

Evaluasi Unjuk Kerja Generator HHO *Type Dry Cell* dengan Variasi Penambahan Karbon Aktif pada Katalis Natrium Hidroksida (NaOH)

Ochitria Cintia Br. Simanjuntak, Asnawi*, Reza Putra, Adi Setiawan, Alchalil

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Bukit Indah, Lhokseumawe, 24352, Indonesia

*Corresponding Author: asnawi@unimal.ac.id

Abstract – HHO gas can be an alternative energy in the energy transition towards a more efficient, low-carbon and sustainable energy system. HHO gas is produced through electrolysis of water using electricity to break down water into hydrogen ions. Water electrolysis requires large electrical energy so that activated carbon is used to save it. This study aims to determine the performance of dry cell type HHO generator with the addition of activated carbon to increase the efficiency and production rate of HHO gas. In this study, the data generated in the form of power required, HHO gas production rate and HHO generator efficiency. The experimental method was carried out by varying 0-10% activated carbon on NaOH catalyst with an interval of 2.5% for each variation. The results showed that the NaOH variation with the addition of 7.5% activated carbon got the highest HHO gas production rate and the highest efficiency of 458.72 ml/min and 63.04%. While the variation that requires less power in the NaOH variation with the addition of 2.5% activated carbon is 103.01 Watt.

Abstrak – Gas HHO dapat menjadi energi alternatif dalam transisi energi menuju sistem energi yang lebih efisien, rendah karbon dan berkelanjutan. Gas HHO dihasilkan melalui elektrolisis air menggunakan listrik untuk mengurai air menjadi ion hidrogen. Elektrolisis air membutuhkan energi listrik yang besar sehingga digunakan karbon aktif untuk menghematnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja generator HHO *type dry cell* dengan penambahan karbon aktif untuk meningkatkan efisiensi dan laju produksi gas HHO. Dalam penelitian ini, data yang dihasilkan berupa daya yang dibutuhkan, laju produksi gas HHO dan efisiensi generator HHO. Metode eksperimen dilakukan dengan memvariasikan karbon aktif 0-10% pada katalis NaOH dengan interval 2.5% tiap variasinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi NaOH dengan penambahan karbon aktif 7.5% mendapatkan laju produksi gas HHO tertinggi dan efisiensi tertinggi sebesar 458.72 ml/min dan 63.04%. Sedangkan variasi yang membutuhkan daya lebih sedikit pada variasi NaOH dengan penambahan karbon aktif 2.5% sebesar 103.01 Watt.

Kata kunci: Transisi energi, elektrolisis air, gas HHO, katalis, karbon aktif

1 Pendahuluan

Energi utama di Indonesia masih bersumber dari bahan bakar fosil yang memiliki efek samping melepaskan karbon dioksida (CO₂). Dengan seiring semakin meningkatnya kesadaran akan pentingnya perlindungan lingkungan dan keberlanjutan sumber daya alam, energi transisi menjadi topik yang penting dalam

agenda global. Transisi energi adalah proses transformasi dalam suplai energi berbasis bahan bakar fosil menuju energi yang lebih efisien, rendah karbon dan berkelanjutan dengan energi terbarukan [6]. Hidrogen menjadi salah satu sumber energi alternatif (energy carrier) yang potensial sebagai faktor pendukung percepatan transisi energi di Indonesia. Ada beberapa metode untuk memperoleh gas hidrogen yaitu *steam*

Manuscript received September 2024, revised September 2024, published October 2024

Copyright © 2024 Department of Mechanical Engineering, All right reserved.

DOI : 10.29103/mjmst.v8i2.17844

275

reforming (SMR), petroleum refining, coal gasification dan elektrolisis. Dimana semua metode tersebut prinsipnya sama yaitu memisahkan hidrogen dari unsur lain dalam senyawanya [7].

Elektrolisis merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Proses elektrolisis memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen dengan cara mengalirkan arus listrik ke elektroda tempat larutan elektrolisis (air dan katalis) berada [3].

