

Analisis Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap *Oxyhydrogen* (HHO) Generator

Yanolanda Suzantry Handayani¹, Irnanda Priyadi², Yanser Viarado Hutabara³
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
yanolanda@unib.ac.id¹, irnanda_p@unib.ac.id², yanser@gmail.com³

Abstract – Indonesia is a country with a dense population, especially coupled with current technological advances, the demand for energy sources also increases along with the increase in population. Energy is something that can be used by humans to carry out the interests and needs of human life to be more prosperous. Some examples of energy sources that can be utilized by humans are sunlight, wind, water, geothermal, sea water, biomass, sea waves and wave power. However, people in Indonesia are still very dependent on non-renewable energy sources such as oil, natural gas, and coal. So if this non-renewable energy source continues to be used over time it will become extinct and run out. For that we need an environmentally friendly energy source that can replace fossil energy sources that can help humans meet their daily needs. *Oxyhydrogen* (HHO) can be developed into a clean and environmentally friendly primary fuel by electrolysis method. The purpose of this study was to identify the effect of voltage variations on the production of *Oxyhydrogen* (HHO) Generator. The results of this study are variations in electric voltage affect the production of *Oxyhydrogen* (HHO) Generator. The eleven-cell dry HHO generator with cell dimensions of 75mm x 75mm with a gap of 3mm used produces 290 mL/min, 455.5 mL/min, 650 mL/min from 12V, 14V and 16V voltage variations.

Keywords : *Oxyhydrogen* (HHO) Generator, Electrolysis.

Intisari – Indonesia merupakan suatu negara yang penduduknya padat, apalagi ditambah dengan kemajuan teknologi sekarang ini, permintaan sumber energipun ikut meningkat dengan seiring bertambahnya jumlah penduduk. Energi merupakan sesuatu yang dapat dimanfaatkan manusia untuk melakukan kepentingan dan kebutuhan hidup manusia agar lebih sejahtera. Beberapa contoh sumber energi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia yaitu sinar matahari, angin, air, panas bumi, air laut, biomasa, gelombang air laut dan tenaga ombak. Akan tetapi masyarakat di Indonesia masih sangat bergantung pada sumber energi yang tidak dapat diperbaharui contohnya minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Sehingga jika sumber energi yang tidak dapat diperbaharui ini terus digunakan lama kelamaan akan punah dan habis. Untuk itu kita butuh sumber energi yang ramah lingkungan yang dapat menggantikan sumber energi fosil yang dapat membantu manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. *Oxyhydrogen* (HHO) dapat dikembangkan menjadi bahan bakar utama yang bersih dan ramah lingkungan dengan metode elektrolisis. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi pengaruh variasi tegangan terhadap hasil produksi *Oxyhydrogen* (HHO) Generator. Hasil dari penelitian ini adalah Variasi tegangan listrik berpengaruh terhadap hasil produksi *Oxyhydrogen* (HHO) Generator. Generator kering HHO bersel sebelas berdimensi sel 75mm x 75mm dengan jarak gap 3mm yang digunakan menghasilkan 290 mL/min, 455,5 mL/min, 650 mL/min dari variasi tegangan 12V, 14V dan 16V.

Kata kunci : *Oxyhydrogen* (HHO) Generator, Elektrolisis

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan suatu negara yang penduduknya padat, apalagi ditambah dengan kemajuan teknologi sekarang ini, permintaan sumber energipun ikut meningkat dengan seiring bertambahnya jumlah penduduk. Energi merupakan sesuatu yang dapat dimanfaatkan manusia untuk melakukan kepentingan dan kebutuhan hidup manusia agar lebih sejahtera. Beberapa contoh sumber energi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia yaitu sinar matahari, angin, air, panas bumi, air laut, biomasa, gelombang air laut dan tenaga ombak. Akan tetapi masyarakat di Indonesia masih sangat bergantung pada sumber energi yang tidak dapat diperbaharui contohnya minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Sehingga jika sumber energi yang tidak dapat diperbaharui ini terus digunakan lama kelamaan akan punah dan habis. Untuk itu kita butuh sumber energi yang ramah lingkungan yang dapat menggantikan sumber energi fosil yang dapat membantu manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Para peneliti banyak melakukan penelitian dibidang energi terbarukan agar dapat menyelesaikan permasalahan krisis sumber energi fosil. Salah satunya penelitian tentang *Oxyhydrogen* (HHO) yang dapat menjadi bahan bakar.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Fitriyanti yaitu polusi karbon tidak akan terjadi apabila ada proses

