



**Chemical Engineering
Journal Storage**

homepage jurnal:
<https://ojs.unimal.ac.id/cejs/index>

**Chemical
Engineering
Journal
Storage**

PRODUKSI GAS HIDROGEN DARI AIR LAUT DENGAN METODE ELEKTROLISIS *PHOTOVOLTAIC* (PV) MENGGUNAKAN ELEKTRODA KARBON

Muhammad Safrijal, Lukman Hakim*, Meriatna, Muhammad, Suryati

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

*Korespondensi: e-mail: lukman.hakim@unimal.ac.id

Abstrak

Hidrogen merupakan salah satu energi terbarukan yang mempunyai banyak kelebihan dibanding dengan energi terbarukan lainnya. Salah satu metode yang menjanjikan untuk menghasilkan gas hidrogen adalah dengan metode elektrolisis air laut yang sumbernya tidak terbatas. Metode elektrolisis pada penelitian ini menggunakan arus listrik Photovoltaic dan air laut dengan volume elektrolit 3500 ml, waktu elektrolisis 15, 30, 45 dan 60 menit dengan menggunakan elektroda karbon pemilihan jenis reaktor berbentuk persegi volume 4500 ml, kondisi operasi 32°C dan 1 atm. Adapun yang menjadi variabel bebas yaitu tegangan 5, 10, 15 dan 20 volt. Dengan variasi waktu hasil kajian menunjukkan bahwa tegangan sangat berpengaruh terhadap penguraian air laut menjadi gas hidrogen. Hasil flow rate gas hidrogen yang paling tinggi didapat pada tegangan 20 volt dengan waktu 60 menit sebesar 11,5 ml/menit. Hasil kajian waktu elektrolisis terhadap penguraian air laut menjadi gas hidrogen tidak berpengaruh signifikan. Tegangan 20 volt menunjukkan hasil gas hidrogen yang tinggi.

Kata kunci: Elektroda, Elektrolisis, Flow rate, Hidrogen, Photovoltaic dan Tegangan.

DOI: <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i2.8239>

1. Pendahuluan

Penggunaan energi bagi umat manusia masih terfokus pada energi fosil yang jumlahnya terbatas dimana penggunaannya pun mengakibatkan pemanasan global. Ini mendorong kepada upaya untuk mencari energi yang memiliki keberlanjutan yang baik (sustainable). Air laut adalah sumber daya paling melimpah di planet kita dimana jumlah air laut adalah 97% dari total seluruh air di planet kita [1]. Maka dari itu air laut sangat cocok sebagai pengganti dari energi fosil yang digunakan pada saat ini.

Air laut bisa dimanfaatkan untuk berbagai hal di kehidupan manusia, salah satu energi yang bersumber dari air laut ialah hidrogen yang dapat digunakan tidak hanya secara langsung sebagai bahan bakar bersih tetapi juga energi yang bisa disimpan karena dapat diangkut dalam jarak yang jauh. Hidrogen ini juga tidak menyebabkan polusi, ringan, dan sustainable karena dapat diproduksi dari air dengan mudah. Selain itu energi matahari dapat dimanfaatkan secara efisien untuk produksi hidrogen.

Hidrogen merupakan bahan bakar yang banyak mendapatkan perhatian untuk dikembangkan, karena merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan berpotensi menggantikan bahan bakar fosil. Selain sebagai bahan bakar untuk transportasi, hidrogen dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi pupuk, pengilangan minyak dan industri lainnya.

Gas hidrogen (H_2) dapat diperoleh salah satunya dengan metode elektrolisis air. Elektrolisis air laut untuk produksi hidrogen adalah teknologi yang menjanjikan paling sederhana [1]. Metode elektrolisis dilakukan dengan cara memasukkan arus listrik dengan besaran yang sesuai sehingga gas hidrogen terpisahkan dari air laut.

Sejak sumber bahan bakar fosil di seluruh dunia mulai menipis secara cepat, dibutuhkan keberanian yang kuat untuk mengeksplorasi sumber energi terbarukan supaya dunia tidak terancam oleh vakum energi. Oleh karena itu, diperlukan bahan bakar alternatif terbarukan yang terjamin keberlanjutannya serta ramah lingkungan. Hidrogen adalah energi terbarukan yang dapat di produksi dari air laut.

