

UJI PERFORMA GENERATOR GAS OXYHYDROGEN (HHO) DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM DRY CELL DAN SEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI DC

Rizky Faesal Sadikin^{1*}, Lathifa Putri Afisna², Devia G.C. Alfian³, Theodorus Rendy Prasetya⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera

^{1*} Email: rizky.118170017@student.itera.ac.id

ABSTRAK

Di Indonesia, masa peralihan penggunaan kendaraan jenis motor pembakaran dalam menuju motor listrik untuk meminimalisir penggunaan bahan bakar fosil yang semakin menipis keberadaannya. Pada masa transisi tersebut, *oxyhydrogen* menjadi salah satu pilihan bahan bakar dengan proses elektrolisis. Penelitian yang dilaksanakan menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan variasi katoda dan anoda. Semakin banyak jumlah katoda dan anoda yang digunakan, maka semakin meningkat daya produksi, debit aliran, dan laju produksi dalam menghasilkan gas *oxyhydrogen*. Pada uji performa generator gas *oxyhydrogen* ini didapat nilai efisiensi, untuk variasi 1 katoda anoda sebesar 36,16%, variasi 2 katoda anoda sebesar 24,44%, dan variasi 3 katoda anoda sebesar 16,25%, serta rata – rata nilai efisiensi pada uji performa generator gas *oxyhydrogen* sebesar 25,61%. Hal ini disebabkan oleh nilai daya produksi memiliki pengaruh besar pada nilai efisiensi, semakin besar daya produksi yang digunakan semakin rendah nilai efisiensi, sedangkan jika penggunaan daya produksi rendah, maka nilai efisiensi akan meningkat. Sehingga, dengan bertambahnya jumlah katoda anoda yang digunakan, maka semakin besar daya untuk memproduksi gas *oxyhydrogen*.

Kata Kunci: elektrolisis; gas *oxyhydrogen*; katoda anoda; uji performa

PENDAHULUAN

Negara Indonesia memiliki konsumsi energi dari tahun ke tahun meningkat sangat signifikan. Hal ini bisa disebabkan oleh bertambahnya populasi penduduk, bertambah juga sarana dan prasarana yang digunakan untuk memenuhi keseimbangan perkembangan populasi penduduk tersebut, dan tentunya pertumbuhan industri yang sangat meningkat cukup signifikan [1].

Energi alternatif yang saat ini menjadi perhatian besar karena ketersediaannya dan menjadi sorotan berbagai negara adalah gas hidrogen. Salah satu bahan bakar yang memiliki nilai kalor dan nilai oktan yang tinggi diantara bahan bakar lainnya [2]. Selain itu, bahan bakar gas hidrogen ini sangat ramah lingkungan dan lebih efisien jika digunakan sebagai bahan bakar utama maupun bahan bakar pedamping [3].

Gas hidrogen bisa diproduksi dengan salah satu cara yaitu proses elektrolisis air dengan menambah larutan elektrolit untuk mempercepat reaksi reduksi oksidasi dengan menghantarkan daya listrik [4]. Larutan elektrolit akan direaksi menggunakan arus listrik sehingga menghasilkan gas Hidrogen Hidrogen dan Oksigen (HHO) atau

Oxyhydrogen. Gas *Oxyhydrogen* inilah yang bisa dijadikan bahan bakar utama ataupun pendamping [5].

Brown gas juga dikenal sebagai gas *oxyhydrogen*, adalah campuran gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan oleh elektrolisis larutan air. Ketika air dielektrolisis, gas hidrogen diproduksi di katoda dan oksigen diproduksi di anoda. Gas *oxyhydrogen* (HHO) ini merupakan campuran dari gas hidrogen dan oksigen yang berupa air [6]. Gas hidrogen merupakan salah satu energi terbarukan yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa [7]. Hidrogen memiliki nilai oktan yang lebih besar dari bahan bakar lain dan nilai kalor yang lebih tinggi dari bahan bakar lainnya. Hidrogen adalah bahan bakar yang baik karena sifatnya [8].