pembakaran dari sumber bahan bakar hidrogen. Dilihat dari proses pembakaran yang mana hidrogen dengan jumlah 155 akan menghasilkan energi panas dan air sebagai bahan keluarannya dengan rumus kimianya adalah $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ [1]. Hasilnya sekitar 93% atom yang sangat banyak di alam. Sifat dari bahan bakar hidrogen yaitu baersifat bahan bakar yang tidak langsung (sekunder). Untuk menghasilkan bahan bakar yang berasal dari hidrogen harus mencampurkannya dengan sumber energi primer seperti batu bara, nuklir, energi matahari, dan minyak bumi. Sehingga akan menghasilkan bahan bakar pendamping yang dapat menghemat bahan bakar pada sebuah mesin.

Seiring dengan kemajuan teknologi dan pertambahan penduduk, dalam kehidupan sehari-hari mulai mengembangkan dan mengaplikasikan hidrogen sebagai bahan bakar atau energi alternatif. Tetapi pada kenyataannya hidrogen didapat dari proses steam reforming yaitu metana yang bersumber dari gas alam. Sehingga di Amerika Serikat memproduksi sebesar 95% energi alternatif yang campurannya dari gas alam. Dengan adanya penelitian yang banyak dilakukan di Amerika para peneliti di Indonesia penasaran tentang proses bio-oil, proses bio-oil ini merupakan cara menghasilkan gas hidrogen dengan bantuan energi alternatif seperti biomassa [2].

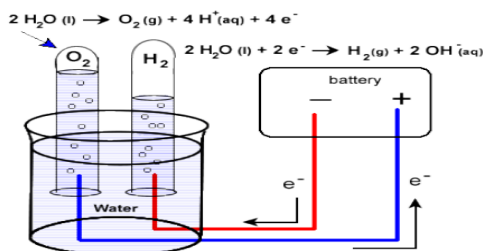
Untuk menghasilkan gas hidrogen salah satu metodenya dapat menggunakan peristiwa elektrolisis [3], yang mana menghasilkan gas brown yang dapat mengubah air (H_2O) menjadi gas HHO. Penerapan gas hidrogen dalam kehidupan sehari-hari seperti kendaraan. Dari hasil penelitian sebelumnya sel bahan bakar hidrogen disimpulkan yaitu memiliki efisiensi tiga kali lebih hemat dibandingkan dengan transportasi bermesin yang menggunakan bahan bakar bensin [4].

Ion-ion H^+ dan $-OH$ dalam larutan cenderung sedikit diakibatkan oleh sifat air yang elektrolitnya lemah, jumlah kondisi elektrolisis air bernilai 10^{-7} M pada saat standar, sehingga proses elektrolisis berjalan menjadi lambat. Untuk itu perlu dilakukan eksperimen proses elektrolisis dengan menambahkan zat terlarut yang bersifat elektrolit seperti asam, basah, atau garam, dan bisa juga memvariasikan elektroda [5].

Dari beberapa penelitian di atas maka perlu kembali dikembangkan sebuah alat generator yang menghasilkan gas hidrogen dan proses elektrolisis yang cepat dan efisien serta ramah lingkungan. Penelitian ini merancang bangun sebuah alat *Oxyhydrogen* (HHO) Generator yang menggunakan jenis *Generator* kering HHO bersel sebelas berdimensi sel $75mm \times 75mm$ dengan jarak gap 3mm, serta memvariasikan nilai tegangan masukannya.

2.2. Elektrolisis Air

Peristiwa penguraian senyawa air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan hidrogen gas (H_2) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air disebut dengan peristiwa elektrolisis air. Dua elektron dapat ditangkap oleh dua molekul air pada katoda menghasilkan gas H_2 dan ion hidrokida (OH^-). Peristiwa dua molekul air terurai menjadi oksigen (O_2) pada anoda dapat melepaskan empat ion OH^- dan mengalirkan elektron ke katode, molekul air akan terbentuk dari netralisasi ion H^+ dan OH^- [3]. Beberapa faktor yang mempengaruhi elektrolisis air adalah kualitas elektrolit, suhu, tekanan, resistansi elektrolit, material dari elektroda, dan material pemisah. Gambar 1 adalah elektrolisis air yang dapat di gunakan untuk mereaksikan gas hidrogen dan oksigen.



