

STUDI PENGARUH PELARUT ORGANIK TERHADAP PRODUKSI GAS HIDROGEN MENGGUNAKAN GENERATOR TIPE DRY CELL DENGAN KOH SEBAGAI KATALIS

STUDY OF ORGANIC SOLVENT EFFECT ON HIDROGEN PRODUCTION USING DRY CELL TYPE GENERATOR WITH KOH AS CATALYST

Novita Fatkhuromah¹, Reza Fauzi Iskandar², Indra Wahyudhin Fathona³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹novitafatkhuromah@gmail.com, ²rezafauzii@gmail.com, ³indrafathonah@gmail.com

Abstrak

Ketersediaan bahan bakar fosil semakin berkurang dari waktu ke waktu seiring meningkatnya kebutuhan manusia terhadap bahan bakar. Oleh karena itu, dibutuhkan energi alternatif sebagai solusi pengganti bahan bakar fosil. Hidrogen merupakan salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan. Gas hidrogen dapat dihasilkan oleh generator HHO tipe dry cell dengan menggunakan prinsip elektrolisis. Elektrolit yang digunakan dalam proses elektrolisis berupa pelarut organik yaitu etanol dan metanol. Sebelumnya telah banyak penelitian yang dilakukan terhadap elektrolisis pada etanol dan metanol, namun generator yang digunakan membutuhkan daya yang besar dan komponen tambahan. Pada penelitian ini, generator yang digunakan terdiri dari dua elektroda silinder dengan tambahan KOH sebagai katalis. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan bubble flow meter dan gas chromatograph. Dalam penelitian ini, konsentrasi katalis yang digunakan, arus kerja generator, serta penambahan pelarut divariasikan untuk mendapatkan hasil yang optimum. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metanol dapat menghasilkan kadar hidrogen tertinggi yaitu 95.03% dengan tegangan sebesar 2.6360 V. Sedangkan kadar hidrogen pada etanol adalah 52.43% dengan tegangan sebesar 2.5883 V.

Kata Kunci: energi terbarukan, hidrogen, generator HHO, elektrolisis.

Abstract

The availability of fossil fuels is dwindling over time as human needs increase over fuel. Therefore, alternative energy is needed as a replacement solution for fossil fuels. Hydrogen is one of environmentally friendly alternative energy. Hydrogen gas can be generated by dry type cell HHO generator by using electrolysis principle. Electrolytes used in the process of electrolysis in the form of organic solvents are ethanol and methanol. Previously there has been a lot of research done on electrolysis on ethanol and methanol, but the generators used require large power and additional components. In this study, the generator used consisted of two cylindrical electrodes with the addition of KOH as a catalyst. Measurements were made using bubble flow meter and gas chromatograph. In this study, the catalyst concentration used, the generator workflow, and the addition of the solvent were varied to obtain optimum results. From this research, it can be concluded that methanol can produce the highest hydrogen content of 95.03% with a voltage of 2.6360 V. While the hydrogen content in ethanol is 52.43% with a voltage of 2.5883 V.

Keywords: renewable energy, hydrogen, HHO generator, electrolysis.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sumber energi pada saat ini didominasi oleh pemanfaatan bahan bakar fosil, batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Bahan bakar ini menghasilkan lebih dari 85% produksi energi utama dunia [1]. Namun, dunia akan kehabisan bahan bakar fosil serta lingkungan tidak mempunyai kapasitas yang cukup untuk menyerap semua hasil pembakaran bahan bakar fosil. Sumber energi terbarukan memiliki potensi untuk menggantikan bahan bakar fosil, karena sumber energi terbarukan tidak menghasilkan polusi atau emisi gas rumah kaca.

Hidrogen adalah satu dari di antara cadangan bahan bakar yang yang dapat dihasilkan dari berbagai macam sumber energi seperti, bahan bakar fosil, energi nuklir, serta air sebagai sumber energi terbarukan. Hidrogen merupakan bahan bakar yang bersih dan efisien, penggunaan hidrogen sebagai bahan bakar dapat mengurangi emisi polutan pada lingkungan [5]. Hidrogen yang bersih, serba guna, dan efisien hanya dapat dihasilkan

menggunakan energi terbarukan seperti air pada proses elektrolisis [1]. Selain itu, elektrolisis dapat dikatakan layak secara komersial karena biaya operasi yang murah.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Alfredo Ursu´a dkk, proses elektrolisis pada satu molekul air (H_2O) dapat menghasilkan satu molekul gas H_2 [2]. Dalam penelitian lain, H. Tebibel dkk telah membuktikan proses elektrolisis pada satu molekul metanol dapat menghasilkan tiga molekul gas H_2 [3]. Sedangkan pada penelitian Claude Lamy dkk, proses elektrolisis satu molekul etanol dapat menghasilkan enam molekul gas H_2 [4]. Berdasarkan ketiga penelitian tersebut, etanol sangat berpotensi dalam menghasilkan gas H_2 yang lebih banyak dari pelarut lain. Proses elektrolisis pada etanol tersebut akan menggunakan generator tipe dry cell sehingga dapat menghasilkan gas H_2 .

