



**PENGARUH LUAS PERMUKAAN ELEKTRODA DENGAN PENAMBAHAN
PWM CONTROLLER TERHADAP EFISIENSI PRODUKSI GAS HIDROGEN
PADA PROSES ELEKTROLISIS**

Fitriyanti

Fisika, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

fitriyanti_fisika@uin-alauddin.ac.id

ABSTRACT: This research makes an electrolysis device with the aim of separating oxygen gas (O₂) and Hydrogen (H₂) or known as an HHO generator. The HHO generator designed in this study is to determine how much influence the cathode and anode cross-sectional areas are used in the electrolysis process. The power source needed in the electrolysis process in this study uses a battery with a current of 3 Ampere and a voltage of 12 Volts. With the addition of a PWM controller, the resulting current and voltage can be increased by 6.3 Ampere and 38 Volts. Based on the results obtained by adding a PWM controller and increasing the cross-sectional area of the electrode plate can increase the productivity of hydrogen gas produced. By increasing the size of the cathode and anode plates require more power to produce optimal effectiveness. The electrode cross section of 20 cm³ has an effectiveness of 5.959% and a cross-sectional area of 40 cm³ has the highest effectiveness of 8.127%. The effectiveness of a tool affects the power used, the greater the power required, the effectiveness of the tool will decrease because it requires greater electricity consumption in the operation of the tool, but with an increased flow rate of gas production. The maximum effectiveness obtained is 8.127% with 36 watts of power, and the lowest is 1.786% by increasing the power to 239.4 watts at an electrode area of 40 cm³

ABSTRAK: Penelitian ini membuat suatu alat elektrolisis dengan tujuan untuk memisahkan antara gas oksigen (O₂) dan Hidrogen (H₂) atau dikenal dengan generator HHO. Generator HHO yang dirancang pada penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh luas penampang katoda dan anoda yang digunakan pada proses elektrolisis. Sumber listrik yang diperlukan dalam proses elektrolisis dalam penelitian ini menggunakan aki dengan arus sebesar 3 Ampere dan tegangan 12 Volt. Dengan penambahan *PWM Controller* arus dan tegangan yang dihasilkan dapat ditingkatkan sebesar 6,3 Ampere dan 38 Volt. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh dengan penambahan *PWM Controller* dan memperbesar luas penampang plat elektroda dapat meningkatkan produktivitas gas hidrogen yang dihasilkan. Dengan menambahkan ukuran dari plat katoda dan anoda memerlukan daya yang lebih besar untuk menghasilkan efektifitas yang optimal. Pada penampang elektroda sebesar 20 cm³ memiliki efektifitas sebesar 5,959% dan luas penampang 40 cm³ memiliki efektifitas yang tertinggi sebesar 8,127%. Efektifitas suatu alat berpengaruh terhadap daya yang digunakan semakin besar daya yang diperlukan efektifitas alatnya akan semakin menurun karena memerlukan konsumsi listrik yang lebih besar dalam operasional

**corresponding author*

email: fitriyanti_fisika@uin-alauddin.ac.id

DOI:

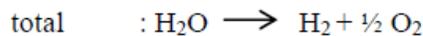
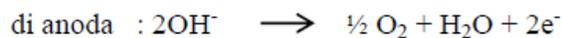
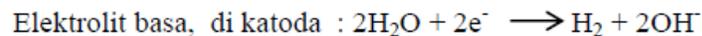
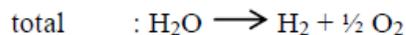
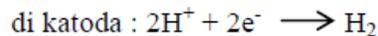
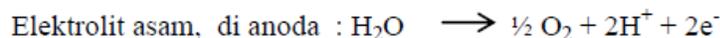
alat, tapi dengan laju aliran produksi gas yang meningkat. Efisiensi maksimal yang diperoleh yaitu sebesar 8,127% dengan daya 36 watt, dan terendah 1,786% dengan menaikkan dayanya menjadi 239,4 watt pada luas elektroda 40 cm³

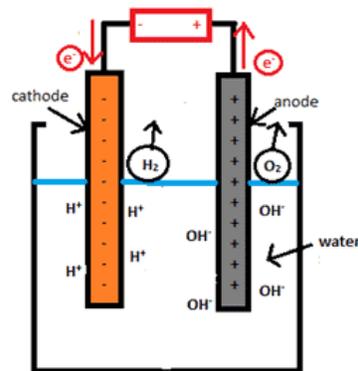
Kata Kunci: generator HHO, elektrolisis, hidrogen