Gambar 1. Skema rangkaian yang digunakan pada penelitian [3].

Reaksi elektrolisis merupakan peristiwa yang dapat menghasilkan gelembung elektroda yang mana didalamnya terdiri dari gas hidrogen dan oksigen sehingga dapat diterapkan kepada kendaraan yang berbahan bakar hidrogen. Alat yang membantu penyimpanan energi yaitu baterai, yang mana di dalam sel terjadi pemisahan molekul diatomik hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2). Gas inilah disebut dengan HHO atau *Oxyhydrogen* (Brown's Gas). Brown's Gas merupakan penelitian tahun 1974 yang memanfaatkan air murni menghasilkan gas HHO yang dipatenkan dengan nama

Brown's Gas. Bahan yang digunakan dalam menghasilkan *Brown's Gas* yaitu elektroliser, elektroliser sendiri unjuk kerjanya dapat memecahkan molekul-molekul air yang terhadap menjadi gas [6].

2.3. Daya Input

Proses yang terjadi dalam memisahkan hidrogen dan oksigen dalam larutan elektrolit adalah proses elektrolisis, elektrolisis merupakan bagian dari disiplin ilmu elektrokimia. Elektrokimia sendiri adalah cabang ilmu dalam kimia yang mempelajari tentang interkonversi dari energi listrik dan energi kimia. Dalam reaksi elektrokimia terjadi proses redoks (reduksi-oksidasi) dimana proses ini terjadi secara spontan akibat dari adanya energi listrik [7].

Proses elektrolisis membutuhkan energi listrik sehingga penting untuk menghitung daya input yang digunakan dalam proses elektrolisis. Daya input merepresentasikan seberapa besar energi yang dibutuhkan untuk menguraikan hidrogen dan oksigen dalam larutan elektrolit. Terkadang konsep ini dikenal sebagai magnitudo dari daya input generator. Persamaan yang digunakan untuk menghitung daya input adalah

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

Dimana :

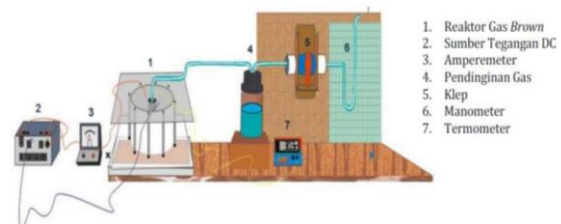
P = Daya Generator HHO (Watt)

V = Beda Potensial (Volt)

I = Kuat Arus Listrik (Ampere)

2.4. Teknologi HHO

Yull Brown merupakan penemu dari teknologi HHO (*Oxyhydrogen*) yang mana teknologi yang sengaja dibuat menjadi teknologi open source tanpa paten. Teknologi HHO (*Oxyhydrogen*) ini merupakan solusi yang dapat membantu persoalan krisis energi yang terjadi didunia ini. Gambar dari HHO Generator dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema rangkaian yang digunakan pada penelitian [8].

Gas Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2) dihasilkan dari peristiwa elektrolisis. Gas yang sangat mudah terbakar yaitu gas hidrogen (H_2). Sehingga jika Hidrogen tersebut disalurkan ke dalam ruang pembakaran akan mensuplai energi yang besar untuk mobil. Proses penghemat BBM pada kendaraan didapat dari proses dari pembakaran hidrogen dan oksigen, dan tenaga yang dihasilkan lebih besar. Dalam hal ini RO atau *Reverse Osmosis* (air murni hasil penyulingan yang menggunakan membran), atau air yang tidak mengandung mineral berasal dari H_2O air yang digunakan. Penerapan dalam kehidupan sehari-hari yaitu genset diesel atau generator HHO. Generator gas HHO tersusun atas 2 komponen dasar, yaitu tabung yang terdiri atas tabung, sepasang elektroda dan elektrolit dan sumber tenaganya yang berupa baterai ataupun aki [9].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode pemodelan dan pengujian. Yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan terhadap hasil produksi *Oxyhydrogen* (HHO) Generator dan mengetahui hasil perbandingan produksi *Oxyhydrogen* (HHO) Generator terhadap variasi tegangan.

