

PENGARUH SUPPLAI ARUS LISTRIK DAN JUMLAH SEL ELEKTRODA TERHADAP PRODUKSI GAS HIDROGEN DENGAN ELEKTROLIT ASAM SULFAT

EFFECT OF ELECTRICAL CURRENT SUPPLY AND NUMBER OF ELECTRODE ON HYDROGEN GAS PRODUCTION WITH SULPHURIC ACID-ELECTROLYTE

¹Erlinawati, ¹Ahmad Zikri, ²Ahmad Mudzakkir

¹ Staf Pengajar, ²Alumni Teknik Jurusan Energi Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara Bukit Besar 30139
E-mail : erlinawati@polsri.ac.id

ABSTRACT

Utilization of water as an alternative energy one is to turn it into a gaseous form through the process of electrolysis. To change the water into the gas flow of electrical current needed and plate electrodes to decompose water into hydrogen and oxygen gas. Variations of current are 5, 10 and 15 amperes, while for plate electrodes made with dimensions of 96 cm². From that problem, the prototype of Hydrogen Fuel Reactor is designed. The purpose of this tool is used to generate hydrogen gas. Flow variations and number plate electrode was used as a fixed variable to calculate how the efficiency of the electricity used, Specific Fuel Consume and percent of energy loss. From the calculation, the hydrogen gas produced increases with the amount of electric current is used, the highest hydrogen gas obtained at 15 ampere current and electrode plate 8 which is 0.2324 moles then the lowest 0.1373 mol at 5 ampere current and electrode 4 plates. From electrical efficiency, increasing according to the number plate electrodes is used. The highest efficiency obtained at 5 ampere current and electrode plate 8 which is 41.2020% and 20.5811% the lowest in 15 ampere current and electrode plate 8. As for the percent of heat loss is inversely proportional to the efficiency, the lower the efficiency of the percent of heat loss is greater, and vice versa. While the value of specific fuel consumption (SFC) increased as the amount of electric current that is used.

Keywords: *water, electrolysis, hydrogen, electric current, plate electrode*

PENDAHULUAN

Sampai saat ini persentase penggunaan energi alternatif masih sangat sedikit dikarenakan efektivitas dan efisiensinya yang tergolong masih rendah. Hal ini juga tampak pada penggunaan bahan bakar hidrogen dikarenakan lebih kepada biaya produksi yang masih cukup tinggi. Oleh karenanya, walaupun konsep utama produksinya telah lama ditemukan, namun tetap saja pengembangan terus dilakukan untuk mendapatkan proses terbaik. Pemerintah terus menggenjot pemanfaatan energi hidrogen sebagai salah satu sumber energi baru pengganti energi fosil, salah satunya dengan cara menginventarisasi badan usaha di Indonesia yang memiliki usaha inti hidrogen. Saat ini badan usaha yang memiliki usaha inti hidrogen di Indonesia setelah diinventarisasi baru ada empat, mereka adalah PT. Consistel Indonesia, PT. Cascadiant, PT. Samator Gas (Samator Group) dan PT. Linde. Dirjen Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi (EBTKE) Kementerian ESDM mengatakan pihaknya memang sedang gencar menginventarisasi pelaku-pelaku usaha inti yang bergerak di energi baru terbarukan (LIPI, 2014).

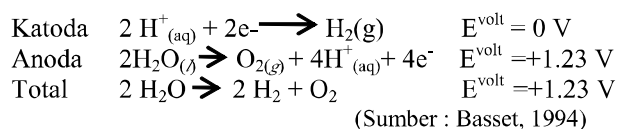
Semakin Salah satu cara memperoleh hidrogen adalah dengan pengolahan air melalui proses elektrolisis. Elektrolisis merupakan proses kimia

yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Proses elektrolisis termasuk reaksi oksidasi dan reduksi yang tidak spontan sehingga diperlukan arus listrik pada prosesnya. Molekul air terurai menjadi ion H⁺ dan ion OH⁻ sehingga terbentuk molekul hidrogen dengan cara mengalirkan arus listrik searah (DC) ke sel elektroda dalam air yang telah dicampurkan dengan larutan elektrolit sebagai katalisator. Pemilihan sel elektroda bahan bakar hidrogen (*hydrogen fuel cells*) penggunaan jenis elektrolit menjadi faktor penting yang menentukan besar kecilnya hidrogen yang akan dihasilkan dari air bahan baku. Untuk itulah diperlukan kajian penelitian mendalam dan juga berkelanjutan untuk mendapatkan teknologi terbaik sehingga pemanfaatan produksi hidrogen dari elektrolisis air ini dapat digunakan oleh seluruh lapisan masyarakat dalam memenuhi kebutuhan energi bahan bakar sehari-harinya. (Hasan, 2007)