Sebagai energi masa depan, hidrogen berperan sebagai medium pembawa energi (*energy carrier*) dan bukan sumber energi primer, karena hidrogen bukanlah senyawa yang terdapat bebas di alam [2]. Sampai saat ini lebih dari 85% kebutuhan hidrogen dunia diproduksi dengan proses *steam reforming* gas alam, yang beroperasi pada temperatur tinggi (800° - 1000° C) dengan sumber energi panas pembakaran bahan bakar fosil. Pembakaran bahan bakar fosil sebagai sumber energi panas, berakibat pada tingkat pemborosan cadangan bahan bakar fosil serta peningkatan emisi CO_2 yang cukup besar. Aplikasi energi nuklir

mampu menghemat pembakaran bahan bakar fosil yang berimplikasi pada penurunan laju emisi CO₂ ke lingkungan [3].

Electrochlorination adalah suatu metode produksi senyawa klorin yaitu NaOCl (Natrium Hipoklorit) dengan cara elektrolisis pada air laut. Pada instalasi pembangkit listrik thermal maupun nuklir yang memerlukan air laut untuk pendingin kondenser, zat NaOCl berfungsi untuk melumpuhkan (disinfektan) mikroorganisme laut agar tidak bersarang dan merusak (*biofouling*) pada instalasi-instalasi yang menggunakan air laut. Karena air laut mengandung berbagai mikroorganisme, bakteri, protozoa, yang akan memberikan kontribusi untuk pembentukan biofouling pada permukaan benda. Tujuan jangka panjang penggunaan Natrium hipoklorit adalah menekan biaya perawatan, mempertahankan biaya operasional dan memperpanjang usia peralatan [4].

Salah satu terobosan baru dalam bidang teknologi kimia adalah dengan cara elektroklorinasi. Pemisahan Natrium hipoklorit sekaligus gas hidrogen (H₂) dari molekul air laut dengan cara memasukkan sejumlah debit air pendingin yang berasal dari air laut untuk melewati elektroda-elektroda yang dialiri arus listrik dengan besaran tertentu sehingga gas klorin dan hidrogen dapat terpisahkan dari molekul-molekul lain. Selain efisien cara ini juga lebih aman, ramah terhadap lingkungan, dan merupakan sumber energi yang dapat diperbarui. Penelitian ini dengan menggunakan air laut dari pantai Bangka Jaya, Aceh Utara dengan metode elektrolisis *photovoltaic* menggunakan panel surya dengan elektroda Karbon.

2. Alat, Bahan dan Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu reaktor elektrolisis (desain khusus), *Photovoltaic*, UV-VIS, Elektroda (karbon), Jerigen air, Gelas ukur 1000 ml, Kabel penghubung, *Stopwatch*, Termometer, Selang, *Flow meter*, *Beaker glass* 250 ml, *Beaker glass* 1000 ml, Corong sedang, Gayung, Botol aqua 660 ml, Kertas Saring, *Clamp* selang, *Hydraulic quick coupler plug*, *Connect pneumatic coupler plug*, *Hydrogen detector*, *Regulator flowmeter*, *wattmeter*. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain air laut, lem kaca, selotip pipa dan lakban.

Penelitian ini dimulai dengan persiapan elektroda pada reaktor elektrolisis dan disiapkan air laut sebagai bahan baku. Lalu dihidupkan *photovoltaic* dan

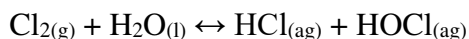
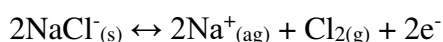
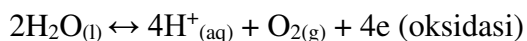
sambungkan ke elektroda. Tegangan *photovoltaic* diatur 5,10,15 dan 20 volt. Kemudian amati reaksi yang terjadi dalam reaktor, dan tentukan waktu elektrolisis sebagai variabel bebas yaitu 15, 30, 45 dan 60 menit. Dinyalakan *stopwatch*, amati dan catat gas hidrogen yang terbentuk, sodium hipoklorit yang terbentuk dan perubahan temperatur.