Pada penelitian tugas akhir ini, dilakukan analisa pengaruh larutan organik terhadap produksi gas hidrogen. Pelarut yang digunakan adalah etanol (C_2H_5OH) dan metanol (CH_3OH) menggunakan katalis KOH. Sehingga diharapkan pada penelitian ini dapat menghasilkan gas hidrogen yang optimal dengan komposisi larutan yang sesuai.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Elektrolisis

Elektrolisis adalah reaksi kimia yang terjadi ketika terjadi aliran listrik melewati larutan elektrolit [6]. Pada proses elektrolisis terdapat elektroda yang dicelupkan kedalam larutan elektrolit kemudian dihubungkan dengan aliran listrik. Elektroda yang digunakan adalah elektroda inert, yaitu elektroda yang tidak akan bereaksi dengan hasil elektrolisis.

Dalam sel elektrolisis terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia, yang terjadi karena melibatkan reaksi reduksi-oksidasi yang mengandalkan peran partikel bermuatan sebagai penghantar muatan listrik. Larutan elektrolit terdisosiasi menjadi ion-ion positif (kation-kation) yang tertarik ke muatan negatif pada katoda dan ion-ion negatif (anion-anion) akan tertarik ke muatan positif pada anoda [7].

Pada elektrolisis air, H_2O bereaksi pada anoda sehingga terjadi reaksi oksidasi yang menghasilkan oksigen dan proton. Seperti persamaan dibawah ini:



Selanjutnya oksigen pada H_2O berubah fasa menjadi gas, sedangkan ion-ion lainnya dialirkan menuju katoda dan mengalami reaksi reduksi sehingga menghasilkan gas hidrogen. Seperti pada persamaan dibawah ini :



Berikut ini adalah reaksi keseluruhan dekomposisi air menjadi oksigen dan hydrogen [4] :



Proses elektrolisis merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghasilkan hidrogen. Hidrogen yang bersih, serba guna, dan efisien hanya dapat dihasilkan menggunakan energi terbarukan seperti air pada proses elektrolisis [1]. Selain itu, elektrolisis dapat dikatakan layak secara komersial karena biaya operasi yang murah.

2.2. Katalis

Katalis adalah zat yang dapat mempercepat reaksi kimia tanpa zat tersebut ikut bereaksi. Katalis sangat berperan penting dalam kehidupan sehari-hari, dalam tubuh zat yang disebut enzim berfungsi sebagai katalis untuk reaksi biokimia. Katalis juga digunakan dalam industri kimia untuk membuat bensin, plastik, pupuk dan produk lain yang merupakan kebutuhan manusia.

2.3. Gibbs Energy

Energi gibbs adalah energi terikat pada reaksi kimia yang menyebabkan reaksi dapat terjadi. Energi gibbs didalam reaksi dapat digambarkan sebagai perubahan entalpi (ΔH) dikurangi hasil kali temperatur dan perubahan entropi (ΔS) pada reaksi.[12]

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (2.14)$$

Selain itu, perubahan energi Gibbs dapat terjadi apabila sebuah senyawa terbentuk dari unsur-unsurnya pada kondisi standar. Sehingga energi Gibbs dapat dihitung melalui energi Gibbs pada masing-masing senyawanya menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\Delta G = \sum \Delta G_{product} - \sum \Delta G_{reaktan} \quad (2.15)$$

Nilai perubahan energi gibbs menandakan bahwa reaksi yang terjadi spontan atau tidak. Reaksi spontan adalah reaksi yang dapat terjadi tanpa membutuhkan energi dari luar sistem. Sedangkan reaksi tidak spontan adalah reaksi yang membutuhkan energi dari luar sistem untuk bisa bereaksi.

