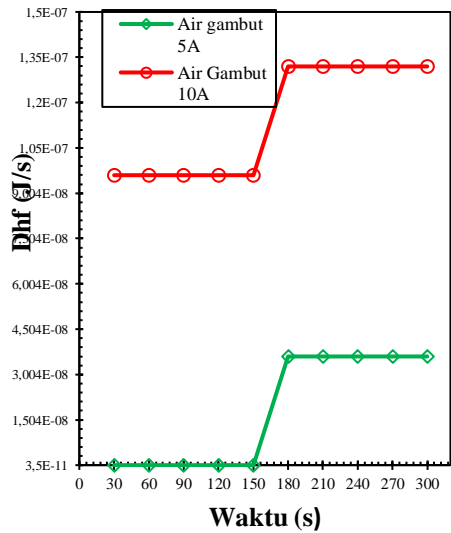
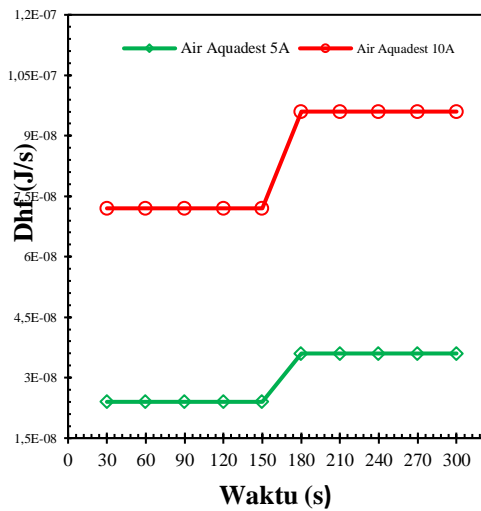
No	Waktu	T(K)	mol/s
1	30	311 K	$3.51 \times 10^{-11}$
2	240	313 K	$6 \times 10^{-10}$
3	300	313 K	$8 \times 10^{-10}$

Tabel 12. Air Laut 10A

No	Waktu	T(K)	mol/s
1	30	314 K	$3,49 \times 10^{-11}$
2	150	315 K	$6 \times 10^{-10}$
3	300	318 K	$8 \times 10^{-10}$

Berdasarkan tabel Tabel 7. Air Aquadest 5A di atas pada detik pertama pada arus 5A di dapatkan suhu 311K dengan massa  $4 \times 10^{-10}$  mol/s, dengan konstan sampai dengan detik 150 pada waktu 180 detik suhu naik menjadi 312K dengan kenaikan  $6 \times 10^{-10}$  mol/s konstan sampai pada waktu 300 detik. Tabel 8. Air Aquadest 10A Hasil di dapat pada arus 10A berbanding lurus dan di dapatkan pada waktu 30 detik suhu 313K dengan massa  $6 \times 10^{-10}$  mol/s. Kemudian pada detik 150 pada untuk waktu 180 detik suhu tetap 313K dengan kenaikan massa  $8 \times 10^{-10}$  mol/s konstan sampai pada

