

## Pengujian Air Bersih Menjadi Hidrogen Untuk Energi Alternatif Dengan Menggunakan Arduino

Rimbawati<sup>1</sup>, Cholish<sup>2</sup>, Wira Agus Lexmana Tanjung<sup>3</sup>, Muhammad Aslam Ridho Effendy<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

<sup>2</sup>Politeknik Negeri Medan

e-mail: [cholish@polmed.ac.id](mailto:cholish@polmed.ac.id), [rimbawati@umsu.ac.id](mailto:rimbawati@umsu.ac.id)

Diterima : 24-11-2020

Disetujui : 05-02-2020

Diterbitkan: 12-02-2020

### Abstract

*Energy Crisis hit the world and impact on high world crude oil prices. Directly this affected the economic activity. The wealth of energy resources, especially the new and renewable energy sources had been considered to used an alternative energy, replacing and reducing the role of fuel oil for energy consumption in Indonesia. The testing of this tool aims to produce hydrogen gas which can be used as an alternative fuel and provide an innovation form of control to obtain data from the hydrogen gas production. The method of obtaining hydrogen gas by electrolysis is applied to the reactor using Stainlees Steel as the cathode-anode and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> as a catalyst solution in the experimental process. The voltage source used in the reactor is 675 volts DC with a current of 10 A and the Arduino control system is used as an automatic control system. Furthermore, after the production process, the hydrogen gas produced from the electrolysis process which inserted into the hydrogen gas storage tube through the manifold hose. The results of the implementation were carried out in producing hydrogen gas using the Arduino control system during the 2-minute experiment obtained a gas volume of 30.22 KPa,. The results of data analysis were carried out after producing run for 1 hour and obtained 5.06 liters of hydrogen gas.*

**Keywords:** Energy Crisis; Hydrogen Gas; Control System.

### Abstrak

*Krisis energi yang melanda dunia berdampak pada tingginya harga minyak mentah dunia. Hal ini berpengaruh langsung terhadap kegiatan perekonomian. Kekayaan sumber daya energi, khususnya sumber energi baru. Perlu dipikirkan energi terbaru yang bisa dimiliki untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif, menggantikan dan mengurangi peran bahan bakar minyak. Adapun pengujian alat ini bertujuan untuk menghasilkan gas hidrogen yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dan memberikan suatu inovasi berupa kontrol untuk mendapatkan data-data dari hasil produksi gas hidrogen tersebut. Metode pemerolehan gas hidrogen dilakukan dengan proses elektrolisis yang diterapkan pada reaktor dengan penggunaan Stainlees Steel sebagai katoda-anoda dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sebagai larutan katalis pada proses percobaan. Sumber tegangan yang digunakan pada reaktor adalah 675 Volt DC dengan arus 10 A serta penggunaan sistem kontrol arduino sebagai sistem kendali otomatis. Setelah proses produksi berlangsung, gas hidrogen yang diperoleh dari proses elektrolisis dimasukkan ke dalam tabung penampung gas hidrogen melalui selang manifold. Adapun hasil dari percobaan tersebut menghasilkan gas hidrogen menggunakan sistem kontrol arduino selama percobaan 2 menit dan diperoleh volume gas sebesar 30.22 KPa. Analisa data dilakukan setelah proses produksi berjalan selama 1 jam dan memperoleh gas hidrogen sebesar 5.06 liter.*

**Kata kunci:** Krisis Energi; Gas Hidrogen; Sistem Kontrol.

## Pendahuluan

Pada saat ini lebih dari 80% kebutuhan energi dunia dipenuhi dari sumber energi fosil (minyak bumi, gas alam dan batubara). Adanya revolusi industri telah memicu pemakaian sumber energi fosil terutama minyak bumi ke tingkat yang sukar dikontrol. Menipisnya pasokan energi saat ini mendorong masyarakat dunia untuk berfikir inovatif demi menyelesaikan permasalahan tersebut. Ketergantungan pada energi konvensional terutama pada energi fosil dihadapkan pada situasi meningkatnya kerusakan lingkungan (Pratiwi, 2015, Salimy & Prapatan, 2010). Konsumsi energi Indonesia mencatat masyarakat Indonesia sebagai pengguna energi yang cukup tinggi di dunia. Bahan bakar minyak memegang posisi yang sangat vital dalam memenuhi kebutuhan energi di dalam negeri. Saat ini Indonesia telah mengimpor minyak mentah maupun bahan bakar minyak untuk memenuhi kebutuhan tersebut (Kholiq, 2015). Kekayaan sumber daya energi, khususnya sumber energi baru dan terbarukan yang kita miliki, perlu dipertimbangkan untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif, menggantikan dan mengurangi peran bahan bakar minyak untuk konsumsi energi di Indonesia (Silmi et al., 2017), Azhar & Satriawan, 2018)

