

Analisis Pengaruh Tegangan Terhadap Karakteristik Kerja Sel *Electrolyzer* Dengan Variasi Bahan Elektroda

Ika Novia Angraini¹, Wisnu Sri Nugroho¹, Reza Satria Rinaldi¹, Afriyastuti Herawati¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Email: ikanovia@unib.ac.id

ABSTRAK

Gas HHO atau *brown gas* merupakan suatu materi yang dapat menghemat penggunaan BBM dan menurunkan emisi gas buang bila ditambahkan pada pembakaran BBM. Untuk meningkatkan produksi gas HHO ini, maka perlu ditingkatkan kinerja dari sel *electrolyzer* yaitu suatu alat yang dapat memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen dengan menggunakan sumber listrik arus searah melalui proses atau pengurai cairan. Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja sel *electrolyzer* adalah dengan melihat pengaruh dari tegangan listrik terhadap karakteristik kerja sel *electrolyzer* dengan variasi bahan elektroda. Dari hasil pengujian 10 variasi pasangan elektroda, terlihat bahwa bahan elektroda yang menghasilkan laju produksi gas HHO paling cepat dalam waktu 300,67 s yang menghasilkan 200 mL dicapai oleh pasangan elektroda yang menggunakan anoda aluminium (Al) dengan katoda aluminium (Al) atau tembaga (Cu). Pada pengujian ini dipilih elektroda berbahan aluminium dan tegangan pada pengujian yang ditentukan dengan tujuan untuk melihat karakteristik sel *electrolyzer*. Hasil pengujian menunjukkan semakin besar nilai tegangan yang diberikan maka nilai arus pada sel *electrolyzer* semakin meningkat, hal ini juga akan mengakibatkan suhu yang semakin meningkat serta waktu produksi gas yang dicapai sebanyak 200 cm³ semakin singkat.

Kata kunci: Elektroda, Gas HHO, Sel *electrolyzer*

1. PENDAHULUAN

Electrolyzer adalah suatu mesin atau alat yang memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen dengan menggunakan sumber listrik arus searah (DC) melalui proses atau pengurai cairan [1]. Dalam tabung elektrolisa, dipasang kumparan magnetik untuk memecahkan campuran air destilasi dan katalis hingga menjadi campuran gas 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen yang kemudian dikenal dengan nama gas HHO atau *Brown gas*. Hidrogen bersifat eksplosif dan oksigen mendukung pembakaran. Gas HHO dalam tabung elektrolisa ini dialirkan melalui selang masuk ke ruang bakar mesin dan akan bercampur dengan gas hidrokarbon dari BBM.

Gas HHO ini merupakan suatu materi yang dapat menghemat penggunaan BBM dan menurunkan emisi gas

buang bila ditambahkan pada pembakaran BBM [2][3]. Gas HHO merupakan hasil dari proses elektrolisis air dengan katalis, selain itu juga dapat dihasilkan melalui proses elektrolisis air laut [4][5].

Pada penelitian Harman, dkk, (2013) penggunaan gas HHO dari elektrolisis air yang diterapkan pada mesin ENDURO XL 4 tak dengan arus 6 A serta 3000 RPM dapat mencapai penghematan hingga 27,79% [6]. Sedangkan menurut Rahadi, dkk (2014) penggunaan gas HHO dari elektrolisis air dan katalis KOH, dapat menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 9,83% dan menurunkan emisi CO sebesar 15% dan HC sebesar 47% [3].

Penyebab hematnya BBM tersebut disebabkan unsur hidrogen pada gas HHO yang dapat meningkatkan kalor dalam pembakaran pada ruang bakar. Selain itu, nilai oktan BBM ditingkatkan oleh unsur oksigen pada gas HHO. Oleh karena itu, panas yang dibutuhkan untuk menjalankan mesin berbahan bakar minyak dan gas HHO, dapat dicapai dengan jumlah BBM yang lebih sedikit dibandingkan mesin berbahan bakar minyak tanpa ada injeksi gas HHO [2][3].