Hidrogen memiliki banyak kelebihan, antara lain memiliki energi pembakaran yang besar yaitu - 286 kJ/mol, dan merupakan bahan bakar yang paling ramah lingkungan karena emisi pembakarannya berupa air. Salah satu proses untuk menghasilkan gas hidrogen adalah dengan mengelektrolisis air menggunakan sel elektroda (katoda dan anoda) yang dialiri dengan energi listrik arus searah (DC), terurai

menjadi hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2). Dikenal dengan istilah sistem produksi *Brown gas* (HHO). (Husin, 2007) Penggunaan Brown's Gas dapat meningkatkan optimalisasi penggunaan energi, hal ini dapat dibuktikan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, antara lain penelitian dari Goldwitz dan Heywood (2005) yang mengoptimalkan kondisi pembakaran mesin *spark ignition* dengan menambahkan hidrogen sebagai suplemen bahan bakar, sehingga menghasilkan efisiensi lebih dari 25%. Penelitian lain dilakukan oleh Verhelst dan Sierents (2001) yang telah membandingkan injeksi hidrogen pada mesin *spark ignition* dengan karburator dan mesin dengan sistem injeksi.

Pada katoda bermuatan negatif, reaksi reduksinya yang mengikuti setengah reaksi dan pada anoda bermuatan positif, dengan reaksi oksidasinya yang mengikuti setengah reaksi :



Besarnya energi yang dibutuhkan untuk reaksi :

$$\Delta H = \Delta G + T\Delta S$$

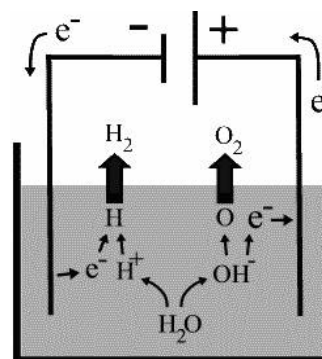
Dengan T adalah temperatur reaksi. ΔH , ΔG , dan ΔS berturut-turut adalah entalpi (J/kg), energi bebas Gibbs (J/kg), dan entropi reaksi (J/kg.K) pada kondisi T.

Potensial listrik pada kesetimbangan proses reaksi tersebut adalah 1.23 V dan energi bebas Gibbs reaksi (ΔG reaksi) adalah 427 kJ/mol O_2 (Wikipedia, 2013). Itulah sebabnya agar reaksi elektrolisis dapat berjalan dibutuhkan suplai energi dari luar, dalam hal ini dibantu dengan energi listrik. Reaksi elektrolisis tergolong reaksi redoks tidak spontan, reaksi itu dapat berlangsung karena pengaruh energi listrik. Pada elektrolisis yang menghasilkan H_2 dan O_2 , mulai timbulnya kedua gas ini setelah penggunaan tegangan lebih besar dari 1.23 Volt. Overpotensial atau overvoltage ini menunjukkan kehilangan energi dan peristiwa ketidak idealan proses elektrokimia. Biasanya proses elektrolisis air dilakukan disekitar 6 V, tergantung besar hambatan listrik pada sistem. Hambatan (R) elektrolisis air terbesar dihasilkan oleh jenis elektroda yang digunakan dan air sebagai bahan baku. (Hyman D. Gesser, 2002)

Teknologi Produksi Hidrogen

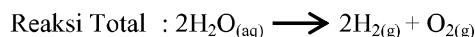
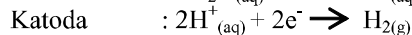
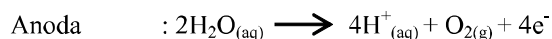
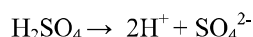
Secara garis besar ada 4 teknologi produksi hidrogen, yaitu teknologi berbasis hidrokarbon (menggunakan bahan bakar fosil dan biomassa), elektrolisis air, daur biologi, dan daur termokimia. Metode elektrolisis air sangat tepat digunakan untuk industri yang membutuhkan hidrogen dengan tingkat kemurnian yang tinggi seperti industri metalurgi, elektronik dan farmasi (Richard, 2004).