Data yang dihimpun dari Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian ESDM, dalam beberapa tahun terakhir pertumbuhan konsumsi energi Indonesia mencapai 7% per tahun. Angka tersebut berada diatas pertumbuhan konsumsi energi dunia yaitu sebesar 2.6%. Sedangkan konsumsi dibidang energi baru terbarukan nasional pada tahun 2017 tercatat berkisar 12.52%, dari produksi energi baru terbarukan tersebut sektor PLT-P menyumbang 5% dan PLT-A sekitar 7.27% (Jenderal & Baru, 2017).

Berdasarkan PP No. 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional, sumber energi baru adalah sumber energi yang dapat dihasilkan dari teknologi baru, baik yang berasal dari sumber energi terbarukan maupun sumber energi tak terbarukan antara lain nuklir, hidrogen, dan gas methane dari batubara (*coal bed methane*), batu bara tercairkan (*liquefied coal*), dan batu bara yang digaskan atau gasifikasi (*gasified coal*) (Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tentang Kebijakan Energi Nasional, 2014). Sedangkan dalam UU 30/2007 chapter 1 disebutkan bahwa hidrogen merupakan energi baru dengan teknologi baru yang harus dikuasai sebagai basis perekonomian Nasional (*Undang Undang Nomor 30 Tahun, 2007*).

Maka dari itu sumber energi terbarukan diharapkan mampu memberi dampak bagi masyarakat luas. Selain sebagai energi alternatif, energi terbarukan juga bersifat ramah lingkungan dan memiliki cadangan yang tidak pernah habis karena ketersediaannya yang sangat memadai (Arfi et al., 2016). Selama ini, 95% produksi H<sub>2</sub> berasal dari steam reforming gas alam, yang memiliki ketergantungan langsung pada bahan bakar fosil (Wardana & Veronika, 2015).

Hidrogen merupakan unsur melimpah dengan presentase kira-kira 75% dari total masa unsur alam semesta. Daya hidrogen khususnya dalam bentuk bahan bakar hidrogen menjanjikan penggunaan yang tidak ada batasnya tanpa menimbulkan polusi apapun (Fahreza et al., 2018). Penggunaan hidrogen untuk energi dapat mengatasi sekaligus dua masalah, yaitu susutnya cadangan bahan bakar minyak dan pemanasan global (Huda, 2013).

Hidrogen juga diproyeksikan menjadi bahan bakar alternatif masa depan yang lebih ramah lingkungan dan efisien, dimana suplai energi yang dihasilkan sangat bersih dan tidak memiliki emisi, karena hanya menghasilkan uap air selama berlangsungnya proses (P et al., 2016). Cara lain yang banyak digunakan untuk memperoleh gas hidrogen adalah elektrolisis air, yaitu pemanfaatan arus listrik untuk menguraikan air (H<sub>2</sub>O) menjadi unsur-unsur pembentuknya seperti gas hidrogen dan oksigen. Namun untuk mengurai air, di samping membutuhkan sumber energi

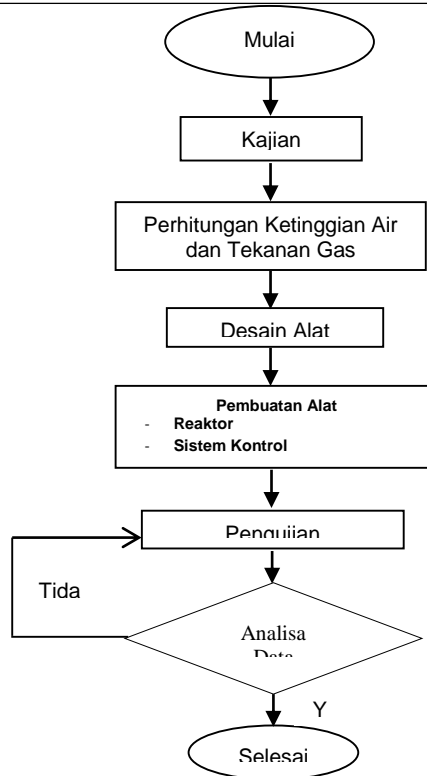
listrik, juga diperlukan suatu zat yang mampu membantu mempercepat terjadinya proses penguraian tersebut yakni katalis (Cosina, 2013).