waktu 300 detik dengan suhu yang sama. Tabel 9. Air Gambut 5A tabel di atas pada detik pertama pada arus 5A awal mula 30 detik di dapatkan suhu 309K dengan massa  $8 \times 10^{-10}$  mol/s, dengan konstan sampai dengan detik 150 pada waktu 180 detik suhu tetap 309K namun terjadi kenaikan  $6 \times 10^{-10}$  mol/s pada 270 detik suhu naik 310K dengan jumlah massa  $6 \times 10^{-10}$  mol/s sampai pada waktu 300 detik. Tabel 10. Air Gambut 10A Hasil di dapat pada arus 10A di dapatkan suhu 310K pada waktu 30 detik dengan massa  $8 \times 10^{-10}$  mol/s suhu dan massa konstan sampai 150 detik . Kemudian pada 180 suhu tetap 310K tetapi hasil masa naik  $1,1 \times 10^{-9}$  mol/s detik dan konstan sampai pada waktu 300 detik dengan suhu yang sama. Berdasarkan Tabel 11. Air Laut 5A pada detik pertama pada arus 5A awal mula 30 detik di dapatkan suhu 311K dengan massa  $3.51 \times 10^{-11}$  mol/s, dengan konstan sampai dengan detik 210 pada waktu 150 detik suhu naik 312K sampai detik ke 210 ,terjadi kenaikan  $6 \times 10^{-10}$  mol/s pada 240 detik suhu naik 313K dengan jumlah massa  $6 \times 10^{-10}$  mol/s sampai pada waktu 270 detik kenaikan terjadi pada 300 detik dengan suhu 313K dengan hasil  $8 \times 10^{-10}$ . Hasil Tabel 12. Air Laut 10A di dapatkan suhu 314K pada waktu 30 detik dengan massa  $3.49 \times 10^{-11}$  mol/s, kenaikan suhu terjadi pada 315K pada 60 detik dengan hasil  $3 \times 10^{-10}$  mol/s suhu dan massa konstan sampai 120 detik . Kemudian pada 150 detik suhu tetap 315K akan tetapi hasil masa naik  $6 \times 10^{-10}$  mol/s detik dan konstan sampai pada waktu 210. Kenaikan terjadi pada 240 detik dengan suhu 315K dengan massa  $8 \times 10^{-10}$ . Kenaikan suhu terjadi pada 300 detik menjadi 318K dan massa  $8 \times 10^{-10}$ .



Gambar 13. Waktu terhadap hasil gas HHO Air Aquadest, Gambut dan laut.

Hasil yang di dapatkan ialah antara waktu dan hasil gas HHO berbanding lurus semakin lama waktu maka semakin banyak hasil hidrogen yang di hasilkan. Pada grafik di atas pada waktu 30 detik awal dengan hasil  $24 \times 10^{-8}$  J/s dan berjalan konstan sampai waktu 150 detik, kenaikan produksi naik pada waktu 180 detik dengan hasil  $36 \times 10^{-8}$  J/s dan konstan sampai 300 detik. Berdasarkan tabel di atas pada detik pertama pada arus 5A awal mula 30 detik di dapatkan suhu 311K dengan massa  $3.51 \times 10^{-11}$  mol/s, dengan konstan sampai dengan detik 210 pada waktu 150 detik suhu naik 312K sampai detik ke 210, terjadi kenaikan  $6 \times 10^{-10}$  mol/s pada 240 detik suhu naik 313K dengan jumlah massa  $6 \times 10^{-10}$  mol/s sampai pada waktu 270 detik kenaikan terjadi pada 300 detik dengan suhu 313K dengan hasil  $8 \times 10^{-10}$ . Hasil di dapat pada arus 10A di dapatkan suhu 314K pada waktu 30 detik dengan massa  $3.49 \times 10^{-11}$  mol/s, kenaikan suhu terjadi pada 315K pada 60 detik dengan hasil  $3 \times 10^{-10}$  mol/s suhu dan massa konstan sampai 120 detik. Kemudian pada 150 detik suhu tetap 315K akan tetapi hasil masa naik  $6 \times 10^{-10}$  mol/s detik dan konstan sampai pada waktu 210. Kenaikan terjadi pada 240 detik dengan suhu 315K dengan massa  $8 \times 10^{-10}$ . Kenaikan suhu terjadi pada 300 detik menjadi 318K dan massa  $8 \times 10^{-10}$ . Hasil yang di dapatkan arus 5A pada 30 detik awal ialah  $2.1 \times 10^{-10}$  J/s dan konstan sampai dengan 210 detik, kenaikan massa terjadi pada 240 detik dengan nilai  $3.6 \times 10^{-8}$  sampai dengan 270 detik. Kenaikan terjadi pada 300 detik dengan jumlah massa  $4.8 \times 10^{-8}$ . Pada arus 10A grafik di atas pada waktu 30 detik awal dengan hasil  $4.1 \times 10^{-8}$  J/s kemudian terjadi penurunan pada 60 detik dengan massa  $3.6 \times 10^{-8}$  J/s dan berjalan konstan sampai waktu 120 detik, kenaikan terjadi pada 150 detik dengan jumlah massa  $7.2 \times 10^{-8}$  J/s dan konstan hingga 210 detik. Kemudian terjadi kenaikan pada waktu 240 detik dengan hasil  $9.6 \times 10^{-8}$  J/s dan konstan sampai 300 detik.