Arus listrik yang dialirkan pada elektroda positif (anoda) dan elektroda negatif (katoda) akan menyebabkan timbulnya beda potensial dan mengionisasi molekul air menjadi ion positif dan ion negatif. Ion positif kemudian bergerak ke katoda negatif dan menyerap elektron. Sedangkan ion negatif bergerak ke elektroda positif dan kemudian melepaskan elektron.



Gambar 1. Deskripsi proses elektrolisis air

Untuk memperbesar kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik, maka dapat menambahkan zat elektrolit, seperti asam, basa, ataupun garam ke dalam air. Elektrolit adalah suatu zat terlarut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrik. Bila larutan elektrolit dialiri arus listrik, ion-ion dalam larutan akan bergerak menuju electrode dengan muatan yang berlawanan, melalui cara ini arus listrik akan mengalir dan ion bertindak sebagai penghantar, sehingga dapat menghantarkan arus listrik. Senyawa seperti NaCl yang membuat larutan menjadi konduktor listrik (Brady, 1999). Proses oksidasi dan reduksi sebagai reaksi pelepasan dan penangkapan oleh suatu zat. Oksidasi adalah proses pelepasan elektron dari suatu zat sedangkan reduksi adalah proses penangkapan electron oleh suatu zat.



Pada elektroliser dipilih elektroda berdasarkan kemampuannya untuk menghantarkan listrik yaitu elektroda yang bersifat logam dan terdapat pada deret volta serta dari elektroda yang lebih ekonomis. Pada penelitian ini elektroda yang digunakan adalah stainless steel dengan menggunakan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4). Pada proses produksi gas hidrogen diperlukan energi suplai dan arus listrik agar sel elektrolit dapat bekerja dengan baik. Dari elektroliser ini permasalahan yang akan ditinjau adalah bagaimanakah pengaruh pemakaian arus listrik dan jumlah lempeng elektroda terhadap

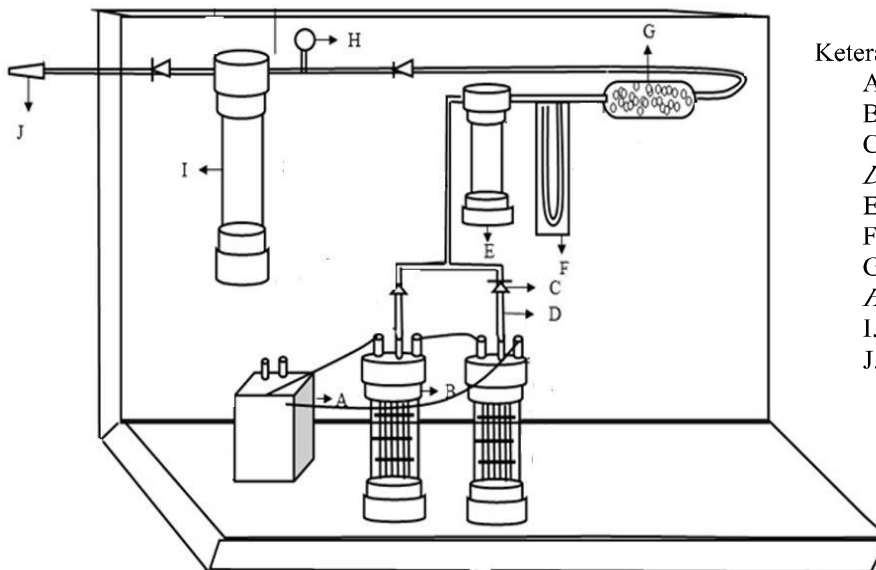
produksi gas hidrogen dengan menggunakan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4). Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan arus dan jumlah lempeng elektroda yang paling optimal untuk menghasilkan gas hidrogen serta menghitung kinerja elektroliser berdasarkan efisiensi elektrik, dan *specific fuel consume* pada proses elektrolisis air.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental. Prosedur produksi hidrogen secara elektrolisis ini dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) bagian proses, antara lain :

Proses Reaksi

Bahan baku utama yang digunakan adalah air, serta H_2SO_4 (asam sulfat) sebagai larutan elektrolit. Air dielektrolisis dalam reaktor dengan variasi suplai arus (A) ; 5 A, 10 A, dan 15 A. Sel elektroda dibuat menggunakan plat stainlessstel 410 dengan jumlah yang divariasikan untuk setiap suplai arus. Molekul air terurai menjadi ion hidrogen dan oksigen dan berkumpul disekitar katoda (-) dan anoda (+). Hasil reaksi pada reaktor elektrolisis berupa gas hidrogen, oksigen, dan sedikit uap air yang ikut terbawa. Waktu reaksi yang digunakan selama 15 menit.