Adapun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bahwa untuk mendapatkan gas hidrogen dapat dilakukan melalui proses elektrolisis air dengan memecahkan senyawa H<sub>2</sub>O menjadi gas HHO (Hidrogen Hidrogen Oksigen) dengan bantuan listrik arus searah (Direct Current) melalui media elektroda berupa plat stainless steel 304. Pada penelitian hasil produksi gas HHO oleh generator HHO tipe basah dengan metode elektrolisa H<sub>2</sub>O menggunakan variasi ketebalan elektroda jenis stainless steel 304 yaitu 0,8 mm, 1 mm dan 1,2 mm dengan katalis NaHCO<sub>3</sub> (Natrium Bikarbonat) pada larutan elektrolitnya. Karakteristik yang diketahui meliputi konsumsi daya listrik yang digunakan oleh generator, volume gas yang dihasilkan, laju produksi gas HHO yang dihasilkan dan efisiensi generator. Hasil penelitian dan pengujian generator HHO tipe basah ini didapatkan generator terbaik pada ketebalan elektroda 1 mm diperoleh data hasil pengujian dengan daya HHO yang digunakan sebesar 59,11 Watt, laju produksi gas HHO yang dihasilkan sebanyak 0,00054 kg/s dan efisiensi generator HHO sebesar 9,42 % (Budiarthana & Ketut, 2013) (Diaratih & Hadi, 2015) (Sopandi I, 2015).

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan peneliti lainnya, yang menggunakan proses elektrolisis reaktor tipe basah. Sehingga, penelitian ini dijalankan dengan melakukan uji pada reaktor hidrogen dengan tipe kering. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan suatu inovasi baru dalam sistem proteksi keamanan menggunakan instrumen arduino uno yang mampu menghasilkan gas hidrogen yang dapat digunakan sebagai alternatif energi terbarukan yang ramah lingkungan. Sehingga secara langsung mampu mengatasi kekurangan energi, khususnya dibidang energi konvensional.

## **Metodologi**

Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah dengan membuat kerangka kerja dan menjelaskan secara garis besar urutan yang akan dilaksanakan.