3.1. Prosedur Pengukuran Hasil Produksi

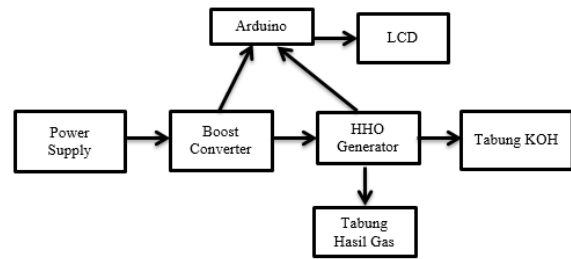
Tahapan persiapan merupakan langkah awal yang dilakukan dalam peneitian ini, adapun persiapan yang dilakukan yaitu isi bejana dan botol penampung dengan air hingga penuh, siapkan perangkat lain seperti *stopwatch* sebagai pencatat waktu, posisikan botol seecara terbalik, lalu tenggelamkan botol bejana yang berisikan air, hubungkan selang hasil produksi gas HHO pada ujung botol, dan tandai posisi batas gas HHO yang dihasilkan pada setiap satu menit yang dilakukan sebanyak lima kali, yang terakhir encampurkan air atau (H₂O) dengan Kristal KOH.

3.2. Prosedur Pengukuran Arus Listrik

Prosedur pengukuran input arus listrik dengan menggunakan modul arus listrik yang dikontrol menggunakan arduino nano yaitu persiapan alat ukur dngan mengontrol modul tersebut dengan menggunakan arduino, kabel input negatif sebelum disambungkan kemodul arus listrik lalu bagian kabel lainnya pada modul arus disambungkan ke HHO Generator. Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat didefenisikan sebagai berikut yaitu tegangan input yang digunakan adalah 12V – 16 V, kekasaran permukaan elektroda menggunakan produk 120 amplas, kepekatan elektrolit yaitu 0,4 Molar. Setelah melakukan tahapan-tahapan langkah kerja, kami mendapatkan hasil pengukuran elektrolisis H₂O, hasil pengukuran elektrolisis H₂O ini akan dimasukkan kedalam matriks penelitian.

3.3. Pengujian

Setelah tahapan persiapan dilakukan, tahapan selanjutnya yaitu proses pengujian untuk mendapatkan nilai volume gas yang dihasilkan HHO generator, adapun langkah-langkah yang dilakukan pada proses pengujian ini yaitu merangkai peralatan pengujian seperti pada rangkaian pada Gambar 3. Hubungkan kabel penghubung power supply ke HHO generator, arduino, multimeter dan ke *boost t converter* seperti Gambar 3, pabila kabel terhubung seluruhnya, maka aturlah tegangan inputnya sebesar 12 V, apabila tegangan sudah diatur, maka HHO Generator dapat diuji, selama dalam pengukuran maka muncul arus pada mikrokontroler (arduino) jika tidak muncul maka kabel jumper tidak terhubung dengan baik, dan memvariasikan tegangan input pada *back bush converter* sebesar 12V, 14V, 16V.



Gambar 3. Skema Rangkaian Pengujian HHO Generator

3.4. Data Pendukung Penelitian

Data pendukung penelitian ataralain pengukuran dilakukan permenit dalam waktu total lima menit pada kondisi-kondisi sebagai berikut yaitu percobaan pertama, konsentrasi larutan sebesar 0,4 molar, volume air sebanyak 1 liter, tegangan masukan sebesar 12 volt, kondisi kekasaran permukaan plat oleh amplas 120 grit. Untuk percobaan kedua, konsentrasi larutan sebesar 0,4 molar, volume air sebanyak 1 liter, tegangan masukan sebesar 14 volt, kondisi kekasaran permukaan plat oleh amplas 120 grit. Dan yang terakhir untuk percobaan ketiga, konsentrasi larutan sebesar 0,4 molar, volume air sebanyak 1 liter, tegangan masukan sebesar 16 volt, dan kondisi kekasaran permukaan plat oleh amplas 120 grit.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sistem Yang Digunakan

Pada percobaan penelitian ini dilangsungkan pada generator HHO jenis kering (*dry cell*), dalam sistem cairan elektrolit akan bersirkulasi mengisi ruang-ruang antar sel yang dibatasi dengan bahan isolator. Ada sembilan plat bersusun yang mana terdiri dari satu plat negatif, dua plat positif dan enam plat netral. Plat yang digunakan mnggunakan material *staniles stell 304*, sistem yang digunakan dapt dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Generator kering HHO (*dry cell*)

