

DESAIN ALAT ELEKTROLISA HIDROGEN MENGGUNAKAN ELEKTRODA STAINLESS STEEL

Sulistyo^a, Sri Nugroho^b, Mochammad Faisal Amrullah^c

^{a,b}Dosen, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^cMahasiswa, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jalan Prof. Sudarto No.13, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

*Email: abilfaisal69@gmail.com

Abstrak

Pemanasan global dan masalah lingkungan menjadi masalah lebih serius akibat pemakaian energi fosil, sehingga pengembangan sumber energi baru dan terbarukan menjadi lebih penting. Hidrogen adalah salah satu pembawa energi bersih dan *sustainable energy* yang paling menjanjikan serta produk sampingannya tidak mengeluarkan emisi karbon. Elektrolisis air adalah salah satu metode produksi gas hidrogen yang ramah lingkungan dan memiliki kemurnian tinggi. Proses elektrolisis secara umum memproduksi gas hidrogen murni dan gas oksigen. Pada proses produksi hidrogen kali ini menggunakan SS 304 sebagai elektroda serta metode *Alkaline Water Electrolysis (AWE)* yang ditambahkan (NaOH) 5 mol/L sebagai katalis agar proses elektrolisis lebih cepat dengan perbandingan volume air alkali sebesar 1000 mL. Vessel elektrolisis yang dirancang menggunakan bahan dasar akrilik yang tebalnya bervariasi sesuai desain yang sudah ditentukan. Sumber daya yang digunakan berasal dari *power supply* DC yang diatur 3V. Nilai volume hidrogen yang dihasilkan adalah 432 ml/ jam pada variabel tegangan 3V.

Kata kunci: manufaktur; tegangan; volume

Abstract

Global warming and environmental problems are becoming more serious problems due to the use of fossil energy, so the development of new and renewable energy sources becomes more important. Hydrogen is one of the most promising carriers of clean energy and sustainable energy and its by-products emit no carbon emissions. Water electrolysis is an environmentally friendly and high-purity method of hydrogen gas production. The electrolysis process generally produces pure hydrogen gas and oxygen gas. In the hydrogen production process this time using SS 304 as the electrode and the Alkaline Water Electrolysis (AWE) method added (NaOH) 5 mol/L as a catalyst so that the electrolysis process is faster with a volume ratio of 1000 mL alkaline water. The electrolysis vessel is designed using the above basic materials whose thickness varies according to the specified design. The power source used comes from a 3V regulated DC power supply. The volume value of hydrogen produced is 432 ml/hour at a variable voltage of 3V.

Keywords: manufacture; voltage; volume

1. Pendahuluan

Pemanasan global dan masalah lingkungan menjadi masalah lebih serius akibat pemakaian energi fosil, sehingga pengembangan sumber energi baru dan terbarukan menjadi lebih penting. Sumber energi terbarukan, seperti tenaga angin dan surya, memiliki karakteristik transien, yang memerlukan pengelolaan dan penyimpanan energi yang tepat [1]. Masalah yang ditemui pada sumber energi tenaga angin, salah satunya yaitu kualitas daya listrik pada pembangkit listrik tenaga angin. Masalah tersebut dapat berupa penyimpangan tegangan, arus maupun frekuensi yang dapat menyebabkan kegagalan ataupun kesalahan operasi pada peralatan- peralatan konsumen energi listrik [2].

Hidrogen adalah salah satu pembawa energi bersih dan *sustainable energy* yang paling menjanjikan serta hanya mengeluarkan air sebagai produk sampingan tanpa emisi karbon [3]. Hidrogen memiliki sifat karakteristik yang menarik sebagai pembawa energi yang memiliki densitas energi tinggi (140 MJ/kg) yang dua kali lebih tinggi dari bahan bakar solid pada umumnya (50 MJ/kg) [1]. Hidrogen adalah pembawa energi yang paling efisien. Hidrogen dapat diperoleh dari berbagai sumber bahan baku termasuk air