PENDAHULUAN

Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan untuk pengganti bahan bakar minyak adalah hidrogen. Sekitar 75% dari gas di alam adalah hidrogen (Palmer, 2011). Beberapa metode untuk menghasilkan gas hidrogen yaitu dengan reaksi kimia, *steam reforming*, dan elektrolisis. Cara paling sederhana yaitu dengan proses elektrolisis yang melibatkan pemisahan senyawa air (H₂O) dengan bantuan sumber arus listrik. Hidrogen merupakan gas yang ringan dan mudah terbakar, salah satu keistimewaan dibandingkan bahan bakar fosil lainnya yaitu pembakarannya tidak menyebabkan polusi karbon. Ketika terbakar, hidrogen melepaskan energi berupa panas dan menghasilkan air sebagai bahan buangan (2H₂ + O₂ → 2H₂O). lebih efektif dalam pembakaran dan jumlahnya di alam sangat melimpah.

Elektrolisis merupakan proses di mana arus listrik bisa menguraikan suatu zat elektrolit. Artinya, pada proses elektrolisis terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia (reaksi redoks). Pada katoda terdapat ion positif yang menyerap elektron dan menghasilkan molekul ion H₂, dan ion negatif akan bergerak menuju anoda untuk melepaskan elektron dan menghasilkan molekul ion O₂. Atau dikenal dengan generator HHO. Reaksi total elektrolisis air adalah penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen. Bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, reaksi setengah sel untuk elektrolit asam atau basa dituliskan dalam dua cara yang berbeda.





Gambar 1. Proses Elektrolisis

Proses elektrolisis seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, dimulai dengan dialirkan arus listrik searah dari sumber tegangan listrik. Elektron dari kutub negatif akan mengalir menuju ke katode. Pada proses elektrolisis, elektroda dialiri arus listrik searah (DC) dan terjadi proses reduksi oksidasi, karena terbentuk senyawa pada elektrolit yang terurai membentuk ion-ion sehingga menghasilkan gas. Proses elektrolisis membutuhkan arus listrik tinggi agar proses reaksi kimia menjadi efektif dan efisien. Apabila kedua kutub elektroda (katoda dan anoda) diberi arus listrik, elektroda tersebut akan saling berhubungan karena adanya larutan elektrolit sebagai penghantar listrik menyebabkan elektroda timbul gelembung gas. Proses elektrolisis dinyatakan bahwa atom oksigen membentuk sebuah ion bermuatan negatif (OH^-) dan atom hidrogen membentuk sebuah ion bermuatan positif (H^+). Pada kutub positif menyebabkan ion H^+ tertarik ke kutub katoda yang bermuatan negatif sehingga ion H^+ menyatu pada katoda. Selama proses elektrolisis terjadi pertukaran ion-ion yang cepat menyebabkan kenaikan temperatur disekitar proses elektrolisis tersebut. Adanya peningkatan temperatur dapat menyebabkan perubahan arus dan tegangan serta berpengaruh pada wadah yang digunakan selama elektrolisis, karena kenaikan temperatur berpengaruh terhadap ketahanan alat yang dibuat. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu alat yang dapat menstabilkan energi listrik selama proses elektroisis berlangsung. *Pulse width modulation (PWM)* secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Proses elektrolisis membutuhkan arus listrik yang stabil agar volume gas yang dihasilkan dapat optimal. (Sinaga, 2019, p.10)

Pada sel elektrolisis. Reaksi kimia akan terjadi jika arus listrik dialirkan melalui larutan elektrolit, yaitu energi listrik (arus listrik) diubah menjadi energi kimia (reaksi redoks). Tiga hal utama yang mempengaruhi proses elektrolisis, yaitu larutan elektrolit,

sumber arus listrik seperti baterai, aki yang mengalirkan arus listrik searah (DC). dan elektroda.