4.2. Pembuatan Elektrolit dan Level Elektrolit

Elektrolit yang diisikan dalam HHO generator kering adalah KOH 0,4 molar. Elektrolit merupakan katalis yang mempercepat proses elektrolisis memecah senyawa air (H₂O) menjadi hydrogen (H₂) dan oksigen (O₂) pembuatan elektrolit adalah sebagai berikut yaitu air sebanyak 1000mL dituangkan kedalam wadah kemudian KOH dengan berat 22,4 gram dimasukkan, lalu diaduk hingga benar-benar larut. Cara menentukan molalitas dan molaritas didapat dari :

$$molalitas = \frac{Massa\ Zat\ Terlarut}{Massa\ Relatif\ KOH} \tag{3}$$

$$Massa\ Zat\ Terlarut = 56 \times 0,4$$

$$Massa\ Zat\ Terlarut = 22,4\ gram$$

Timbang KHO dengan berat 22,4 gram, massa relatif KOH didapat dari.

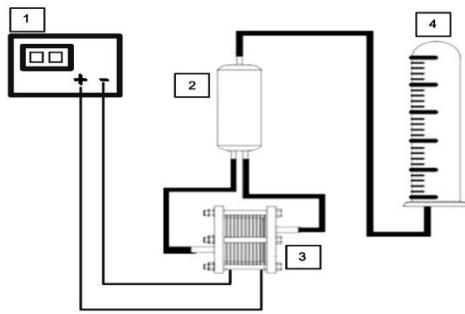
$$\frac{\text{Massa Relatif KOH}}{\frac{\text{Massa Zat Terlarut}}{\text{molalitas}}} = \frac{1000}{\text{massa zat terlarut}} \quad (4)$$

$$\text{Massa Relatif KOH} = \frac{22,4 \text{ gram}}{56} \times \frac{1000}{1000}$$

$$\text{Massa Relatif KOH} = 0,4 \text{ ml}$$

4.3. Pengukuran yang dilakukan

Proses pengujian dilakukan melibatkan proses pengujian dengan skema sebagaimana dijelaskan pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Sistem Pengukuran

Keterangan :

1. Pengatur tegangan
2. Reservoir
3. HHO Generator
4. Tabung Hasil

Pada penelitian ini proses elektrolisis menggunakan sumber DC sebagai energi potensial untuk menggerakkan generator. Kutub positif dan negatif dari pengatur tegangan masing-masing disambungkan ke generator. Tegangan yang digunakan 12, 14, dan 16 volt. Operasi kerja dari HHO generator terdapat reservoir yang mana adalah tempat masuknya cairan elektrolit, selanjutnya cairan elektrolit masuk kedalam generator lalu hasil yang merupakan produk keluaran yaitu gas oksihidro masuk kembali ke reservoir yang selanjutnya diukur dengan menggunakan botol yang sudah berisi air dengan penuh ketika HHO generator dihasilkan produk akan menekan air keluar dari botol.

4.3. Hasil Pengujian HHO Generator

Pengujian HHO generator dengan variasi tegangan dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan terhadap produksi HHO Generator.

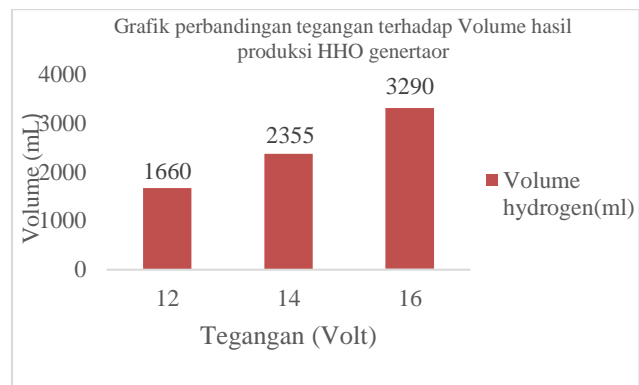
Data yang terjadi pada Tabel 1 untuk diambil selama lima menit sistem beroperasi data dicatat setiap satu menit. Dari pengamatan selama percobaan arus listrik dipengaruhi volume elektrolit di dalam generator. Semakin banyak elektrolit semakin besar arus listrik. Oleh karena itu volume pada setiap percobaan dijaga konstan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Besaran Listrik

