



Jurnal Teknologi Maritim Volume 8 No 1 Tahun 2024
16 Oktober 2024 / 24 Oktober 2024 / 24 Oktober 2024

Jurnal Teknologi Maritim

<http://jtm.ppns.ac.id>

Pengaruh Penambahan Katalis KOH, NaCl, dan NaOH terhadap Performa Hidrogen Generator untuk Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)

M Anis Mustaghfirin^{1*}, Rafi Akbar Heriyansyah², Ni'matut Tamimah¹, Eky Novianarenti¹, Aminatus Sa'diyah¹, M Hakam¹, Mardi Santoso²

¹Program Studi Teknnologi Rekayasa Energi Berkelanjutan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl Teknik Kimia No.1 Kampus ITS, 60111, Indonesia

²Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl Teknik Kimia No.1 Kampus ITS, 60111, Indonesia

Abstrak. Katalis dalam hidrogen generator sangat berperan penting dalam menentukan efisiensi produksi hidrogen yang nantinya digunakan dalam Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC). Diantaranya KOH dan NAOH yang sering digunakan dalam elektrolisis air memiliki konduktivitas yang tinggi serta memungkinkan aliran arus yang lebih baik selama elektrolisis. Oleh karena itu diperlukan perancangan dan pembuatan Hidrogen Generator untuk PEMFC serta melakukan pengujian variasi jenis dan konsentrasi katalis. Proses pengujian hidrogen generator menggunakan larutan katalis dengan konsentrasi yang berbeda-beda dan menghasilkan 15 variasi hasil dari data kuantitatif dan kualitatif. Selain itu juga dapat diketahui nilai *break even ratio*. Kualitas *power density* dan efisiensi dari penelitian tersebut didapatkan nilai tertinggi terdapat pada katalis NaCl 0,05M, namun *Specific Fuel Consumption* (SFC) nya mendapatkan hasil terendah sebesar 0,58 kg/kWh. Nilai *Break Event Ratio* terbaik didapatkan dari jenis katalis NaCl 0,05 dengan nilai 0,087. Penggunaan Katalis Air Laut memiliki nilai efisien yang paling tinggi pada persentase 100% dengan efisiensi elektroliser mencapai 13,36% dan SFC terendah yakni 0,24 kg/kWh.

Katakunci: *break even ratio*, hidrogen generator, katalis, Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC), *specific fuel consumption*.

Abstract. The catalyst in the hydrogen generator plays a very important role in determining the efficiency of hydrogen production which will later be used in the Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC). Among them, KOH and NaOH, which are often used in water electrolysis have high conductivity and allow better current flow during electrolysis. Therefore, it is necessary to design and manufacture a Hydrogen Generator for PEMFC as well as testing variations in catalyst type and concentration. The hydrogen generator testing process uses catalyst solutions with different concentrations produced 15 variations of quantitative and qualitative data results and break-even ratio values. The highest power density and fuel cell efficiency quality is found in the 0.05M NaCl catalyst but with the lowest Specific Fuel Consumption (SFC) of 0.58 kg/kWh. The best Break Event Ratio value is found in the 0.05 NaCl catalyst type with a value of 0.087. The use of Sea Water Catalyst has the highest efficiency at 100% with an electrolyze efficiency reaching 13.36% and the lowest SFC of 0.24 kg/kWh.

Email Korespondensi: nimatuttamimah@ppns.ac.id
doi: 10.35991/jtm.v8i1.49

Keywords: break even ratio, catalyst, hydrogen generator, Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC), specific fuel consumption.

1. Pendahuluan

Baterai sebagai penyimpan energi sejauh ini masih belum mampu menyimpan listrik dengan jumlah besar dan dapat menimbulkan emisi berupa Kobalt, Karbon, maupun Litium yang dapat mencemari tanah dan mengganggu kesehatan, serta perlu dilakukan pengisian ulang. Oleh karena itu diperlukan pemanfaatan penyimpan energi lain yang lebih unggul salah satunya Hidrogen. Pemanfaatan Hidrogen dalam penyimpanan banyak digunakan untuk sel bahanbakar stationer meliputi listrik, mesin pembakaran internal, dan kendaraan sel bahan bakar. Hidrogen menghasilkan lebih banyak energi dengan kepadatan energi jauh lebih tinggi dibandingkan media penyimpanan energi lainnya.

Hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis dapat diaplikasikan dengan dialirkan menuju fuel cell untuk dikonversi menjadi energi listrik. Fuel cell merupakan alat pengkonversi energi yang diperoleh dari proses elektrokimia diubah menjadi energi listrik. Fuel cell salah satu teknologi yang baik diaplikasikan karena berasal dari sumber bahan bakar ramah lingkungan yaitu Green Hydrogen, tidak menghasilkan emisi karena hasil samping berupa air, dan kepadatan energi (energy density) yang lebih tinggi dibanding energi konversi lain seperti baterai atau accu (Dewantoro, 2019). Penggunaan fuel cell pada era ini harus dilakukan mengingat dunia menghadapi dua krisis yaitu sumber bahan bakar fosil yang semakin nipis dan kenaikan iklim secara global (Basori, 2018).

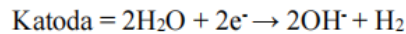
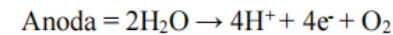
Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC), salah satu jenis fuel cell, tidak menghasilkan emisi yang mempengaruhi jumlah polutan dan memiliki umur stack yang panjang, (Dewantoro, 2019). PEMFC menghasilkan air dan energi panas sebagai produk sampingan sedangkan hasil elektron (e^-) digunakan sebagai energi listrik yang dihasilkan (Santoso, 2020). PEMFC hanya memerlukan Hidrogen dan Oksigen dari udara dan air sehingga bersifat tidak korosif. Selain itu dapat beroperasi pada temperatur rendah, beroperasi dengan cepat, waktu pemanasannya rendah sehingga memiliki daya tahan tinggi (Rahmawan, 2018). Wibowo (2021) juga menuliskan bahwa fuel cell dapat digunakan sebagai penerangan pada kapal nelayan untuk mengurangi kerjagenerator kemudian didapatkan hasil daya sel bahan bakar pemakaian elektrolit 250 gram menghasilkan 122,24 wh.

Dari beberapa permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk perancangan dan pembuatan Hidrogen Generator untuk PEMFC serta melakukan pengujian variasi jenis dan konsentrasi katalis. Pada penelitian ini menggunakan jenis katalis Kalium Hidroksida (KOH), air laut (NaCl), dan NaOH sedangkan konsentrasi katalis meliputi 0,01M; 0,02M; 0,03M; 0,04M; dan 0,05M untuk melihat hasil kuantitas produksi Hidrogen dan kualitas energi listrik yang dihasilkan.

2. Tinjauan Pustaka

Hidrogen Generator merupakan alat untuk mengubah air (H_2O) yang dicampur katalis menjadi gas HHO yang selanjutnya digunakan pada fuel cell agar bisa dikoversi menjadi energi listrik. Hidrogen Generator menggunakan prinsip kerja elektrolisis air dan digunakan untuk memproduksi gas Hidrogen. Elektrolisis adalah suatu peristiwa penguraian senyawa air (H_2O) menjadi gas Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2) yang menggunakan arus listrik melalui

media air (Wahyono, 2017). Elektrolisis terjadi apabila aliran arus listrik melalui larutan elektronik serta mengalami reaksi kimia. Larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik karena mengandung ion-ion yang bergerak bebas. Listrik yang dihantarkan melalui larutan elektrolit terjadi apabila sumber arus searah memiliki muatan yang berbeda pada kedua elektroda. Katoda, yakni elektroda pada kutub negatif dan bermuatan negatif. Sedangkan anoda, yakni elektroda pada kutub positif yang bermuatan positif. Reaksi kimia yang terjadi saat elektrolisis



Berdasarkan reaksi kimia tersebut diketahui bahwa aliran arus listrik dalam elektrolisis menghasilkan gelembung-gelembung gas yang berupa gas Hidrogen dan Oksigen. Pada pelat positif (anoda) terbentuk gelembung gas Oksigen dan pada pelat negatif (katoda) terbentuk gelembung gas Hidrogen (Wahyutomo, 2018). Faktor yang mempengaruhi elektrolisis yaitu penggunaan katalisator, sifat logam dari material elektroda, serta larutan elektrolit. a. Katalisator Produksi gas Hidrogen dari proses elektrolisis tergantung dari jenis dan konsentrasi katalis yang diberikan. Katalisator tidak ikut bereaksi namun dapat berfungsi meningkatkan laju reaksi kimia.