## Rasio hydrogen dan oksigen

Tabel 13. Rasio Oksigen dan Hidrogen Air Aquadest 5A

No	AF (K/mol)	mol
1	$5 \times 10^{-9}$	$9 \times 10^{-29}$
2	$7.5 \times 10^{-9}$	$8.3 \times 10^{-18}$

Tabel 14. Rasio Oksigen dan Hidrogen Air Aquadest 10A

No	AF (K/mol)	mol
1	$7.5 \times 10^{-9}$	$8.3 \times 10^{-18}$
2	$1 \times 10^{-8}$	$1.61 \times 10^{-17}$

Hasil dari rasio oksigen dan hydrogen pada 5A Aquadest terdapat dua hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $5 \times 10^{-9} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $9 \times 10^{-29} \text{ kg/mol}$ . Untuk hasil kedua hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $7.5 \times 10^{-9} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $8.3 \times 10^{-18} \text{ kg/mol}$ . Hasil dari rasio oksigen dan hydrogen pada 10A Aquadest terdapat dua hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $7.5 \times 10^{-9} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $8.3 \times 10^{-18} \text{ kg/mol}$ . Untuk hasil kedua hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $1 \times 10^{-8} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $1.61 \times 10^{-17} \text{ kg/mol}$ .

Tabel 15. Rasio Oksigen dan Hidrogen Air Gambut 5A

No	AF (K/mol)	mol
1	$4.38 \times 10^{-10}$	$9 \times 10^{-29}$
2	$7.5 \times 10^{-9}$	$8.3 \times 10^{-18}$

Tabel 16. Rasio Oksigen dan Hidrogen Air Gambut 10 A

No	AF (K/mol)	mol
1	$1 \times 10^{-8}$	$1.61 \times 10^{-17}$
2	$1.37 \times 10^{-8}$	$9.9 \times 10^{-16}$

Hasil dari rasio oksigen dan hydrogen pada 5A Air Gambur terdapat dua hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan

berbasis oksigen adalah  $4.8 \times 10^{-10} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $9 \times 10^{-29} \text{ kg/mol}$ . Untuk hasil kedua hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $7.5 \times 10^{-9} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $8.3 \times 10^{-18} \text{ kg/mol}$ . Hasil dari rasio oksigen dan hydrogen pada 10A Aquadest terdapat dua hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $1 \times 10^{-8} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $1.61 \times 10^{-17} \text{ kg/mol}$ . Untuk hasil kedua hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $1.37 \times 10^{-8} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $9.9 \times 10^{-16} \text{ kg/mol}$ .

Tabel 17. Rasio Oksigen dan Hidrogen Air Laut 5A

No	AF (K/mol)	mol
1	$4.38 \times 10^{-10}$	$9 \times 10^{-29}$
2	$7.5 \times 10^{-9}$	$8.3 \times 10^{-18}$
3	$1 \times 10^{-8}$	$1.61 \times 10^{-17}$

Tabel 18. Rasio Oksigen dan Hidrogen Air Laut 10A

No	AF (K/mol)	mol
1	$4.38 \times 10^{-10}$	$9 \times 10^{-29}$
2	$7.5 \times 10^{-9}$	$8.3 \times 10^{-18}$
3	$1 \times 10^{-8}$	$1.61 \times 10^{-17}$

Hasil dari rasio oksigen dan hydrogen pada 5A Air Laut terdapat tiga hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $4.38 \times 10^{-10} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $9 \times 10^{-29} \text{ kg/mol}$ . Untuk hasil kedua hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $7.5 \times 10^{-9} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $8.3 \times 10^{-18} \text{ kg/mol}$ . Hasil ketiga Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $1 \times 10^{-8} \text{ k/mol}$  dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $1.61 \times 10^{-17} \text{ kg/mol}$ . Hasil dari rasio oksigen dan hydrogen pada 10A sama dengan 5A.

