

Analisis Tegangan dan Arus untuk Menghasilkan Elektrolisis pada Sistem Hidrogen Fuel Cell

Helmi Purwacaraka, Dian Budhi Santoso, Reni Rahmadewi

Abstrak— Salah satu sumber energi listrik pada kendaraan adalah aki (Accu), accu tersebut sering digunakan pada kendaraan bermotor. Accu disini digunakan sebagai sumber tegangan guna menghasilkan elektrolisis pada hydrogen fuel cell yang maksimal. Tegangan accu sebesar 12 V akan digunakan untuk mengalirkan tegangan kepada kedua lempengan yaitu, lempengan anoda dan katoda yang masing – masing terdiri dari empat lempengan. Lempengan tersebut diisi dengan air suling dan campuran Natrium Hidroksida (NaOH) untuk mempercepat hasil elektrolisis. Perbandingan tegangan pada accu 12 V dan Power Supply 12 V akan diuji untuk melihat hasil pemecahan hydrogen dan oksigen yang maksimal sebagai penghemat bahan bakar bensin pada kendaraan bermotor. Untuk menghitung elektrolisis yang maksimal, saya menggunakan alat *ORP* meter. *ORP* meter adalah alat yang biasa digunakan untuk mengukur potensi oksidasi reduksi (REDOKS) dan konsentrasi dengan satuan mV, sehingga didapatkan angka yang kemudian akan dibandingkan.

Kata Kunci— Elektrolisis, Anoda, Katoda, *ORP* meter

I. PENDAHULUAN

Konsumsi energi di Indonesia meningkat rata-rata sebesar 7% per tahun seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, kegiatan ekonomi, dan perkembangan industri. Beberapa jenis energi di Indonesia diantaranya adalah minyak bumi, gas alam, batu bara, tenaga air, dan panas bumi.

Energi merupakan salah satu komponen penting bagi kelangsungan hidup manusia. Pada umumnya masyarakat masih banyak bergantung pada ketersediaan sumber daya alam energi fosil yang sifatnya un-renewable, terutama minyak bumi yang semakin lama semakin terbatas jumlahnya. Dalam perkembangannya, cadangan sumber energi di dunia semakin terbatas dan tidak mampu memenuhi kebutuhan manusia yang semakin bertambah. Berbagai penelitian telah dilakukan dalam rangka mengatasi ketersediaan sumber daya alam yang terbatas jumlahnya tersebut, dalam hal ini disebut sebagai sumber energi alternatif.

Hidrogen dengan lambang kimia H merupakan unsur paling sederhana dilihat dari segi susunan proton dan elektronnya. Satu atom hidrogen hanya memiliki satu proton dan satu elektron. Gas hidrogen merupakan molekul diatomik, setiap molekulnya tersusun atas 2 atom hidrogen, yang secara kimia dirumuskan dengan H_2 . Berbagai penelitian telah

membuktikan bahwa hidrogen mampu dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

Kelebihan hidrogen dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya yaitu pembakarannya tidak menyebabkan polusi karbon. Ketika terbakar, hydrogen melepaskan energi berupa panas dan menghasilkan air sebagai bahan buangan ($2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$). lebih efektif dalam pembakaran dan jumlahnya di alam sangat melimpah sekitar 93% dari seluruh atom yang ada di alam. Hidrogen (H_2) ini sebagai bahan bakar adalah sifatnya sebagai sumber energi yang tidak bersifat langsung (primer) sebagaimana halnya gas alam, minyak atau batubara. Hidrogen adalah energi turunan (Sekunder), yang diproduksi dengan menggunakan sumber energi lain seperti gas alam, minyak, batu bara, nuklir, energi matahari dan berbagai sumber energi lainnya. Karena bersifat sekunder itulah, untuk tahap awal penggunaan hidrogen sebagai bahan bakar, kita harus mengkombinasikan penggunaannya dengan bahan bakar primer (hibrida). Jadi fungsi hidrogen lebih sebagai bahan bakar pendamping yang berfungsi membantu mesin mengurangi konsumsi bahan bakar utama.