Terkait dengan konsentrasi katalis dalam penelitian empiris menunjukkan hasil beragam yaitu variasi konsentrasi katalis KOH menghasilkan jumlah produksi gas Hidrogen paling tinggi pada konsentrasi 2M dimana efisiensi sebesar 93,5% (Dewantoro, 2019). Pengujian lainnya terkait konsentrasi katalis yaitu perbedaan konsentrasi KOH yang digunakan dari konsentrasi 10% sampai 70% berbasis massa dan diperoleh hasil pada konsentrasi KOH yang paling tinggi dicapai performa yang paling tinggi pula. Semakin besar konsentrasi suatu larutan pereaksi maka akan semakin besar pula laju reaksinya (Suardamana, 2014). Pada penelitian ini, peneliti menggunakan variasi jenis katalis KOH, air laut (NaCl), dan Natrium Hidroksida (NaOH). KOH merupakan senyawa kimia yang fungsinya untuk mempermudah proses penguraian air menjadi Hidrogen dan Oksigen. Ion-ion katalisator tersebut mampu mempengaruhi kesetabilan molekul air menjadi ion H^+ dan OH^- yang proses elektrolisisnya lebih mudah karena terjadi penurunan energi aktivasi (Basori, 2018).

Air laut mengandung beberapa senyawa yang bermacam-macam salah satunya natrium klorida (NaCl) berfungsi sebagai katalis secara alami. Penelitian ini menggunakan NaCl murni sebagai pemodelan air laut. Sedangkan NaOH juga termasuk dalam katalisator yang mampu sempurna dalam menghantarkan listrik. Pemilihan katalis didasarkan pada sifat netral (NaCl) maupun basa kuat (KOH dan NaOH) dimana memiliki sifat dapat terionisasi sempurna dan dapat menghantarkan arus listrik sehingga akan mempercepat proses elektrolisis air. Adapun pH KOH yaitu 13, pH NaCl yaitu 7-8, dan pH NaOH yaitu 11 (Hamidah, 2021). Selain jenis katalis, penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi katalis meliputi 0,01M; 0,02M; 0,03M; 0,04M; dan 0,05M. Adanya konsentrasi katalis tersebut menyebabkan salinitas pada sampel yang digunakan berkisar 0,4‰-2,90‰. Satuan salinitas dibaca gram/kg air. Selain penggunaan katalis buatan, pada penelitian ini juga menggunakan katalis alam yakni air laut yang di ambil di Kenjeran, Surabaya. Adapun pH air laut di Kenjeran, Surabaya yakni 7,6 dan salinitas 22,9‰ (Hariyati et al, 2010).

3. Metode

Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi penggunaan jenis katalis yaitu KOH, Air laut (NaCl), dan NaOH serta variasi konsentrasi katalis yaitu 0,01M; 0,02M; 0,03M; 0,04M; dan 0,05M. Adapun kombinasi variasi menjadi 15 tipe. Selain itu juga dilakukan pengujian menggunakan air laut dengan persentase 0%, 50%, dan 100%. Variasi-

Cantumkan Judul Artikel pada Baris ini dengan menggunakan huruf besar pada setiap kata, Baris Kedua ini dapat digunakan jika diperlukan

variasi kemudian dieksperimen dan didapatkan hasil data kuantitatif laju gas Hidrogen yang dihasilkan pada Hidrogen Generator meliputi volume hingga debit Hidrogen. Selain itu, dituliskan juga data daya Hidrogen yang dihasilkan serta tegangan dan arus input dari power supply. Perhitungan efisiensi elektroliser juga dilakukan untuk mengetahui efisien dari Hidrogen Generator.