Untuk meningkatkan produksi Gas HHO ini, maka perlu ditingkatkan kinerja dari sel *electrolyzer*. Salah satunya adalah dengan melihat pengaruh dari tegangan listrik terhadap karakteristik kerja sel *electrolyzer* dengan variasi bahan elektroda. Pada penelitian ini dilakukan dengan cara membuat sel *electrolyzer* kemudian memvariasikan jenis elektroda yakni *stainless steel*, kuningan, tembaga (Cu), seng (Zn) dan aluminium (Al) terhadap gas yang dihasilkan beserta perangkat instrumentasi pengukuran volume gas, temperatur sistem sel dan juga *power supply*. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan tegangan serta jenis elektroda terhadap tingkat produksi gas HHO yang dihasilkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sel Elektrolisis

Prinsip dasar elektrolisis berlawanan dengan sel volta, yaitu sebagai berikut [7].

1. Proses elektrolisis, mengubah energi listrik menjadi energi kimia.
2. Reaksi elektrolisis merupakan reaksi tidak spontan, karena melibatkan energi listrik dari luar.

3. Reaksi elektrolisis berlangsung di dalam sel elektrolisis, yang terdiri dari satu jenis larutan atau leburan elektrolit dan memiliki dua macam elektroda.

Setiap zat yang mempunyai kemampuan reduksi atau reaksi oksidasi. Setiap zat mempunyai kemampuan reduksi besar akan mengalami reaksi reduksi dan setiap zat yang mempunyai kemampuan oksidasi besar akan mengalami reaksi oksidasi. Adapun bentuk yang dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Sel elektrolisis bentuk lelehan/cairan/*liquid*

Sel bentuk ini hanya berlaku untuk senyawa ionic dengan tidak ada zat pelarut (tidak ada H₂O). Hanya ada kation dan anion.

Katoda: Kation langsung direduksi

Anoda: Anion langsung dioksidasi

b. Sel elektrolisis bentuk larutan dengan elektroda tidak bereaksi (*inert*/tidak aktif)

Dalam bentuk ini tidak ada pengaruh dari elektroda, hanya selain kation dan anion diperhitungkan juga adanya zat pelarut (adanya air). Elektroda yang digunakan adalah platina (Pt), karbon (C). Penemuan terbaru membuktikan bahwa material *stainless steel* juga merupakan suatu elektroda yang tidak ikut mempengaruhi reaksi pada sel elektrolisis. Selain sifatnya yang tahan terhadap korosi, harga *stainless steel* juga relatif murah, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti elektroda platina.

c. Sel elektrolisis bentuk larutan dengan elektroda bereaksi (aktif)

Elektroda yang bereaksi adalah elektroda bukan platina atau bukan karbon, maupun *stainless steel*. Termasuk elektroda ini adalah tembaga (Cu), perak (Ag), nikel (Ni), besi (Fe) dan lainnya. Elektroda kebanyakan adalah logam dengan demikian elektroda mempengaruhi pada reaksi oksidasi di anoda. Sedangkan di katoda elektroda tidak akan bereaksi.

B. Konsep dan Sifat HHO

HHO merupakan produk yang dihasilkan oleh unit atau sel *electrolyzer* dengan memisahkan partikel-molekul air dalam aturan tertentu menjadi 2 H bentuk hidrogen dan 1 O untuk oksigen. Ada juga yang menamakannya gas Rhodes atau *Brown gas* mengacu kepada nama dua orang penemunya yang terkenal yang bernama William A. Rhodes dan Prof. Yull Brown [8]. Gas ini karakternya sangat berbeda dan memiliki keunggulan dibandingkan dengan hidrogen murni.

Penelitian telah membuktikan hidrogen memiliki energi tinggi. Namun, resiko yang ditimbulkannya bila dipakai untuk bahan bakar mobil yang belum matang akan mudah meledak. Solusinya, seperti yang dikemukakan oleh para ahli adalah dengan beralih ke HHO (*Brown gas*) yang bisa diciptakan, dan diproduksi melalui proses

elektrolisis air. Selain terbukti lebih aman juga lebih ekonomis, karena dapat dan mudah dikendalikan.