## Campuran gas ideal dan psikometrik

Tabel 19. Campuran gas ideal dan psikometrik Air Aquadest 5A

No	n1	n	p
1	837.5	$4 \times 10^{-10}$	$2.09 \times 10^{-12}$
2	818.75	$4 \times 10^{-10}$	$2.10 \times 10^{-8}$
3	850	$6 \times 10^{-10}$	$1.41 \times 10^{-8}$

Tabel 20. Campuran gas ideal dan psikometrik Air Aquadest 10A

No	n1	n	p
1	837.5	$6 \times 10^{-10}$	$1.03 \times 10^{-8}$
2	850	$6 \times 10^{-10}$	$7.67 \times 10^{-7}$
3	856.25	$8 \times 10^{-10}$	$7.72 \times 10^{-7}$

Hasil dari campuran gas ideal dan psikometrik Aquadest 5A nilai minimum n1 dengan nilai 837.5, n nilai  $4 \times 10^{-10}$  p =  $2,09 \times 10^{-12}$  kemudian mid n1 843,75 dan nilai n  $4 \times 10^{-10}$  nilai p =  $2,09 \times 10^{-12}$  dan nilai maksimum n1 850, n nilai  $6 \times 10^{-16}$  dan nilai p =  $1.41 \times 10^{-8}$ . Kemudian nilai 10A nilai minimum n1 dengan nilai 837.5, n nilai  $6 \times 10^{-10}$  p =  $1,39 \times 10^{-8}$  kemudian mid n1 850 dan nilai n  $6 \times 10^{-10}$  nilai p =  $1,41 \times 10^{-8}$  dan nilai maksimum n1 856,25, n nilai  $8 \times 10^{-10}$  dan nilai p =  $1.07 \times 10^{-8}$ .

Tabel 21. Campuran gas ideal dan psikometrik Air Gambut 5A

No	n1	n	p
1	812.5	$3.5 \times 10^{-11}$	$2.32 \times 10^{-9}$
2	818.75	$6 \times 10^{-10}$	$1.35 \times 10^{-8}$
3	825	$6 \times 10^{-10}$	$1.375 \times 10^{-8}$

Tabel 22. Campuran gas ideal dan psikometrik Air Gambut 10A

No	n1	n	p
1	831.25	$8 \times 10^{-10}$	$1.03 \times 10^{-8}$
2	843.75	$1.1 \times 10^{-9}$	$7.67 \times 10^{-7}$
3	825	$1.1 \times 10^{-9}$	$7.72 \times 10^{-7}$

Hasil dari campuran gas ideal dan psikometrik Air gambut 5A nilai minimum n1 dengan nilai 821,5. n nilai  $3.5 \times 10^{-11}$  p =  $2,32 \times 10^{-9}$  kemudian mid n1 818,75 dan nilai n  $6 \times 10^{-10}$  nilai p =  $1,35 \times 10^{-8}$  dan nilai maksimum n1 825. n nilai  $6 \times 10^{-16}$  dan nilai p =  $1.35 \times 10^{-8}$ . Kemudian nilai 10A

nilai minimum n1 dengan nilai 831.25, n nilai  $8 \times 10^{-10}$ . nilai p =  $1,03 \times 10^{-8}$  kemudian mid n1 843,75 dan nilai n  $1.1 \times 10^{-9}$  nilai p =  $7.67 \times 10^{-7}$  dan nilai maksimum n1 850. n nilai  $1.1 \times 10^{-9}$  dan nilai p =  $7.72 \times 10^{-8}$ .