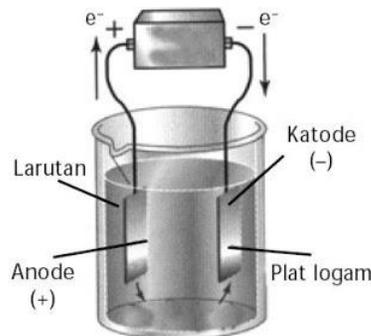
Berbagai penelitian terkait proses elektrolisis dalam pemisahan gas hidrogen dan oksigen telah banyak dikembangkan. Dari penelitian (Arifin, 2015) dengan menggunakan dua macam bahan untuk elektroda yaitu Elektroda Netral Stainless Steel 316 dan Aluminium. Karakteristik sifat bahan elektroda sangat berpengaruh terhadap pencapaian kinerja Generator. Sifat-sifat kelistrikan bahan yang sangat berpengaruh ialah sifat keelektronegatifan atau potensial elektroda dan koefisien nilai muai dari suatu bahan konduktor. Berdasarkan penelitiannya, plat elektroda netral aluminium mampu meningkatkan nilai performanya sedangkan untuk plat SS 316 mampu meminimalisir persentase losses energy. Bentuk dan ukuran dari elektroda yang digunakan telah terbukti berpengaruh terhadap efektifitas kerja dari generator HHO. Penelitian (Sopandi, 2015) menilai unjuk kerja generator HHO berdasarkan dari ketebalan bahan elektroda stainless steel yang digunakan, dari penelitian yang dilakukan, menggunakan plat elektroda dengan ketebalan 0,8 mm, 1 mm dan 1,2 mm, didapatkan performa yang terbaik pada ketebalan 1 mm. Efisiensi dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah energi yang digunakan untuk melakukan proses elektrolisis yang dinyatakan dengan daya. Besarnya daya, mempengaruhi peningkatan efisiensi pada generator HHO. Apabila daya yang diperlukan tinggi maka efisiensi akan semakin menurun. Semakin besar arus dan tegangan yang digunakan maka konsumsi daya yang digunakan juga semakin besar (Fitriyanti, 2019, p.8) Dengan menyesuaikan daya yang diperlukan dan ukuran dari plat terbukti dapat meningkatkan efektifitas dari alat yang digunakan.

Berdasarkan dari beberapa penelitian dan kajian pustaka yang telah dilakukan dari penelitian ini akan mencoba menganalisis pengaruh luas penampang elektroda terhadap efektifitas kerja dari generator HHO. Dari penelitian ini akan dilakukan dua perbandingan dalam menganalisa pengaruh luas penampang terhadap efektifitas kerja generator HHO. Penelitian ini menggunakan plat stainless dengan ketebalan 1 mm dengan variasi ukuran 20 cm^3 dan 40 cm^3 dengan penambahan *PWM Controller* untuk meningkatkan daya dan stabilisasi dari sumber arus aki yang digunakan. Dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui bagaimana pengaruh luas penampang terhadap efektifitas kerja dari generator HHO selama proses elektrolisis

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu Aquades (H_2O), soda api ($NaOH$) sebagai katalis, *PWM Controller*, aki 3A 12V, termometer, amperemeter, voltmeter, dan wadah sebagai tempat berlangsungnya proses elektrolisis. Ilustrasi sederhana mengenai rangkaian dari alat elektrolisis ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 2. Rangkaian alat elektrolisis

Pada gambar 2 menunjukkan rangkaian dari alat elektrolisis. Katoda dan anoda yang digunakan adalah plat Stainless Stell 1 mm. dengan menggunakan dua variasi ukuran yaitu 20 x 5 cm dan 20 x 10 cm. plat katoda dan anoda disusun secara sejajar sebanyak masing-masing 5 buah plat yang dipisahkan dengan baut dengan jarak 2 mm.

Proses elektrolisis berlangsung selama 30 menit. Setelah 30 menit mencatat hasil yang diperlukan, berupa volume gas hidrogen yang dihasilkan selama elektrolisis, stabilisasi dari arus dan tegangan yang dihasilkan dan temperatur yang berlangsung selama proses elektrolisis.

Analisis Data

Analisis data meliputi perhitungan berapa efektifitas yang dihasilkan oleh alat, yang ditunjukkan dalam persamaan sebagai berikut : Efisiensi Generator HHO.

$$\eta = \frac{Q \times \rho \times LHV}{P} \times 100\% \quad (1)$$

Q = Debit produksi gas HHO (lt/s)

P = Daya generator HHO (Watt)

ρ = Massa Jenis gas HHO (g/lt)

LHV HHO (Lower Heating Value) = LHV gas HHO (119930 J/g)

η = Efisiensi generator HHO (%)

($\rho = 0,287$ gr/L) ($\rho_{\text{Hidrogen}} = 0,8988$ gr/L) ($\rho_{\text{Oksigen}} = 0,219$ gr/L)

Daya

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

Dimana :

P = Daya generator HHO (Watt)

V = Beda potensial/tegangan (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