C. Katalisator

Peningkatan produk hasil reaksi yang dilakukan melalui peningkatan temperatur terkadang tidak efektif, karena mungkin saja hasil yang diharapkan tidak stabil pada temperatur tinggi. Menurut definisi jumlah katalisator tidak berubah pada akhir reaksi, tetapi tidak berlaku anggapan bahwa katalisator tidak memulai proses reaksi selama reaksi berlangsung. Katalisator akan memulai penggabungan senyawa kimia akan terbentuk suatu kompleks antara substansi tersebut dengan katalisator [9]. Katalisator tidak mengalami perubahan pada akhir reaksi, karena itu tidak memberikan energi ke dalam sistem, tetapi katalis akan memberikan mekanisme reaksi alternatif dengan energi pengaktifan yang lebih rendah dibandingkan dengan reaksi tanpa katalis, sehingga adanya katalis akan meningkatkan laju reaksi.

D. Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor, elektrolit atau vakum) [10]. Elektroda dalam sel elektrolisis dapat disebut sebagai anoda atau katoda. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari tegangan listrik yang diberikan. Elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrolisis dan katoda bagi sel elektrolisis lainnya.

Elektroda Berbahan *Stainless steel*

Baja tahan karat atau *stainless steel* adalah paduan besi dengan minimal 12% kromium. Komposisi ini membentuk *protective layer* (lapisan pelindung anti korosi) yang merupakan hasil oksidasi oksigen terhadap crom yang terjadi secara spontan. Tentunya harus dibedakan mekanisme *protective layer* ini dibandingkan baja yang dilindungi dengan *coating* (misal seng dan cadmium) ataupun cat. *Stainlees steel* sebagai salah satu baja paduan yang memiliki sifat tahan karat yang tinggi serta baja paduan dengan kadar karbon yang rendah.

Elektroda Berbahan Tembaga

Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu tembaga memiliki korosi yang sangat cepat. Unsur ini mempunyai titik lebur 1.803° Celcius dan titik didih 2.595° C. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Produksi tembaga sebagian besar dipergunakan dalam industri kelistrikan, karena tembaga mempunyai daya hantar listrik yang tinggi. cepat. Unsur ini mempunyai

Tabel 1
Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan 1	Jumlah 2	Fungsi 3
Multimeter	2 buah	Mengukur arus dan tegangan
Termometer Digital	1 buah	Mengukur suhu sel
Stopwatch	1 buah	Mengukur lama waktu produksi gas
Instrumentasi Pengukuran Volume Gas	1 buah	Mengukur jumlah gas hasil produksi
Air Laut		Cairan untuk proses elektrolisis
Sel <i>Electrolyzer</i>	1 buah	Tempat berlangsungnya elektrolisis
Kabel penghubung		Penghubung sumber listrik DC ke sel <i>electrolyzer</i>
Lempengan Aluminium		Elektroda dalam proses elektrolisis
Lempengan <i>Stainless Steel</i>		
Lempengan Tembaga		
Lempengan Seng		
Lempengan Kuningan		

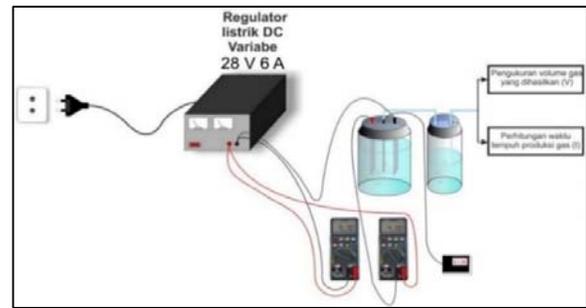
titik lebur 1.803° Celcius dan titik didih 2.595° C. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Produksi tembaga sebagian besar dipergunakan dalam industri kelistrikan, karena tembaga mempunyai daya hantar listrik yang tinggi. Kotoran yang terdapat dalam tembaga akan memperkecil/mengurangi daya hantar listrik yang tinggi, daya hantar panasnya juga tinggi dan tahan karat.