Gas hidrogen diuji menggunakan detektor gas BH-90A untuk memastikan gas hidrogen terbentuk. Laju alir gas hidrogen diukur menggunakan *Agilent ADM flow meter*, dan sampel gas hidrogen dipompakan ke dalam *gas bag* untuk kemudian uji gas menggunakan GC-MS. Sampel sodium hipoklorit diuji dengan UV-vis.

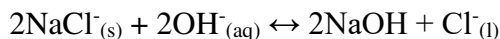
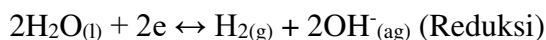
3. Hasil dan pembahasan

Proses elektrolisis adalah penguraian suatu elektrolit oleh arus listrik pada sel elektrolisis [5]. Prinsip kerja sel elektrolisis berbeda dengan sel volta. Pada sel elektrolisis, anoda bermuatan positif (+) sedangkan katoda bermuatan negative (-). Pada proses elektrolisis terbentuk gas hidrogen pada katoda, reaksi yang terjadi pada proses elektrolisis sebagai berikut [6]:

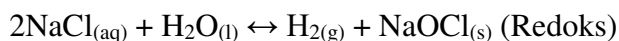
Anoda :



Katoda :

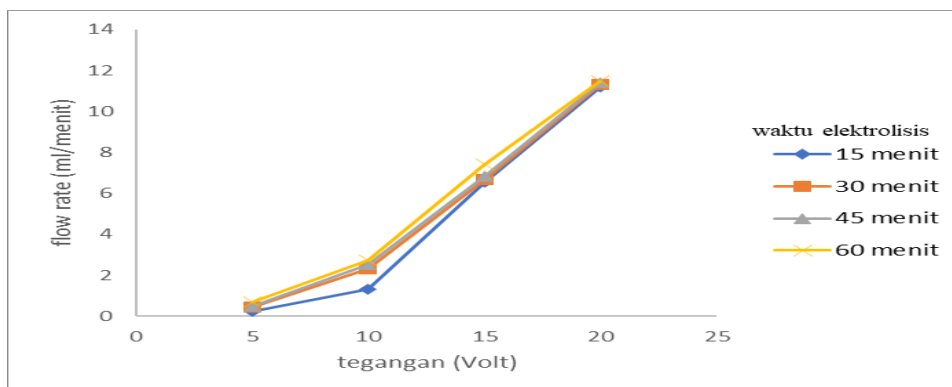


Total :



3.1 Pengaruh Waktu dan Tegangan Elektrolisis Terhadap *Flow Rate Gas Hidrogen*

Dalam penelitian elektrolisis ini pengaruh waktu dan tegangan terhadap *flow rate* gas hidrogen dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



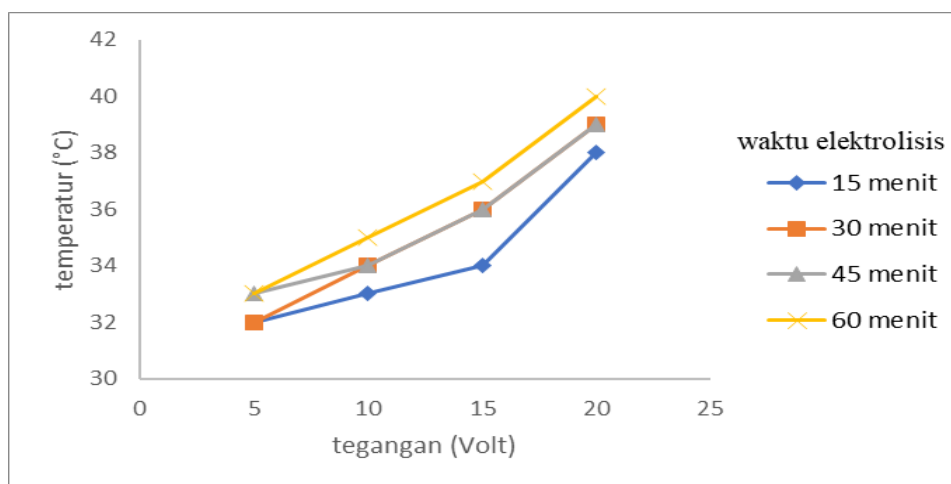
Gambar 3.1 Hubungan Waktu dan Tegangan Elektrolisis Terhadap *Flow Rate* Gas Hidrogen

Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa semakin tinggi tegangan, *flow rate* gas hidrogen juga semakin tinggi. Gambar 3.1 bisa dilihat grafik tegangan 5 volt, 10 volt, 15 volt dan 20 volt, *flow rate* akan bertambah apabila dinaikkan tegangan. Ketika tegangan dinaikkan, energi yang diberikan juga semakin bertambah. Hal inilah yang menyebabkan *flow rate* semakin tinggi. *Flow rate* paling tinggi yaitu di tegangan 20 volt waktu 60 menit dengan nilainya yaitu 11,5 ml/menit. Sesuai dengan pernyataan [7] sel elektrolisis memerlukan energi untuk memompa elektron sehingga ion yang bermuatan positif akan menyerap elektron dan ion yang bermuatan negatif akan melepas elektron.

Sedangkan pengaruh waktu terhadap *flow rate* gas dapat dilihat pada gambar 3.1, pada gambar terlihat dengan tegangan yang masih sama, perbedaan waktu elektrolisis tidak mempengaruhi signifikan kenaikan *flow rate* gas. Seperti contoh pada tegangan 5 volt, dan variasi waktu 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit tidak menyebabkan kenaikan *flow rate* gas yang signifikan. Begitupun seterusnya dengan tegangan 10 volt, 15 volt dan 20 volt. Sesuai dengan pernyataan [8] reaksi elektrolisis adalah reaksi yang tidak spontan sehingga memerlukan waktu untuk penguraian zatnya, dengan lamanya waktu elektrolisis menyebabkan gas hidrogen akan terakumulasi sehingga menyebabkan gas hidrogen akan bertambah.

3.2 Pengaruh Waktu dan Tegangan Elektrolisis Terhadap Temperatur

Dalam penelitian elektrolisis ini pengaruh waktu dan tegangan terhadap temperatur dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.

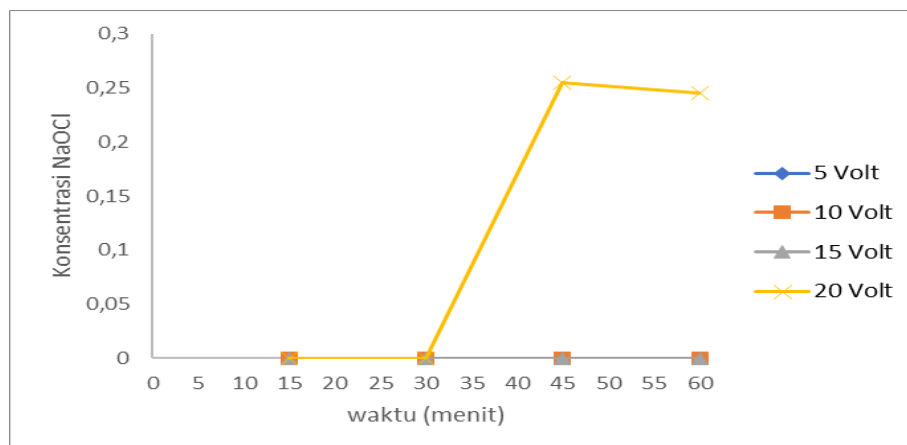


Gambar 3.2 Hubungan Waktu dan Tegangan Terhadap Temperatur

Penelitian menggunakan air laut yang disimpan pada suhu lingkungan yaitu 32°C, kemudian kenaikan suhu terjadi pada rentang nilai 32-39°C perubahan suhu ini diakibatkan karena benturan antar partikel yang terdisosiasi dan tegangan yang diberikan terkonversi menjadi panas. Run 5 volt didapatkan temperaturnya 32°C diwaktu 15 menit dan 30 menit, kemudian naik menjadi 33°C diwaktu 45 menit dan 60 menit. Run 10 volt didapatkan temperaturnya 33°C kemudian naik menjadi 34°C diwaktu 30 menit dan 45 menit, lalu naik menjadi 35°C diwaktu 60 menit. Run 15 volt didapatkan temperaturnya 35°C diwaktu 15 menit kemudian naik menjadi 36°C diwaktu 30 menit dan 45 menit, lalu naik menjadi 37°C diwaktu 60 menit. Run 20 volt didapatkan temperaturnya 38°C diwaktu 15 menit kemudian naik menjadi 39°C diwaktu 30 menit dan 45 menit, lalu naik menjadi 40°C diwaktu 60 menit. Kenaikan temperatur ini disebabkan karena tegangan yang diberikan bertambah, sehingga energi yang diterima juga semakin bertambah. Waktu elektrolisis juga menyebabkan naik nya temperatur, namun tidak signifikan, ini dibuktikan dengan naik nya temperatur yang hanya 1-2°C pada tiap variabel waktunya dengan tegangan yang masih sama.