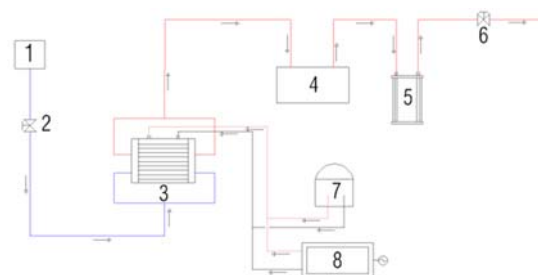
Penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini adalah pembuatan generator *oxyhydrogen* dengan parameter variasi jumlah elektroda yang berbeda – beda. Pada penelitian ini didapat simpulan berupa laju produksi pada generator gas *oxyhydrogen* terdapat pengaruh setiap penambahan jumlah elektroda, serta mengalami peningkatan volume dan laju produksi gas

oxyhydrogen. Hal ini dibuktikan dengan jumlah persentase yang meningkat ketika generator mengalami perubahan jumlah elektroda yang lebih banyak, kenaikan volume sebesar 33% dan kenaikan laju produksi sebanyak 36% terdapat pada jumlah plat sebanyak 14 plat [9]. Namun dalam penelitian ini, belum menganalisis penggunaan plat katoda anoda dengan jumlah yang bervariasi. Pada penelitian ini, didapatkan simpulan mengenai semakin banyak penggunaan jumlah plat elektroda, maka kemampuan generator dalam menghasilkan persentase kenaikan laju produksi lebih tinggi, sehingga dapat dikembangkan dalam penelitian selanjutnya dengan menggunakan plat elektroda yang lebih banyak dan menggunakan plat katoda anoda yang bervariasi berupa 1 katoda anoda, 2 katoda anoda, dan 3 katoda anoda.

Penelitian lain mengenai produksi gas *oxyhydrogen* dengan variasi besaran arus yang dilakukan oleh Ajat Sudrajat dengan judul analisis komposisi gas HHO menggunakan generator HHO dengan variasi besaran arus, dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa gas hidrogen dapat memberikan penghematan pada *engine* jika diberikan arus listrik sesuai dengan kebutuhan *engine* terhadap hidrogen yang dibutuhkan. Gas hidrogen mengalami pembakaran yang lebih baik pada variasi arus yang maksimal dari analisis ini, sebesar 20 ampere dengan jenis gas hidrogena mencapai 63% yang pada akhirnya memberikan performa terbaik pada *engine* [10].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa generator *oxyhydrogen* menggunakan proses pemisahan unsur air pada *electrolizer* dengan sumber arus energi DC yang berasal dari sel surya dan menggunakan *direct system* atau sistem langsung dari panel surya, Variasi 1 katoda anoda, 2 katoda anoda, dan 3 katoda anoda pada setiap pengujian dan KOH sebagai katalis pada proses elektrolisis air.



Gambar 1. Skema Penelitian

Keterangan:

Gambar 1. Skema Penelitian

Keterangan:

1. Water tank
2. Control valve
3. Generator *oxyhydrogen*
4. Reservoir tank
5. Tabung Rotameter
6. Valve distribution
7. Multimeter
8. Sumber arus DC sel surya

Generator *oxyhydrogen* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sumber energi DC dari panel surya dengan sistem langsung, dan dihantarkan langsung menuju katoda anoda generator *oxyhydrogen*, sehingga air dapat terlektrolisis dengan baik [11]. Variabel perolehan data penelitian ini berupa nilai kuat arus, tegangan, daya yang terukur pada ampere meter, debit aliran gas, laju produksi, serta efisiensi dari ketiga variasi katoda dan anoda [12]. Kuat arus dan tegangan yang diperoleh berfluktuatif, sehingga waktu yang digunakan untuk proses elektrolisis ini, didapatkan dengan perolehan tren daya produksi gas *oxyhydrogen* yang memiliki interval terlampaui signifikan, dan bisa berpengaruh terhadap debit aliran serta laju produksi gas *oxyhydrogen*. Sehingga, mempengaruhi nilai efisiensi pada setiap variasi katoda dan anoda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian uji performa generator gas *oxyhydrogen* (HHO) yang menggunakan sistem *dry cell* dan sel surya sebagai sumber arus DC, memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai efisiensi generator *oxyhydrogen* (HHO) dengan variasi yang digunakan berupa jumlah katoda dan anoda. Terdapat tiga variasi yang digunakan yaitu, 1 katoda anoda, 2 katoda anoda, 3 katoda anoda.