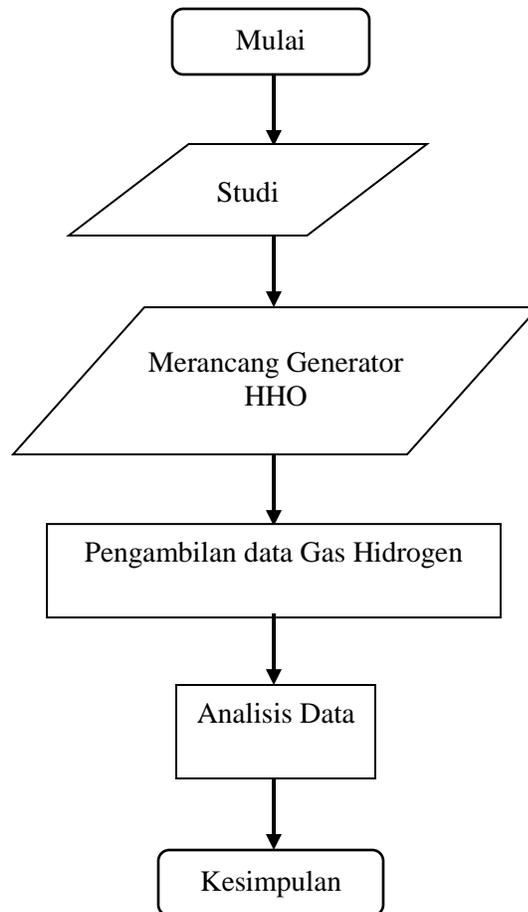
Debit Produksi gas

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

V = Volume gas terukur (liter)

t = Waktu produksi gas (s)

Q = Debit produksi gas (liter/s)

Diagram Alir Penelitian**Gambar 2.** Diagram alir penelitian**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data hasil volume gas yang dihasilkan dalam penelitian ditunjukkan pada tabel sebagai berikut

Tabel 1. Data volume gas hidrogen hasil elektrolisis

Waktu (Menit)	A (Liter)	B (Liter)	C (Liter)	D (Liter)
1	0.003925	0.001963	0.00393	0.001963
3	0.011775	0.00785	0.02355	0.0157
5	0.03925	0.035325	0.0785	0.066725
7	0.082425	0.0785	0.16485	0.127563
9	0.113825	0.147188	0.22765	0.2041
11	0.147188	0.200175	0.292413	0.302225
13	0.176625	0.264938	0.349325	0.382688
15	0.19625	0.294375	0.412125	0.441563
17	0.231575	0.347363	0.467075	0.480813
19	0.253163	0.379744	0.506325	0.529875
21	0.284563	0.426844	0.58875	0.58875
23	0.314	0.471	0.628	0.663325
25	0.341475	0.512213	0.680988	0.68295
27	0.3611	0.54165	0.73005	0.702575
30	0.412125	0.628	0.826213	0.841913

Keterangan :

A=Volume pada tegangan (12 volt) dan arus (3 Ampere), dengan luas penampang 20 cm³

B= Volume pada tegangan (12 volt) dan arus (3 Ampere), dengan luas penampang 40 cm³.

C=Volume pada tegangan (38 volt) dan arus (6,3 Ampere), dengan luas penampang 20 cm³

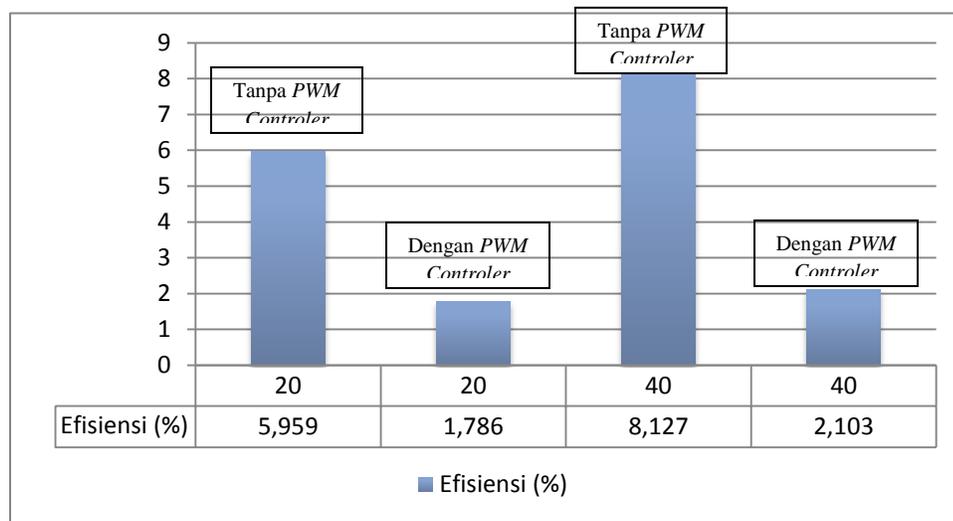
D=Volume pada tegangan (38 volt) dan arus (6,3 Ampere), dengan luas penampang 40 cm³

