

Kaji Eksperimen Pengaruh Kuat Medan Magnet Terhadap Efisiensi Produksi Gas Oxyhidrogen (HHO) Pada Generator HHO Tipe Kering

Suryanto¹, Yiyin Klistafani^{2*}, Arrida Rahmadania³, Winarti Ike Pratiwi⁴

¹²³⁴ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
³yiyin_klistafani@poliupg.ac.id

Abstract: This research aims to investigate the influence of magnetic field on HHO gas production and to determine the effects of varying the number of poles and magnetic field strength on the efficiency of a dry cell type HHO generator. An experimental method was adopted to evaluate the performance of a dry type HHO generator in producing HHO gas. Manipulated variables included magnetic field strength, number of poles, electrolyte solution concentration (NaOH and KOH), and input current variation. The DC power source for the electrolysis process was derived from a photovoltaic (PV) panel. The results showed that the combination of a magnetic field strength of 0.3 Tesla with 3 poles, an NaOH solution concentration of 7.7%, and a current of 7 A resulted in the highest efficiency of 84.61%. These findings indicate that the optimization of these parameters can significantly improve the performance of dry cell type HHO generators.

Keywords: HHO Gas; Dry Type HHO Generator; Magnetic Field

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh medan magnet terhadap produksi gas HHO dan bagaimana efek jumlah kutub dan kuat medan magnet yang bervariasi terhadap tingkat efisiensi suatu Generator HHO Tipe Kering. Penelitian ini mengadopsi metode eksperimental untuk mengevaluasi kinerja generator HHO tipe kering dalam menghasilkan gas HHO. Variabel yang dimanipulasi meliputi kekuatan medan magnet, jumlah kutub magnet, konsentrasi larutan elektrolit (NaOH dan KOH), serta variasi arus input. Sumber energi listrik DC untuk proses elektrolisis berasal dari panel fotovoltaik (PV). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi antara kuat medan magnet 0,3 Tesla dengan 3 buah kutub magnet, konsentrasi larutan NaOH 7,7%, dan arus 7 A menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar 84,61%. Temuan ini mengindikasikan bahwa optimasi parameter-parameter tersebut dapat meningkatkan kinerja generator HHO tipe kering secara signifikan.

Kata kunci : Gas HHO; Generator HHO tipe kering; Medan Magnet

I. PENDAHULUAN

Energi yang dominan digunakan saat ini yaitu energi fosil sedangkan kita ketahui energi fosil adalah energi yang sukar di perbaharui untuk saat ini. Pada tahun 2022, Konsumsi energi fosil Indonesia mencapai 909,24 juta *Barrel of Oil Equivalent* (BOE) [1]. Untuk mengatasi penggunaan energi fosil yang meningkat adalah dengan menggunakan alternatif energi terbarukan seperti biomassa, energi surya dan hidrogen. Air adalah senyawa yang selalu ada di sekitar kita dan tidak akan habis. Senyawa air (H₂O) terdiri dari atom hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂) yang dimana keduanya adalah senyawa yang dapat membantu proses pembakaran [2].

Dengan ketersediaan hidrogen yang banyak membuat air menjadi suatu objek penelitian yang bisa menjanjikan. Hidrogen dapat diperoleh dengan cara elektrolisis air, pada proses elektrolisis air ini akan memperoleh *gas brown* atau biasa disebut gas HHO. Gas HHO ini digunakan sebagai substitusi bahan bakar untuk bensin, solar atau gas CNG untuk selanjutnya digunakan di mesin pembakaran luar maupun pembakaran dalam [3].

Proses elektrolisis membutuhkan energi listrik. Salah satu sumber energi listrik yang berkelanjutan adalah energi surya, yang dapat diperoleh melalui Panel PV. Energi Surya merupakan sumber energi yang bersih, tak terbatas, dan ramah lingkungan, sehingga penggunaan Panel PV dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Panel Surya terdiri dari banyak sel surya. Sel surya mengubah energi matahari menjadi listrik. Semakin banyak cahaya yang diterima, maka semakin banyak energi listrik yang dihasilkan. Listrik ini kemudian dapat disimpan dalam baterai [4].