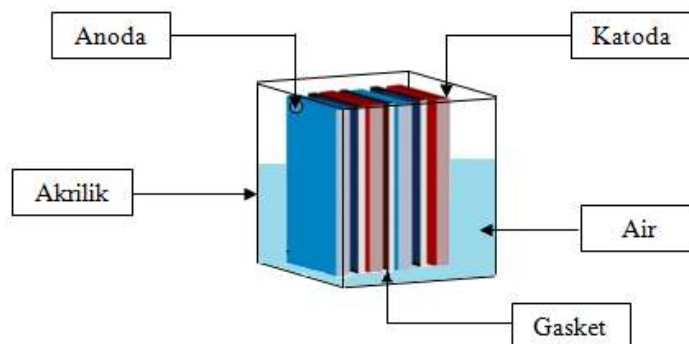


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

a. Tahap Penyusunan Konsep

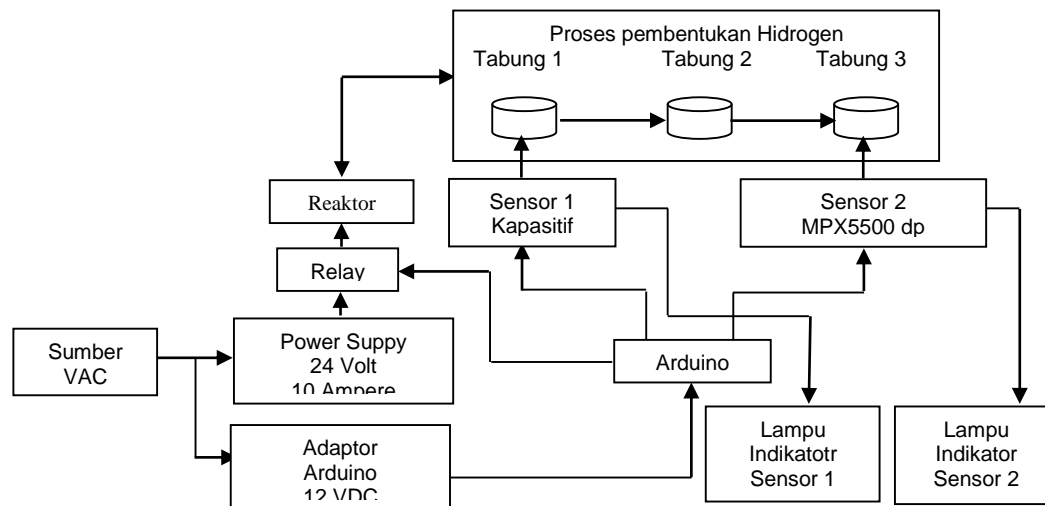
Penyusunan konsep ini dengan membuat sketsa rancangan awal desain alat dan siklus pembentukan hidrogen berdasarkan data-data yang diperoleh dari beberapa referensi jurnal maupun artikel ilmiah serta kumpulan data-data literatur lainnya yang bersumber dari internet. Data-data yang didapat dari beberapa literature sangat berguna dalam proses mempercepat pembuatan prototipe. Penyusunan tahapan ini juga bertujuan agar mempermudah untuk melihat progress pada masing-masing bidang yang ingin dilakukan.

b. Desain Sistem



Gambar 2 Desain Reaktor Hidrogen

Pada penelitian ini digunakan inverter DC dengan spesifikasi tegangan 675 volt DC, Arus 10 A, dan Daya 900 Watt serta menggunakan plat sebanyak 18 buah dengan ukuran plat 15 x 15 cm yang tiap tumpukannya dibatasi oleh gasket agar kutub katoda dan anoda tidak menyatu, Setelah plat disusun maka selanjutnya ditutup dengan rapat oleh bak akrilik.



Gambar 3 Siklus Pembentukan Hidrogen

Proses siklus pembentukan hidrogen yaitu alat tersebut terdiri dari tiga tabung yang berbeda untuk penampungan air, penampung pemisah antara hidrogen dan oksigen serta tabung gas hidrogen yang dihasilkan. Setelah perangkat selesai dirancang maka akan dilakukan pembuatan alat kemudian disertai pengujian untuk mengetahui proses dan kinerja perangkat dalam memisahkan air dan hidrogen. Cara yang dilakukan adalah dengan cara mencampurkan air dengan katalisator lalu dialirkan ke dalam reaktor sehingga berlangsung proses elektrolisis. Setelah proses elektrolisis berlangsung maka akan menghasilkan gelembung-gelembung hidrogen. Gelembung-gelembung tersebut akan dialirkan ke water trap untuk memisahkan antara air dan gas. Setelah gas terbentuk maka akan dialirkan lagi ke dalam tabung penampungan gas.

### c. Pembuatan Prototipe, Pengujian Dan Evaluasi

#### 1. Pembuatan

Pembuatan prototipe sesuai dengan konsep dan desain yang telah didapatkan sebelumnya dengan menggunakan alat: (1) alat perkakas dan bahan utamanya: (i) inverter, (ii) power supply, (iii) tabung hidrogen dan tabung air, (iv) gasket, (v) sensor air dan sensor gas, (vi) arduino uno, (vii) plat stainless steel, dan (viii) akrilik bening. Parameter pembuatan alat ini ialah ketinggian air di bak penampung elektroliser dan tekanan gas dipenampungan gas hidrogen murni. Untuk membuat reaktor mati dan hidup, aktuator yang digunakan adalah relay arduino. Arduino akan memberikan catuan ke relay yang akan menentukan apakah reaktor menyala atau tidak. Hal ini sesuai logika dibawah ini:

1. Jika ketinggian air maksimal dan tekanan maksimal maka reaktor mati.
2. Jika ketinggian air minimal dan tekanan maksimal maka reaktor mati.
3. Jika ketinggian air maksimal dan tekanan minimal maka reaktor hidup.
4. Jika ketinggian air minimal dan tekanan minimal maka reaktor mati.