Analisis Daya Produksi Gas *Oxyhydrogen*

Pada penelitian ini, sumber energi DC yang digunakan merupakan hasil dari sel surya yang memanfaatkan efek fotovoltaik yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik melalui pancaran cahaya atau intensitas cahayanya. Daya produksi dapat dihitung dengan persamaan berikut.

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

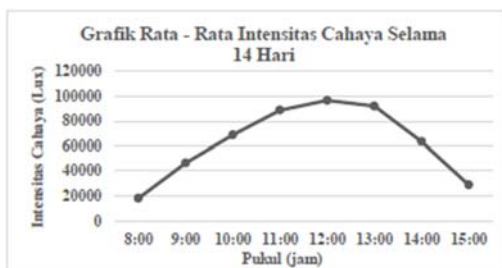
Keterangan :

P : Daya produksi gas (Watt)

V : Tegangan dari sel surya (Volt)

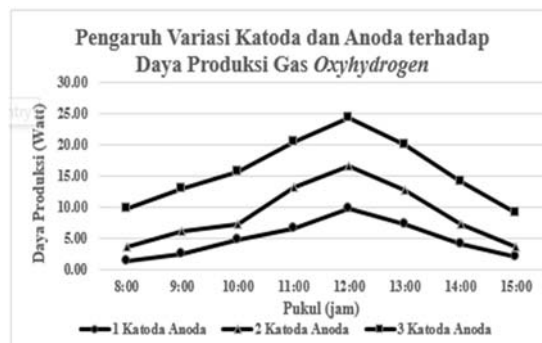
I : Kuat arus (Ampere)

Berdasarkan persamaan 1 diatas, perolehan daya produksi semakin meningkat disebabkan oleh intensitas cahaya yang semakin meningkat juga. Berikut grafik intensitas cahaya yang diperoleh selama 14 hari



Gambar 2. Grafik intensitas cahaya selama 14 hari

Pada sel surya ini memiliki daya maksimum sebesar 100 watt dengan kuat arus maksimal 5,48 ampere, dan maksimum tegangan sebesar 18,24 volt dengan jenis panel surya *Monocrystalline* yang berasal dari benih kristal silikon *monocrystalline* dengan terbuat dari kristal tunggal. Perolehan data daya produksi gas *oxyhydrogen* dilaksanakan dari jumlah variasi katoda dan anoda tertinggi, yaitu 3 katoda anoda, 2 katoda anoda, dan 1 katoda anoda. Menurut Prayogo (2016) [8], untuk menentukan daya produksi generator HHO dalam proses elektrolisis ditentukan oleh besarnya tegangan dan kuat arus, sehingga nilai daya produksi dapat dihitung dengan persamaan 1. Sehingga daya produksi yang diperoleh selama 14 hari, pada waktu yang sama terlampir pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengaruh variasi katoda anoda terhadap daya produksi selama 7 jam

Dari hasil analisis ketiga variasi katoda anoda diatas pada Gambar 3 ini, membahas mengenai seberapa besar pengaruh variasi katoda anoda terhadap nilai daya produksi gas *oxyhydrogen* dari masing – masing variasi. Pada variasi 1 katoda anoda memiliki rata – rata nilai daya produksi gas *oxyhydrogen* terendah, dibandingkan dengan kedua variasi katoda dan anoda lainnya. Nilai tegangan dan arus dari ketiga variasi katoda anoda menunjukkan bahwa pada variasi 3 katoda anoda memiliki nilai tertinggi. Hal ini bisa terjadi karena dalam penghantaran sumber energi DC atau listrik dari panel surya memiliki kemampuan berbeda dari setiap variasi katoda anoda, semakin bertambah katoda anoda maka semakin besar daya produksi gas *oxyhydrogen*. Sehingga nilai daya yang mampu menghasilkan proses pada generator *oxyhydrogen* yaitu variasi 3 katoda anoda, dan memberikan kuat arus dan tegangan yang maksimal sehingga generator mampu menghasilkan laju produksi gas *oxyhydrogen*.