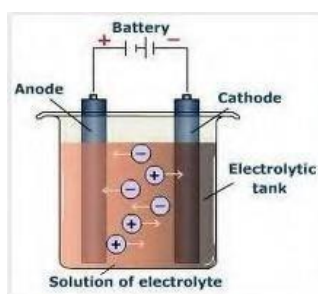
Kinerja generator HHO dipengaruhi oleh beberapa parameter misalnya konsentrasi katalis, arus input, tegangan input, dan pengaruh medan magnet. Pada penelitian yang dilakukan oleh [5], penambahan medan magnet dengan posisi elektroda horizontal lebih banyak gelembung yang terlepas dari permukaan elektroda. Mekanisme yang memfasilitasi medan magnet adalah gaya Lorentz yang juga digambarkan sebagai gaya *Magnetohidrodinamika* (MHD) dimana gaya Lorentz ini menghasilkan konveksi yang meningkatkan perpindahan massa dan mengurangi penurunan tegangan *ohmic* dan potensi berlebih konsentrasi.

Pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi pengaruh medan magnet pada generator HHO Tipe Kering terhadap efisiensi atau kinerja generator HHO dalam memproduksi gas oxyhidrogen (HHO). Mengacu pada penelitian terdahulu, efisiensi yang lebih tinggi dan ukuran yang lebih kompak adalah alasan utama pemilihan Generator HHO Tipe Kering [6]. Pada penelitian ini dilakukan beberapa variasi kuat medan magnet dan juga jumlah kutub magnet yang diprediksi akan mempengaruhi tingkat produksi hidrogen.

II. LANDASAN TEORI

A. Elektrolisis Air

Air (H_2O) merupakan senyawa yang paling penting dalam kehidupan, yang terdiri dari senyawa hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2), sedangkan gas H_2 merupakan hasil dari proses elektrolisis yang merupakan bahan bakar yang bernilai kalor tinggi. Gas Oxyhidrogen (HHO) merupakan hasil dari penguraian murni (H_2O) melalui proses elektrolisis. Pada proses elektrolisis, generator HHO menggunakan katalis alkali, gas H_2 dan O_2 dihasilkan bercampur berupa Gas Oxyhidrogen (HHO).



Gambar 1. Elektrolisis Air (Sumber: [7])

Proses elektrolisis air dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke air melalui dua buah elektroda (anoda dan katoda). Untuk mempercepat proses elektrolisis maka air tersebut dicampur katalis yang disebut elektrolit. Elektrolit yang digunakan pada proses elektrolisis yaitu Natrium Hidroksida (NaOH) atau Kalium Hidroksida (KOH). Sifat kimia dari NaOH dan KOH yaitu senyawa ini mudah larut dalam air, NaOH dan KOH bersifat basa kuat. Selain itu, NaOH merupakan larutan basa kuat, bersifat sangat korosif terhadap jaringan organik. Katalis dilarutkan dalam air murni pada tingkat konsentrasi tertentu atau molaritas tertentu kemudian dialirkan arus listrik searah (DC). Reaksi elektrolisis air dapat ditulis sebagai berikut:

Reaksi reduksi di katoda (-): $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-_{(aq)} + \text{H}^2_{(g)}$ Reaksi oksidasi di anoda (+): $2\text{OH}^- \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(aq)} + 2\text{e}^-$ Reaksi keseluruhan: $2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2\text{H}_2_{(g)} + \text{O}_2_{(g)}$

Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidroksida (OH^-). Ion (OH^-) hasil reaksi air pada katoda bergerak menuju anoda, di anoda tersebut elektron terlepas menuju permukaan anoda dan bergerak kembali menuju *power supply*, akibat terlepasnya elektron tersebut dua buah ion OH^- terurai membentuk air dan gelembung oksigen, gas H_2 yang timbul dalam katoda dan gas O_2 yang timbul pada anoda hasil dari elektrolisis tersebut muncul berbentuk gelembung gas kecil pada permukaan masing-masing elektroda. Gelembung pada elektroda dikumpulkan dan dikeluarkan dalam bentuk gas HHO. Kemudian gas HHO ini dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin [8].