Elektrolisis air adalah salah satu metode produksi gas hidrogen yang ramah lingkungan dan memiliki kemurnian tinggi [4]. Elektrolisis air merupakan proses untuk menghasilkan gas H₂ dan O₂ murni dengan pemanfaatan energi listrik pada sistem. Elektrolisis air pada dasarnya dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke air melalui dua buah elektroda (Katoda dan Anoda) [5]. Namun jika arus yang diberikan terlalu besar maka hasil dari proses akan berupa uap air [6]. Arus listrik dialirkan melalui listrik searah (DC) lalu akan terbentuk gas oksigen di anoda sementara gas hidrogen terbentuk di katoda [7].

Metode elektrolisis yang dikembangkan saat ini terdapat tiga macam metode *Alkaline water electrolysis* (AWE), *Solid oxide electrolysis* (SOE) dan *Polymer Electrolyte Membrane* (PEM) *water electrolysis* [4]. Dalam prinsip pengoprasian ketiga metode elektrolisis tersebut sama, namun kondisi pengoprasiaannya yang berbeda. Pada proses elektrolisis *Alkaline water electrolysis* (AWE) mampu bertahan hingga suhu 90°C, berbeda dengan *Polymer Electrolyte Membrane* (PEM) *water electrolysis* yang mampu beroperasi hingga suhu 200°C, sedangkan *Solid oxide electrolysis* (SOE) mampu beroperasi hingga suhu 900°C [1].

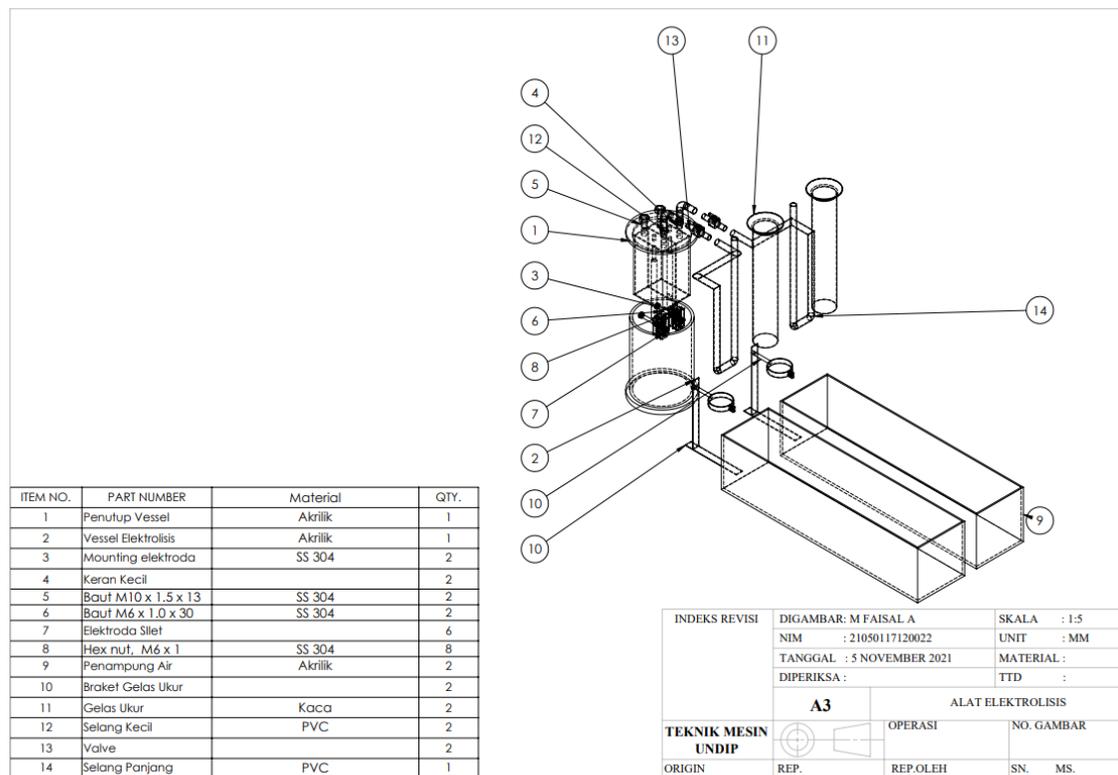
Proses elektrolisis akan menjadi lebih cepat apabila ditambahkan katalis. Keberadaan katalis juga untuk memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru. Dengan menurunnya energi pengaktifan, maka pada suhu yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat [8].