Analisis Debit Aliran Gas *Oxyhydrogen*

Pada penelitian uji performa generator *oxyhydrogen* ini, dalam menganalisis debit aliran gas *oxyhydrogen*, dapat diukur dengan menggunakan rotameter, yang mana dalam pengukuran maksimalnya sebesar 1,5 liter permenit, dan hal ini masih belum spesifik dalam menganalisis debit aliran gas *oxyhydrogen*, sehingga pada proses perolehan data debit aliran gas aktualnya, digunakan plastik yang memiliki volume 1 liter yang telah bebas udara didalamnya, dan selama pengisian gas *oxyhydrogen* ke dalam plastik bervolume 1 liter diperoleh lama waktu pengisian gasnya. Sehingga volume dan lama waktu yang diperoleh menghasilkan data debit aliran gas

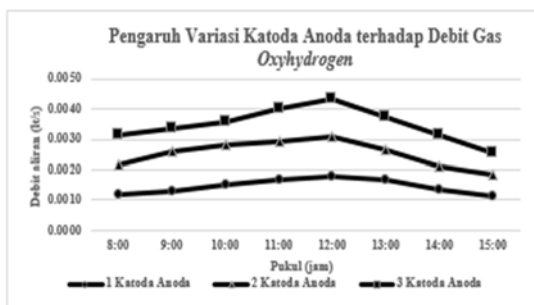
oxyhydrogen. Nilai debit aliran gas *oxyhydrogen* dapat dihitung dengan persamaan 2 berikut.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

Keterangan:

- Q : Debit aliran gas (lt/s)
 V : Volume gas terukur (lt)
 t : Waktu terukur (s)

Hasil data debit aliran gas *oxyhydrogen* yang menggunakan variasi katoda anoda, dan menunjukkan bervariasinya nilai debit aliran gas *oxyhydrogen* dari variasi 1 katoda anoda, 2 katoda anoda, 3 katoda anoda. Hal ini disebabkan fluktuasi nilai daya yang diperoleh setiap jamnya, dan memiliki nilai tertingginya pada pukul 12.00, diperoleh dengan nilai daya yang didapat dari panel surya dan diukur dengan banyak waktu yang digunakan untuk mengisi 1 liter volume. Grafik debit aliran gas terlampir pada gambar 4 berikut.



Gambar 3. Grafik Pengaruh variasi katoda anoda terhadap debit aliran selama 7 jam

Sehingga, analisis dari Gambar 4 menunjukkan pengaruh ketiga variasi katoda anoda terhadap debit aliran gas *oxyhydrogen*. Pada variasi 1 katoda anoda memiliki rentang nilai debit aliran gas *oxyhydrogen* terendah dan pada variasi 3 katoda anoda memperoleh rentang nilai debit aliran gas *oxyhydrogen* tertinggi. Pada variasi 1 katoda anoda memiliki nilai terendah faktor penyebabnya adalah kurang luasnya penampang proses elektrolisis dalam generator HHO dan penghantaran sumber energi DC dengan 1 variasi katoda anoda ini tidak terdistribusi dengan sempurna, sehingga perolehan debit gas *oxyhydrogen* untuk volume 1 liter memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan kedua variasi katoda anoda lainnya. Sedangkan pada variasi 3 katoda anoda untuk jumlah elektroda digenerator HHO

mampu menghantarkan listrik dengan baik sehingga untuk menghasilkan volume 1 liter tidak memerlukan waktu yang lama, sehingga nilai debit yang diperoleh juga lebih tinggi dibandingkan kedua variasi sebelumnya. Dari ketiga variasi katoda anoda ini, memiliki nilai maksimal pada pukul 12.00 meskipun dengan nilai daya produksi dan waktu dalam menghasilkan gas berbeda. Perubahan nilai debit aliran gas *oxyhydrogen* untuk ketiga variasi katoda anoda setiap jam tidak terlampau berbeda, dan menyesuaikan dengan sumber energi DC dari panel surya.