Reaksi yang terjadi pada suatu senyawa dapat dikatakan spontan apabila nilai ΔG yang dihasilkan pada reaksi itu negatif ($\Delta G < 0$) dan dikatakan tidak spontan apabila nilai ΔG yang dihasilkan adalah positif ($\Delta G > 0$).

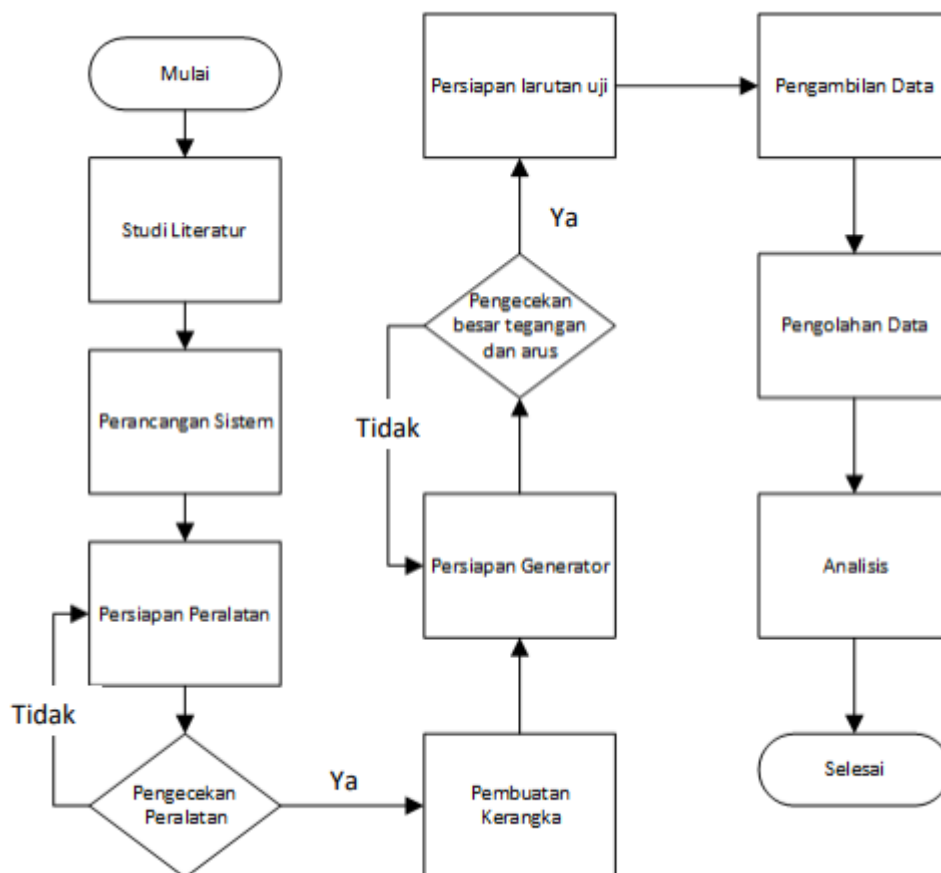
2.4. Generator HHO

Generator HHO merupakan generator yang bekerja dengan prinsip elektrolisis. Generator ini terdiri dari dua komponen dasar, yaitu tabung generator dan sepasang elektroda yang terendam pada elektrolit [9].

Pada generator HHO tipe kering (*dry cell*), sebagian elektrodanya tidak terendam dalam elektrolit, elektrolit hanya mengisi celah-celah antara elektroda. Sehingga proses elektrolisis untuk menghasilkan gas HHO hanya terjadi pada elektroda yang terendam elektrolit, sedangkan plat yang tidak terendam air tetap pada kondisi kering. Terdapat beberapa kelebihan pada generator HHO yaitu, panas yang ditimbulkan relatif kecil karena selalu terjadi sirkulasi antara air panas dan dingin di reservoir, arus listrik yang digunakan relatif lebih kecil karena daya yang terkonversi menjadi panas semakin sedikit.

2.5. Rancangan Sistem

Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui analisa pengaruh pelarut organik terhadap produksi gas hidrogen menggunakan generator tipe dry cell. Berikut ini adalah flowchart tahapan-tahapan penelitian.



Sistem yang akan dirancang merupakan sistem generator HHO dengan memanfaatkan prinsip kerja elektrolisis yang dapat memecah larutan elektrolit menjadi zat-zat penyusunnya. Generator HHO yang digunakan adalah generator HHO yang memiliki geometri berbentuk silinder. Geometri bentuk silinder ini dapat mengurangi resiko generator meledak, karena distribusi tekanan yang merata pada semua titik.