3.3 Pengaruh Waktu dan Tegangan Elektrolisis Terhadap Kandungan Sodium Hipoklorit

Pengaruh Tegangan dan waktu terhadap kandungan Sodium Hipoklorit yang dihasilkan pada penelitian elektrolisis ini dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Hubungan Waktu dan Tegangan Elektrolisis Terhadap Kandungan Sodium Hipoklorit

Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa sodium hipoklorit mulai terbentuk diwaktu 30 menit tegangan 20 volt. Kemudian terus naik hingga konsentasi tertingginya diwaktu 45 menit dengan konsentrasi 0,255 % dan kemudian terlihat konsentrasi turun hingga diwaktu 60 menit konsentrasinya menjadi 0,245 %. Sedangkan pada run 5 volt, 10 volt dan 15 volt sodium hipoklorit belum terbentuk. Adapun hal yang menyebabkan sodium hipoklorit belum terbentuk karena tegangan yang kecil dan bentuk reaktor elektrolisis yang menyebabkan susah untuk menguji sodium hipoklorit.

3.4 Pengujian Gas Hidrogen

Pengujian gas hidrogen dapat dilakukan dengan cara uji pembakaran, uji dengan detektor gas hidrogen, dan uji *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS).

3.4.1 Uji Pembakaran Gas Hidrogen

Pengujian gas hidrogen dapat dilakukan dengan cara sederhana yaitu dengan metode uji pembakar. Mula-mula gas hidrogen yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis yang ditampung dulu ke dalam tabung reaksi selama 15 menit. Setelah gas tertampung banyak, lalu nyalakan korek api. Gas hidrogen yang berjumpa dengan lidah api akan terbakar dan menghasilkan letupan pada ujung tabung reaksi, sesuai dengan sifat yang dimiliki gas hidrogen yang mudah meledak apabila berada pada sumber api. Maka dari pembakaran tersebut bisa kita

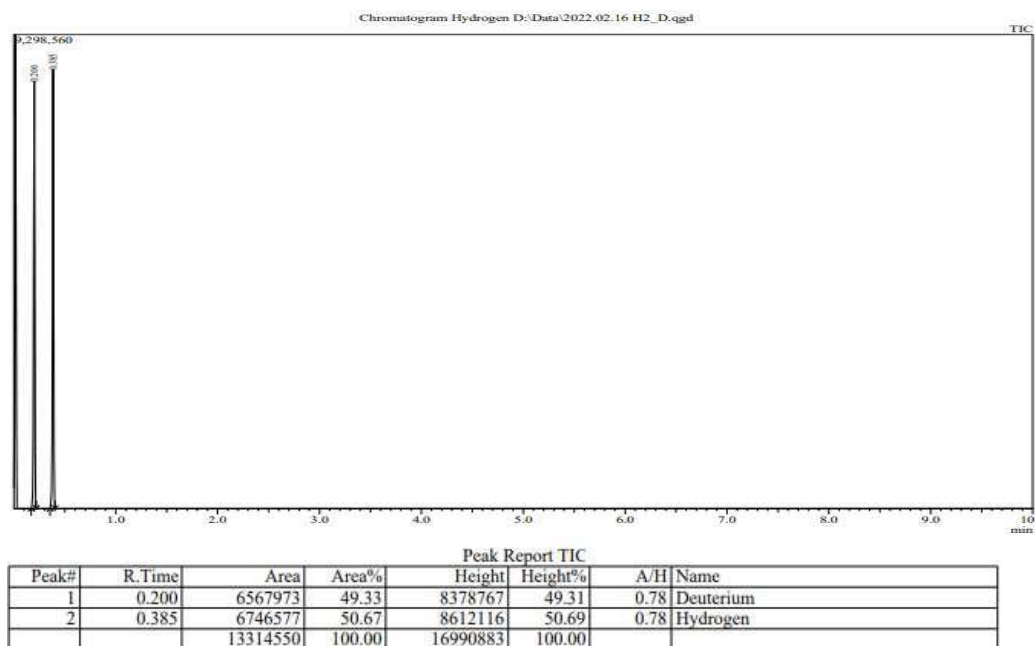
simpulkan bahwa api yang menyala dalam tabung reaksi disebabkan oleh adanya gas hidrogen yang mengisi tabung reaksi sehingga api yang menyala di permukaan tabung reaksi ikut menyulut dan membakar habis gas hidrogen yang ada di dalam tabung reaksi tersebut dan benar adanya bahwa gas yang dihasilkan pada percobaan ini adalah gas hidrogen. Sesuai dengan teori segitiga api hidrogen yang dianggap sebagai bahan bakarnya, nyala api yang menghasilkan panas dan oksigen dari udara sekitar yang juga sebagai zat pembakar.