Elektroda Berbahan Kuningan

Kuningan adalah paduan logam tembaga dan logam seng dengan kadar tembaga antara 60-96% massa. Dalam perdagangan dikenal 3 jenis kuningan, yaitu kawat kuningan (*brass wire*) kadar tembaga antara 62-95%, Pipa kuningan (*seamless brass tube*) kadar tembaga antara 60-90% dan plat kuningan (*brass sheet*) kadar tembaga antara 60-90%.

Elektroda Berbahan Seng

Seng adalah logam yang putih kebiruan, logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110 – 150°C. Seng melebur pada 410°C dan mendidih pada 906°C. Logamnya yang murni melarut sangat lambat dalam asam dan dalam alkali, adanya zat-zat pencemar atau kontak dengan platinum atau tembaga yang dihasilkan oleh penambahan beberapa tetes larutan garam dari logam-logam ini mempercepat reaksi korosi. Seng tersebut dengan mudah larut dalam asam klorida encer dan asam sulfat encer dengan mengeluarkan hidrogen.



Gambar 1. Desain Pengujian Sel *Electrolyzer*

Elektroda Berbahan Aluminium

Aluminium merupakan suatu unsur kimia, dilambangkan dengan Al dengan nomor atom 13 aluminium ini termasuk logam yang paling berlimpah ketiga. Aluminium murni biasanya akan tahan pada korosi, memiliki massa jenis 2,70 g/cm³ dengan titik didih 2519°C aluminium banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga untuk memasak karena mampu menghantarkan panas dengan sangat baik.

3. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian untuk pengujian sel *electrolyzer* ditunjukkan pada tabel berikut.

B. Perancangan Pengujian Pengaruh Variasi Arus dan Tegangan terhadap Karakteristik Kerja Sel *Electrolyzer*

Skema atau diagram alir pada pengujian pengaruh variasi arus dan tegangan terhadap karakteristik kerja sel *electrolyzer* ditunjukkan pada Gambar 1.

1. Sel *Electrolyzer*

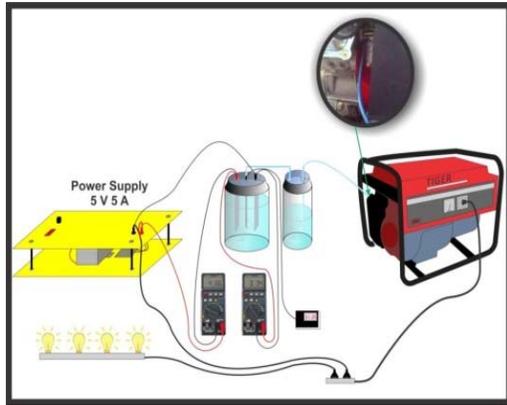
Sel *electrolyzer* dirancang dengan ukuran tinggi 16 cm dan diameter 11 cm yang terbuat dari kaca dan kedap udara. Pada rancangan ini akan menampung liter air laut dan mempunyai jarak antara permukaan air dan tutup pada sel *electrolyzer*.

2. Elektroda

Elektroda terdiri atas katoda dan anoda yang pada rancangan ini elektroda berbentuk lempengan. Adapun jenis lempengan yang akan divariasikan yakni *stainless steel*, tembaga, besi, seng dan aluminium. Masing-masing elektroda berukuran panjang 10cm dan lebar 3 cm sehingga luas elektroda sebesar 30 cm².