A. Medan Magnet

Medan magnet adalah daerah disekitar magnet yang dipengaruhi oleh gaya magnet. Area medan magnet bisa ditunjukkan dengan garis gaya-gaya magnet. Garis-garis gaya magnet tersebut saling bertemu diujung kedua kutubnya. Efek kemagnetan dapat dihasilkan melalui berbagai macam cara. Apa yang ditemukan oleh Hans Christian Oersted (1777-1851) bahwa arus listrik menghasilkan medan magnet. Medan magnet yang diterapkan disekitar elektroliser dapat mempengaruhi pergerakan ion dalam larutan elektrolit. Ion positif (kation) bergerak menuju katoda sedangkan ion negatif (anion) bergerak menuju anoda [8]. Dengan adanya medan magnet ion dapat bergerak lebih cepat dan lebih terarah. Ini dapat meningkatkan laju reaksi elektrolisis dan efisiensi konversi energi listrik menjadi gas.

Melalui eksperimen, orang mendapatkan bahwa arus listrik (muatan) yang bergerak menimbulkan medan magnet. Peristiwa ini dimanfaatkan untuk membuat elektromagnet, yaitu magnet yang bekerja apabila dialiri arus listrik. Coulomb menemukan adanya medan gaya magnet yang dihasilkan diantara dua kutub berbeda. Kemudian teori berkembang lebih kearah molekuler dimana pada tahun 1982 Webber dan dikembangkan oleh Ewing mengemukakan teori bahwa “molekul satu zat benda, telah mengandung potensi magnet dengan masing- masing kutub N (utara) dan S (selatan).

Interaksi antar kutub magnet terjadi karena adanya penghubung berupa medan yang disebut medan magnet. Arus listrik yang mengalir pada kumparan kawat dapat menghasilkan medan magnet yang dapat menyebabkan potongan-potongan kecil besi (serbuk besi) yang tersusun pada medan tersebut. Yang dimaksud dengan istilah kemagnetan listrik ialah kemagnetan yang dibangkitkan oleh kuat arus listrik. Sebagai contoh jika ada kuat arus mengalir didalam kawat penghantar atau konduktor maka kuat arus ini akan membangkitkan medan magnet di sekeliling penghantar tersebut [9].

B. Parameter Unjuk Kerja Generator (GHHO)

Dalam pengoprasian generator HHO ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan:

1. Energi yang masuk ke Generator (P_{HHO})

Daya yang dibutuhkan dalam pengoperasian Generator HHO dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_{HHO} = V_{HHO} \times I_{HHO}$$

Dimana:

P_{HHO} = daya listrik generator gas HHO (W) V_{HHO} = Tegangan listrik generator gas HHO (V) I_{HHO} = Arus listrik generator gas HHO (A)

Pengukuran arus listrik digunakan ampermeter yang dipasang secara seri pada rangkaian kelistrikan GHHO, dan pengukuran tegangan listrik digunakan voltmeter yang dipasang secara paralel pada rangkaian listrik GHHO [10].

2. Massflowrate gas HHO ($\dot{m}_{HHO}$)

Kinerja dari GHHO diketahui dari banyaknya produksi gas HHO yang dihasilkan oleh generator HHO. Untuk mengetahui nilai *massflowrate* gas HHO dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{HHO} = \frac{m_{HHO}}{t_{HHO}}$$

Diketahui

m_{HHO} = massa gas terukur (m^3) t_{HHO} = waktu produksi gas HHO (s)

3. Efisiensi generator HHO (η_{HHO})

Parameter efisiensi Generator HHO merupakan perbandingan antara energi yang dibutuhkan dengan energi yang dihasilkan pada suatu sistem.