Analisis Laju Produksi Gas *Oxyhydrogen*

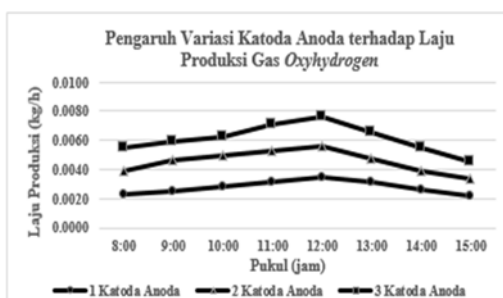
Pada proses analisis laju produksi gas *oxyhydrogen* ini menggunakan satuan massa (kilogram per hour) dengan sistem tidak langsung pada panel surya sebagai sumber energi DC serta menggunakan beberapa variasi katoda anoda dalam menentukan laju produksi gas *oxyhydrogen*. Untuk menghitung seberapa besar laju produksi pada generator *oxyhydrogen*, diperlukan massa jenis dari kedua unsur. Menurut penelitian yang dilaksanakan oleh Alfi pada tahun 2016 [13] massa jenis yang diperoleh dalam kondisi keadaan STP (ideal) dengan massa jenis H₂ sebesar 0,08235 gr/lt, serta massa jenis O₂ sebesar 1,3088 gr/lt sehingga massa jenis HHO didapat sebesar 0,491167 gr/lt. Nilai laju produksi dihitung dengan persamaan 3 berikut.

$$\dot{m} = Q \times \rho_{\text{hho}} \quad (3)$$

Keterangan:

- \dot{m} = Laju Produksi gas HHO (kg/s)
 Q = Debit produksi gas HHO (lt/s)
 ρ_{hho} = Massa Jenis gas HHO (gr/l)

Nilai laju produksi diperoleh dengan rentang waktu dari pukul 08.00 sampai dengan 15.00, dengan menggunakan variasi katoda anoda, sehingga diperoleh grafik, pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik pengaruh variasi katoda anoda terhadap laju produksi selama 7 jam

Sehingga pada Gambar 5 menunjukkan grafik mengenai pengaruh ketiga variasi katoda dan anoda terhadap nilai laju produksi gas oxyhydrogen. Pada semua variasi katoda anoda memiliki interval kenaikan dan penurunan nilai laju produksi yang tidak terlalu signifikan. Nilai laju produksi gas oxyhydrogen tertinggi terdapat pada variasi 3 katoda anoda, dan nilai terendah laju produksi gas oxyhydrogen terdapat pada variasi 1 katoda anoda. Sehingga pada analisis laju produksi ini adalah semakin banyak jumlah katoda anoda maka semakin besar nilai laju produksi gas oxyhydrogen, semakin rendah jumlah katoda anoda, maka nilai laju produksi semakin kecil. Dalam hal ini juga, semakin banyak jumlah katoda anoda maka semakin banyak juga nilai daya produksi gas yang digunakan sehingga nilai laju produksi yang dihasilkan semakin meningkat. Sebaliknya dengan semakin sedikit jumlah katoda anoda, maka semakin sedikit juga kuat arus dan tegang yang digunakan sehingga nilai laju produksi yang dihasilkan menurun.

Analisis Efisiensi Generator Gas Oxyhydrogen

Pada efisiensi generator HHO, dengan menggunakan variasi katoda dan anoda dapat diperoleh nilai dengan variabel data debit aliran gas, massa jenis HHO, nilai konstanta *low heating value*, dan daya produksi pada gas oxyhydrogen [14]. Nilai massa jenis yang diperoleh dari suatu keadaan ideal (STP) serta konstanta nilai kalor bawah pada gas HHO sebesar 119930 J/g [13]. Dalam analisis efisiensi ini, nilai daya produksi dan debit gas oxyhydrogen sangat berpengaruh terhadap persentase efisiensi yang diukur. Nilai efisiensi yang diperoleh dibandingkan dengan ketiga variasi katoda anoda. Dalam analisis efisiensi