Untuk memproduksi gas HHO digunakan sebuah *electrolyzer* yang merupakan tempat berlangsungnya proses elektrolisis air menghasilkan gas hidrogen dan oksigen. Proses elektrolisis air terus berlangsung hingga volume dan gelembung gas hidrogen dan oksigen yang melekat pada elektroda bertambah, kemudian terlepas dan mengapung, lalu akhirnya bergerak naik. Menurut [5] saat ini ada 2 jenis *electrolyzer* yaitu *Electrolyzer type wet cell* dimana katodanya terendam elektrolit di sebuah bejana air. Kelebihan dari tipe ini adalah perawatannya mudah dan kekurangannya adalah *electrolyzer* akan menjadi panas sehingga dapat mengurangi efisiensi karena daya yang digunakan akan terkonversi menjadi panas. Sedangkan *electrolyzer type dry cell* dimana elektrodanya tidak terendam dan elektrolit hanya mengisi celah-celah antara elektroda itu sendiri. Kelebihannya adalah perawatannya mudah dan elektrolit yang digunakan lebih sedikit karena elektrolit hanya mengisi celah antar pelat, kekurangannya adalah lebih rentan terhadap kebocoran.

Elektrolisis membutuhkan energi listrik yang besar untuk mengurai air menjadi ion hidrogen, maka dari itu digunakan karbon aktif agar dapat menurunkan jumlah arus listrik yang digunakan. karbon aktif dapat menjadi penghantar listrik yang baik juga mendukung dan menjaga stabilitas selama proses produksi hidrogen

Dalam proses elektrolisis air, selain membutuhkan sumber energi listrik juga diperlukan suatu zat yang mampu membantu mempercepat terjadinya proses penguraian yakni katalis. Penggunaan katalis akan mempermudah pemutusan gas hidrogen dan gas oksigen dalam air dan membentuk HHO [1]. Banyak jenis katalis yang bisa digunakan pada proses elektrolisis. Diantaranya yang sering digunakan yaitu kalium hidroksida (KOH) dan natrium hidroksida (NaOH).

Untuk mengetahui unjuk kerja dari generator HHO ada beberapa parameter yang harus diperhatikan

a. Konsumsi daya yang dibutuhkan

Besarnya daya yang dibutuhkan generator HHO ditentukan oleh besarnya tegangan dan arus listrik yang digunakan dalam proses elektrolisis [4]. Dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$P_{HHO} = V \times I$$

Dimana,

P_{HHO} = Daya yang dibutuhkan Generator HHO (Watt)

V = Beda potensial/tegangan (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

b. Laju produksi gas HHO (Brown's Gas)

Hasil yang diperoleh dari proses elektrolisis air menggunakan generator HHO adalah gas HHO atau *Brown's Gas*. Laju produksi gas HHO merupakan salah satu parameter yang penting untuk mengetahui seberapa baik kerja generator HHO dalam memproduksi gas HHO. Untuk perhitungan laju aliran massa dari gas HHO dapat dilihat pada persamaan berikut

$$\dot{m}_{HHO} = Q_{HHO} \times \rho_{HHO}$$

Dimana,

\dot{m}_{HHO} = Laju produksi gas HHO (g/s)

Q_{HHO} = Debit produksi gas HHO (l/s)

ρ_{HHO} = Massa jenis HHO (g/l)

Untuk mencari debit produksi gas HHO dapat dilihat pada persamaan berikut

$$Q_{HHO} = \frac{V}{t}$$

Dimana,

Q_{HHO} = Debit produksi gas HHO (l/s)

V = Volume gas terukur (l)

t = Waktu produksi gas HHO (s)

c. Efisiensi generator HHO

Efisiensi generator HHO adalah perbandingan energi yang diperlukan pada proses elektrolisis dengan energi yang dihasilkan.