Tabel 1 Variabel dalam penelitian

Variabel	Uraian
Manipulasi	a) Variasi jenis katalis : KOH, NaCl (air laut), dan NaOH; b) Variasi konsentrasi katalis : 0,01M; 0,02M; 0,03M; 0,04M; dan 0,05M c) Variasi persentase air laut : 0%, 50%, dan 100%
Terikat	a) Kuantitas laju produksi gas Hidrogen yang dihasilkan Hidrogen Generator, efisiensi elektroliser b) Kualitas power density, efisiensi fuel cell, dan Specific Fuel Consumption (SFC) Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)
Kontrol	a) Waktu elektrolisis 6 menit b) Elektrolit berupa air destilata 1 liter c) Elektroda pada Hidrogen Generator menggunakan bahan <i>stainless steel</i> pada anoda dan Tembaga (Cu) pada katoda dengan bentuk lempengan persegi panjang (15cm×4cm×2mm), jumlah susunan anoda dan katoda masing-masing 6 plat. d) Daya masuk Hidrogen Generator 60 Watt e) Pembebanan lampu 4 lampu masing-masing 2,5 Volt 0,3A (7,5 Watt) dirangkai paralel.

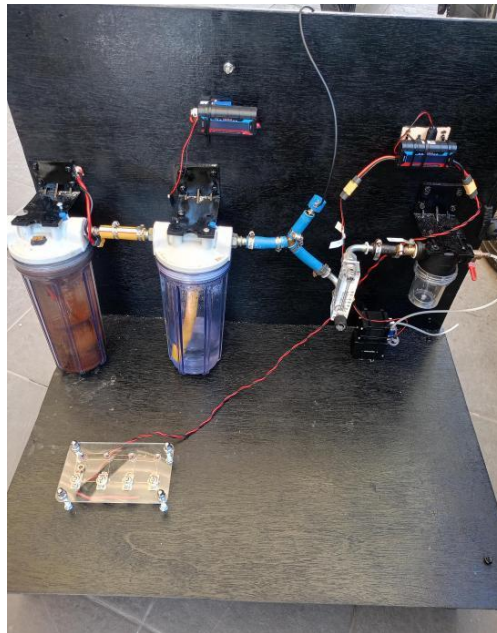
Selain itu, dituliskan juga data daya Hidrogen yang dihasilkan serta tegangan dan arus input dari power supply. Perhitungan efisiensi elektroliser juga dilakukan untuk mengetahui efisien dari Hidrogen Generator. Efisiensi elektroliser dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1). Dimana daya gas Hidrogen (P_{H_2}) dibagi dengan daya Listrik input ($P_{listrik}$) kemudian dikali dengan 100%.

$$\eta_{el} = \frac{P_{H_2}}{P_{listrik}} \times 100 \% \quad (1)$$

Adapun mekanisme pengujian sebagai berikut: 1) Menyiapkan 1 liter air destilata dan larutkan masing-masing katalis dengan konsentrasi yang ditentukan (0,01M; 0,02M; 0,03M; 0,04M; dan 0,05M); 2) Memastikan semua sambungan selang gas tidak bocor; 3) Menghubungkan catu daya ke sumber listrik PLN; 4) Menghubungkan kabel *power supply* ke elektroda yang terpasang pada long drat. Untuk kutub positif kabel pada sisi anoda sedangkan kutub negatif pada sisi katoda; 5) Atur daya 60 Watt, lalu tunggu hingga elektrolisis berlangsung. Waktu elektrolisis yang digunakan adalah 6 menit; 6) Selama pengujian hidrogen, catat aliran Hidrogen (melihat debit pada rotameter) yang diamati pada interval setiap 1 menit kemudian 7) Buka Katup penyimpanan ke arah *fuel cell* dan mencatat keluaran berupa tegangan, arus, dan kondisi cahaya pada setiap beban. 8) Jika lampu beban tidak menyala, naikan tegangan/arus dari catu daya. 9) Lakukan pengujian kembali pada setiap

Cantumkan Judul Artikel pada Baris ini dengan menggunakan huruf besar pada setiap kata, Baris Kedua ini dapat digunakan jika diperlukan

variasi yang ditentukan. Keseluruhan terdapat 15 variasi berdasarkan kombinasi variasi jenis katalis dan konsentrasi.