Kebanyakan dari hidrogen yang diproduksi sampai hari ini (di Amerika maupun di negara lain) adalah hidrogen yang didapat dari gas alam (CH_4) melalui proses yang disebut “steam reforming”. Tapi yang lebih potensial untuk dilakukan dimasa depan adalah memproduksi hidrogen dari air melalui proses elektrolisis atau langsung menggunakan reaksi fotokimia. (Wannur, 2018).

Ada beberapa metode cara memproduksi gas hidrogen, salah satunya yaitu dengan metode elektrolisis air. Metode ini mengubah air (H_2O) menjadi gas H_2 (oxyhidrogen) atau biasa disebut dengan gas brown. Penggunaan hidrogen dalam sel bahan bakar merupakan teknologi yang menjanjikan untuk pemenuhan listrik dan panas dalam berbagai keperluan. Kendaraan dengan teknologi sel bahan bakar hidrogen bahkan dinilai memiliki efisiensi tiga kali lebih tinggi dibandingkan dengan kendaraan bermesin yang menggunakan bahan bakar bensin.

Proses elektrolisis air berjalan sangat lambat sehingga perlu diupayakan cara-cara untuk meningkatkan efisiensi produk. Misalnya dengan penambahan zat terlarut, yang bersifat elektrolit, modifikasi elektroda, variasi daya listrik yang

digunakan atau dengan cara-cara lain yang mampu meningkatkan efisiensi produk. (Isana, 2010).

Elektrolisis air sebagai sumber hidrogen telah lama dipelajari dan telah menghasilkan berbagai penelitian yang terkait, hanya secara spesifik untuk menganalisis produktivitas dari beberapa metode yang dihasilkan masih perlu dikembangkan lebih lanjut. Dengan menganalisis seberapa banyak produktivitas hidrogen yang dihasilkan dari beberapa metode diharapkan mampu menghasilkan suatu alat generator H₂O dengan efektifitas yang tinggi.

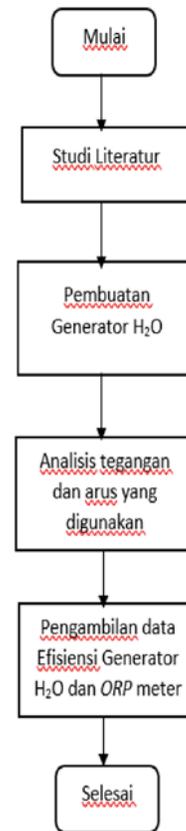
Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini akan memvariasikan besarnya arus dan tegangan yang diperlukan yang diharapkan dapat menciptakan suatu alat generator H₂O dengan efektifitas yang tinggi. Efektifitas yang dimaksud disini adalah seberapa besar daya yang digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen, sehingga dapat meningkatkan laju produksi dan efisiensi dari generator H₂O yang dibuat.

Penelitian ini akan merancang sebuah alat elektrolisis yang mampu menghasilkan gas hidrogen dari air (H₂O) dengan cara yang sederhana dan praktis, dan menganalisa efektifitas dari alat tersebut sehingga kedepannya mampu menghasilkan suatu alat elektrolisis dengan tingkat efisiensi yang tinggi.

II. METODE PENELITIAN

A. Tipe Penelitian

Penelitian menggunakan metode evaluatif terhadap pengembangan suatu produk. Dalam hal ini dilakukan sebuah perancangan suatu produk yang disesuaikan dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh user serta spesifikasi yang sesuai dengan lingkungan sekitar. Setelah perancangan telah sesuai, maka dilakukan implementasi dari hasil rancangan yang telah dibuat. Apabila hasil dari implementasi tidak sesuai, maka dilakukan sebuah revisi terhadap rancangan atau implementasi yang telah dibuat. Adapun urutan penelitian ini sesuai *flowchart* berikut:



B. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi dari komponen-komponen yang dibutuhkan. Metode pengumpulan data adalah cara yang digunakan untuk mengumpulkan data. Pengumpulan data dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan oleh peneliti agar dapat mencapai tujuan penelitian.