Pada reaksi penguraian air : $H_2O(l) \rightarrow H_{2(g)} + 0,5O_{2(g)}$ = +286 x 10³ J/mol merupakan reaksi endoterm yang dimana menghasilkan entalpi yang bernilai positif. Sedangkan energi ikatan yang dibutuhkan menggunakan penurunan persamaan gas ideal pada kondisi STP, dapat dilihat pada persamaan berikut

$$P V = n R T$$

Dimana,

P = Tekanan gas ideal (atm)

V = Volume gas terukur (Liter)

n = molaritas senyawa (mol)

R = konstanta gas ideal (liter.atm/mol.K)

T = temperatur (K)

Untuk menghilangkan nilai per mol dari entalpi dan menyamakan nilai inpur dari daya dengan satuan *Watt* atau J/s, maka volume gas dan mol diberi satuan per waktu. Dapat dilihat pada persamaan berikut

$$\dot{n} = \frac{P \times \dot{V}}{R \times T}$$

Dimana,

\dot{n} = molaritas senyawa persatuan waktu (mol/s)

\dot{V} = Volume gas terukur per detik (L/s)

Maka perhitungan efisiensi generator HHO dapat ditunjukkan pada persamaan dibawah ini

$$\eta = \frac{\text{energi yang dimiliki oleh HHO hasil elektrolisis}}{\text{energi yang dibutuhkan untuk memproduksi gas HHO}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{\Delta h \times \dot{n}}{V \times I} \times 100\%$$

Dimana,

η = Efisiensi generator HHO (%)

Δh = besarnya energi yang dihasilkan untuk penguraian 1 mol ikatan molekul air (+286 x 10³ J/mol)
 n = molaritas senyawa persatuan waktu (mol/s)
 V = Beda potensial/tegangan (Volt)
 I = Arus listrik (Ampere)

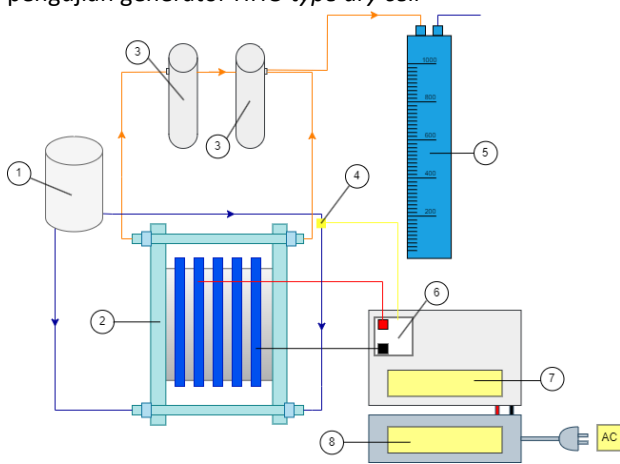
Pada penelitian ini, menggunakan *electolyzer* atau generator HHO *type dry cell*, sebagai katalisnya menggabungkan NaOH dengan karbon aktif yang tujuannya agar mengetahui hubungan penambahan karbon aktif terhadap efisiensi dan laju produksi gas HHO

2 Metode Penelitian

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen atau pengujian. Penelitian eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Konversi Energi dan Rekayasa Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh. Penelitian ini akan menghasilkan data berupa tegangan dan arus masuk, temperatur larutan elektrolit dan laju aliran gas HHO. Data yang diperoleh kemudian dimasukkan kedalam tabel untuk kemudian dilakukan analisis menggunakan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang kemudian akan dideskripsikan menjadi kalimat yang mudah dibaca, dipahami dan mudah untuk disimpulkan, sehingga dapat diketahui bagaimana pengaruh penambahan karbon aktif pada katalis natrium hidroksida proses elektrolisis air terhadap unjuk kerja generator HHO.