Gambar 1 Rangkaian Hidrogen Generator untuk Proton Exchane Membrane Fuel Cell

Pada penelitian ini Hidrogen Generator menggunakan *stainless steel* pada anoda dan Tembaga (Cu) pada katoda. Pemilihan *stainless steel* pada anoda karena berdasarkan penelitian Suardamana (2014) bahwa jenis *stainless steel* paling baik pada anoda adalah *stainless steel* 304. Sedangkan pemilihan bahan Tembaga (Cu) pada katoda karena termasuk dalam oksidator yang kuat dan diharapkan dapat lebih efektif menghasilkan produksi gas Hidrogen yang terbentuk pada reaksi kimia di bagian katoda. Adapun spesifikasi elektroda ditetapkan sama pada bagian anoda maupun katoda yakni berbentuk persegi panjang (15cm×4cm×2mm), jumlah plat pada anoda 6 dan pada katoda 6 sehingga jumlah elektroda 12 plat. Penggunaan listrik input menggunakan *Power Supply Unit*. Pembacaan tegangan, arus, dan daya masuk keluar menggunakan *wattmeter* dalam waktu 6 menit. Rangkaian hasil fabrikasi alat Hidrogen Generator untuk PEMFC dapat di lihat pada Gambar 1.

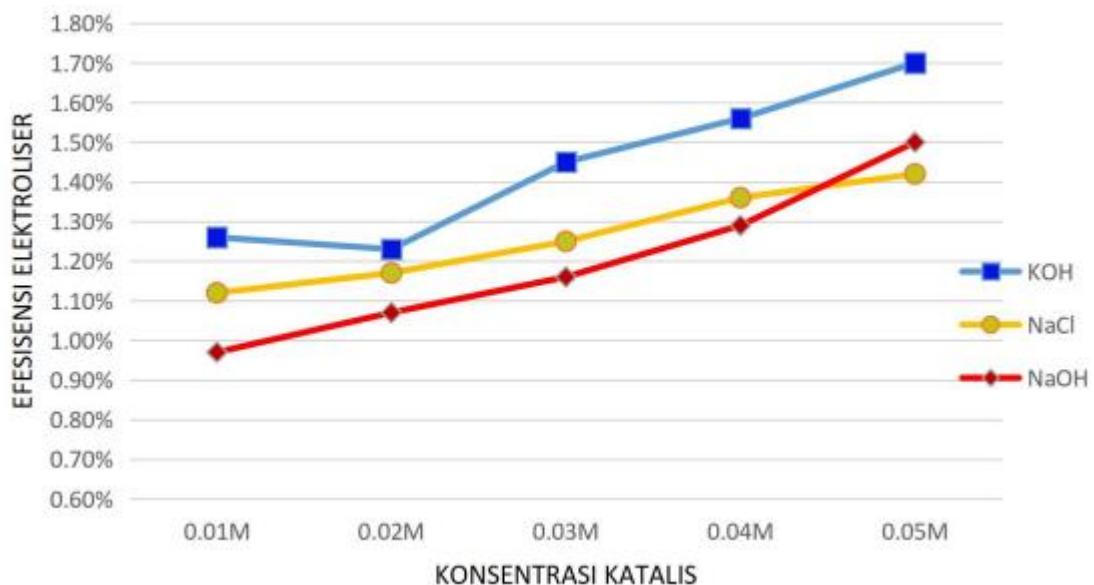
3. Hasil dan Pembahasan

Data perhitungan katalis NaOH dengan konsentrasi 0,01M; 0,02M; 0,03M; 0,04M; dan 0,05M didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi, maka akan semakin tinggi pula katalis nya. Kemudian debit Hidrogen yang dihasilkan serta efisiensi elektroliser juga semakin tinggi. Perolehan debit Hidrogen dan efisiensi elektroliser tertinggi terdapat pada NaOH 0,05M dengan nilai berturut 5,57 m³ /s dan 1,50% sedangkan debit Hidrogen dan efisiensi elektroliser terendah terdapat pada NaOH 0,01M dengan debit 3,62 m³ /s dan efisiensi elektroliser hanya 0,97% . Hal ini berkaitan dengan kemampuan katalisator dalam mengubah substrat menjadi produk dimana semakin banyak katalis maka semakin cepat proses pengubahan Air (H₂O) menjadi Hidrogen dan Oksigen (Dewantoro, 2019).