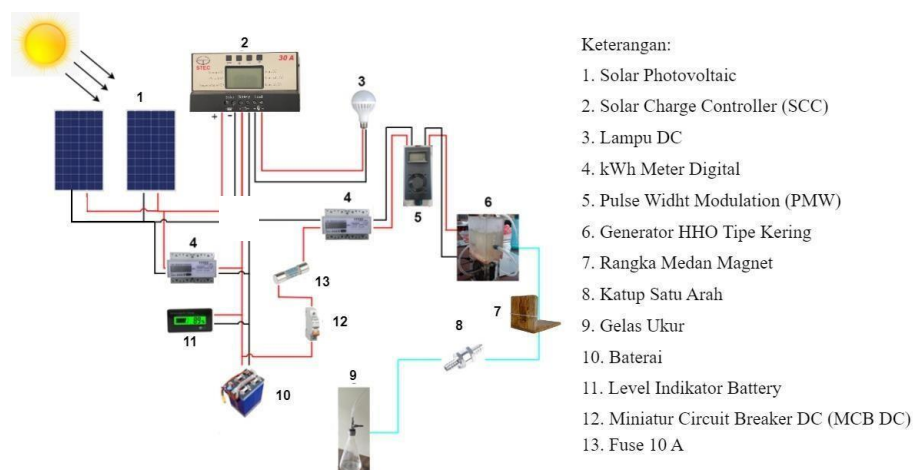
Pada perhitungan di atas nilai LVH yaitu 119930 j/gr dan nilai 1/9 di peroleh dari perbandingan massa hidrogen dan oksigen. Menurut [11], dari persamaan kimia pada proses elektrolisis air dapat

dihitung seberapa besar kandungan massa H_2 dan O_2 dalam gas HHO. Jika massa H_2O yang di elektrolisis sebanyak 1 kg, maka massa produktotal H_2 dan O_2 juga 1 kg.

III. METODE PENELITIAN

A. Tahap Perakitan

Penelitian ini mengadopsi metode eksperimental untuk mengukur pengaruh variasi medan magnet, arus, dan konsentrasi elektrolit terhadap laju produksi gas oxyhidrogen (HHO) pada generator HHO tipe kering. Proses elektrolisis digerakkan oleh energi surya yang disimpan dalam baterai, dengan Pulse Width Modulation (PWM) yang mengatur arus input untuk kontrol yang lebih presisi. Pengujian performa generator HHO di evaluasi dengan memvariasikan kuat medan magnet dan jumlah kutub magnet.



Gambar 2. Skema Penelitian

Eksperimen dilakukan seperti yang terlihat pada gambar 2, dimana terdapat dua buah panel PV dengan kapasitas 200 Wp (2×100 Wp) disusun secara paralel untuk mensupply energi listrik ke baterai melalui Solar Charge Controller (SCC). Dari baterai listrik dialirkan ke generator HHO melalui PWM. Beberapa kWh meter digital dipasang untuk mengukur laju energi listrik yang dibutuhkan dan medan magnet dipasang pada posisi sisi depan belakang generator HHO dan sisi kiri kanan generator HHO. Laju aliran massa produksi gas HHO diukur dengan alat ukur massa digital yang mempunyai tingkat presisi 0,001 gram (1/1000 gr).

B. Tahap Pengujian

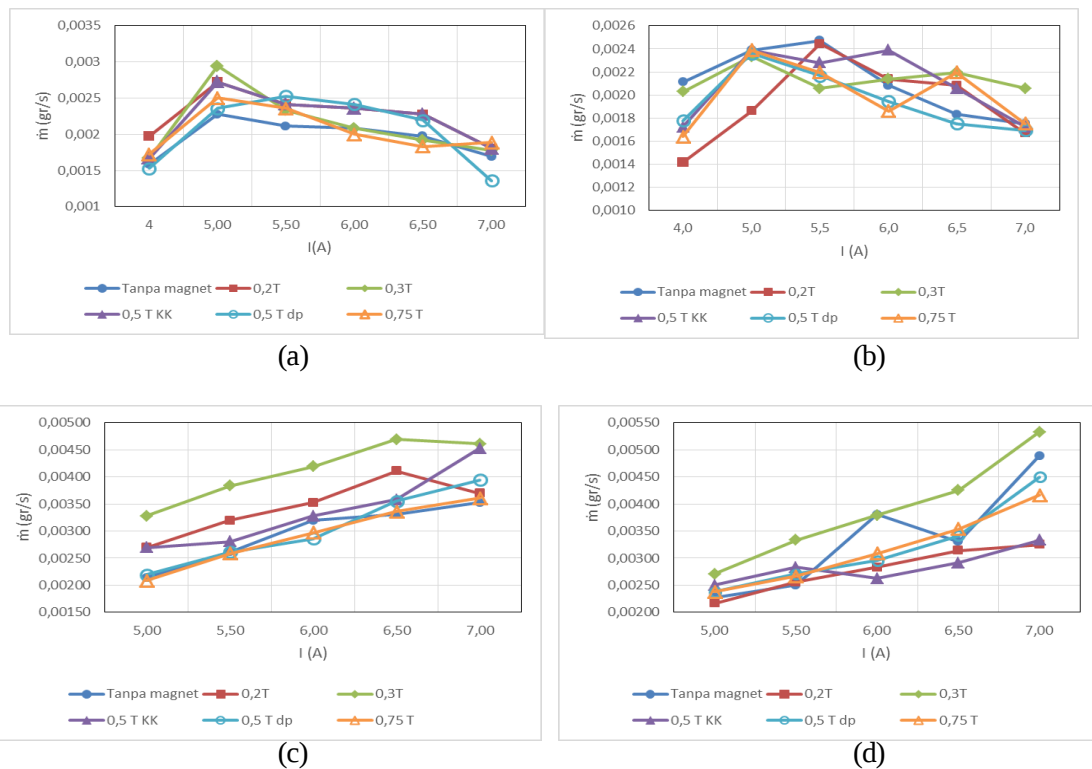
Setelah tahap perancangan selesai maka dilanjutkan dengan tahap pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja generator HHO. Pengujian generator HHO dilakukan dengan memvariasikan kuat medan magnet dengan beberapa jumlah kutub. Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada tahap pengujian dan pengambilan data antara lain:

1. Melarutkan katalis NaOH dan KOH kedalam air *aquades* di *reservoir tank* dengan konsentrasi katalis 7% dan 7,7%.
2. Memasang medan magnet pada generator HHO Tipe Kering dengan variasi kekuatan medan magnet yang digunakan adalah 0.2 T, 0.3 T, 0.5 T KK (posisi kiri-kanan), 0.5 T DP (posisi depan-belakang), dan 0.75 T.
3. Menimbang massa gas HHO pada gelas ukur menggunakan timbangan massa digital.
4. Mengatur arus yang mengalir ke generator HHO menggunakan PWM. Pada tahap ini juga dilakukan pencatatan tegangan, energi (Wh dan Ah) dengan menggunakan kWh meter digital.
5. Setelah generator HHO beroperasi selama 3 menit, Gas HHO yang telah diproduksi pada gelas ukur ditimbang kembali menggunakan timbangan digital.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Produksi Gas HHO

Grafik berikut menunjukkan korelasi antara arus input dan laju aliran gas HHO yang dihasilkan oleh generator HHO tipe kering dengan berbagai variasi kuat medan magnet dan konsentrasi katalis.

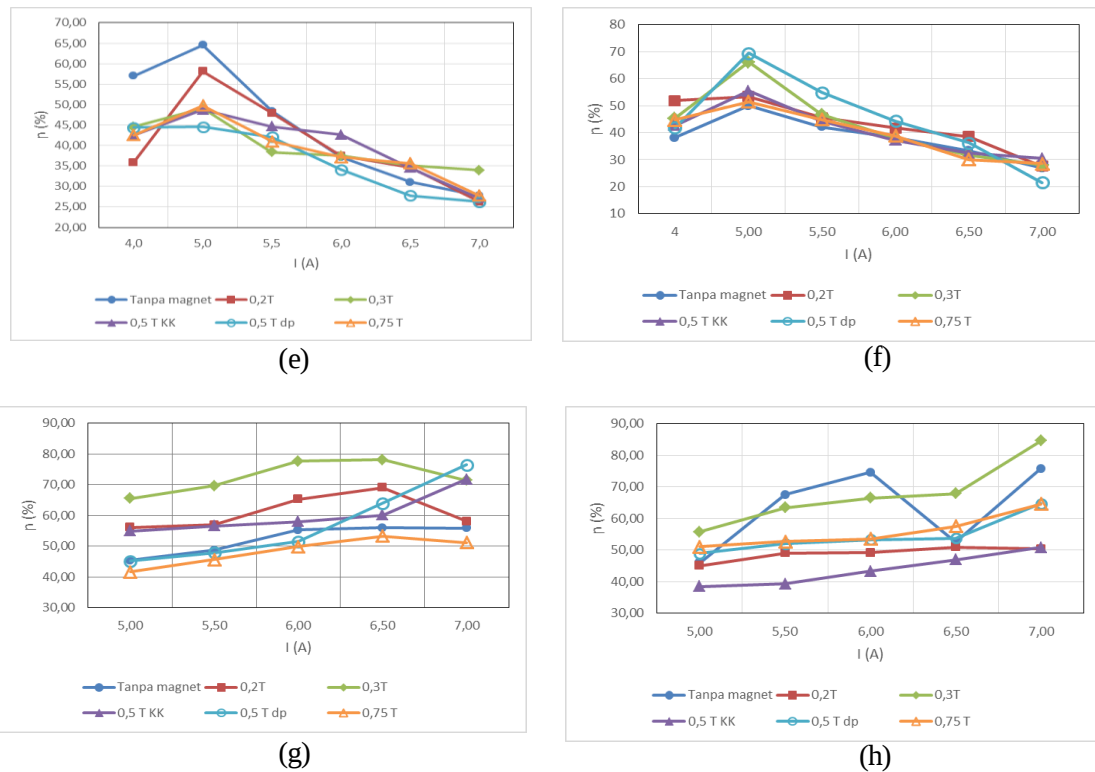


Gambar 3. Grafik Hubungan Arus Input Generator terhadap Produksi Gas HHO dengan konsentrasi (a) KOH 7% (b) KOH 7,7% (c) NaOH 7% (d) NaOH 7,7%

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa penambahan medan magnet mampu meningkatkan produksi gas HHO pada larutan elektrolit KOH 7%, NaOH 7%, dan NaOH 7,7% dibandingkan dengan kondisi tanpa medan magnet. Hasil yang berbeda pada larutan KOH 7,7% dimana penambahan medan magnet tidak menunjukkan peningkatan produksi gas yang signifikan. Produksi gas HHO tertinggi dihasilkan pada perlakuan penambahan medan magnet 0,3 Tesla dengan arus 7A sekitar 0,00533 gr/s. Pada penelitian yang dilakukan oleh [12], arah medan magnet masuk ke generator atau posisi magnet berada disebelah kanan generator menghasilkan debit rata-rata sebesar 0,07011 l/menit atau 0,0105 gr/s. Pada posisi magnet sebelah kiri generator menghasilkan nilai debit rata-rata sebesar 0,06931 l/menit atau 0,0100 gr/s. Adapun kuat medan magnet yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 0,0209 - 0,0481 T.