2.1 Skematik pengujian

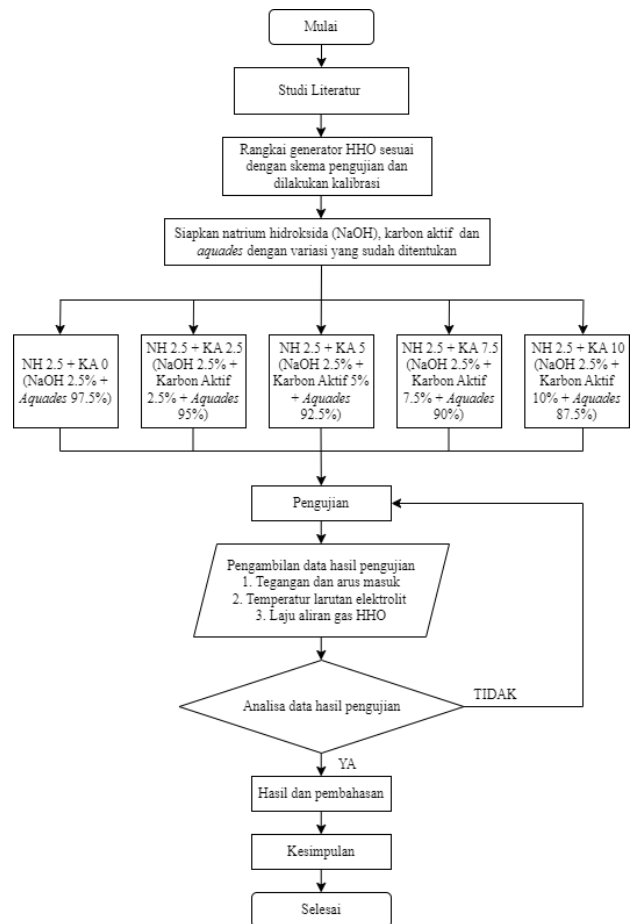
Dapat dilihat pada Gambar 1 untuk skematik pengujian generator HHO *type dry cell*



Gambar 1. Skematik pengujian generator HHO *type dry cell*

2.2 Diagram alir penelitian

Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

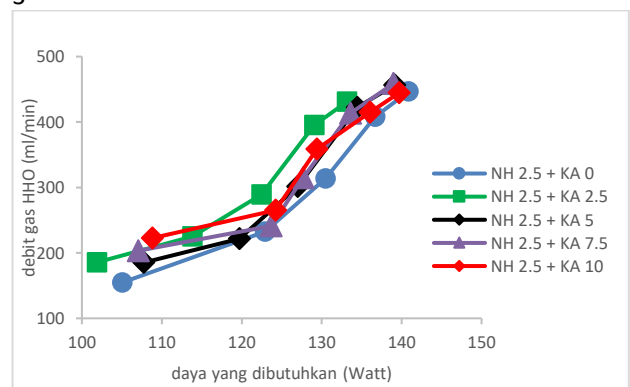


Gambar 2. Diagram alir penelitian

3 Hasil dan Pembahasan

Dari data yang telah didapatkan dan persamaan yang telah digunakan, maka data pengujian akan disajikan dalam bentuk grafik

Laju produksi gas HHO secara bertahap meningkat seiring dengan peningkatan arus dan tegangan yang diberikan, atau seiring dengan besarnya daya generator dikarenakan dapat mempercepat reaksi pembentukan gas HHO. Dapat dilihat pengaruh daya yang dibutuhkan terhadap debit gas HHO pada Gambar 3

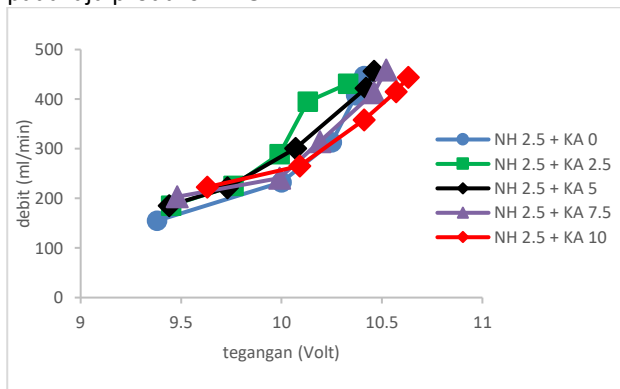


Gambar 3. Grafik hubungan antara debit gas HHO dengan daya generator HHO

Dari Gambar 3, dapat dilihat bahwa debit gas HHO tertinggi ada pada variasi NaOH 2.5 % dengan penambahan karbon aktif 7.5% sebesar 458.72 ml/min dengan kebutuhan daya sebesar 138.97 Watt. Dan debit gas HHO terendah pada variasi NaOH 2.5% tanpa penambahan karbon aktif sebesar 154.80 ml/min dengan kebutuhan daya 105.06 Watt.