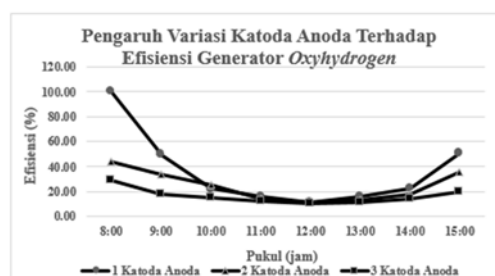
pada generator ini digunakan persamaan 4 sebagai berikut.

$$\eta_{HHO} = \frac{Q_{HHO} \times \rho_{HHO} \times LHV_{HHO}}{P_{HHO}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

- η_{HHO} = Efisiensi generator HHO (%)
- Q_{HHO} = Debit produksi gas HHO (lt/s)
- ρ_{HHO} = Massa jenis gas HHO (gr/L)
- LHV = 119930 J/g [9].
- P_{HHO} = Daya generator HHO (Watt)

Pada nilai efisiensi yang telah diperoleh melalui perhitungan, dilampirkan dengan beda variasi katoda anoda pada grafik Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 5. Grafik pengaruh variasi katoda anoda terhadap efisiensi generator oxyhydrogen selama 7 jam

Pada Gambar 6 yang menjelaskan mengenai pengaruh variasi katoda anoda terhadap efisiensi generator HHO. Nilai efisiensi rata – rata dari keseluruhan variasi sebesar 25,61%. Hal ini serupa dengan penelitian Rizky Akbar pada tahun 2013 [15] yang meneliti uji performa dengan pengaruh frekuensi listrik, dengan nilai efisiensi sebesar 20,06%. Pada proses elektrolisis terdapat perbandingan antara energi yang diperlukan dengan energi yang dihasilkan pada generator oxyhydrogen. Dalam hal ini sumber energi yang digunakan dari panel surya dengan *direct system*. Sehingga nilai daya produksi yang diperoleh berfluktuatif.

Pada Gambar 6, menjelaskan mengenai nilai efisiensi generator HHO pada variasi 1 katoda anoda, 2 katoda anoda, dan 3 katoda anoda. Nilai efisiensi tertinggi diperoleh dengan variasi 1 katoda dan anoda dikarenakan proses elektrolisis variasi 1 katoda anoda hanya menggunakan sedikit daya listrik dari panel surya, dan dapat menghasilkan debit aliran gas oxyhydrogen. Namun nilai laju produksi pada

variasi 1 katoda anoda termasuk yang terendah dibandingkan dengan kedua variasi lainnya karena nilai laju produksi dipengaruhi oleh besarnya daya listrik yang digunakan selama proses elektrolisis dari panel surya. Sedangkan, pada nilai efisiensi 2 katoda anoda, lebih rendah dari variasi 1 katoda anoda, sebab terjadinya peningkatan penggunaan daya listrik sehingga nilai efisiensi lebih rendah, akan tetapi nilai laju produksi yang diperoleh dari variasi 2 katoda anoda lebih tinggi dibandingkan dengan variasi 1 katoda anoda, sebab penggunaan daya listrik yang lebih besar dalam proses elektrolisis. Pada variasi 3 katoda anoda, memiliki nilai efisiensi terendah dibandingkan dengan kedua variasi sebelumnya sebab penggunaan daya listrik tertinggi terjadi untuk proses elektrolisis dan memiliki nilai debit aliran dan laju produksi tertinggi dibandingkan dengan kedua variasi sebelumnya.

Sehingga dapat dianalisis bahwa semakin banyak jumlah katoda anoda, maka terjadi peningkatan dalam penggunaan daya listrik, yang menyebabkan nilai efisiensi pada generator semakin rendah, namun memiliki nilai debit aliran gas dan laju produksi yang meningkat. Sebaliknya, semakin sedikit jumlah katoda anoda, maka terjadi penurunan penggunaan daya listrik yang menyebabkan nilai efisiensi pada generator HHO semakin meningkat dan memiliki nilai debit aliran dan laju produksi gas oxyhydrogen yang rendah.