B. Efek Jumlah Kutub dan Kuat Medan Magnet Terhadap Efisiensi Generator HHO

Grafik berikut menunjukkan korelasi antara arus input dan efisiensi generator HHO yang dihasilkan dengan berbagai variasi kuat medan magnet dan konsentrasi katalis.



Gambar 4. Grafik Hubungan Arus Input Generator terhadap efisiensi produksi gas HHO dengan konsentrasi (a) KOH 7% (b) KOH 7,7% (c) NaOH 7% (d) NaOH 7,7%

Pada analisis diatas dapat diketahui bahwa penambahan kuat medan magnet dan jumlah kutub magnet dapat mempengaruhi efisiensi generator HHO. Pada percobaan KOH 7% selisih kenaikan efisiensi antara tanpa penggunaan magnet dengan penambahan kuat medan magnet dan jumlah kutub magnet sekitar 6,8%. Untuk perlakuan NaOH 7% sekitar 20,19% dan untuk NaOH 7,7% sekitar 4,4%. Namun pada percobaan KOH 7,7% penambahan kuat medan magnet tidak menunjukkan peningkatan efisiensi yang signifikan terhadap generator HHO Tipe Kering. Efisiensi tertinggi yang dihasilkan yaitu 84,61% yang didapat pada perlakuan penambahan magnet 0,3 Tesla dengan jumlah 3 kutub magnet, arus 7 A pada konsentarsi NaOH 7,7%. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh [6], efisiensi yang diperoleh pada pengujian generator HHO tipe kering dengan konsentrasi elektrolit 7,7% NaOH yaitu sebesar 67,08% pada arus 7 A. Penelitian yang dilakukan oleh [13] dengan medan magnet pada suhu ruang, jarak elektroda 2 mm dan tegangan 4 V, elektroda nikel dapat meningkatkan rapat arus 14,6%, dan elektroda platina dapat meningkatkan rapat arus 10%. Hal ini menunjukkan bahwa gaya magnet dapat meningkatkan efisiensi elektrolisis air.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan menganalisis data yang ada, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan medan magnet mempunyai efek positif terhadap peningkatan produksi gas HHO. Diketahui bahwa penambahan medan magnet mampu meningkatkan produksi gas HHO pada larutan elektrolit KOH 7%, NaOH 7%, dan NaOH 7,7% dibandingkan dengan kondisi tanpa medan magnet. Hasil yang berbeda pada larutan KOH 7,7% dimana penambahan medan magnet tidak menunjukkan peningkatan produksi gas yang signifikan.