Variasi Tegangan (V)	Waktu (s)	Arus (A)	Daya (Watt)	Volum Hydrogen (ml)
12	1	7,65	91,7	260
	2	7,80	93,5	480
	3	8,10	97	878
	4	8,40	100,4	1350
	5	8,85	105,4	1660
14	1	7,7	100,4	350
	2	7,90	110,5	520
	3	8,20	114,2	998
	4	8,60	120,2	1520
	5	9,10	126,9	2355
16	1	8,25	135	510
	2	8,50	138	1260
	3	8,90	142	1810
	4	9,20	148	2450
	5	9,98	158	3290

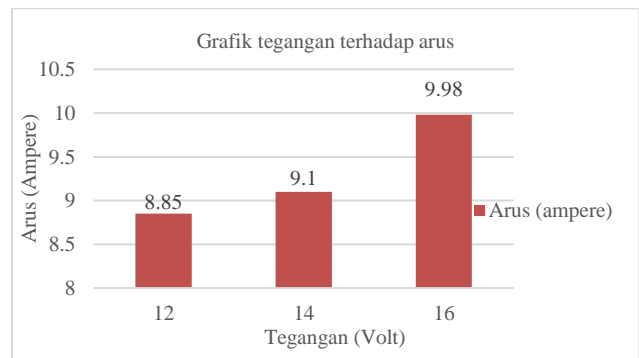
4.4. Pengaruh Variasi Tegangan

Berdasarkan data dari Tabel 1 dibuat ke dalam grafik pada Gambar 6 untuk menjelaskan pengaruh variasi tegangan terhadap produksi HHO Generator.



Gambar 6. Perbandingan Tegangan Terhadap Volume Hasil Produksi HHO Generator

Pada Gambar 6 menjelaskan bahwa pada saat tegangan 12 volt, 14 volt dan 16 volt mempunyai nilai yang berbeda beda dimana volume yang dihasilkan pada saat pengujian 12 volt jauh lebih kecil dibandingkan pada saat pengujian 16 volt. Hal ini menunjukkan semakin besar tegangan maka akan semakin banyak produk yang dihasilkan. Dikarenakan dua molekul air bereaksi dengan menangkap 2 elektron pada katoda yang terinduksi menjadi gas (H₂) dan ion hidroksida (H⁻) akan semakin cepat.



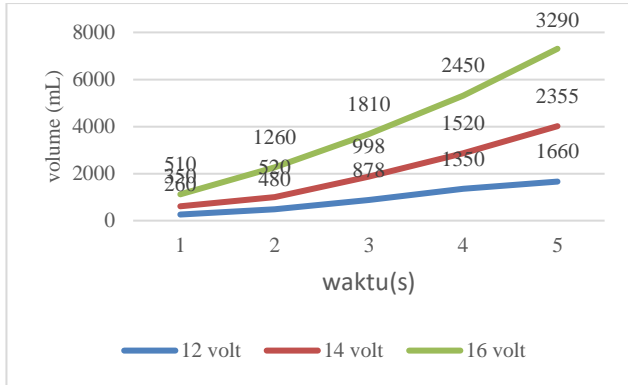
Gambar 7. Perbandingan Tegangan terhadap Arus

Pada gambar 7 menjelaskan bahwa tegangan yang di

variasikan pada saat pengujian 12 volt dapat dilihat arus akan semakin naik, sama halnya dengan pengujian sampai dengan 16 volt.

4.5. Pengaruh Waktu Operasi

Hasil yang didapat dari proses kerja generator yang dicatat setiap menit ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Volume Produksi HHO Generator Yang Dihasilkan Setiap Menit Selama Lima Menit

Pada gambar 8 menjelaskan Generator yang beroperasi selama lima menit secara kontinyu menambah produk oksihidrogen sehingga hasil yang diberikan terus meningkat, dengan perbedaan *suplay* yang berbeda laju penambahan yang berbeda tegangan 12 volt, 14 volt dan 16 volt menghasilkan produk oksihidrogen yang berbeda-beda. Dari menghitung kemiringan masing-masing garis pada Gambar 4.7 diperoleh *slove* tegangan 12, 14 dan 16 secara beruntutan adalah 290mL/menit, 455,5 mL/menit, 650 mL/min. Dengan demikian semakin besar tegangan maka produksi HHO Generator semakin tinggi.