C. Analisis Data

Analisis data adalah proses mengatur urutan data, mengorganisasikannya kedalam suatu pola, kategori, dan satuan uraian dasar Teknik analisis digunakan untuk mengetahui kapasitas kerja mesin yang telah dirancang oleh peneliti [17]. Adapun proses menganalisis pada penelitian ini untuk menganalisis parameter input dan output yang didapatkan dengan menggunakan Variabel penelitian yang diamati adalah arus dan tegangan yang digunakan saat proses elektrolisis H₂O, laju aliran *Brown's* gas pada gelas ukur (ml/menit), efisiensi generator H₂O, yaitu energi atau daya yang digunakan pada proses elektrolisis H₂O. Perumusan untuk mencari seberapa besar efektifitas produktifitas dari gas H₂O adalah sebagai berikut:

Daya

$$P = V \times I \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

P = Daya generator H₂O (Watt)

= Beda potensial/tegangan (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

Laju produksinya (flow rate gas H₂O) adalah :

$$m = Q \times \rho \text{ H}_2\text{O} \dots\dots\dots (2) \text{ Dimana}$$

- :
- m = Laju produksi gas H₂O (kg/s)
- Q = Debit Produksi gas H₂O (lt/s)
- ρ = Massa jenis gas H₂O (gram)

Dengan :

$$Q = \frac{V}{t} = \dots\dots\dots (3)$$

- V = Volume gas terukur (lt)
- t = Waktu produksi gas (s)
- ($\rho \text{ H}_2\text{O} = 0,287 \text{ gr/L}$) ($\rho \text{ Hidrogen} = 0,8988 \text{ gr/L}$)
- ($\rho \text{ Oksigen} = 0,219 \text{ gr/L}$)

Efisiensi Generator H₂O.

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{QH_2O \times \rho_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{LHV H}_2\text{O}}{P} \times 100\% \dots\dots (4)$$

Dimana:

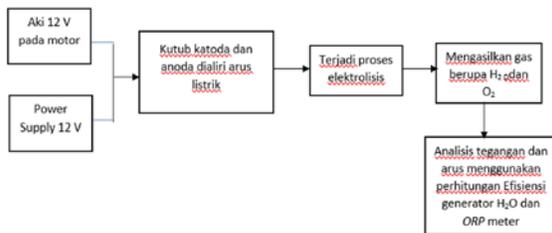
- $\eta_{\text{H}_2\text{O}}$ = Efisiensi generator H₂O (%)
- QH_2O = Debit produksi gas H₂O (lt/s)
- $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ = Massa Jenis gas H₂O (g/lt)
- LHV H₂O (Lower Heating Value) = LHV gas H₂O (119930 J/g)
- P = Daya generator (Watt)

D. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jln.Ronggo Waluyo. Dusun kaum jaya, Desa Puseur Jaya. Kec Telukjambe Timur, Jawa Barat, Indonesia.

E. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram blok berikut:



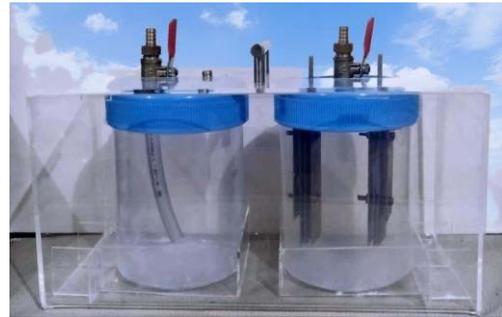
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan hasil implementasi dari perancangan yang telah dibuat, pengujian terhadap sistem dan proses validasi terhadap *Hydrogent Anticipation (HYDRANT)* Analisis Tegangan dan Arus Pada *Accumulator* dan *Power Supply* Guna Menghasilkan Elektrolisis Pada *Hidrogen Fuell Cell* Yang Maksimal. Tahapan implementasi ini berisi analisis perbedaan antara menggunakan *Accumulator* dan *Power Supply* dengan tegangan dan arus yang ada, sehingga bisa dihitung flow rate atau laju gas H₂O dengan campuran Natrium

Hidroksida. Setelah implementasi selesai, maka dilakukan perbandingan pada kedua sistem.