Keterangan gambar :

- A. suplai arus (aki baterai)
- B. unit reaktor elektrolisis
- C. *tube* (selang kecil)
- D. *check valve*
- E. unit *bubbler*
- F. manometer air
- G. unit absorber
- H. *pressure gauge*
- I. tabung penampung
- J. *nozzle* gas

Proses Purifikasi

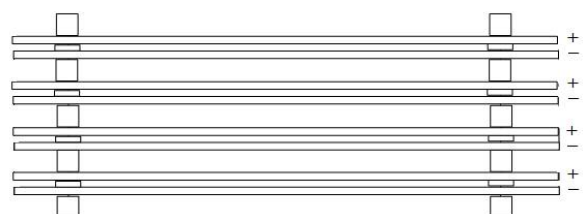
Produk keluaran reaktor kemudian dialirkan ke unit *Bubbler* yang difungsikan untuk melarutkan oksigen dan uap air yang ikut terbawa. Dalam unit *Bubbler* berisikan 70% volume air, di mana terbentuk gelembung-gelembung gas ketika ada aliran gas masuk. Pada unit *Bubbler* ini gas oksigen dan uap air terlarut pada air, sehingga kemurnian gas hidrogen pada aliran produk menjadi lebih tinggi. Aliran gas

keluaran unit *Bubbler* akan diukur kecepatan alirannya oleh manometer air. Uap air yang masih terbawa pada aliran, kemudian lebih dihilangkan pada unit Absorber yang di dalamnya telah terdapat silika gel.

Proses Penampungan

Aliran produk gas hidrogen yang terbentuk dan yang telah dikurangi kandungan senyawa lainnya ditampung pada tabung silinder yang dilengkapi dengan pengukur tekanan. Dari tekanan yang dihasilkan dapatlah diketahui jumlah gas hidrogen yang berhasil dibentuk pada proses ini.

Untuk menghindari terjadinya tekanan balik pada proses, maka ditambahkan *check valve* pada beberapa titik aliran sehingga sistem produksi hidrogen secara elektrolisis air ini dapat dijalankan secara aman.



Gambar 3. Susunan Sel Elektroda pada Elektroliser

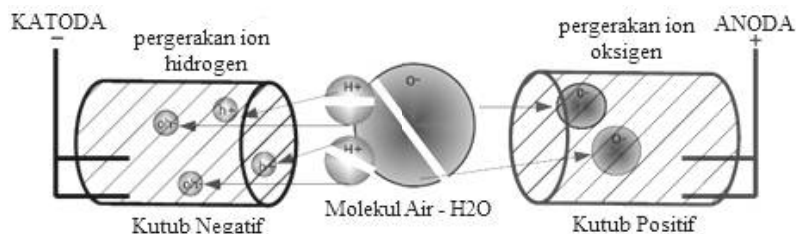
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari sistem produksi hidrogen dengan elektrolisis air yang telah dilakukan ini dapat terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Produk Elektrolisis Air dengan Variasi Jumlah Elektroda Dan Suplai Arus

Jumlah Elektroda	Arus, A	Produk, mol	H ₂ , mol	O ₂ , mol
4	5	0,2060	0,1373	0,0687
	10	0,2440	0,1627	0,0813
	15	0,2884	0,1922	0,0961
6	5	0,2123	0,1415	0,0708
	10	0,2567	0,1711	0,0856
	15	0,3026	0,2018	0,1009
8	5	0,2155	0,1437	0,0718
	10	0,2725	0,1817	0,0908
	15	0,3486	0,2324	0,1162

Arus listrik searah (DC) berperan penting dalam peningkatan laju produksi gas hidrogen, diperlukan untuk proses penguraian air menjadi gas hidrogen dan oksigen, berbanding lurus seperti terlihat pada gambar 3 dan 4. Arus listrik besar dalam artian semakin banyaknya muatan listrik yang dapat mengatur pergerakan ion pada proses elektrolisis. Sedangkan tegangan yang digunakan pada proses elektrolisis ini dijaga konstan, yaitu 12,4 volt.