3. *Vaporizer (water trap)*

Vaporizer (water trap) bertujuan agar air yang terbawa oleh gas yang dihasilkan sel *electrolyzer* tidak masuk ke ruang pembakaran. Selain itu dalam



Gambar 2. Desain Pengujian Aplikasi Sel *Electrolyzer*

Tabel 2
Pengujian Variasi Elektroda

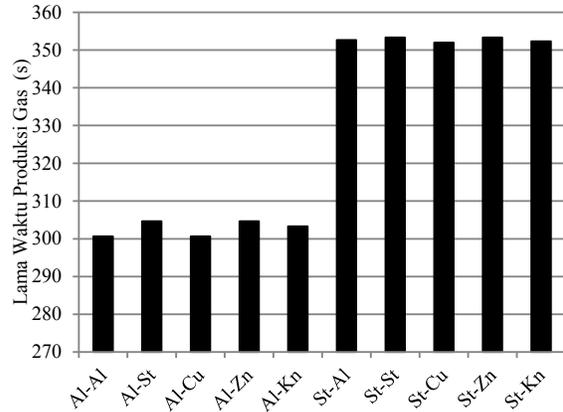
Elektroda		Arus (A)				Suhu Sel (K)			Volume Produksi Gas (cm ³)	Lama Waktu Produksi Gas (s)
Ano-da	Kato-da	I ₁	I ₂	I _R	ΔI	T ₁	T ₂	ΔT	10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Al	Al	4,15	4,47	4,31	0,32	302,98	303,05	0,07	200	300,67
Al	St	4,15	4,49	4,32	0,34	303,02	303,11	0,1	200	304,67
Al	Cu	4,15	4,46	4,3	0,31	302,95	303,02	0,06	200	300,67
Al	Zn	4,14	4,44	4,29	0,3	302,91	303,02	0,1	200	304,67
Al	Kn	4,14	4,45	4,29	0,31	302,81	303,91	0,1	200	303,33
St	Al	4,11	4,51	4,31	0,4	302,91	304,05	1,14	200	352,67
St	St	4,10	4,53	4,31	0,43	303,01	304,28	1,27	200	353,33
St	Cu	4,13	4,53	4,33	0,4	302,78	304,01	1,23	200	352
St	Zn	4,16	4,56	4,36	0,4	302,68	303,91	1,23	200	353,33
St	Kn	4,13	4,54	4,33	0,41	302,81	303,91	1,1	200	352,33

pengujian sel *electrolyzer*, *vaporizer* (*water trap*) berfungsi sebagai alat ukur produksi gas dengan prinsip pengukuran gas menggunakan tekanan tetap.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa sumber listrik pada pengujian digunakan listrik AC dari PLN karena dibutuhkan pada penelitian arus DC maka digunakan rangkaian regulator AC DC yang dapat mengatur arus dan tegangan. Gas HHO yang dihasilkan dihubungkan ke *water trap* kemudian digunakan instrumentasi pengukuran volume gas berdasarkan prinsip perubahan volume dengan tekanan yang tetap untuk mendapatkan data yang akurat.

C. Perancangan Pengujian Aplikasi Sel *Electrolyzer*

Skema pemasangan atau diagram blog pengujian



Keterangan : Pasangan Bahan Elektroda
Al = Aluminium, St = *Stainless steel*, Cu = Tembaga, Zn = Seng,

Gambar 3. Grafik perbandingan waktu produksi terhadap bahan elektroda

aplikasi sel *electrolyzer* pada penelitian ini yang diterapkan pada mesin genset berbahan bakar bensin ditunjukkan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 bahwa sumber listrik sel *electrolyzer* bersumber dari generator set yang kemudian disearahkan dan diturunkan menjadi 5 V 5 A. Sistem pengapian mesin genset diawali dengan engkol kemudian tegangan keluaran dinaikkan oleh coil, selanjutnya distributor membagikan tegangan ke busi agar terjadi percikan api untuk proses pembakaran. Sedangkan dari sel *electrolyzer* tegangan bersumber dari power supply yang sudah dirancang dengan keluaran 5 V 5 A. Gas hasil

elektrolisis dari *water trap* dimasukkan ke karburator yang berfungsi mengatur udara dan bahan bakar ke dalam saluran isap. Sedangkan *intake manifold* berfungsi mendistribusikan campuran udara bahan bakar yang diproses oleh karburator ke silinder-silinder.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