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang digunakan yaitu.

2.1 Desain Prototype

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan yang digunakan untuk produksi gas hidrogen ditunjukkan pada gambar 2.1 dibawah. Pada Gambar 1 menunjukkan rangkaian alat elektroda air dengan menggunakan *power supply* dengan kapasitas 5 A dan 30 Volt, *vessel* elektrolisis yang terbuat dari akrilik dengan kapasitas 1.411 L, alat ukur volume hidrogen menggunakan gelas ukur yang berisi air. Elektroda silet yang digunakan terbuat dari baja semi-stainless yang mengandung 0,65-0,7% *carbon*, 12-14% *chromium* serta 2,5% *nikel*. Pada penelitian ini Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah KOH dan air sumur.



Gambar 1. Bill of Material Prototype Elektrolisis

2.2 Manufaktur Desain

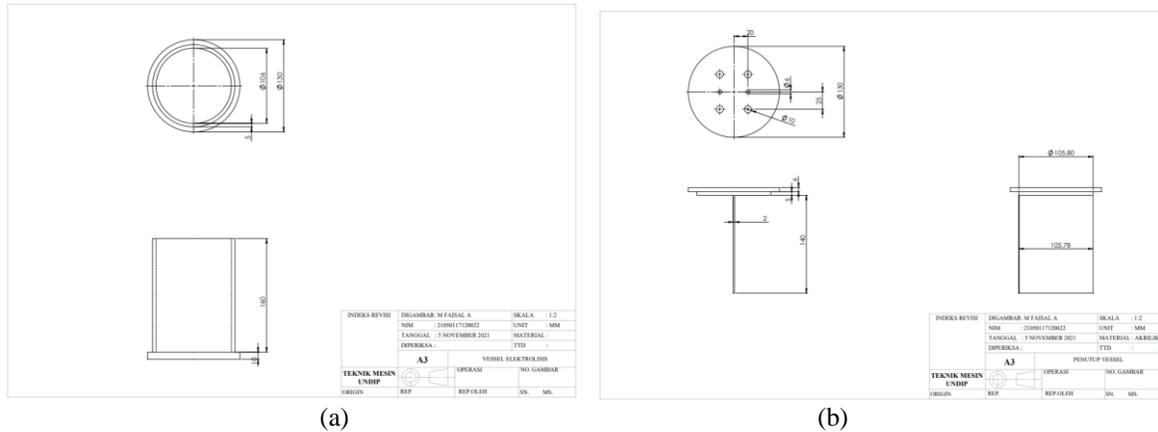
Berikut merupakan tahapan manufaktur dari desain yang dirancang.

2.2.1. Vessel Elektrolisis

Vessel elektrolisis yang dibuat pada kali ini menggunakan bahan akrilik dikarenakan akrilik tahan terhadap panas hingga suhu 100°C. Akrilik juga tidak mudah pecah, ringan, mudah untuk dipotong, dikikir maupun dibor. Akrilik juga dapat dibentuk menjadi berbagai macam bentuk [9].

Berikut merupakan tahap-tahap proses manufaktur pembuatan *vessel* akrilik:

- (a) Desain *vessel* akrilik sesuai dengan yang diinginkan, desain *vessel* yang diinginkan ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini.