KESIMPULAN

Generator *oxyhydrogen* yang dirancang dengan beberapa komponen telah berhasil beroperasi dalam mengelektrolisis air dengan konsentrasi katalis berupa KOH yang bersifat basa. Rancangan ini dikatakan berhasil karena dalam pelaksanaannya telah berhasil menghasilkan debit aliran gas oxyhydrogen dengan rata – rata 0,0025 lt/s, laju produksi gas dengan rata – rata sebesar 0,0045 kg/h, sehingga rancangan generator oxyhydrogen ini, menghasilkan rata – rata uji performa generator sebesar 25,61 %. Daya produksi yang diperoleh pada variasi katoda anoda dapat disimpulkan semakin besar daya produksi yang diperoleh. Hal ini disebabkan kemampuan jumlah katoda anoda yang tertinggi dalam menghasilkan daya produksi lebih besar. Laju produksi gas oxyhydrogen dari generator dipengaruhi oleh besaran daya produksi. Hal ini disebabkan semakin bertambah jumlah plat katoda anoda maka semakin tinggi nilai daya produksi gas

oxyhydrogen. Efisiensi generator *oxyhydrogen* merupakan perbandingan antara energi yang digunakan pada generator dengan energi yang dihasilkan oleh generator dalam proses elektrolisis. Pada nilai efisiensi, meningkat ketika penurunan penggunaan daya produksi elektrolisis, dan penggunaan energi meningkat maka nilai efisiensi akan semakin rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. K. Mazloomi and N. Sulaiman, "Influencing factors of water electrolysis electrical efficiency," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 6, pp. 4257–4263, 2012.
- [2] *Hydrogen*.
- [3] 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.
- [4] S. A. Sherif *et al.*, "Handbook of Hydrogen Energy Edited By," *CRC Press. Fr. Gr.*, 2014.
- [5] Murjito, "Rancang Bangun Electrolyzer Sistem Dry Cell untuk Penghematan Bahan Bakar Kendaraan Bermotor," *J. Gamma*, vol. 9, no. 1, pp. 179–186, 2015.
- [6] T. E. Keyes and R. J. Forster, *Spectroelectrochemistry*. 2007.
- [7] B. Co and S. Tinjauan, "Kajian Produksi Energi Hidrogen Menuju Transisi Ekonomi Bebas Co2: Sebuah Tinjauan Pustaka," *Teknoin*, vol. 22, no. 7, pp. 534–539, 2016.
- [8] S. St and M. Dc, "P: Vxl," vol. 6, no. 2, 2016.
- [9] R. Arianto, Martias, and T. Sugiarto, "Pengaruh Variasi Jumlah Plat Elektroda pada Elektrolizer terhadap Volume dan Laju Produksi Gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen)," *Indones. J. Mech. Eng. Vocat.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–34, 2021.
- [10] A. Sudrajat, "Analisis Komposisi Gas Hho Menggunakan Generator Hho Upn " Veteran " Jakarta Upn " Veteran " Jakarta."
- [11] M. Helgesen, R. Søndergaard, and F. C. Krebs, "Advanced materials and processes for polymer solar cell devices," *J. Mater. Chem.*, vol. 20, no. 1, pp. 36–60, 2010.
- [12] A. Susanto, G. Rubiono, and Bunawi, "Pengaruh Variasi Luas Permukaan Plat Elektroda Dan Konsentrasi Jurnal Prodi

- Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi Jurnal Prodi Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi,” vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [13] A. T. A. S *et al.*, “Karakteristik Unjuk Kerja Generator Gas Hho Dengan Elektroda Titanium Dan Mengaplikasikan Pada Sepeda Motor 150CC,” 2016.
- [14] M. M. El-Kassaby, Y. A. Eldrainy, M. E. Khidr, and K. I. Khidr, “Effect of hydroxy (HHO) gas addition on gasoline engine performance and emissions,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 55, no. 1, pp. 243–251, 2016.
- [15] R. Akbar and D. Sungkonokawano, “Pengaruh Penggunaan Frekuensi Listrik terhadap Performa Generator HHO dan Unjuk Kerja Engine Honda Kharisma 125CC,” vol. 2, no. 2, pp. 294–298, 2013.