#### 2. Pengujian

Hasil dari pembuatan prototipe kemudian akan dilakukan pengujian tingkat keandalan dan keamanan dengan melakukan beberapa kali uji coba pada prototipe serta memasukkan sebuah instrumen pengontrolan berupa arduino uno yang diharapkan mampu mengatur siklus produksi gas hidrogen tersebut. Dalam melakukan pengujian keandalan karya berupa alat yang dapat mengubah air bersih menjadi hidrogen menggunakan kontrol Arduino dilaksanakan di Laboratorium Energi Baru dan Terbarukan, Teknik Elektro UMSU. Hal ini berguna untuk mengetahui unjuk kerja alat yang dihasilkan selama proses Elektrolisis terhadap ketinggian air dan tekanan gas.



Gambar 3 Proses Pengujian Alat

Pada pengujian alat yang telah dilakukan selama 2 menit, maka di hasilkan data mengenai tingkat volume tekanan gas didalam tabung hidrogen sebesar 30.02 KPa.

### 3. Evaluasi

Selanjutnya data pengujian yang sudah dilakukan kemudian dicatat dan dijadikan sebagai salah satu acuan bahan evaluasi dalam proses pengembangan kualitas prototipe. Evaluasi produk dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pemanfaatan alat sesuai yang diharapkan. Selain itu evaluasi berguna untuk mengetahui kendala dalam pembuatan alat sehingga dapat dilakukan diagnosis untuk meningkatkan kualitas alat tersebut. Selanjutnya dilakukan pemrograman pada sistem kontrol Arduino sebagai pengendali otomatis dalam menghasilkan hidrogen. Sensor yang digunakan menghasilkan data crisp kemudian dilakukan proses konversi dengan cara fuzzifikasi, setelah data terkonversi maka selanjutnya masuk kepada proses inferensi, yang mana inferensi adalah suatu proses untuk mengambil keputusan dari aturan-aturan yang ditetapkan. Proses inferensi tidak dapat dieksekusi karena berupa variabel linguistik, maka dibutuhkan proses defuzzifikasi agar menghasilkan data dalam bentuk crisp kemudian dieksekusi oleh kontrol arduino.

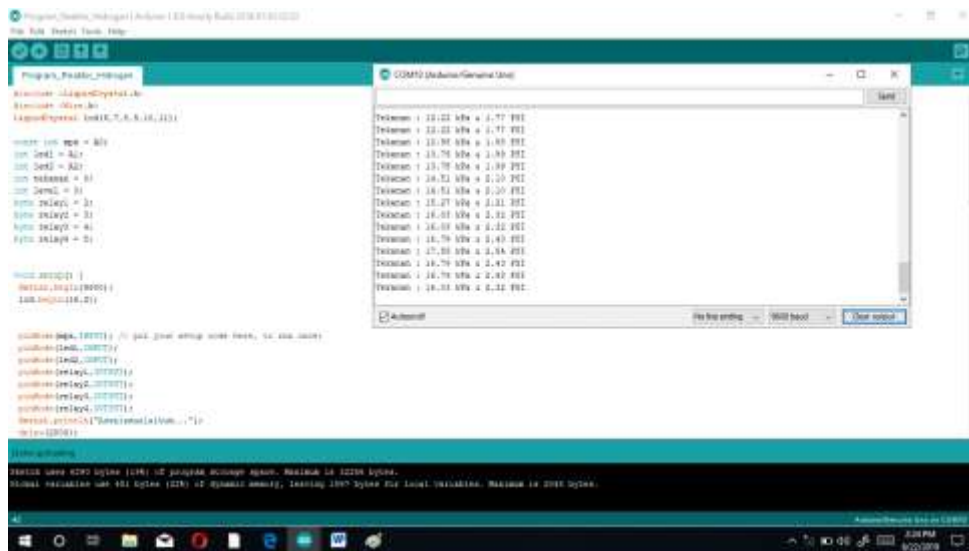
## Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dibahas dan dibandingkan dengan hasil penelitian dari artikel yang diacu, jika mungkin.