Selanjutnya, Oksigen dan Hidrogen yang terbentuk akan menuju tabung bubler. Oksigen akan terikat Air yang ada di tabung Bubler namun Hidrogen akan terus menuju tabung penyimpanan sementara. Hal ini dikarenakan kelarutan gas Oksigen lebih larut dalam air

dengan kelarutan 0,0034 sedangkan Hidrogen hanya 0,00016. Berdasarkan hasil perhitungan data yang telah dijabarkan dalam tabel dan gambar grafik di atas secara keseluruhan, dapat diketahui bahwa ketiga katalis yakni KOH, NaCl, dan NaOH memiliki kemampuan sebagai katalisator dilihat dari kemampuan untuk membantu penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen. Hal ini dikarenakan katalis tersebut memiliki ion-ion katalisator yang kuat hingga mampu mempengaruhi kesetabilan molekul air menjadi menjadi ion H^+ dan OH^- yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi aktivasi (Wahyono, 2017). Selain itu, tingkat pH katalis mempengaruhi dimana dari netral semakin basa pH maka semakin baik untuk katalis. Adapun pH KOH yaitu 13, pH NaCl yaitu 7-8, dan pH NaOH yaitu 11 (Hamidah, 2021). Selain jenis katalis, konsentrasi katalis juga mempengaruhi hasil debit Hidrogen dan efisiensi elektroliser dimana semakin tinggi konsentrasi katalis maka semakin tinggi pula hasil debit Hidrogen dan efisiensi elektroliser. Hal ini berkaitan dengan kepekatan dan salinitas pada sampel yang digunakan berkisar 0,4%-2,9% dimana semakin tinggi salinitas maka semakin baik digunakan sebagai katalis.

Hal ini selaras dengan penelitian Dewantoro (2019) dan Wahyono (2017) bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin cepat proses elektrolisis. Berdasarkan data didapatkan bahwa antara ketiga jenis katalis yang memiliki kinerja paling baik dalam membantu menghasilkan Hidrogen adalah katalis KOH 0,05M dengan nilai debit Hidrogen 6,33 m³ /s. Hal ini dikarenakan KOH sebagai katalis pH basa homogen memiliki keuntungan dalam kemampuan katalisatornya yang tinggi dibandingkan dengan katalis pH asam atau netral. Sehingga ditarik kesimpulan bahwa jenis katalis dapat mempengaruhi proses elektrolisis air menghasilkan bahan bakar berupa Hidrogen. Pada data juga memperlihatkan semakin tinggi debit Hidrogen yang dihasilkan maka semakin tinggi pula efisiensi elektroliser.



Gambar 2 Grafik Hubungan Jenis dan Konsentrasi Katalis KOH, NaCl, dan NaOH dengan Efisiensi Elektroliser

Efisiensi elektroliser tertinggi terdapat pada katalis KOH 0,05M dengan nilai efisiensi 1,70%. Hal ini dikarenakan penggunaan energi listrik input yang sama sebesar 40 Watt pada jenis dan konsentrasi katalis tetapi dapat menghasilkan daya hidrogen yang lebih tinggi yakni mencapai 6,33 m³ /s pada KOH 0,05M. Berdasarkan data yang diperoleh didapatkan bahwa nilai debit Hidrogen terkecil dan efisiensi elektroliser terkecil terdapat pada katalis NaOH 0,01M dengan nilai berturut-turut 3,62 m³ /s dan 0,97%. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi yang sama yakni 0,01M pada katalis KOH, NaCl, dan NaOH memiliki masa gram yang berbeda dan yang paling kecil adalah NaOH 0,01M yakni hanya 0,4 gram. Sehingga ditarik kesimpulan bahwa konsentrasi katalis mempengaruhi proses elektrolisis air menghasilkan bahan bakar berupa Hidrogen. Selain jenis dan konsentrasi katalis, penggunaan elektroda yang terdiri atas *stainless steel* pada anoda dan Tembaga (Cu) pada katoda juga mempengaruhi proses elektrolisis dimana proses menjadi lancar dan dapat menghantarkan listrik input untuk membantu proses elektrolisis air. Selaras dengan penelitian Suardamana (2014) bahwa jenis *stainless steel* paling baik pada anoda adalah *stainless steel* 304. Sedangkan pemilihan bahan Tembaga (Cu) pada katoda karena termasuk dalam oksidator yang kuat dan diharapkan dapat lebih efektif menghasilkan produksi gas Hidrogen yang terbentuk pada reaksi kimia di bagian katoda. Secara keseluruhan data perbandingan antara efisiensi elektroliser dengan jenis dan konsentrasi katalis KOH, NaCl, dan NaOH seperti Gambar 2.