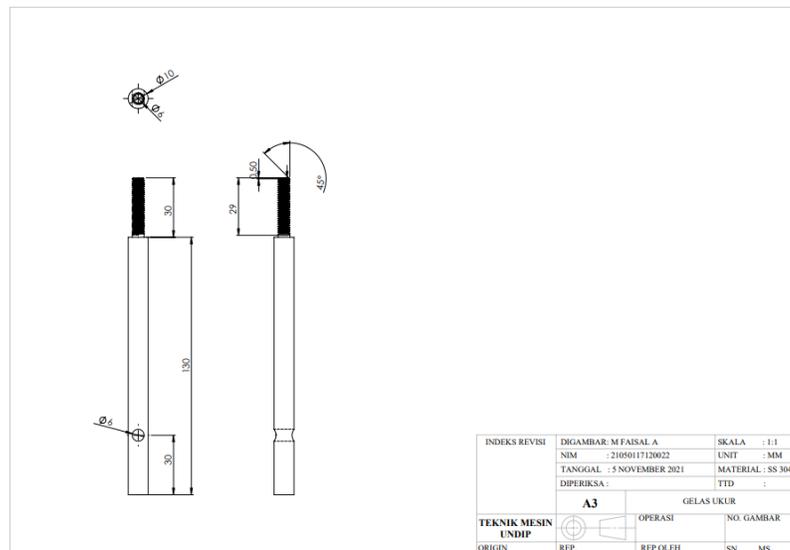
Gambar 2. (a) Desain *Vessel* Elektrolisis (b) Tutup *Vessel* Elektrolisis

- (b) Pemotongan bahan dasar akrilik menggunakan laser *cutting*.
 (c) Untuk penyambungan akrilik menggunakan lem kaca dextone yang biasa dipakai untuk lem kaca aquarium.

2.2.2. Mounting Elektroda

Mounting elektroda yang digunakan kali ini menggunakan pejal SS 304 yang memiliki diameter sesuai dengan desain. berikut merupakan tahap-tahap proses manufaktur pembuatan produk mounting elektroda:

- (a) Pengukuran sesuai dengan desain yang dibutuhkan, berikut merupakan desain mounting elektroda ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Desain Mounting Elektroda

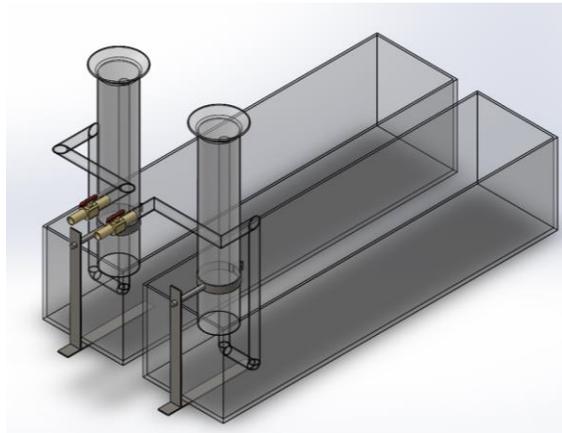
- (b) Membubut pejal SS 304 sesuai dengan desain yang ditunjukkan pada Gambar 3 diatas.
 (c) *Drilling* pejal sesuai dengan desain yang ditunjukkan pada Gambar 3 diatas.

- (d) Membuat ulir pada mounting elektroda dengan cara mengsnei dengan ukuran M6 x 1,0 mm supaya mounting bisa disambungkan dengan penutup *vessel*.

2.2.3. Hydrogen Collector

Alat penampung gas hidrogen menggunakan selang yang tersambung dengan sistem elektrolisis dengan gelas ukur yang berisikan air, apabila sistem menghasilkan gas maka gas tersebut akan menuju gelas ukur dan mengurangi volume air yang terdapat di gelas ukur tersebut, volume air yang keluar tersebut merupakan volume hasil gas hidrogen. Berikut merupakan tahap-tahap proses manufaktur pembuatan produk hydrogen collector:

- Membuat desain penampung air dan mounting gelas ukur sesuai dengan rancangan yang ditentukan.
- Assembly alat-alat yang digunakan. Selang disambungkan dengan sistem elektrolisis pada bagian sekat katoda yang menerima output gas hidrogen secara langsung. Berikut merupakan desain assembly hydrogen collector ditunjukkan pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Desain Mounting Elektroda