A. Hasil Implementasi

Implementasi merupakan tahapan yang dilakukan setelah dibuat perancangan sistem. Implementasi bertujuan untuk mengkonfirmasi sistem perancangan yang telah dibuat sehingga user dapat melakukan mengoperasikan sistem tersebut dengan mudah.



Gambar Hydrant tampak depan



Gambar Hydrant tampak atas

1. POWER SUPPLY 12 V 5 A

Tabel spesifikasi power supplay 5 A

Data	Keterangan
Tipe	Penurun tegangan
Input voltage	AC 100-120V 200V-220V
DC voltage	DC 12 V 5A
Output current	10 x 1 afused outlets (12 Am ax)
Output current	10 x 1 afused outlets (12 Am ax)
Fasilitas	-

Spesifikasi di atas menggunakan *Power Supply* tipe penurun tegangan dengan input voltage AC 220 V dengan arus DC sebesar 12 V 5 A.

2. POWER SUPPLY 12 V 20 A

Tabel spesifikasi power supplay 20 A

Data	Keterangan
Tipe	Penurun tegangan
Input voltage	AC 100-120V 220-240V
DC voltage	DC 12 V 20 A

Output current	10x 1A fused outlets (12A max)
Output current Fasilitas	Kipas pendingin
	-

Spesifikasi di atas menggunakan *Power Supply* tipe penurun tegangan dengan input voltage AC 220 V dengan arus DC sebesar 12 V 20 A dan dilengkapi dengan fasilitas kipas pendingin.

3. ACCUMULATOR 3,5 AH

Data	Keterangan
Tipe	GS Y GTZ5S
Input voltage	12 V
DC voltage	DC 12 V 5 AH
Dimensi (p:l:t)	113:70:89 mm
Fasilitas	-

Spesifikasi di atas menggunakan *Accumulator* pada motor Honda Beat tahun 2014 dengan Input tegangan sebesar 12 V dan arus yang dihasilkan 5 Ah, dengan ukuran 113 mm Panjang, 70 mm lebar dan 89 mm tinggi.

B. Pengujian

1. Power Supply 12 V 5 A

Hasil pengujian yang dilakukan menggunakan *Power Supply* 5 A adalah sebagai berikut.



Gambar Hydrant tampak depan



Gambar Hydrant tampak depan

Dari gambar *Power Supply* 5 A diatas terlihat proses *elektrolisis* yang berlangsung selama 5 menit dengan multimeter digital menunjukkan arus yang dihasilkan adalah 5 V DC, sedangkan hasil *ORP* meter menunjukkan nilai -185 Mv. Berarti dengan *Power Supply* tegangan 12 V dan arus 5 A yang mengalir katoda dan anoda pada *elektrolisis* menghasilkan tingkat oksidasi reduksi (Redoks) sebesar -185 Mv. Selanjutnya kita hitung efisiensi generator H₂O dibawah ini.

a. Untuk menghitung Daya menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \text{ V} \times 5 \text{ A} = 60 \text{ W}$$

b. Untuk menghitung Laju produksinya (flow rate gas H₂O) menggunakan persamaan 2 berikut:

$$m = Q \times \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$m = 0,00333 \times 0,287 = 0,00095571 \text{ kg/s}$$

Untuk menghitung laju gas menggunakan persamaan 3 sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{1}{300} = 0,00333 \text{ lt/s}$$

c. Untuk menghitung Efisiensi Generator H₂O menggunakan persamaan 4 berikut:

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{Q_{\text{H}_2\text{O}} \times \rho_{\text{H}_2\text{O}} \times LHV_{\text{H}_2\text{O}}}{P} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,00333 \times 0,287 \times 119930}{60} \times 100\% = 1,910 \%$$

2. Power Supply 12 V 20 A

Hasil pengujian yang dilakukan menggunakan *Power Supply* 20 A adalah sebagai berikut.