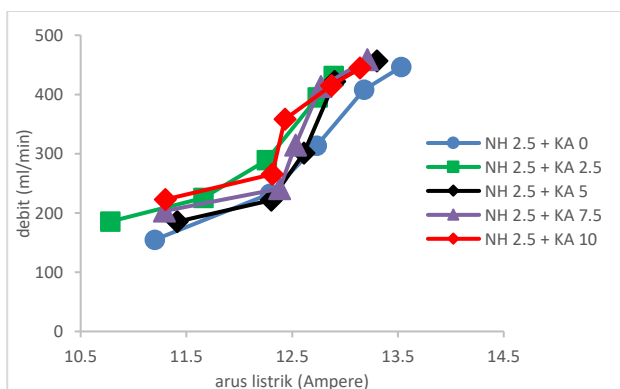
Sedangkan pada penelitian [2] mendapatkan debit gas HHO sebesar 479 ml/min menggunakan elektrolit 5 g/L NaOH, dimana tegangan nya ditetapkan sebesar 6.25 Volt sehingga kebutuhan dayanya sebesar 83.75 Watt. Hal ini dapat berbeda dikarenakan beberapa faktor seperti desain elektroda, jumlah pelat, waktu produksi dan pengaturan parameter lain. Dapat dilihat juga bahwa perbedaan konsentrasi juga berpengaruh, yang mana konsentasi lebih tinggi pada saat reaksi elektrokimia yang terjadi di elektroda mungkin lebih aktif dibandingkan dengan konsentasi yang lebih rendah.

Untuk pengaruh tegangan dan arus yang diberikan pada laju produksi HHO.



Gambar 4. Grafik hubungan tegangan dengan debit gas HHO

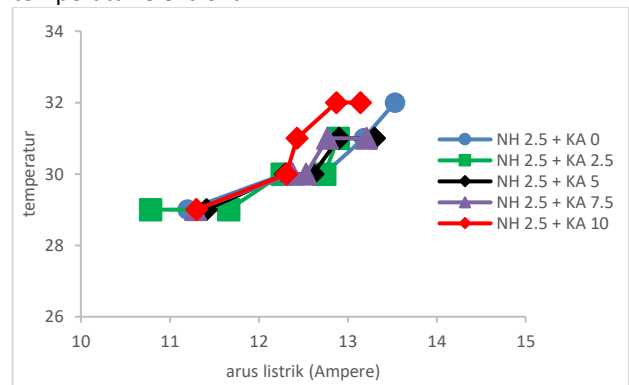
Dari Gambar 4 dapat dilihat tegangan yang lebih tinggi cenderung menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Arus listrik yang lebih besar menghasilkan kerapatan arus (current density) yang lebih tinggi. Dimana tegangan yang tinggi dapat menyebabkan kenaikan temperatur dan potensi penurunan produksi gas. Tegangan yang berlebih juga dapat mengakibatkan efisiensi menurun.



Gambar 5. Grafik hubungan arus listrik dengan debit gas HHO

Dari gambar 5 dapat dilihat arus yang diberikan juga bervariasi antara 11-14 Ampere, peningkatan arus yang diberikan menyebabkan peningkatan pertukaran antara ion hidrogen bermuatan positif dan negatif. Arus yang besar juga meningkatkan kecepatan reaksi kimia, sehingga mempercepat produksi gas HHO.