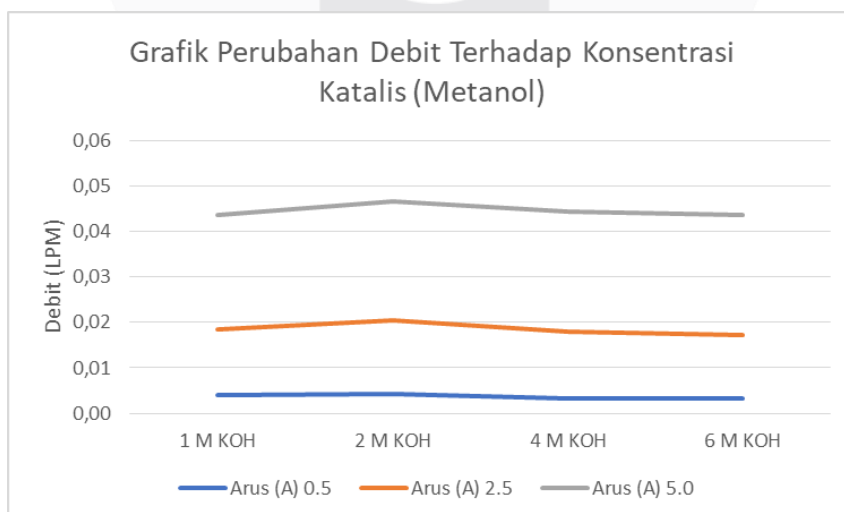
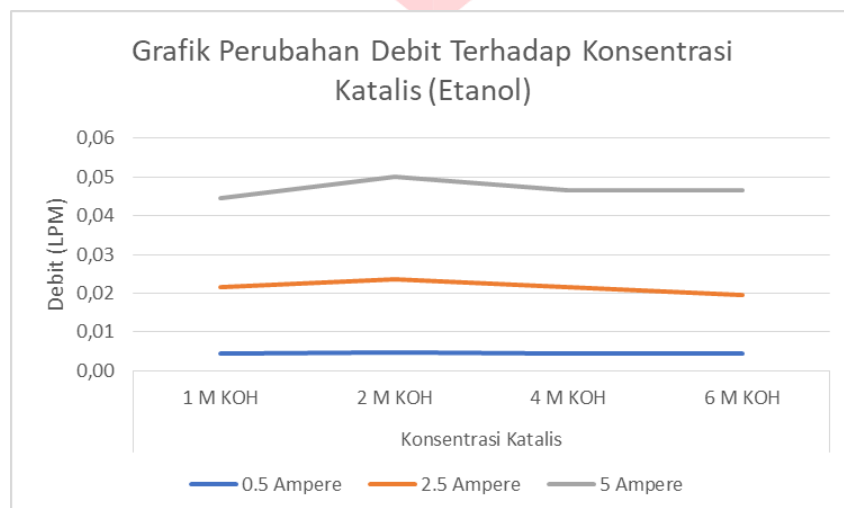
Elektrolisis yang dimanfaatkan adalah elektrolisis pelarut organik. Larutan elektrolit yang digunakan merupakan campuran aquadest, ethanol, methanol, dan KOH sebagai katalis. Sumber energi yang digunakan dalam proses elektrolisis yang terjadi merupakan listrik arus searah. Hasil yang diharapkan dari proses elektrolisis yaitu gas hidrogen

3. Hasil Pengujian dan Analisis

3.1. Data Hasil Pengujian Arus Kerja Generator Terhadap Laju Aliran Gas

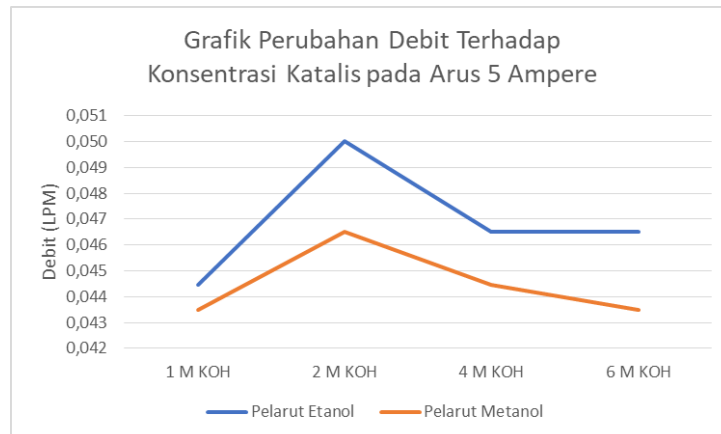
Pengujian ini dilakukan dengan konsentrasi katalis yang divariasikan hingga titik ekstrim. Nilai maksimum dari konsentrasi katalis yang diberikan adalah 6 M, dikarenakan larutan yang diuji menguning apabila diberi katalis dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Larutan yang diujikan adalah larutan elektrolit dari campuran aquadest dan KOH lalu ditambahkan 20% ethanol atau 20% metanol.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi katalis yang dapat bekerja dengan baik dalam proses elektrolisis menggunakan generator dry cell. Hasil pengujian terhadap konsentrasi katalis dapat dilihat pada grafik berikut :