Gambar Hydrant tampak depan



Gambar Hydrant tampak depan

Dari gambar *Power Supply* 20 A diatas terlihat proses elektrolisis yang berlangsung selama 5 menit dengan multimeter digital menunjukkan arus yang dihasilkan adalah 222 V AC, sedangkan hasil *ORP* meter menunjukkan nilai -145 mV. Berarti dengan *Power Supply* tegangan 12 V dan arus 20 A yang mengalir katoda dan anoda pada elektrolisis menghasilkan tingkat oksidasi reduksi (Redoks) sebesar -145 mV. Selanjutnya kita hitung efisiensi generator H₂O dibawah ini.

- a. Untuk menghitung Daya menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \text{ V} \times 20 \text{ A} = 240 \text{ W}$$

- b. Untuk menghitung Laju produksinya (flow rate gas H₂O) menggunakan persamaan 2 berikut:

$$m = Q \times \rho_{H_2O}$$

$$m = 0,00333 \times 0,287 = 0,00095571 \text{ kg/s}$$

Untuk menghitung laju gas menggunakan persamaan 3 sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (3)$$

$$Q = \frac{1}{300} = 0,00333 \text{ lt/s}$$

- c. Untuk menghitung Efisiensi Generator H₂O menggunakan persamaan 4 berikut:

$$\eta_{H_2O} = \frac{Q_{HHO} \times \rho_{HHO} \times LHV_{HHO}}{P} \times 100\%$$

$$\eta_{H_2O} = \frac{0,00333 \times 0,287 \times 119930}{240} \times 100\% = 0,477 \%$$

3. Accumulator

Pada hasil pengujian yang dilakukan menggunakan *Accumulator* adalah sebagai berikut.



Gambar



Gambar



Gambar

Dari gambar *Accumulator* 3,5 Ah diatas terlihat proses *elektrolisis* yang berlangsung selama 5 menit dengan multimeter digital menunjukkan arus yang dihasilkan adalah 9 A ketika arus dan tegangan sudah dialirkan ke *Hydrant* dan terjadi penurunan tegangan ketika berada di kutub katoda dan anoda sebesar 6 V, sedangkan hasil *ORP* meter menunjukkan nilai -220mV. Berarti dengan *Accumulator* tegangan 12 V dan arus 3,5 Ah yang mengalir katoda dan anoda pada elektrolisis menghasilkan tingkat oksidasi reduksi (Redoks) sebesar -220 mV. Selanjutnya kita hitung efisiensi generator H₂O dibawah ini.

- a. Untuk menghitung Daya menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \text{ V} \times 3,5 \text{ Ah} = 42 \text{ W}$$

- b. Untuk menghitung Laju produksinya (flow rate gas H₂O) menggunakan persamaan 2 berikut:

$$m = Q \times \rho_{H_2O}$$

$$m = 0,00333 \times 0,287 = 0,00095571 \text{ kg/s}$$

Untuk menghitung laju gas menggunakan persamaan 3 sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (3)$$

$$Q = \frac{1}{300} = 0,00333 \text{ lt/s}$$

- c. Untuk menghitung Efisiensi Generator H₂O menggunakan persamaan 4 berikut:

$$\eta_{H_2O} = \frac{QH_{HO} \times \rho_{HHO} \times LHV_{HHO}}{P} \quad \times$$

$$100\% \eta_{H_2O} = \frac{0,00333 \times 0,287 \times 119930}{42} \quad \times$$