2. penambahan kuat medan magnet dan jumlah kutub magnet dapat mempengaruhi efisiensi generator HHO. Pada percobaan KOH 7% selisih kenaikan efisiensi antara tanpa penggunaan magnet dengan penambahan kuat medan magnet dan jumlah kutub magnet sekitar 6,8%. Untuk perlakuan NaOH 7% sekitar 20,19% dan untuk NaOH 7,7% sekitar 4,4%. Namun pada percobaan KOH 7,7% penambahan kuat medan magnet tidak menunjukkan peningkatan efisiensi yang signifikan terhadap generator HHO.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusnandar, Viva Budy (2022). Ini sektor dengan konsumsi energi terbesar di RI pada 2021. Retrieved from databoks: <https://databox.katadata.co.id>.
- [2] Hidayatulloh Poempida (2015). Diskursus Bahan Bakar Air: *Journal Sinergi*, 19, 1410-2331, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- [3] Sudarmanta Bambang, Sudjud Darsopuspito, Djoko Sungkono (2016). *Application Of Dry Cell HHO Gas Generator With Pulse Modulation On Sinjai Spark Ignition Engine. International Journal of Research prasetin Engineering and Technology*, 05(02), 105- 112.
- [4] Pagan Sura Eka Pratama, Ira Devi Sara, Hafidh Hasan (2018). Komprasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh. Vol. 03 No. 4 2018:19-23, 19-23.
- [5] Chen Yen Ju, Yan Hom Li, Chiang Yao Chen (2022). *Effect of Magnet Field Studying the Effect of Electrode Material and Magnetc Field on Hidrogen production Efficien*, 2-1
- [6] Hidayah Nurul (2023). Kaji Eksperimen Pemanfaatan Energi Solar Cell Pada Proses Produksi Gas Oxyhydrogen (HHO). Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [7] Hakim Abdul (2016). Karakteristik Unjuk Kerja Generator Gas HHO Tipe Dry Cell Dengan Elektroda Titanium dan Penambahan PWM. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- [8] Rahmanto Raden Hengki, Jenny Primanita Diningrum (2019). Analisis Penggunaan Variasi Katalis NaOH, NaCl, dan KOH Terhadap Laju Aliran Gas HHO. Vol.7, No. 2 Agustus 2019, 64-71.
- [9] Hibaturrahman, Ryan Fuad (2019). Pengaruh Medan Magnet dan Katalis Karbon Aktif Terhadap Produksi Hidrogen Pada Elektrolisis Air. Malang: Universitas Brawijaya.
- [10] Tranggono A.S., A. (2016). *Performance Characterisric of HHO Gas Generator With Titanium Electroda and ITS Aplication to 150CC Motorcycle Injection System*. Surabaya: Institut teknologi sepuluh Nopember.
- [11] Abdullah Muhammad Yunus (2014). Analisis Penggunaan HHO dan Tanpa HHO Terhadap Kinerja Motor Bensin. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [12] Christina, Reza Fauzi Iskandar, Mamat Rokhmat (2018). Studi Pengaruh Medan Magnet Terhadap Produksi Gas Oxyhidrogen Pada Generator HHO Tipe Dry Cell. Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung
- [13] Lin Ming-Yuan, Wen-Nong Hsu, Lih-Wu Hourng, Teng-hih Shih, Chien-Ming-Hung dkk. (2021). *Journal of Marine Science and Tecnology. Effect Lorentz Force on Hydrogen Production in Water Electrolysis Employing Multielectrodes*, 511-518.