3.4.2 Uji Gas dengan Menggunakan Detektor Gas Hidrogen

Detektor gas merupakan peralatan yang digunakan untuk mengidentifikasi adanya gas pada suatu tempat. Pada penelitian ini menggunakan detektor gas BH-90A dimana alat ini mampu mendeteksi adanya gas hidrogen sampai sebesar 1000 ppm, dan akan mengeluarkan suara saat gas hidrogen telah mencapai 1000 ppm. Detektor gas hidrogen sering digunakan pada industri pupuk dan nuklir dimana alat ini juga mampu mendeteksi adanya kebocoran gas hidrogen pada tangki gas hidrogen. Alat detektor gas hidrogen biasanya dipasang pada tangki penampung dan juga di bawa oleh karyawan yang bekerja pada industri, selain itu alat ini mampu mendeteksi kebocoran gas hidrogen sampai 1000 ppm sehingga dapat mencegah terjadinya kebakaran dan ledakan dari gas hidrogen.

3.4.3 Uji Gas *Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS)

Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS) adalah gabungan dari dua teknik untuk analisis senyawa organik. Kombinasi dari kedua teknik ini mampu mengevaluasi secara kualitatif dan kuantitatif suatu sampel yang mengandung sejumlah senyawa-senyawa organik [9]. Pada GC terjadi pemisahan komponen senyawa, sedangkan pengidentifikasian komponen senyawa dilakukan oleh MS karena dapat membaca spektrum bobot molekul. Data yang diperoleh berupa kromatogram dan spektrum massa [9]. Untuk melakukan pengujian GC-MS, sampel gas hidrogen sebelumnya dipompakan kedalam *gass bag* terlebih dahulu dan kemudian diuji menggunakan GC-MS. Pada penelitian ini hasil pengujian GC-MS dapat hasil pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 hasil gas *Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS)

Dari hasil analisis gambar 3.4 diperoleh 2 peak dengan luas area yang berbeda, peak 1 diperoleh gas deuterium dengan area% yaitu 49,33% dan peak 2 didapatkan gas hidrogen dengan area% yaitu 50,67%. Luas areanya yaitu gas deuterium 6.567.973, sedangkan hidrogen 6.746.577. Kemudian tinggi spektrumnya yaitu gas deuterium 8.378.767 dan gas hidrogen 8.612.116.

Hidrogen memiliki tiga isotop alami, ditandai dengan ^1H , ^2H , dan ^3H . Isotop lainnya yang tak stabil (^4H hingga ^7H) juga telah disintesis di laboratorium namun tak pernah dijumpai secara alami [10]. Pada pengujian ini didapatkan gas hidrogen atau protium dan gas deuterium, gas hidrogen adalah isotop hidrogen yang paling melimpah, memiliki persentase 99.98% dari banyak atom hidrogen. Oleh karena inti atom isotop ini hanya memiliki proton tunggal, dan diberikan nama yang deskriptif sebagai protium [11]. Sedangkan ^2H , isotop hidrogen lainnya yang stabil, juga dikenal sebagai deuterium dan mengandung satu proton dan satu neutron pada intinya. Deuterium tak bersifat radioaktif, dan tak memberikan bahaya keracunan yang signifikan. Cairan yang atom hidrogennya adalah isotop deuterium dinamakan cairan berat, cairan berat dipakai

sebagai moderator neutron dan pendingin pada reaktor nuklir. Deuterium juga berpotensi sbg bahan bakar fusi nuklir komersial [12].