4. Kesimpulan

Efisiensi Elektroliser tertinggi diperoleh dari katalis KOH 0,05M. Dimana nilainya sebesar 1,70%. Oleh karena itu conclusion untuk penelitian ini adalah semakin tinggi konsentrasi katalis senada pula dengan efisiensi elektrolisernya. Ditinjau dari segi kualitas *power density* dan efisiensi *fuel cell* tertinggi terdapat pada katalis NaCl 0,05M dengan nilai berturut-turut 184,17 Watt/liter dan 5,11% serta *specific fuel consumption* (SFC) terendah sebesar 0,58 kg/kWh sehingga penggunaan katalis ini memiliki kinerja efisien tinggi dengan konsumsi bahan bakar sedikit. Untuk Nilai *break event ratio* terbaik diperoleh oleh NaCl variasi 0,05M dengan nilai 0,087 Efisiensi elektroliser mencapai 12,53% dan SFC terendah yakni 0,24 kg/kWh.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya atas bantuan financialnya sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Basori. (2018) Experimental Investigation on Dry Cell HHO Generator WithCatalyst Variation for Reducing The Emmisions. *Journal of echanical Enggineering and Vocational Education (JoMEVE)*. 1(1): 1-8.
<https://doi.org/10.20961/jomeve.v1i1.18950>
- Dewantoro, Yusuf., Roihatin, Anis. (2019). Teknologi Pembangkit Listrik Energi Baru Terbarukan menggunakan Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cell Skala Kecil. *Jurnal Teknik Energi*. 15(1):27-34
<http://dx.doi.org/10.32497/eksergi.v15i1.1464>

Cantumkan Judul Artikel pada Baris ini dengan menggunakan huruf besar pada setiap kata, Baris Kedua ini dapat digunakan jika diperlukan

- Hamidah, Ida. (2021). Corrosion of copper alloys in KOH, NaOH, NaCl, dan HCL elektrolyte solutions and its impact to the mechanical properties. Elsevier
<https://DOI:10.1016/j.aej.2020.12.027>
- Hariyati, Lutfia., Syah, A.F., Triajie, H. (2010) Studi Komunitas Fitoplankton di Pesisir Kenjeran Surabaya sebagai Bioindikator Kualitas Perairan. *Jurnal Kelautan*. Vol 3(2): 11-131.
<https://doi.org/10.21107/jk.v3i2.921>
- Rahmawan, A., Budiman, A. H., Kurniawan, Hermawan, F. (2018) Desain Sistem Kontrol dan Operasi untuk ProtonExchange Membran Fuel Cell. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 14(2), 75-80.
<https://DOI:10.29122/elk.v14i2.4279>
- Santoso, Tegar H. (2020). Analisis Pemodelan Hydrogen Fuel Cell dengan Boost Converter menggunakan Matlab. Skripsi. Universitas Islam Indonesia.
- Suardamana, Made, I. (2014). Rancangan Alkaline Fuel Cell Sederhana dengan Menggunakan Stainless Steel sebagai Elektrodanya. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 7(1):73-80.
- Suhada, Hendrata. (2001). Fuel Cell sebagai Penghasil Energi Abad 21. *Jurnal Teknik Mesin*. 3(2):92-100
- Wahyono, Yoyon., Sutanto, H., Hidayanto, E. (2017). Produksi Gas Hidrogen menggunakan Metode Elektrolisis Elektrolit Air Laut dengan Penambahan Katalis NaOH. *Youngster Physics Journal*. 6(4):353-359.
- Wahyutomo, Alam. (2018). Analisa Penggunaan Gas HHO dari Elektrolisis NaOH Terhadap Proses Pembakaran, Performa, dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.