Tabel 23. Campuran gas ideal dan psikometrik Air Laut 5A

No	n1	n	p
1	812.5	$3.5 \times 10^{-12}$	$2.32 \times 10^{-10}$
2	831.25	$6 \times 10^{-10}$	$1.38 \times 10^{-8}$
3	843.75	$8 \times 10^{-10}$	$1.05 \times 10^{-8}$

Tabel 24. Campuran gas ideal dan psikometrik Air Laut 10 A

No	n1	n	p
1	808.75	$3.4 \times 10^{-11}$	$2.37 \times 10^{-9}$
2	818.75	$6 \times 10^{-10}$	$1.36 \times 10^{-8}$
3	850	$8 \times 10^{-10}$	$1.39 \times 10^{-8}$

Hasil dari campuran gas ideal dan psikometrik Air Laut 5A nilai minimum n1 dengan nilai 821,5. n nilai  $3.5 \times 10^{-11}$  p =  $2,32 \times 10^{-9}$  kemudian mid n1 831,25 dan nilai n  $6 \times 10^{-10}$  nilai p =  $1,35 \times 10^{-8}$  dan nilai maksimum n1 843.75 n nilai  $8 \times 10^{-10}$  dan nilai p =  $1.05 \times 10^{-8}$ . Kemudian nilai 10A nilai minimum n1 dengan nilai 808.75, n nilai  $3,4 \times 10^{-12}$ . nilai p =  $2,37 \times 10^{-9}$  kemudian mid n1 831,25 dan nilai n  $6 \times 10^{-10}$  nilai p =  $1.38 \times 10^{-8}$  dan nilai maksimum n1 850. n nilai  $8 \times 10^{-10}$  dan nilai p =  $1.39 \times 10^{-8}$ .

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang di dapatkan laju produksi gas hidrogen dengan air aquadest, air gambut dan air laut. Waktu terhadap arus (Ampere), tegangan (volt) dan Daya (Watt) dimana semakin lama waktu yang digunakan maka efektifitas nya akan semakin menurun. Tegangan (volt) mempunyai pengaruh yang besar terhadap laju pembentukan gas hydrogen hasil gas hydrogen tertinggi di dapatkan pada air gambut dengan laju aliran 1,5L/min sedangkan air aquadest 1L/min dan air laut 1L/min dan air laut dengan arus 10 amper dan tegangan 12V. Semakin

lamanya waktu elektrolisis makin suhunya akan semakin naik detik 150 pada untuk waktu 180 detik suhu tetap 313K dengan kenaikan massa  $8 \times 10^{-10}$  mol/s konstan sampai pada waktu 300 detik. Waktu elektrolisis tidak berpengaruh signifikan terhadap laju produksi gas hidrogen. Untuk hasil Rasio bahan bakar Hidrogen dengan berbasis oksigen adalah  $1,37 \times 10^{-8}$  k/mol dan Rasio Udara bahan bakar berbasis massa adalah  $9,9 \times 10^{-16}$  kg/mol air gambut memiliki nilai tertinggi. Campuran gas ideal dan psikometrik hasil Rasio bahan bakar hho nilai maksimum n1 850 n nilai  $1,1 \times 10^{-9}$  dan nilai p =  $7,72 \times 10^{-8}$ .

### Ucapan terimakasih

Kami penulis jurnal ini, mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini Terimakasih kepada Bapak Eko Julianto selaku pembimbing dalam pembuatan dan penyusunan jurnal ini. Penulis jurnal ini, mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga mampu sampai di titik ini, sekali lagi selaku perwakilan menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya.