4. Simpulan dan Saran

Kesimpulannya yaitu semakin tinggi tegangan maka semakin tinggi flowrate dan temperatur yang di hasilkan. Waktu tidak berpengaruh secara signifikan pada sel elektrolisis. NaOCl terbentuk pada tegangan 20 volt waktu 45 menit dan waktu 60 menit. Flowrate paling tinggi didapatkan pada tegangan 20 volt dan waktu 60 menit dengan flowrate 11,5 ml/menit. Kadar klorin tertinggi di dapat pada tegangan 20 volt dengan waktu 45 menit yaitu sebesar 0,255%. Intensitas matahari tidak mempengaruhi jumlah dari *flow rate* hidrogen dan konsentrasi NaOCl, tetapi berpengaruh pada tegangan di panel surya.

Saran untuk penelitian ini yaitu. Penelitian elektrolisis photovoltaik ini perlu dilakukan pengembangan dengan menggunakan reaktor yang memudahkan untuk mengambil sampel gas hidrogen dan NaOCl. Panel surya sebaiknya dilengkapi dengan *solar tracker*, supaya panel surya bisa menerima cahaya matahari yang banyak.

5. Daftar Pustaka

1. Fukuzumi, S., Lee, Y.-M. and Nam, W. (2017) 'Fuel production from seawater and fuel cells using seawater', *ChemSusChem*, 10(22), pp. 4264–4276.
2. Youvial, M. (2012) 'Polymer Electrolyte Membrane Fuelcell Dan Pembahasan Umpan Hidrogen', *Jurnal Teknologi Energi*, 1(3).
3. Djati, H.S. (2010) 'Dimethyl ether (DME) steam reforming process for hydrogen production by utilization of low temperature nuclear reactor', *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 12(1), pp. 1–10.
4. Hudriyah, H. (2022) *Konsentrasi Mikroplastik Biofouling yang Menempel pada Kerang Hjau (Perna viridis) yang Hidup di Perairan Pulau Lae-Lae, Kota Makassar*. Universitas Hasanuddin.
5. Sari, A.Y.U.P. (2020) *Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis (Naoh Dan H2so4) dan Suplai Arus Listrik Pada Proses Elektrolisis Air Laut Terhadap Produksi Gas Hidrogen*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Fazlunazar, M., L.H., M., S., M.M.A.. (2020) 'Fazlunazar, M., Hakim, L., Sulhatun., Aminullah, M.M.', *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(1), pp. 58–66.

7. Waddington, D.J. (1983) 'General chemistry, principles and structure. 3rd edition: By James E. Brady and Gerard E. Humiston. Pp. 831. Wiley, Chichester. 1982. £20.70', *Endeavour*, 7(1), p. 48. doi:https://doi.org/10.1016/0160-9327(83)90058-3.
8. Hamid, R.A., Purwono and Oktiawan, W. (2017) 'Penggunaan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Karbon Dengan Variasi Tegangan Listrik Dan Waktu Elektrolisis Dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD Pada Pengolahan Air Limbah Domestik', *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), pp. 1–
9. Medeiros, P.M. (2018) 'Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC--MS)', *Encyclopedia of Geochemistry: A Comprehensive Reference Source on the Chemistry of the Earth [Internet]*. Cham: Springer International Publishing, pp. 530–535.
10. Gurov, Y.B. *et al.* (2005) 'Spectroscopy of superheavy hydrogen isotopes 4H and 5H ', *European Physical Journal A*, 24(2), pp. 231–236. doi:10.1140/epja/i2004-10139-0.
11. Turner, A.C. *et al.* (2022) 'Experimental determination of hydrogen isotope exchange rates between methane and water under hydrothermal conditions', *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 329, pp. 231–255. doi:10.1016/j.gca.2022.04.029.
12. Broad, W.J. (2008) 'Breakthrough in Nuclear Fusion Offers Hope for Power of Future', *The New York Times* [Preprint].