Gambar 4. Pola Distribusi Ion Hidrogen dan Oksigen pada Proses Elektrolisis

Kemudian jumlah sel elektroda juga berpengaruh terhadap jumlah arus listrik yang terdistribusi pada masing-masing sel elektroda. Rangkaian sel yang digunakan adalah paralel, sehingga semakin banyak sel yang dipakai maka arus yang disuplai akan terbagi pada setiap sel semakin kecil. Sebaran elektron akan lebih terdistribusi merata yang mengakibatkan laju reaksi penguraian molekul air pun menjadi lebih cepat, terlihat pada gambar 3.

Jarak antara lempeng elektroda, sel anoda dan katoda, diusahakan serapat mungkin untuk memperbesar gaya tarik antar dua kutub yang akan memecahkan ikatan hidrogen pada molekul air tersebut, terlihat gambar 4. Untuk perbandingan jumlah terbentuknya ion hidrogen dan oksigen

keluar elektroliser adalah 2 : 1, sesuai kesetimbangan reaksi peguraianya.

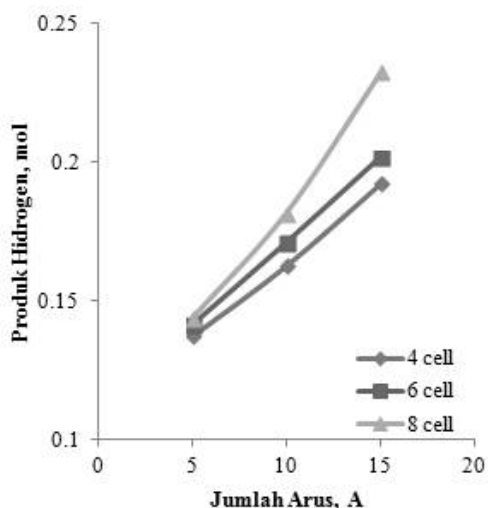
Berdasarkan gambar 3, semakin besar arus yang dipakai dan jumlah lempeng elektroda yang digunakan maka jumlah gas hidrogen yang dihasilkan akan semakin banyak. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada elektroda 4 lempeng arus 5 A gas yang dihasilkan adalah 0,1373 mol, kemudian jumlah gas tersebut mengalami kenaikan pada arus 10 dan 15 A sebesar 0,1627 dan 0,1922 mol. Begitu juga pada elektroda 6 lempeng, produksi jumlah gas hidrogen dengan arus 5, 10 dan 15 A mengalami kenaikan berturut-turut yaitu 0,1415, 0,1711 dan 0,2018. Sedangkan jumlah gas hidrogen yang paling banyak terdapat pada arus 15 A dan elektroda 8 lempeng yaitu sebesar 0,2324 mol.

Dari hasil perhitungan yang kemudian dikonversikan kedalam grafik pada Gambar 4, menunjukkan pengaruh arus dan jumlah lempeng elektroda terhadap gas oksigen yang dihasilkan. Gas oksigen yang dihasilkan mengalami kenaikan seiring besarnya arus yang disuplai kedalam reaktor, gas oksigen ini berbanding lurus dengan hasil produksi gas pada proses elektrolisis. Semakin banyak suplai arus yang diberikan maka jumlah mol gas yang dihasilkan akan semakin besar. Arus tersebut diperlukan untuk mempercepat proses penguraian air menjadi gas hidrogen.

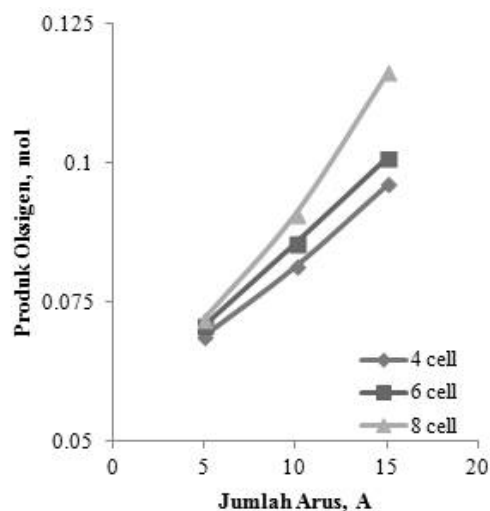
Kemudian jumlah lempeng elektroda juga berpengaruh terhadap jumlah arus listrik yang di suplai pada reaktor, elektroda tersebut berfungsi sebagai penghantar arus sehingga proses elektrolisis dapat berjalan dengan baik. Berdasarkan Gambar 4, semakin besar arus yang dipakai dan jumlah lempeng elektroda yang digunakan maka jumlah gas oksigen yang dihasilkan akan semakin banyak