Pada Gambar 4.1 dan 4.2 menunjukkan hasil pengujian terhadap perubahan konsentrasi katalis. Pengujian dilakukan dengan konsentrasi katalis sebesar 1M, 2M, 4M, dan 6M. Sedangkan besar arus divariasikan pada nilai

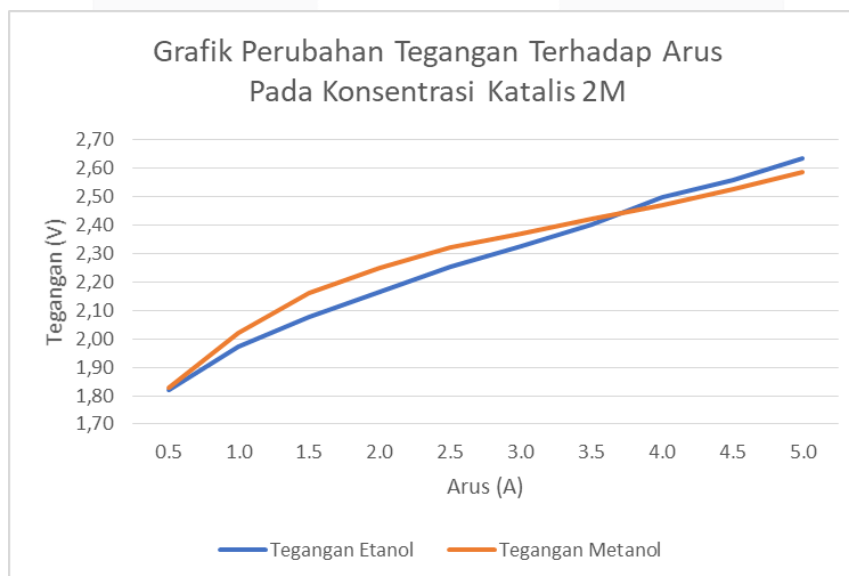
0.5 A, 2.5 A, dan 5 A. Berdasarkan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa laju aliran gas terbaik dihasilkan pada konsentrasi katalis sebesar 2 M dan arus sebesar 5 A. Berikut adalah grafik perbandingan laju aliran gas pada etanol dan metanol:



Dari Gambar 4.3 dapat terlihat bahwa laju aliran gas yang dihasilkan pelarut etanol lebih besar dibandingkan laju aliran gas yang dihasilkan pelarut metanol. Laju aliran gas yang dihasilkan pelarut etanol yaitu, 0.05000 LPM. Sedangkan laju aliran gas yang dihasilkan pelarut metanol adalah 0.04651 LPM. Hal ini dikarenakan molekul yang dihasilkan dari proses elektrolisis etanol lebih banyak dibandingkan dengan molekul pada metanol.