4.6. Perhitungan Daya Data Hasil Pengujian HHO Generator

Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh pada Tabel 2 dapat dilakukan perhitungan daya dengan menggunakan persamaan 5.

Perhitungan daya dengan variasi tegangan 12 volt.

$$P = V \times I \tag{5}$$

$$P = 12 \text{ Volt} \times 7,65 \text{ A}$$

$$P = 91,8 \text{ Watt}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan hasil perhitungan pada saat pengujian 12 volt sampai dengan 16 volt dapat dibuat dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 2.

Variasi Tegangan (V)	Waktu (s)	Arus (A)	Daya (Watt)	Daya Hitung (Watt)
12	1	7,65	91,7	91,8
	2	7,80	93,5	93,6
	3	8,10	97	97,2
	4	8,40	100,4	100,8
	5	8,85	105,4	106,2
14	1	7,7	100,4	100,8
	2	7,90	110,5	110,6
	3	8,20	114,2	114,8

16	4	8,60	120,2	120,4
	5	9,10	126,9	127,4
	1	8,25	135	132
	2	8,50	138	136
	3	8,90	142	142,4
16	4	9,20	148	147,2
	5	9,98	158	159,6

Berdasarkan Tabel 2 menjelaskan bahwa nilai daya pengujian dan daya perhitungan dengan pada tegangan dari 12 volt tidak jauh berbeda hal ini menunjukkan pada pengujian 12 volt alat bekerja dengan baik. Pada tegangan 14 volt dan 16 volt nilai daya ukur dan daya ukur tidak terlalu jauh hal ini menunjukkan bahwa pada pengujian alat yang dilakukan terjadi kesalahan ataupun pada alat terjadi *error*, sehingga mengakibatkan nilai daya kurang maksimal.

4.7. Perhitungan Error Daya

Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh maka dapat dilakukan perhitungan nilai *error* antara pengukuran daya dengan menggunakan Persamaan (6) dan Persamaan (7) yaitu teori galat *error* (galat absolut) yang mana galat absolut dari pengukuran didefinisikan sebagai selisih antara nilai sebenarnya (*true value*) dengan nilai hasil pengukuran (*measured value*). Nilai absolut dari galat ini ditentukan melalui rumusan persamaan 6 berikut:

$$E_a = |X_i - X_p| \tag{6}$$

Sedangkan galat relatif ditentukan dari perbandingan antara galat absolut tersebut terhadap nilai sebenarnya. Dalam persentase, ini dirumuskan pada persamaan (7) :

$$E_r = \frac{E_a}{E_p} \times 100 \% \tag{7}$$

Dimana :

Er = galat relatif (%)

Ea = Galat Absolut

Xi = Nilai Pengukuran

Xp = Nilai Sejati

Dengan menggunakan Persamaan (6) dan (7) maka dapat diketahui persentase *error* atau galat yang terjadi pada sistem. Semakin kecil nilai *error* pada suatu sistem, maka semakin baik kinerja sistem tersebut [10].

Perhitungan *error* dengan tegangan 12 volt,

$$\text{Ralat mutlak} = |91,8 - 91,7|$$

$$\text{Ralat mutlak} = 0,1$$

$$\text{Ralat relatif} = \frac{0,1}{91,7} \times 100\%$$

$$\text{Ralat mutlak} = 0,1\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan ralat mutlak dan ralat relatif, dapat dilihat bahwa nilai dari ralat tersebut tidak terlalu besar, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tegangan	Waktu (s)	Daya Hitung (W)	Daya Ukur (W)	Ralat (%)
12 V	menit 1	91,8	91,7	0,1

	menit 2	93,6	93,5	0,1
	menit 3	97,2	97	0,2
	menit 4	100,8	100,4	0,3
	menit 5	106,2	105,4	0,7
14 V	menit 1	100,8	100,4	0,3
	menit 2	110,6	110,5	0,2
	menit 3	114,8	114,2	0,2
	menit 4	120,4	120,2	0,2
	menit 5	127,4	126,9	0,1
16 V	menit 1	132	135	0
	menit 2	136	138	0
	menit 3	142,4	142	0,2
	menit 4	147,2	148	1,5
	menit 5	159,6	158	1,0