Pada grafik 4 dapat dilihat bahwa pada elektroda 4 sel dan arus 5 A, gas oksigen yang dihasilkan adalah 0,0687 mol, kemudian jumlah gas tersebut mengalami kenaikan pada arus 10 dan 15 A sebesar 0,0813 dan 0,0961 mol.

Begitu juga pada elektroda 6 lempeng, produksi jumlah gas hidrogen dengan arus 5, 10 dan 15 A mengalami kenaikan berturut-turut,



Gambar 3. Grafik Pengaruh Jumlah Arus dan Jumlah Elektroda pada Produksi Gas Hidrogen



Gambar 4. Grafik Pengaruh Jumlah Arus dan Jumlah Elektroda pada Produksi Gas Oksigen

yaitu 0,0708, 0,0856 dan 0,1009. Sedangkan jumlah gas hidrogen yang paling banyak terdapat pada arus 15 A dan elektroda 8 lempeng yaitu sebesar 0,1162 mol. Gas Oksigen yang dihasilkan dapat digunakan untuk pembakaran gas hidrogen, sehingga dapat mengurangi pemakaian oksigen dari luar.

Tabel 2. Efisiensi Elektrik dan *Specific Fuel Consume (SFC)* pada Sistem Produksi Hidrogen

Jumlah Elektoda	Arus, A	Efisiensi Elektrik (%)	SFC, J/gr
4	5	20,6026	109,2360
	10	20,5935	184,4244
	15	20,5811	234,0772
6	5	30,9019	70,6502
	10	30,8806	116,8780
	15	30,8642	148,6982
8	5	41,2020	52,2084
	10	41,1618	82,5621
	15	41,1228	96,8228

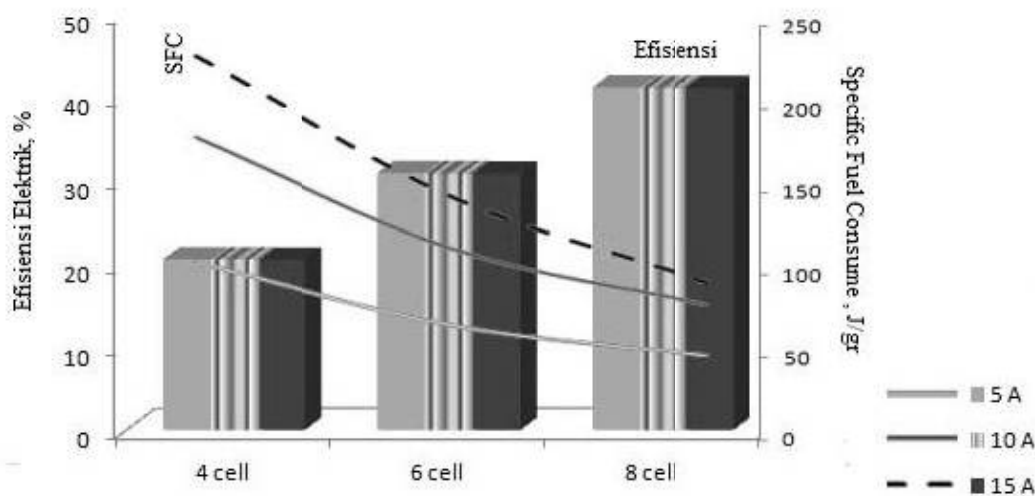
Efisiensi elektrik yang dihasilkan mengalami penurunan sedikit, terlihat pada tabel 2. Pada elektroda 4 lempeng dengan arus 5, 10, dan 15 A, efisiensi elektrik mengalami penurunan sebesar 20,66 %, 20,59 % dan 20,58 %. Begitu juga pada elektroda 6 lempeng dan 8 lempeng. Penurunan efisiensi tersebut tergantung pada besarnya energi yang sebenarnya diperlukan untuk mengurai molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen.