3.2. Data Hasil Pengujian Tegangan Kerja Generator Terhadap Arus

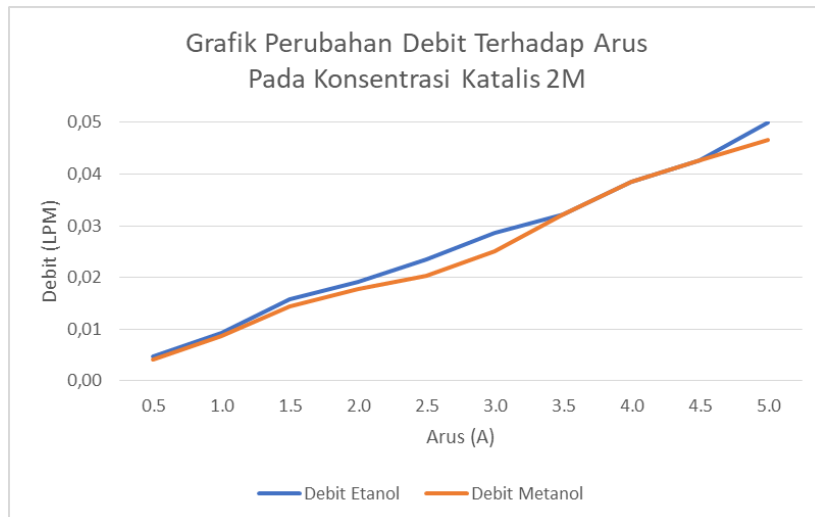
Pengujian ini dilakukan dengan nilai arus dan konsentrasi katalis optimum yang telah didapatkan dari pengujian sebelumnya. Terdapat dua jenis pelarut yang diujikan, yaitu pelarut etanol dan pelarut metanol. Nilai arus yang diberikan pada pengujian ini divariasikan untuk mengetahui besar tegangan kerja generator terhadap perubahan arus. Konsentrasi katalis pada pengujian ini adalah 2 M. Data hasil pengujian ini adalah sebagai berikut:



Hasil dari pengujian tersebut diperlihatkan pada Gambar 4.4. Pada grafik tersebut terlihat bahwa pada arus 5 A nilai tegangan yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis etanol lebih besar dibandingkan metanol. Tegangan yang dibutuhkan untuk elektrolisis etanol yaitu, 2.6360 V. Sedangkan pada metanol tegangan yang dibutuhkan sebesar 2.5883 V. Hal ini menunjukkan bahwa proses elektrolisis etanol membutuhkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan proses elektrolisis pada metanol.

3.3. Data Hasil Pengujian Laju Aliran Gas Terhadap Arus

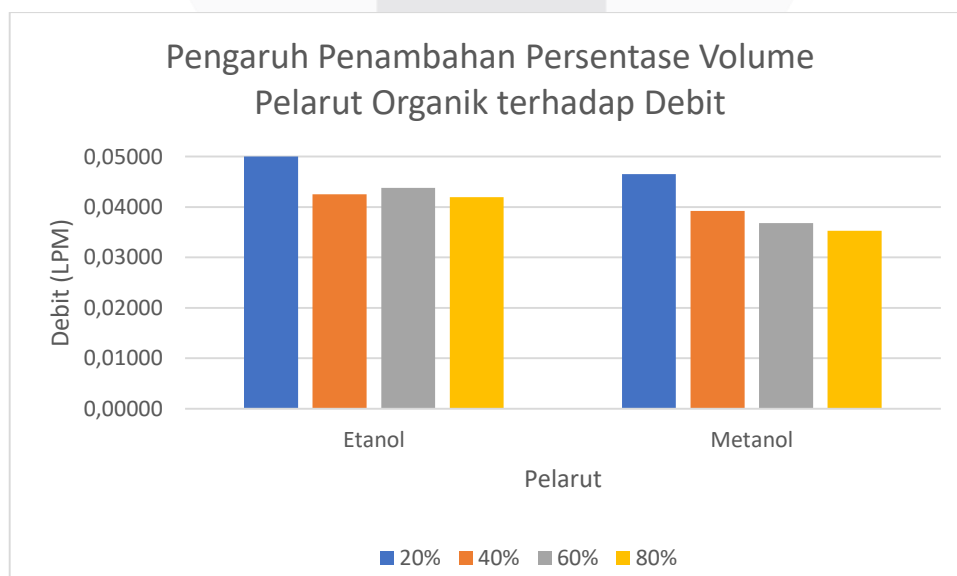
Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui laju aliran gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis kedua jenis larutan. Konsentrasi katalis yang diberikan adalah 2 M. Kemudian, nilai arus divariasikan untuk mengetahui perubahan laju aliran gas terhadap arus. Laju aliran gas diukur menggunakan bubble flow meter dan dihitung secara manual menggunakan persamaan 3.1. Berikut adalah data hasil pengujian terhadap laju aliran gas:



Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa semakin besar arus yang diberikan, maka laju aliran gas yang dihasilkan semakin besar. Dengan nilai arus yang sama laju aliran gas etanol lebih besar dibandingkan dengan laju aliran gas metanol. Hal ini terjadi karena molekul yang dihasilkan etanol pada proses elektrolisis lebih banyak dibandingkan dengan proses elektrolisis pada metanol. Berdasarkan grafik diatas, diketahui bahwa elektrolisis pada etanol menghasilkan laju aliran gas sebesar 0.05000 LPM. Sedangkan elektrolisis pada metanol menghasilkan laju aliran gas sebesar 0.04651 LPM.