Dari data pada tabel 1 akan dicari nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai efisiensi HHO. Nilai efisiensi didapatkan, dengan menggunakan persamaan 1 yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2. Nilai efisiensi generator HHO (%)

No	Luas penampang elektroda (cm ³)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Efisiensi (%)
1	20	12	3	36	5,959
2	20	38	6.3	239,4	1,786
3	40	12	3	36	8,127
4	40	38	6.3	239,4	2,103

Berdasarkan tabel 2, dapat disimpulkan bahwa efisiensi generator HHO mencapai nilai terbesar pada 8,127% yaitu pada variasi luas penampang 40 cm³. Kemudian variasi dengan luas penampang 20 cm³ dengan daya 36 watt sebesar 5,959%. Efisiensi yang terkecil yaitu pada variasi luas penampang 20 cm³ dengan daya 239 watt. Adanya perubahan nilai efisiensi dari beberapa variasi pada penelitian ini disebabkan karena beberapa faktor, yaitu produktivitas yang dinyatakan dengan volume alir, massa jenis *gas HHO*, LHV HHO, dan energi yang digunakan untuk melakukan proses elektrolisis yang dinyatakan dengan daya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini

**Gambar 3.** Grafik hubungan antara luas penampang dan efisiensi generator HHO

Berdasarkan gambar grafik diatas, dapat dilihat besarnya luas penampang elektroda mempengaruhi efisiensi kerja generator HHO, karena semakin besar luas penampang elektroda maka molekul-molekul di dalam air akan semakin bebas untuk bergerak yang menyebabkan pertukaran ion-ion pada proses elektrolisis semakin cepat, sehingga

produktivitas gas HHO juga akan semakin besar. Besarnya daya mempengaruhi peningkatan efisiensi pada generator HHO. Apabila kuat arus yang dihasilkan tinggi maka efisiensi akan semakin menurun karena berkaitan dengan jumlah pasokan listrik dari sistem kerja operasional alat. Namun menghasilkan laju produksi yang cepat, hal ini dibuktikan pada percobaan dengan menggunakan daya yang lebih besar, Atom-atom hidrogen akan membentuk gelembung gas yang akan menjadi gas hidrogen yang lebih banyak disekitar katoda. Hal serupa terjadi pada ion OH yang menyatu pada anoda kemudian membentuk gas oksigen dalam bentuk gelembung gas.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa salah satu yang mempengaruhi efektifitas dari kerja generator HHO pada proses elektrolisis adalah variasi luas penampang dan besarnya daya yang digunakan. Variasi ukuran alat elektrolisis HHO mempengaruhi efektifitas dari generator HHO, semakin besar luas penampangnya maka semakin banyak volume gas yang dihasilkan dengan membutuhkan energi listrik yang lebih besar. Perbandingan antara besarnya ukuran elektroda harus seimbang dengan daya yang digunakan. Besarnya daya dapat menurunkan efektifitas kerja alat karena berkaitan dengan besarnya biaya operasional dari alat yang dihasilkan. Efisiensi yang terbaik didapatkan dengan daya 36 watt dengan nilai efisiensinya sebesar 8,127%

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin Tasrif, dkk., 2015, Studi Penggunaan Plat Elektroda Netral Stainless Steel 316 dan Aluminium Terhadap Performa Generator HHO Dry Cell, *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, Vol 8(2) p1 – 10.
- Fitriyanti, 2019, Analisis Produktivitas Gas Hidrogen Berdasarkan Arus Dan Tegangan Pada Proses Elektrolisis H₂O, *Jurnal JFT*, Vol 6 (2) p154-161.
- Palmer, David, 2011, *Hydrogen in the Universe*, NASA. https://imagine.gsfc.nasa.gov/ask_astro/index.html, Diakses tanggal 02-08-2021.
- Pertiwi, 2013, Pengaruh Penambahan Pwm (Pulse Width Modulation) Pada Generator Hho Tipe Dry Cell, *Jurnal Teknik ITS*, Vol 2 (2) p1-10
- Sinaga Devi, 2017, Aplikasi Pwm Pada Inverter Dc To Ac Berbasis Mikrokontroler Atmega 328, *Skripsi*, Medan, Universitas Sumatera Utara

Sopandi Ihsan, 2015, Studi Ketebalan Elektroda Pada Produksi Gas HHO (Hidrogen Hidrogen Oksigen) oleh Generator Hho Tipe Basah Dengan Katalis NaHCO_3 (Natrium Bikarbonat), *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, Vol 8(2) p11 – 20.