### a. Hasil dan Analisis

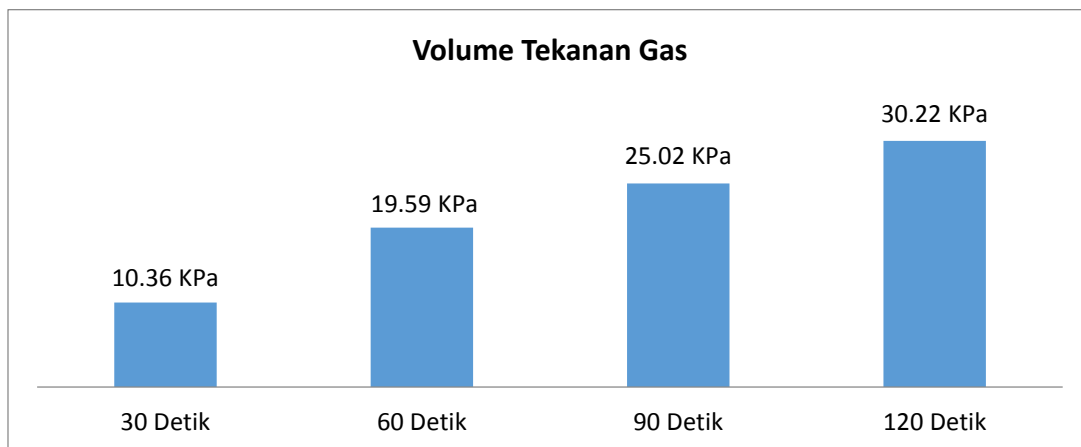
#### 1. Uji Tekanan Gas Hidrogen

Produksi gas Hidrogen menggunakan sistem kontrol sebagai hasil dari suatu proses elektrolisis pada alat pemisah air bersih menjadi Hidrogen diharapkan mampu digunakan sebagai salah satu metode dalam menghasilkan gas hidrogen dan sistem kontrol tersebut berguna sebagai keperluan proteksi serta pengukuran, perbandingan, perhitungan dan koreksi pada proses keseluruhan operasi. Adapun pengujian tingkat tekanan gas hidrogen yang berada didalam tabung yaitu dengan menggunakan software Arduino IDE. Berikut ini output data volume tekanan gas yang dihasilkan selama 2 menit dari pengujian alat pada gambar 3 dibawah ini



Gambar 4 Sistem Kontrol Menggunakan Software Arduino IDE

Adapun data yang dihasilkan dalam pengujian alat pemisah air bersih menjadi hidrogen diatas dapat dilihat pada gambar 5 yaitu grafik volume tekanan gas setiap 30 detik selama dua menit.

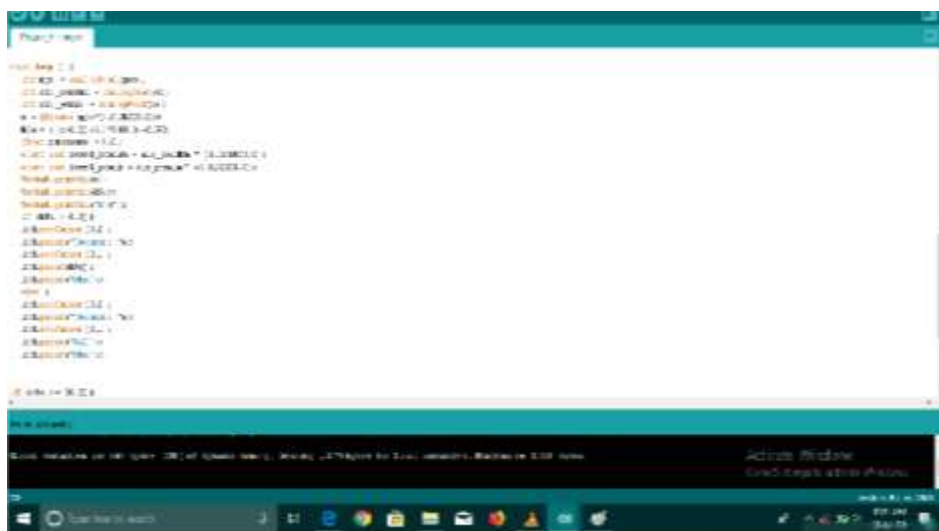


Gambar 5. Grafik Volume Tekanan Gas

## 2 Uji Kontrol Otomatis

Parameter pengontrolan alat ini ialah ketinggian air di bak penampung elektrolisir dan tekanan gas dipenampungan gas hidrogen murni. Untuk membuat reaktor mati dan hidup, aktuator yang digunakan adalah relay arduino. Arduino akan memberikan catuan ke relay yang akan menentukan apakan reaktor menyala atau tidak. Hal ini sesuai logika dibawah ini:

1. Jika ketinggian air maksimal dan tekanan maksimal maka reaktor mati.
2. Jika ketinggian air minimal dan tekanan maksimal maka reaktor mati.
3. Jika ketinggian air maksimal dan tekanan minimal maka reaktor hidup.
4. Jika ketinggian air minimal dan tekanan minimal maka reaktor mati.



Gambar 6. Program Sistem Kontrol Otomatis

## 3. Volume Tabung

Kapasitas masing masing tabung dapat dilihat pada analisa perhitungan dibawah ini:

- a. Untuk mengetahui volume pada tabung air yang mempunyai tinggi 25.5 cm dan memiliki jari-jari 8.5 cm dapat menghasilkan volume air sebesar 2.69 liter
- b. Untuk tingkat volume gas hidrogen pada tabung yang mempunyai tinggi 26 cm dan memiliki jari-jari 11.5 cm dapat menampung gas hidrogen 1.4 liter.

Setelah mendapatkan data kapasitas pada setiap volume air dan gas hidrogen dalam masing-masing tabung. Selanjutnya dilakukan perhitungan reaksi elektrolisis air, agar dapat mengetahui kapasitas gas hidrogen yang mampu dihasilkan secara maksimal oleh alat tersebut setelah beroperasi selama 1 jam.

- Oksidasi ( anoda )  $\rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(e) \rightarrow \text{O}_2 (g) + 4\text{H}^+ (ag) + 4e^-$
- Reduksi ( katoda )  $\rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(e) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2 (g) + 2\text{OH}^- (ag)$
- Electron

diasumsikan,  $i = 10 \text{ A}$ ,  $t = 3600 \text{ s}$

$$f = \frac{i \times t}{96.500} = \frac{10 \times 3600}{96.500} = 0,373 \text{ F atau } = 0,373 \text{ mol } e^-$$



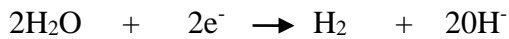
- Air (H<sub>2</sub>O)

$$v = 2.5 \text{ L} = 2.5 \times 10^3 \text{ dm}^3$$

$$p = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$m = v \cdot p = 2.5 \times 10^{-3} \times 1000 \\ = 2.5 \text{ kg}$$

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{2.5}{18} = 0,13 \text{ kmol} = 130 \text{ mol}$$



m	130	0,373			R = 0,082 L <sup>atm</sup> /kj
r	0,737	-	0,187	0,737	T = 27 <sup>0</sup> C = 330 K
s	129,63	-	0,187	0,737	P = 1 atm

maka dihasilkan 0,187 mol gas hidrogen

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0,187 \times 0,082 \times 330}{1} = 5,06 \text{ L}$$

Kemudian didapatkan hasil akhir yaitu 4,5 liter gas hidrogen per jam nya, hasil dari reaksi elektrolisis air pada alat pemisah air bersih menjadi hydrogen sesuai rancangan.

## Kesimpulan

Hidrogen yang memiliki daya ledak luar biasa sangat beresiko dalam proses produksinya. Maka dari itu pada penelitian ini untuk menghindari resiko terjadinya kecelakaan kerja saat proses produksi berlangsung, maka diberikan suatu sistem kontrol berupa arduino dimana sistem ini berguna dalam pengawasan siklus produksi hidrogen. Adapun dari hasil penelitian yang telah dilakukan dalam menghasilkan gas hidrogen menggunakan sistem kontrol arduino diantaranya mampu memberikan data bagi peneliti berupa tekanan gas dan volume ketinggian air yang berada pada setiap tabung saat proses produksi berlangsung secara terus menerus. Kemudian sistem kontrol ini akan mati seketika apabila terjadi masalah pada setiap komponen-komponen yang ada didalam alat pengujian tersebut. Hal ini dapat dibuktikan dari metode pengujian yang telah dilakukan.