3.4. Data Hasil Pengujian Laju Aliran Gas Terhadap Penambahan Pelarut Organik

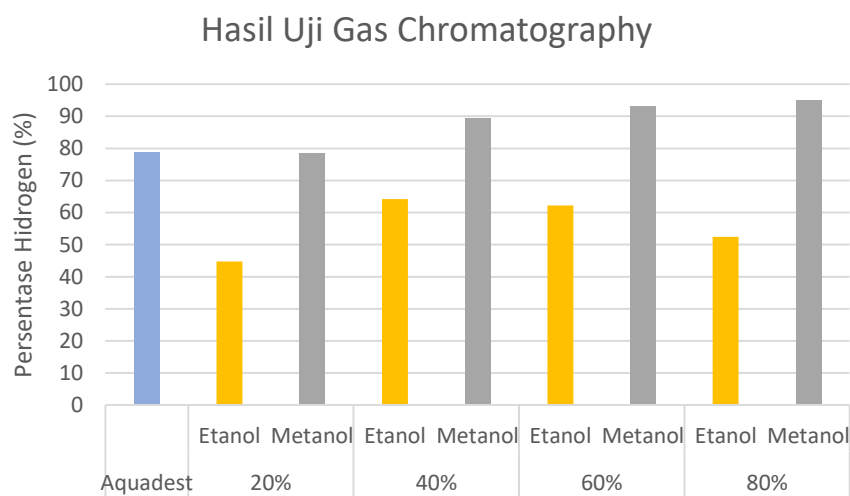
Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan pelarut terhadap laju aliran gas yang dihasilkan. Pada pengujian ini, penambahan pelarut divariasikan mulai dari 20% hingga 80% dengan selisih sebesar 20%. Batas maksimum penambahan pelarut adalah 80% karena akan terbentuk flek kuning kecoklatan pada generator HHO jika diberikan pelarut organik lebih dari 80%. Konsentrasi katalis yang diberikan pada larutan elektrolit yaitu sebesar 2 M. Berikut adalah hasil dari penambahan pelarut organik:



Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa penambahan pelarut organik dengan konsentrasi katalis dan arus masukan yang sama dapat memperlambat laju aliran gas yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin besar volume yang ditambahkan maka semakin besar energi aktivasi dari larutan uji, sedangkan konsentrasi katalis yang digunakan tidak berubah. Laju aliran yang paling besar yaitu larutan dengan penambahan etanol 20% yang menghasilkan laju aliran gas sebesar 0.05000 LPM. Larutan yang ditambahkan metanol 20% menghasilkan laju aliran gas sebesar 0.04651 LPM. Laju aliran gas pada etanol lebih besar dibandingkan dengan metanol karena pada hasil elektrolisis molekul etanol lebih banyak dibandingkan dengan molekul pada metanol.

3.5. Pengujian Kadar Gas Hidrogen

Pengujian kadar gas hidrogen dilakukan dengan gas chromatograph yang terdapat di laboratorium TRK Institut Teknologi Bandung. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar hidrogen pada gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis. Terdapat 9 sampel gas yang diuji, gas tersebut merupakan hasil elektrolisis dari larutan elektrolit yang ditambah dengan etanol 20% hingga 80% dan metanol 20% hingga 80% serta larutan elektrolit yang tidak ditambahkan dengan pelarut organik. Hasil dari uji kromatografi gas adalah sebagai berikut:



Berdasarkan hasil uji kromatografi diatas terlihat bahwa kadar gas hidrogen tertinggi terdapat pada larutan elektrolit yang ditambahkan dengan metanol 80%. Hal ini dikarenakan metanol memiliki gibbs free energy sebesar $\Delta G = 9.37$ kJ. Sedangkan nilai gibbs free energy etanol adalah $\Delta G = 17.55$ kJ. Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan hidrogen pada metanol lebih mudah dibandingkan dengan pembentukan hidrogen pada etanol. Sehingga, kadar hidrogen pada pelarut metanol lebih besar dibandingkan dengan kadar hidrogen pada pelarut etanol.