2.3 Metode Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan di Teknik Mesin Universitas Diponegoro Kota Semarang. Kondisi operasi dari sistem elektrolisis adalah sebagai berikut :

- Elektrolit yang digunakan adalah larutan NaOH konsentrasi 5 mol/liter.
- Sumber energi menggunakan *power supply* dengan kapasitas 30 Volt 5 A dengan energi yang berasal dari listrik PLN.
- Besar tegangan keluaran yang diatur menggunakan *power supply* DC dengan tegangan maksimal sebesar 3 V.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

2.3.1. Variabel terikat meliputi :

- Hidrogen yang dihasilkan,
- Arus sistem elektrolisis,
- Konsumsi daya.

2.3.2. Variabel bebas meliputi :

- Tegangan yang keluar dari *power supply* yaitu 3 volt.

2.3.3. Variabel kontrol meliputi :

- Volume larutan elektrolit,
- Konsentrasi larutan elektrolit,
- Jarak elektroda,
- Jenis sel elektrolisis,
- Dimensi elektroda,
- Lama percobaan elektrolisis.

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah observasi dari proses elektrolisis menggunakan rangkaian alat elektrolisis. Pada Gambar 1 menunjukkan rangkaian alat yang akan digunakan dalam penelitian untuk memproduksi hidrogen. Rangkaian alat terdiri dari *power supply*, sel elektrolisis dan penampung gas hidrogen.

Paramater-paramater yang diamati dalam percobaan elektrolisis kali ini berjumlah 3 yang terdiri dari: tegangan, arus dan volume gas hidrogen yang dihasilkan. Tegangan dan kuat arus dapat diamati melalui *display power supply* yang

digunakan. Volume gas hidrogen yang dihasilkan dapat dilihat dari volume air yang berkurang pada gelas ukur. Tahapan proses produksi gas hidrogen menggunakan elektrolisis adalah:

- Assembly dari alat alat yang akan digunakan selama proses elektrolisis sesuai dengan desain yang dibuat sebelumnya.
- Pembuatan larutan NaOH
Membuat larutan NaOH 5 mol/liter kemudian memasukkan kedalam kotak elektrolisis. Tambahkan air sumur ke dalam gelas ukur 1 liter, larutkan NaOH hingga sempurna, kemudian masukan 1 liter larutan yang sudah tercampur kedalam *vessel* elektrolisis.
- Kemudian mengatur tegangan keluaran dari *power supply*.
- Sel elektrolisis dihubungkan dengan sumber energi yaitu output dari *power supply*.
- Pengamatan dilakukan terhadap sel elektrolisis, tegangan dan kuat arus. Percobaan dilakukan selama 4 jam.
- Hidrogen yang dihasilkan dicatat berdasarkan volume air yang dipindahkan pada gelas ukur (*hydrogen collector*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Gas dari sel elektrolisis akan keluar melalui selang menuju ke *hydrogen collector*, yang kemudian gas akan menekan air di dalamnya. Volume air yang keluar dari gelas ukur tersebut merupakan volume hasil gas hidrogen yang dapat dilihat pada level gelas ukur.

2.4 Teknik Analisa Data

Data-data yang diambil dari hasil eksperimen proses produksi gas hidrogen menggunakan elektrolisis kemudian dianalisa untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang mempengaruhi proses elektrolisis air alkali. Jumlah percobaan yang dilakukan adalah sebanyak 1 kali untuk masing-masing jumlah susunan elektroda dengan variasi tegangan 2 volt, 4 volt dan 6 volt. Kemudian akan dianalisa dengan menggunakan Microsoft excell. Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan optimasi dari variabel bebas berupa material elektroda, jumlah susunan elektroda dan tegangan elektrolisis terhadap volume hidrogen yang dihasilkan. Hasil analisa kemudian dibandingkan satu sama lain.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut merupakan hasil dan pembahasan pengujian yang dilakukan. Pertama, adalah uji kebocoran alat elektrolisis yaitu dengan memasukkan air kedalam setiap komponen dari alat elektrolisis kemudian dilakukan pengamatan terdapat atau tidak kebocoran dalam setiap komponen, tahap akhir adalah mengoperasikan alat elektrolisis tanpa elektroda terpasang pada *mounting* yang menggunakan parameter seperti dilakukan Fátima, dkk.

Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan NaOH dengan konsentrasi 5 molar/liter dan tegangan yang diatur sebesar 3 volt. Hasil yang didapatkan bahwa arus yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis yang ditunjukkan pada *power supply* adalah adalah 0,52 A - 0,89 A. Volume hidrogen yang dihasilkan adalah 432 ml/jam. Hasil tersebut serupa dengan penelitian yang dilakukan Fátima, dkk. yaitu arus yang dihasilkan sebesar $0,89 \pm 0,38$ Ampere dengan volume air yang diproduksi adalah 1822 ml selama 4 jam atau sebesar 455,5 ml/jam [10].



Gambar 5 Alat Elektrolisis

4. Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa manufaktur alat elektrolisis berfungsi dengan baik dan dapat melakukan negujian dimana telah diuji coba menggunakan larutan elektrolit NaOH konsentrasi 5 molar/liter dengan tegangan 3 Volt menghasilkan arus 0,52 A - 0,89 A dan volume hidrogen yang dihasilkan adalah 432 ml/ jam menyerupai hasil percobaan de Fátima, dkk. yang menghasilkan arus 0.89 ± 0.38 Ampere dan volume hidrogen adalah 455,5 ml/jam [10].

5. Daftar Pustaka

- [1]. Chi J, Yu H. Water Electrolysis Based On Renewable Energy For Hydrogen Production. Cuihua Xuebao/Chinese J Catal [Internet]. 2018;39(3):390–4. Available From: [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/S1872-2067\(17\)62949-8](http://Dx.Doi.Org/10.1016/S1872-2067(17)62949-8)
- [2]. Hilmansyah H, Yuniar RJ, Ramli R. Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kendali Pi. JST (Jurnal Sains Ter. 2017;3(1):1–5.
- [3]. Kazim A, Veziroglu TN. Utilization Of Solar-Hydrogen Energy In The UAE To Maintain Its Share In The World Energy Market For The 21st Century. Renew Energy. 2001;24(2):259–74.
- [4]. Shiva Kumar S, Himabindu V. Hydrogen Production By PEM Water Electrolysis – A Review. Mater Sci Energy Technol [Internet]. 2019;2(3):442–54. Available From: [Https://Doi.Org/10.1016/J.Mset.2019.03.002](https://Doi.Org/10.1016/J.Mset.2019.03.002)
- [5]. Wahyono, Anis R. Pembuatan Alat Produksi Gas Hidrogen Dan Oksigen Tipe. J Tek Energi. 2016;12(1).
- [6]. Widyatama AP. Rancang Bangun Proses Produksi Gas Hidrogen (H₂) Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler Arduino. 2017;
- [7]. Fazlunnazar M, Hakim L, Meriatna, Sulhatun, Aminullah MM. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. J Teknol Kim Unimal [Internet]. 2018;2(November):85–100. Available From: [Http://Ojs.Unimal.Ac.Id/Index.Php/Jtk](http://Ojs.Unimal.Ac.Id/Index.Php/Jtk)
- [8]. Dwi Arnoldi, Fenoria Putri S. Penerapan Teknologi Elektrolisa Larutan Air-Koh. Dwi Arnoldi. 2012;4:29–36.
- [9]. Edilla, Yanda Zaira J. Penentuan Suhu Optimal Proses Pembentukan Profil Pada Mesin Vakum Akrilik. J Elektro Dan Mesin Terap. 2017;3(2):1–10.
- [10]. De Fátima Palhares DDA, Vieira LGM, Damasceno JJR. Hydrogen Production By A Low-Cost Electrolyzer Developed Through The Combination Of Alkaline Water Electrolysis And Solar Energy Use. Int J Hydrogen Energy. 2018;43(9):4265–75.