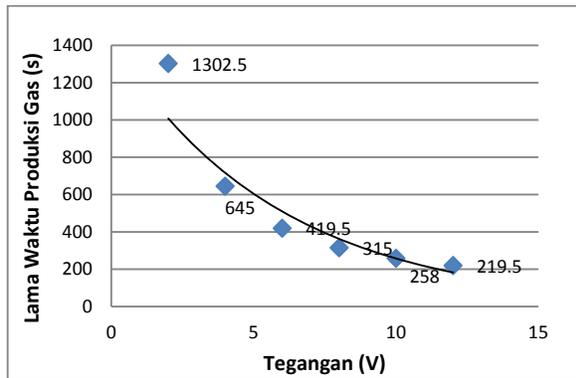
A. Hasil Pengujian Pengaruh Variasi Bahan Elektroda Terhadap Karakteristik Kerja Sel *Electrolyzer*

Data hasil pengujian dengan berbagai bahan elektroda dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa terdapat 10 variasi pasangan bahan elektroda saat pengujian. Lama waktu produksi gas didapat dari lama waktu sel *electrolyzer* dalam mencapai 200 cm³ gas HHO di masing-masing pengujian variasi pasangan bahan elektroda. Terlihat

Tabel 3
Pengujian Variasi Tegangan

V	Arus (A)				Suhu (K)				T ₂₀₀ (s)	Kerapatan Gas (g/cm ³)
	I ₁	I ₂	I _R	ΔI	T ₁	T ₂	ΔT	T _L		
2	0,93	1,01	0,97	0,08	302,8	302,84	0,04	302,8	1302,5	0,000723
4	1,89	2,03	1,96	0,14	302,7	302,785	0,085	302,7	645	0,000724
6	2,915	3,165	3,04	0,25	302,8	302,91	0,11	302,85	419,5	0,000724
8	3,945	4,225	4,085	0,28	302,71	302,86	0,145	302,8	315	0,000723
10	4,845	5,16	5,002	0,315	302,625	302,83	0,205	302,7	258	0,000724
12	5,745	6,07	5,907	0,325	302,59	302,85	0,26	302,7	219,5	0,000724



Gambar 4. Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Lama Waktu Produksi

bahwa bahan elektroda yang menghasilkan laju produksi gas HHO paling cepat dalam waktu 300,67 s yang menghasilkan 200 mL dicapai oleh pasangan elektroda yang menggunakan anoda Aluminium (Al) dengan katoda Aluminium (Al) atau tembaga (Cu).

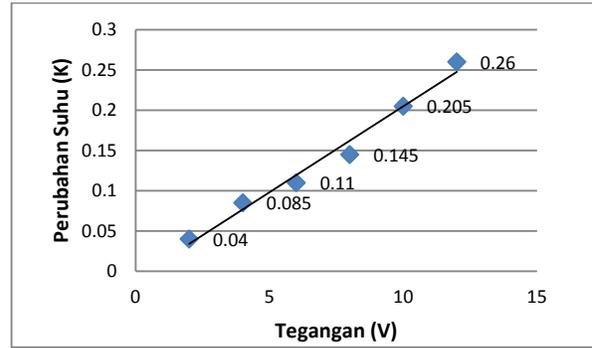
B. Hasil Pengujian Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap Karakteristik Kerja Sel *Electrolyzer*

Pada pengujian ini dipilih elektroda berbahan aluminium dan tegangan pada pengujian yang ditentukan bertujuan untuk melihat karakteristik sel *electrolyzer*. Air laut dalam pengujian ini memiliki kadar garam sebesar 2,5%, kadar yang diukur hanya sebagai informasi kepekatan air laut yang digunakan. Hasil pengujian variasi tegangan ditunjukkan pada Tabel 3.