### Referensi

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Inventarisasi emisi GRK bidang energi," *Inventar. Emisi Gas Rumah Kaca Sekt. Energi Tahun 2020*, p. 41, 2020, [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-inventarisasi-emisi-gas-rumah-kaca-sektor-energi-tahun-2020.pdf>
- [2] F. Fitriyanti, "Analisis Produktivitas Gas Hidrogen Berdasarkan Arus Dan Tegangan Pada Proses Elektrolisis H<sub>2</sub>O," *JFT J. Fis. dan Ter.*, vol. 6, no. 2, p. 154, 2019, doi: 10.24252/jft.v6i2.11775.
- [3] K. Winangun *et al.*, "Penggunaan bahan bakar terbarukan (biodiesel-hidrogen) pada mesin diesel dual fuel untuk mendukung energy transition di Indonesia," *J. Progr. Stud. Tek. Mesin UM Metro*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2023.
- [4] I. Puspitasari, N. Wahyudi, K. Winangun, and F. N. Rofiq, "Aplikasi Gas Hho Pada Sepeda Motor Injeksi Dengan Modifikasi Ecu Aftermarket (Timing Pengapian)," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 2, pp. 553–562, 2022, doi: 10.21776/jrm.v13i2.1108.
- [5] H. Harman and A. Ahyar, "Design of HHO Generator to Reduce Exhaust Gas Emissions and Fuel Consumption of Non-Injection Gasoline Engine," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 9–17, 2019, doi: 10.21831/dinamika.v4i1.24276.
- [6] F. Zulfikar, "Ada Berapa Banyak Jumlah Air di Bumi? Ini Jawabannya," *www.detik.com*, 2022. <https://www.detik.com/edu/detikpedi/a/d-5880228/ada-berapa-banyak-jumlah-air-di-bumi-ini-jawabannya> (accessed Oct. 14, 2023).
- [7] Rumuskimia, "Rumus Kimia Air," *www.rumuskimia.net*, 2015. <https://www.rumuskimia.net/2015/12/rumus-kimia-air.html> (accessed Oct. 15, 2023).
- [8] S. R. Wahyunto and H. Subagio, "Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan 2000-2002," *Wetl. Int. - Indones. Program. Wildl. Habitat Canada*, no. Laporan ini dWetlands International – Indonesia Programme Jalan A.Yani No.53 Bogor P.O.Box 254/Boo 16002 Jawa Barat, pp. 1–52, 2004, [Online]. Available: [http://wetlands.or.id/PDF/buku/Atlas Sebaran Gambut Kalimantan.pdf](http://wetlands.or.id/PDF/buku/Atlas%20Sebaran%20Gambut%20Kalimantan.pdf)
- [9] I. Musthofa, I. N. G. Wardana, and D. Widhiyanuriyawan, "Peran Senyawa Asam Fulvat dari Air Gambut terhadap Produktivitas Gas Hidrogen dengan Metode Elektrolisis," *J.*

- Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 3, pp. 613–620, 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.03.11.
- [10] M. S. Hasan and W. Widayat, “Produksi Hidrogen dengan Memanfaatkan Sumber Daya Energi Surya dan Angin di Indonesia,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 1, pp. 38–48, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13374.
- [11] B. Suryanto, U. Hanim, and A. Adiansyah, “Sistem Pemantauan Gas H<sub>2</sub> Dengan Metode Elektrolisis,” *J. Anal. Lab. Med.*, vol. 6, no. 2, pp. 107–111, 2021, doi: 10.51544/jalm.v6i2.2233.
- [12] I. N. Anggraini, W. S. Nugroho, R. S. Rinaldi, and A. Herawati, “Analisis Pengaruh Tegangan Terhadap Karakteristik Kerja Sel Electrolyzer Dengan Variasi Bahan Elektroda,” *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 9–15, 2019, doi: 10.33369/jamplifier.v9i1.15395.
- [13] Y. Wahyono, H. Sutanto, and E. Hidayanto, “Produksi gas hydrogen menggunakan metode elektrolisis dari elektrolit air dan air laut dengan penambahan katalis NaOH,” *Youngster Phys. J.*, vol. 6, no. 4, pp. 353–359, 2017.
- [14] P. -, R. H. Rahmanto, and J. P. Diningrum, “ANALISIS PENGGUNAAN VARIASI KATALIS NaOH, NaCl, DAN KOH TERHADAP LAJU ALIRAN GAS HHO,” *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 64–71, 2020, doi: 10.33558/jitm.v7i2.1916.
- [15] Alfani, G. (2021). Pengaruh Gas Hidrogen Dari Larutan Sodium Hidroksida Terhadap Emisi Buang Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Kendaraan Bermotor. *Jurnal Simetrik*, 417.