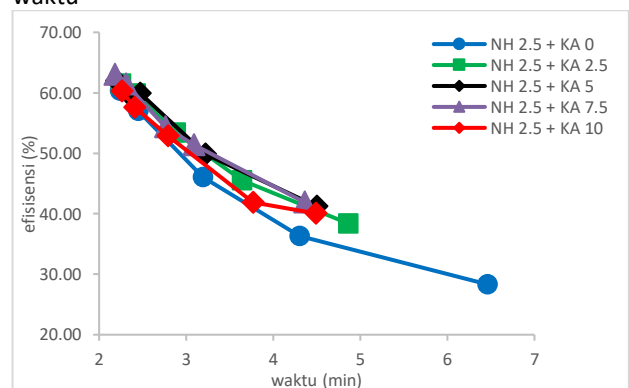
Dapat dilihat pengaruh arus listrik terhadap temperatur elektrolit



Gambar 6. Grafik hubungan antara arus listrik dengan temperatur elektrolit

Dari Gambar 6 grafik hubungan antara arus listrik dan temperatur elektrolit menunjukkan peningkatan tiap variasinya, temperatur tertinggi sebesar 32°C terlihat pada variasi NaOH 2.5% tanpa penambahan karbon aktif dan pada variasi NaOH 2.5% dengan penambahan karbon aktif 10%. Dengan arus listrik sebesar 13.53 Ampere dan 13.14 Ampere. Sedangkan temperatur terendah terlihat pada semua variasi yaitu sebesar 29°C. Kenaikan temperatur elektrolit yang signifikan diakibatkan oleh arus yang masuk dari sumber listrik (PLN) yang besar, sehingga sebagian energi listrik tersebut mengalami konversi menjadi energi panas yang menyebabkan kenaikan temperatur elektrolit.

Hubungan penambahan karbon aktif terhadap efisiensi generator HHO, dapat dilihat dari grafik perbandingan antara efisiensi generator HHO terhadap waktu



Gambar 7. Grafik perbandingan antara efisiensi generator HHO terhadap waktu

Dapat dilihat dari Gambar 7 menunjukkan bahwa hubungan penambahan karbon aktif 0-10% dengan interval 2.5% tiap variasinya terhadap efisiensi

generator HHO meningkat. Dimana pada variasi NaOH 2.5% penambahan karbon aktif 7.5% mendapatkan efisiensi tertinggi sebesar 63.04% dengan lama waktu 2.18 min, sedangkan efisiensi terendah didapatkan pada variasi NaOH 2.5% tanpa penambahan karbon aktif sebesar 28.33% dengan lama waktu 6.46 min. Efisiensi generator HHO berbanding lurus dengan laju produksi gas HHO. Ini menunjukkan bahwa generator tersebut mampu memaksimalkan konversi energi listrik menjadi energi kimia dalam bentuk gas HHO.

4 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data hasil pengujian pada generator HHO *type dry cell* dengan penambahan karbon aktif pada katalis natrium hidroksida, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa adanya peningkatan efisiensi dan laju produksi gas HHO

1. Laju produksi gas HHO tertinggi ada pada variasi NaOH 2.5% penambahan karbon aktif 7.5% sebesar 458.72 ml/min. laju produksinya lebih tinggi 27.69 ml/min dari variasi NaOH 2.5% penambahan 2.5% karbon aktif sebesar 154.80 ml/min.
2. Variasi NaOH 2.5% penambahan 7.5% karbon aktif mendapatkan efisiensi tertinggi sebesar 63.04%. Dimana efisiensinya lebih tinggi 2.74% dari variasi NaOH 2.5% penambahan karbon aktif 10% sebesar 60.30%.
3. Untuk variasi yang lebih sedikit membutuhkan daya adalah variasi NaOH 2.5% penambahan karbon aktif 2.5% dengan kebutuhan daya sebesar 103.01 Watt, dan variasi yang membutuhkan daya lebih tinggi pada variasi NaOH 2.5% tanpa penambahan karbon aktif sebesar 140.85 Watt.
4. Hubungan antara penambahan karbon aktif terhadap efisiensi dan laju produksi gas HHO meningkat, dengan peningkatan 0.4-1% tiap variasinya. Tetapi pada variasi NaOH 2.5% dengan penambahan karbon aktif 10% efisiensi mengalami penurunan, hal ini di sebabkan NaOH yang rendah tidak cukup untuk mendukung reaksi elektrolisis dengan efisien.