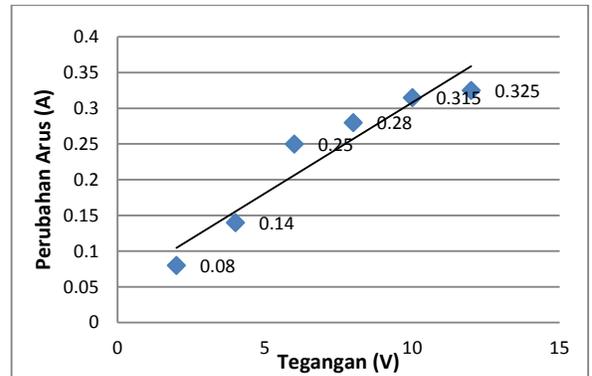
Pada Tabel 3 terlihat data pengujian variasi tegangan menggunakan elektroda aluminium. Tegangan variasi yang diberikan tentunya akan berpengaruh dan berbanding lurus terhadap nilai arus. Semakin besar nilai tegangan yang diberikan maka nilai arus pada sel *electrolyzer* semakin meningkat.

C. Hasil Pengujian Pengaruh Tegangan Terhadap Lama Waktu Produksi Gas

Berdasarkan Tabel 2 tegangan yang diterapkan



Gambar 5. Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Perubahan Suhu



Gambar 6. Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Perubahan Arus

akan berpengaruh terhadap lama waktu produksi gas yang dibutuhkan untuk mencapai 200 cm³ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada Gambar 4. terlihat bahwa pengaruh tegangan terhadap lama waktu produksi terhubung secara eksponensial. Ketika tegangan yang diberikan sebesar 2 V maka waktu yang dibutuhkan selama 1302,5 s. Kemudian ketika tegangan yang diberikan semakin besar yaitu 4 V, 6 V, 8 V, 10 V dan 12 V maka lama waktu produksi gas untuk mencapai 200 mL semakin cepat. Berdasarkan Gambar 4 bahwa semakin tinggi tegangan yang diberikan pada sel *electrolyzer* maka akan meningkatkan nilai arus sehingga waktu produksi gas yang dicapai sebanyak 200 cm³ semakin singkat.

D. Hasil Pengujian Pengaruh Tegangan Terhadap Perubahan Suhu

Perubahan suhu (ΔT) yaitu selisih antara suhu akhir (T_2) terhadap suhu awal (T_1) pada sel *electrolyzer*. Berdasarkan Gambar 5 tegangan yang diterapkan

berpengaruh terhadap suhu pada sel *electrolyzer* yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa pengaruh tegangan terhadap perubahan suhu yang semakin meningkat. Nilai tegangan yang diterapkan akan berpengaruh terhadap nilai arus sehingga semakin besar nilai tegangan yang diterapkan maka semakin membuat arus semakin tinggi sehingga dapat membuat sel *electrolyzer* semakin panas, hal itu ditunjukkan pada perubahan suhu yang semakin meningkat. Secara umum dari pengujian yang telah dilakukan maka sudah cukup menunjukkan karakteristik pengaruh tegangan terhadap perubahan suhu yang berbanding lurus dengan meningkatnya nilai tegangan yang diberikan.

E. Hasil Pengujian Pengaruh Tegangan Terhadap Perubahan Arus

Perubahan arus (ΔI) yaitu selisih antara arus akhir (I_2) terhadap arus awal (I_1) pada saat proses elektrolisis.

Berdasarkan Tabel 2 tegangan yang diterapkan berpengaruh terhadap suhu pada sel *electrolyzer* yang ditunjukkan pada Gambar 6