Tapi efisiensi tersebut mengalami kenaikan apabila dilihat pada arus yang tetap dan jumlah lempeng elektroda yang berbeda. Penggunaan medan listrik pada logam dapat menyebabkan seluruh elektron bebas bergerak dalam metal, sejajar, dan berlawanan arah dengan arah medan listrik. Jika suatu beda potensial listrik ditempatkan pada ujung-ujung sebuah konduktor, muatan-muatan bergerak akan berpindah, menghasilkan arus listrik. Konduktivitas listrik didefinisikan sebagai rasio rapat arus terhadap kuat medan listrik. Bila larutan elektrolit dialiri arus listrik, ion-ion dalam larutan akan bergerak menuju elektroda dengan muatan yang berlawanan, melalui cara ini arus listrik akan mengalir dan ion bertindak sebagai penghantar, sehingga dapat menghantarkan arus listrik

Senyawa seperti asam sulfat yang menjadikan larutan menjadi konduktor listrik yang baik. Pada arus 5 A dan elektroda 4 lempeng efisiensi yang dihasilkan adalah 20,60 % dan mengalami kenaikan pada arus 5 A dengan elektroda 6 lempeng sebesar 30,90 %.

Pada penelitian ini SFC tersebut didapat dari perbandingan energi yang dimanfaatkan untuk proses elektrolisis dengan massa gas hidrogen yang dihasilkan dari masing – masing arus. Dari Gambar 5, diketahui bahwa konsumsi bahan bakar spesifik menaik apabila dilihat pada elektroda yang tetap dan arus yang berbeda. Semakin besarnya arus yang digunakan maka konsumsi bahan bakar spesifik semakin besar. Pada elektroda 4 lempeng dengan arus 5,10 dan 15 A *specific fuel consumed (SFC)* mengalami kenaikan berturut-turut sebesar 109,23 J/gr, 184,42 J/gr dan 234,07 J/gr . Konsumsi bahan bakar spesifik paling besar terdapat pada arus 15 A dengan elektroda 4 lempeng yaitu 234,07 J/gr dan Konsumsi bahan bakar spesifik paling kecil terdapat

pada arus 5 A dengan elektroda 8 lempeng yaitu 52,20 J/gr.



Gambar 5. Hubungan jumlah sel elektroda pada setiap variasi arus terhadap efisiensi elektrik dan *specific fuel consume* (SFC)

KESIMPULAN

Proses elektrolisis air yang dilakukan selama 15 menit pada penelitian ini menghasilkan produksi gas terbesar pada arus 15 A dengan elektroda 8 sel sebesar 0,2324 mol (0.4648 gr). Efisiensi elektrik yang dihasilkan mengalami kenaikan pada setiap lempeng dengan variasi suplai arus. Semakin besar arus yang disuplai maka semakin besar efisiensi elektrik pada proses elektrolisis. Sehingga didapat SFC terbesar pada arus 15 A dan 4 sel elektroda sebesar 234,07 Joule/gr.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2013. Elektrolisis Air. [http://id: wikipedia.org/wiki/Elektrolisis](http://id.wikipedia.org/wiki/Elektrolisis).
- Basset, J., Pudjaatmaka, A.Hadyana. 1994. *Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. EGC. Jakarta.
- Brady, J.E. 1999. *General Chemistry Principles And Structure*. Jakarta.

Hasan, Achmad. 2007. *Aplikasi Sistem Fuel Cell Sebagai Energi Rama lingkungan Di Sektor Transportasi dan Pembangkit*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol. 8 No. 3 Hal. 277-286. Jakarta

Husin, Husni. 2012. *Produksi Hidrogen Secara Fotokatalitik dari Air Murni Pada Katalis NaTaO_3* . Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol. 9, No. 2, hal 51-56. Syiah Kuala University. Malaysia.

Gesser, Hyman D., Turner, C. William, dkk. 1981. *Porous Titania Glass as a Photocatalyst for Hydrogen Production From Water*. Nature Publishing Group. Kanada.

LIPI, 2014. *Penggunaan Energi Baru Terbarukan – Hidrogen*. Jakarta.

Richard, SP. 2004. *A Techno-Economic Analysis of Decentralized Electrolytic Hydrogen Production for Fuel Cell Vehicles*. Department of Mechanical Engineering, University of Victoria. Australia.