Daftar pustaka

- [1]. Budiartana, I. N., dan Ketut, I. (2013). Produksi Gas Dengan Proses Elektrolisis Dalam Pembuatan Generator Gas HHO , Elektroda Lembaran Dan Spiral Dengan Katalis NaOH , NaCl DAN NaHCO₃. *Jurnal Logic*, 13(1).
- [2]. El Soly, A. K., El Kady, M. A., Farrag, A. E. F., dan Gad, M. S. (2021). Comparative experimental investigation of oxyhydrogen (HHO) production rate using dry and wet cells. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(24).
- [3]. Firnanda, H. B. (2020). Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit Pada Generator HHO. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2).
- [4]. Handayani, Y. S., dan Priyadi, I. (2021). Analisis Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap Oxyhydrogen (Hho) Generator. *Jurnal Listrik, Instrumentasi Dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, 2(2).
- [5]. Haslinda, K. N. (2016). Pengaruh Penambahan Pelat Terhadap Produksi Brown's Gas Pada Generator HHO Tipe Dry Cell. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV (SNTTM XV)*, 061.
- [6]. Huda, A. K. (2023). Transisi Energi di Indonesia : Overview dan Challenge. *Buletin Pertamina Energy Institute* , p. Volume 9 Nomor 2.
- [7]. Nurlatifah, I., dan Arlianti, L. (2021). Artikel Review: Produksi Gas Hidrogen dari Reaksi Elektrolisis Sebagai Bahan Bakar Non-Fosil. *UNISTEK*, 8(1).
- [8]. Aljufri, A., Sofyan, S., Rizki, M. N., Putra, R., & Mawardi, I. (2024). Influence of shielding gas flow on the TIG welding process using stainless steel 304 material. *Journal of Welding Technology*, 6(1), 38-45.
- [9]. Siregar, K., & Situmorang, E. Y. R. (2022, December). Gas Oxyhidrogen (HHO) sebagai Sistem Pembakaran Pada Boiler. In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Vol. 5, No. 2, pp. 100-105).
- [10]. Rimbawati, R., Cholish, C., Tanjung, W. A. L., & Effendy, M. A. R. (2021). Pengujian Air Bersih Menjadi Hidrogen Untuk Energi Alternatif Dengan Menggunakan Arduino. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 65-74.
- [11]. Rahman, A., Putra, R., Islami, N., & Radian, H. (2024, April). Effect of Hydroxy Gas Addition in Gasoline-ethanol Fuel Mixture on Performance of Spark Ignition Engine. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2739, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- [12]. Asnawi, A., Muhammad, M., Rahman, A., Islami, N., Andika, D. D., Hutabarat, I. F., & Situmorang, I. (2023). Effects of bioethanol addition to the biodiesel-diesel fuel blend on diesel engine exhaust emissions. *Jurnal Polimesin*, 21(3), 292-296.
- [13]. Syahputra, A., Asnawi, A., Nayan, A., Alchalil, A., & Islami, N. (2023). Evaluation of Fluid Flow Velocity Variations on the Plate Heat Exchanger Performance. *TRANSMISI*, 19(1), 49-55.
- [14]. Asnawi, A., Setiawan, A., Sayuthi, M., Waluyo, T., & Radian, H. (2022). An experimental study on the effects of bioethanol-Gasoline blends on spark-ignition engine performance. *Jurnal Polimesin*, 20(2), 87-92.
- [15]. Rizki, M. N., Fikri, A., Faisal, F., & Nanda, R. A. (2023). ANALISIS VON-MISES STRESS, STRAIN, DAN TOTAL DEFORMASI PADA PELAT IMPLAN METATARSOPHALANGEAL (MTP) DENGAN MATERIAL TI-6AL-4V MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT METHOD. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 12(2), 178-189.