Pada Gambar 6 terlihat bahwa pengaruh tegangan terhadap perubahan arus yang semakin meningkat. Semakin tinggi variasi tegangan dapat meningkatkan nilai arus pada sel *electrolyzer* sehingga semakin tinggi nilai arus yang diberikan akan membuat suhu pada sel semakin meningkat. Dengan adanya perubahan suhu tersebut maka arus akan mengalami peningkatan karena naiknya perubahan suhu yang terjadi semakin membuat reaksi semakin cepat. Secara umum dari pengujian yang telah dilakukan maka sudah cukup menunjukkan karakteristik pengaruh tegangan terhadap perubahan arus yang berbanding lurus dengan meningkatnya nilai tegangan yang diberikan.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Bahan elektroda yang menghasilkan laju produksi gas HHO paling cepat dalam waktu 300,67 s yang menghasilkan 200 mL dicapai oleh pasangan elektroda yang menggunakan anoda Aluminium (Al) dengan katoda Aluminium (Al) atau tembaga (Cu).
2. Semakin tinggi tegangan yang diberikan pada sel *electrolyzer* maka akan meningkatkan nilai arus sehingga waktu produksi gas yang dicapai sebanyak 200 cm³ semakin sedikit.
3. Nilai tegangan yang diterapkan akan berpengaruh terhadap nilai arus sehingga semakin besar nilai tegangan yang diterapkan maka semakin membuat arus semakin tinggi sehingga dapat membuat sel *electrolyzer* semakin panas, hal itu ditunjukkan pada perubahan suhu yang semakin meningkat.

4. Semakin tinggi variasi tegangan dapat meningkatkan nilai arus pada sel *electrolyzer* sehingga semakin tinggi nilai arus yang diberikan akan membuat suhu pada sel semakin meningkat

5.2 Saran

1. Perlunya penambahan suatu kendali yang dapat mengatur arus yang mengalir secara konstan sesuai nilai arus yang diinginkan.
2. Perlunya suatu desain sel *electrolyzer* yang mampu menjaga dan mengatur suhu pada saat elektrolisis konstan dinilai yang dikehendaki.
3. Ditambahkan alat pengkonversi panas yang dihasilkan dari sel *electrolyzer* menjadi energi listrik sebagai sumber energi tambahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Farid, Ahmad. 2010. *Studi Pengaruh Arus Listrik Terhadap Karakteristik Kerja Sel Electrolyzer sebagai Penghemat Konsumsi BBM*. Skripsi Program Studi Teknik Elektro. Bengkulu: Universitas Bengkulu
- [2] D. 2010. *Pemanfaatan Air dan NaHCO₃ dengan Menggunakan Metoda Elektrolisis Untuk Efisiensi Bahan Bakar dan Peningkatan Kualitas Gas Buang Kendaraan Bermotor*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [3] Rahadi, Jarot D., A A P Susatriawan, dan Hary Wibowo. 2014. *Pengaruh Pemanfaatan Hydrogen dari Generator HHO terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor 4 Tak 100 cc*. E-Jurnal Teknik Mesin, Vol. 2 No 1. Yogyakarta: Institut Sains dan Teknologi AKPRIND
- [4] [Huang, Yu-R., Yen-C Hung., Shun-Y Hsu, Yao-W Huang, and Deng-F Hwang. 2008. *Application of Electrolyzed Water in the Food Industry*. Journal of Food Control. 19. Hal 329-345
- [5] Ghany, N A Abdel., N Kumagai, S Meguro, K Asami, and K Hasimoto. 2002. *Oxygen Evolution Anodes Composed of Anodically Deposited Mn-Mo-Fe Oxides for Seawater Electrolysis*. Electrochimica Acta 48, Hal. 21-28
- [6] Harman, Effendy Arif, dan Duma Hasan. *Pengaruh Penambahan Gas Oksihidrogen terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Berbahan Bakar Pertamina*. Skripsi Jurusan Teknik Mesin. Makasar: Universitas Hasanudin
- [7] Kuswati, Tine Maria. 2003. *Sains Kimia 3A*. Jakarta: Bumi Aksara
- [8] Hidayatullah, Poempida dan Mustari. 2008. *Brown Energy*. Jakarta: Ufuk Press

[9] Satterfield, C.N. 1980. *Heterogeneous Catalysis in Practices*. New York: Mc. Graw-Hill Book Co

[11]

[10] Hiskia, A. 1992. *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*. Bandung: PT Citra Aditya Bakti