Kadar hidrogen pada tertinggi adalah 95.02% yang dihasilkan dari proses elektrolisis larutan dengan penambahan metanol 80%. Pada proses elektrolisis dengan penambahan etanol 80% dihasilkan kadar hidrogen sebesar 52.43%. Sedangkan kadar hidrogen yang dihasilkan pada proses elektrolisis air adalah 78.70%.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka terdapat beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pada penelitian yang telah dilakukan, penambahan molaritas katalis tidak meningkatkan produksi gas hidrogen. Namun, penambahan molaritas katalis dapat meningkatkan laju aliran gas hasil elektrolisis. Konsentrasi katalis yang menghasilkan laju aliran gas tertinggi yaitu sebesar 2 M dengan laju aliran gas 0.05000 LPM pada penambahan 20% etanol. Sedangkan laju aliran gas hasil elektrolisis pada penambahan 20% metanol adalah 0.04651 LPM.
2. Penambahan pelarut organik dapat meningkatkan kadar gas hidrogen pada gas hasil elektrolisis. Pada penambahan 80% metanol, kadar gas hidrogen pada gas hasil elektrolisis yaitu sebesar 95.02%. Sedangkan kadar gas hidrogen pada penambahan 80% etanol adalah 52.43%.

3. Pada percobaan yang sudah dilakukan, diketahui bahwa semakin besar arus yang diberikan maka semakin cepat proses elektrolisis dapat terjadi. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa arus masukan tidak mempengaruhi kadar hidrogen yang dihasilkan dalam proses elektrolisis.

4.2. Saran

Dalam penelitian ini masih terdapat kekurangan dalam pengambilan data dan pembuatan generator. Saran yang dapat diberikan dalam penelitian selanjutnya adalah:

1. Menggunakan bubble flow meter digital agar akurasi pengukuran lebih tinggi.
2. Membuat generator HHO dengan elektroda berlapis agar proses elektrolisis dapat berjalan lebih baik.
3. Menggunakan katalis selain KOH agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.

5. Daftar Pustaka

- [1] Barbir, F. (2009). Transition to renewable energy systems with hydrogen as an energy carrier. *Energy*, 34(3), 308–312. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.07.007>
- [2] Ursúa, A., Gandía, L. M., & Sanchis, P. (2012). Hydrogen production from water electrolysis: Current status and future trends. *Proceedings of the IEEE*, 100(2), 410–426. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2156750>
- [3] Tebibel, H. (2017). Off grid PV system for hydrogen production using PEM methanol electrolysis and an optimal management strategy. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(30), 19432–19445. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.05.205>
- [4] Lamy, C., Jaubert, T., Baranton, S., & Coutanceau, C. (2014). Clean hydrogen generation through the electrocatalytic oxidation of ethanol in a Proton Exchange Membrane Electrolysis Cell (PEMEC): Effect of the nature and structure of the catalytic anode. *Journal of Power Sources*, 245, 927–936. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2013.07.028>
- [5] Hou, T., Zhang, S., Chen, Y., Wang, D., & Cai, W. (2015). Hydrogen production from ethanol reforming: Catalysts and reaction mechanism. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 132–148. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.023>
- [6] Brady, J. E. (2014). Chemistry. Retrieved from doi
- [7] Syl, I., Pendidikan, J., Fmipa, K., & Abstrak, U. N. Y. (2010). Perilaku sel elektrolisis air dengan elektroda stainless steel.
- [8] Mardiansyah (2011). Sistem Produksi Hidrogen Melalui Proses Elektrolisis Plasma Non-Termal dalam Larutan Elektrolit KOH dengan Penambahan Metanol dan Etanol.
- [9] Arzaqa, Y., Sungkono, D., Hho, A. G., & Hidrogen, H. (2013). Studi Karakteristik Generator Gas HHO Tipe Dry Cell dan Wet Cell berdimensi 80 x 80 mm dengan Penambahan PWM E-3 FF (1 kHz), 1(1), 1–6.
- [10] Silva, T. S. De, Senevirathne, L., Warnasooriya, T. D., & Silva, D. (2015). HHO Generator – An Approach to Increase Fuel Efficiency in Spark Ignition Engines, 2(4), 1–7.
- [11] Muttaqin, Abdillah, 2018. Analisis Pengaruh Geometri Plat Elektroda pada Generator HHO Terhadap Laju Aliran Gas HHO yang Dihasilkan. Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik Fisika, Universitas Telkom.
- [12] Nagari, Praditya Surya dkk, 2016. PROKERH (Prototipe Kompor Energi HHO) sebagai Pemanfaatan Energi Terbarukan Berbasis HHO Generator Tipe Dry Cell. Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- [13] [13] Atkins, Peter and De Paula, Julio, 2011. *Physical Chemistry for the Life Sciences*.