$$100\% = 2,729 \%$$

Besarnya volume gas yang terbentuk pada penelitian ini bergantung pada besarnya arus dan tegangan yang dapat memberikan hasil yang signifikan. Percobaan dilakukan dengan waktu selama 5 menit. Efisiensi yang terbentuk pada arus dan tegangan 5 ampere dan 12 volt pada *Power Supply* yaitu 1,910%. Kedua, efisiensi yang terbentuk pada arus dan tegangan 20 ampere dan 12 volt pada *Power Supply* yaitu 0,477%. Ketiga, efisiensi yang terbentuk pada arus dan tegangan 5 ampere dan 12 volt pada *Accumulator* yaitu 2,729%. Nilai efisiensi dicari dengan menggunakan persamaan 4 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Effisiensi i (%)
1	12	5	60	1,910
2	12	20	240	0,477
3	12	3.5	42	2,729

Berdasarkan tabel dapat disimpulkan bahwa efisiensi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu produktivitas yang dinyatakan dengan volume alir, massa jenis gas H₂O, LHV H₂O, dan energi yang digunakan untuk melakukan proses elektrolisis yang dinyatakan dengan daya. Besarnya daya, mempengaruhi peningkatan efisiensi pada generator H₂O. Apabila daya yang diperlukan tinggi maka efisiensi akan semakin menurun. Semakin besar arus dan tegangan yang digunakan maka konsumsi daya yang digunakan juga semakin besar. Penurunan efisiensi disebabkan oleh kenaikan energi listrik yang digunakan (Wiryawan, dkk ,2013).

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	ORP Meter
1	12	5	60	-185 mV
2	12	20	240	-145 mV
3	12	3.5	42	-220 mV

Berdasarkan tabel dapat disimpulkan bahwa reaksi elektrolisis berupa reaksi reduksi dan oksidasi (Redoks) yang dihitung menggunakan alat *ORP* meter membuktikan besarnya daya juga mempengaruhi peningkatan reaksi redoks dalam sebuah elektrolisis. Semakin besar daya yang dihasilkan, maka semakin kecil reaksi reduksi dan oksidasi (Redoks). Sebaliknya, semakin kecil daya yang dihasilkan, maka semakin besar reaksi reduksi dan oksidasi (Redoks) yang dihasilkan. Hasil negatif yang ditunjukkan pada alat *ORP* meter membuktikan air yang sudah terlektrolisis menghasilkan reduksi yang lebih besar sehingga memiliki anti oksidan yang lebih tinggi, sehingga baik untuk digunakan untuk diminum jika tidak terdapat larutan lain selain air.

C. Hasil Perbandingan Pengujian

IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukannya penelitian tugas akhir ini, maka ada beberapa kesimpulan yang didapatkan:

Apabila daya yang diperlukan tinggi maka efisiensi akan semakin menurun. Semakin besar arus dan tegangan yang digunakan maka konsumsi daya yang digunakan juga semakin besar. Penurunan efisiensi disebabkan oleh kenaikan energi listrik yang digunakan.

Tegangan dan arus yang dihasilkan dari perhitungan efisiensi generator H₂O dan ORP meter yang paling maksimal adalah 12 Volt dan 3,5 Ah menghasilkan nilai ORP meter sebesar -220 Mv dengan efisiensi 2,729%.

Efisiensi yang paling maksimal dari perbandingan Power Supply dan Accumulator adalah dengan tegangan dan arus dari Accumulator sebesar 12 volt dan 3,5 Ah sehingga menghasilkan efisiensi generator HHO sebesar 2,729%.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya terdapat beberapa saran yaitu sebagai berikut:

Usahakan tabung elektrolizer terbuat dari bahan yang tebal, kuat dan tahan terhadap panas, tidak bocor dan pastikan aman untuk digunakan dan dipasang dalam kendaraan sepeda bermotor.

Lempengan elektrolisis terbuat dari bahan yang mudah menghantarkan arus listrik dan tidak mudah berkarat saat terkena larutan asam.

Aki motor yang digunakan diharapkan yang layak pakai dan kuat, supaya aki tidak habis (soak) ketika digunakan untuk menyalurkan arus dan tegangan ke hydrant.