## Referensi

- Arfi, F., Aziz, H., & Alif. (2016). Pembentukan Hidrogen dari Air Secara Fotokatalitik oleh Serbuk TiO<sub>2</sub> yang Didoping Nitrogen. *Jurnal Kimia Valensi*, 2(2), 125–129.
- Azhar, M., & Satriawan, D. A. (2018). Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Administrative Law & Governance Journal*, 1(November), 398–412.
- Budiarthana, I. N., & Ketut, I. (2013). Produksi Gas Dengan Proses Elektrolisis Dalam Pembuatan Generator Gas HHO, Elektroda Lembaran Dan Spiral Dengan Katalis NaOH, NaCl Dan NaHCO<sub>3</sub> Gas Production In Electrician Process On Construction Of HHO Gas GENERATOR. *Jurnal Logic*, 13(1), 61–67.
- Cosina, F. A. (2013). Pengaruh Penggunaan Hidrogen Hasil Elektrolisis Terhadap Performa Mesin Pada Sepeda Motor. *Saintekno*, 16(2), 167–176.

- Diaratih, V. I., & Hadi, W. (2015). Alternatif Pemanfaatan Air Limbah dari Reverse Osmosis dengan Metode Elektrolisis untuk Menghasilkan Gas Hidrogen dan Oksigen. *Jurnal Teknik Its*, 4(1), 4–6.
- Fahreza, D., Kurniawati, D., & Subeki, N. (2018). Analisis Produksi Gas Hidrogen Dan Gas Oksigen Dalam proses Elektrolisis. *SENTRA*, 50–54.
- Huda, N. (2013). Penentuan Kapasitas Produksi Hidrogen Dari Perengkahan air Berdasarkan Distribusi Kalor RGTT - Kogenerasi. *Sigma Epsilon*, 17(2), 54–61.
- Husin, H. (2013). Fotokatalitik Dekomposisi Air Menjadi Hidrogen Sebagai Energi Bersih dan Ramah Lingkungan. *Jurnal Rona Lingkungan Hidup*, 6(1).
- Jenderal, D., & Baru, E. (2017). *Peraturan menteri Nomor 12 Tahun 2017 Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik (PLTS FOTOVOLTAIK, PLTB, PLTA, PLTBm, PLTBg, PLTSa, dan PLTP)*.
- Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi bbm. *Jurnal IPTEK*, 19(2), 75–91.
- P, A. A. B., Nugraheni, I. K., Otomotif, J. M., Negeri, P., & Laut, T. (2016). Analisa Performa Generator HHO Tipe Basah Tegangan Listrik Dalam Memproduksi Gas HHO Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Prosiding SNRT*, 33–41.
- Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tentang Kebijakan Energi Nasional*. (2014).
- Pratiwi, B. (2015). Rancang Bangun Sistem Pemanas Substrat Pada Reaktor Hidrogen Termofilik Menggunakan Fuzzy logic Designing Substrate Heating System For Thermophilic Hydrogen Reactor Using Fuzzy Logic. *E-Proceeding of Engineering*, 2(2), 3284–3292.
- Salimy, D. H., & Prapatan, M. (2010). Produksi Hidrogen Proses steam Reforming Dimethyl Ether ( DME ) Dengan Reaktor Nuklir Temperatur Rendah. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 12(1), 1–10.
- Silmi, F. R., Kirom, M. R., & Qurthobi, A. (2017). Analysis of the Influence of Internal Pressure Control to the Total Gas Production in Anaerobic Digester. *Procedia Engineering*, 170, 467–472. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.075>
- Sopandi I. (2015). Studi Ketebalan Elektroda Pada Produksi Gas HHO Oleh Generator HHO Tipe Basah Dengan Katalis NaHCO<sub>3</sub>. *Rona Teknik Pertanian*, 8(2), 99–110.
- Undang Undang Nomor 30 Tahun*. (2007).
- Wardana, I. N. G., & Veronika, K. (2015). Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Laju Dan Efisiensi Pembentukan Hidrogen. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(1), 51–59.