Berdasarkan perhitungan *error* daya pada tegangan 12 volt dari menit kesatu sampai menit kelima relatif kecil hal ini menunjukkan pengujian HHO *Generator* berajalan dengan baik. Pada saat tegangan 14 volt dari menit pertama sampai dengan menit kelima relatif kecil dengan nilai ralat terbesar pada menit ketiga 0.5% . Dengan demikian kemungkinan pada saat pengujian alat dilakukan peletakan *reservoir* kurang konstan sehingga mempengaruhi hasil pengukuran kurang akurat. Pada saat tegangan 16 volt dari menit kesatu sampai dengan menit kelima tingkat *error* sangat relatif kecil maksimal *error* sebesar 3% dengan demikian dapat dikatakan bahwa tingkat keakuratan alat mencapai 80%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa, variasi tegangan listrik berpengaruh terhadap hasil produksi *Oxyhydrogen* (HHO) *Generator*. *Generator* kering HHO bersel sebelas berdimensi sel 75mm x 75mm dengan jarak gap 3mm yang digunakan menghasilkan 290 mL/min, 455,5 mL/min, 650 mL/min dari variasi tegangan 12V, 14V dan 16V.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fitriyati, "Analisis Produktivitas Gas Hidrogen Berdasarkan Arus Dan Tegangan Pada Proses Elektrolisis H₂O," *JFT J. Fis. dan Ter.*, vol. 6, no. 2, pp. 154–161, 2019, [Online]. Available: electrolysis, HHO generator, hydrogen.
- [2] W. Variananto, Arif: Wulan, PDK, Praswasti; Purwanto, Wahyu, "Produksi Hidrogen Menggunakan Steam Reforming Bio-Oil Dari Pirolisis Biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Katalis Ni-Ce/La₂O₃-Ga₂O₃," Universitas Indonesia, 2014.
- [3] H. Achmad, *Kimia analitik kualitatif. Analisis kualitatif konvensional*. Bandung: Citra Aditya Bakti, 2012.
- [4] R. Purwacaraka, Helmi; Santoso, Budhi, Dian; Rahmadewi, "Analisis Tegangan dan Arus untuk Menghasilkan Elektrolisis pada Sistem Hidrogen

- Fuel Cell," *STROOM J. Signal Process. Control. Electron. Comput. Power, Telecommun. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2021.
- [5] I. SYL, "Perilaku sel elektrolisis air dengan elektroda stainless steel," in *prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010*, 2010, [Online]. Available: <http://staffnew.uny.ac.id/upload/131808339/penelitian/perilaku-sel-elektrolisis-air-dengan-elektroda-stainless-stell.pdf>.
- [6] R. Bow, Yohandri; Sari, Permata, Ayu; Harliyan, Dwi, Ayu; Saputra, Bayu; Budiman, "Produksi Gas Hidrogen Ditinjau Dari Pengaruh Duplex Stainless Steel Terhadap Variasi Konsentrasi Katalis Dan Jenis Air Yang Dilengkapi Arrestor," *J. Kinet.*, vol. 11, no. 3, 2020.
- [7] A. Wahyono; Roih, "Pembuatan Alat Produksi Gas Hidrogen Dan Oksigen Tipe Wett Cell Dengan Variasi Luas Penampang," *Eksergi J. Tek. Energi*, vol. 12, no. 1, pp. 18–23, 2016.
- [8] B. Sopandi, Ihsan; Hananto, Yuli; Rudyanto, "Studi Ketebalan Elektroda Pada Produksi Gas HHO (Hidrogen Hidrogen Oksigen) Oleh Generator Hho Tipe Basah Dengan Katalis NaHCO₃ (Natrium Bikarbonat)," *J. RONA Tek. PERTANIA*, vol. 8, no. 2, pp. 99–110, 2015, [Online]. Available: <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP%0A>.
- [9] A. Harman; M, "Design Of Hho Generator To Reduce Exhaust Gas Emissions And Fuel Consumption Of Non-Injection Gasoline Engine," *J. rnal Din. Vokasional Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 9–17, 2019, [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/dynamika/issue/view/1672>.
- [10] Buchanan J. L and Turner P. R, *Numerical Methods and Analysis*. New York: McGraw-Hill Inc., 1992.