REFERENSI

- [1] Isana, S. Y. L. "Perilaku sel elektrolisis air dengan elektroda stainless steel." *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, Yogyakarta. Vol. 30. 2010.
- [2] Kosasih, Deny Poniman. "Pengaruh Variasi Larutan Elektrolite Pada Accumulator Terhadap Arus Dan Tegangan." *MESA (Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Sipil, Arsitektur) 2.2* (2018): 33-45.
- [3] PB-PBO, Selaki; Laksono, Nega Barlih Amrih. *Studi Performa Aki Merk GS Astra Ketika Proses Charge-Discharge*.
- [4] Muhammad, Amin. *Rancang Bangun Alat Ukur Besaran Listrik Berbasis Arduino Uno*. Politeknik Negeri Sriwijaya, 2016.
- [5] Achmad, H. 1992. *Elektro Kimia dan Kinetika Kimia*. Bandung : Citra Aditya Bakti.
- [6] Emoto, M. 2006. *The True Power Of Water*. Bandung : MQ Publishing.
- [7] Brady, J.E. 1999. *General Chemistry Principles And Structure*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- [8] Cheng, T.S. 1992. *Chemistry Book 3. Second Edition*. Singapura : EPB Publisher Pte.
- [9] Indarto Bachtera, 2015, *Pengaruh Variasi Lapisan Pelat Sejajar pada Laju Produksi H₂O dari Generator Oxyhidrogen Berbasis Sel Elektrolisis*.
- [10] Michael Kwan, 2006. *Prototype car runs 100 miles on four ounces of water as fuel*. *Mobile Magazine*.
- [11] Sukardjo. 1989. *Kimia Fisika*. Jakarta : Rineka Cipta.
- [12] Wiryawan, D., D. Widhiyanuriyawan., N. Hamidi. 2013. *Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Produksi Brown's Gas pada Elektroliser*. Malang : Universitas Brawijaya.
- [13] Kholiq, Imam. 2015. "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM". *Fakultas Teknik Universitas Wijaya Putra, Surabaya: Jurnal IPTEK Vol. 19 No. 2, Desember 2015*.
- [14] M. Farid R. R., Dr. Ir Totok Soehartanto, DEA, Suprpto, M.Si., Ph.D "Perancangan Dan Pembuatan Alat Pemproduksi Gas Brown Dengan Metode Elektrolisis Berskala Laboratorium" *Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri , Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya*
- [15] Suprastowo, 2009. "Pengujiian Dan perbaikan Performa Generator H₂O Dengan Variasi Konfigurasi Elektrolit Baking Soda Dalam Aquades". ITS, Surabaya.
- [16] Marlina, E., S. Wahyudi., L. Yulianti. 2013. *Produksi Brown's gas hasil elektrolisis H₂O dengan katalis NaHCO₃*. *Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 4 No. 1*.
- [17] Putra, Arbie Marwan. 2010. *Analisis Produktivitas Gas Hidrogen dan Gas Oksigen Pada Elektrolisis Larutan KOH*.
- [18] Silaban, R.Y., D. Widhiyanuriyawa., N. Hamidi. 2013. *Produksi Brown's Gas pada elektroliser dry cell dengan variasi celah elektroda dan fraksi massa NaHCO₃*. Universitas Brawijaya. Malang.
- [19] Wahyono, Anies R. 2016. *Pembuatan alat produksi gas hidrogen dan oksigen tipe wett cell dengan variasi luas penampang*. *Jurnal Teknik Energi Vol 12 No. 1*.
- [20] Sopandi, Ihsan, Yuli Hananto dan Bayu Rudianto. 2015. "Studi Ketebalan Elektroda Pada Produksi Gas H₂O (Hidrogen Hidrogen Oksigen) Oleh Generator H₂O Tipe Basah Dengan Katalis NaHCO₃ (Natrium Bikarbonat)". *Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Jember*.