

PENGARUH PENAMBAHAN PELAT TERHADAP PRODUKSI *BROWN'S GAS* PADA GENERATOR HHO TIPE *DRY CELL*

Haslinda Kusumaningsih*, Nurkholis Hamidi dan Yogi Eko Prayitno

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Jl. MT. Haryono No. 167 Malang,
65145, Indonesia

*haslinda.kusuma@ub.ac.id

Abstrak.

Generator HHO jenis *dry cell* merupakan suatu alat pengkonversi air menjadi campuran gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) yang juga dikenal sebagai gas HHO (*Brown's Gas*) dengan kondisi elektroliser dialiri fluida dan tidak tercelup. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konfigurasi pelat dengan produksi *Brown's Gas* terbesar. Proses konversi air menjadi *Brown's Gas* melalui elektrolisis menggunakan energi listrik DC 10A. Air dengan kadar katalis $NaHCO_3$ 1.77% digunakan sebagai larutan elektrolit dan dalam penelitian ini menggunakan sepasang elektroda pada elektroliser. Generator HHO yang digunakan dibedakan dengan jumlah pelat diluar elektroda (pelat sisi) yaitu tipe A (tanpa pelat sisi), B (dua buah pelat sisi), dan C (empat buah pelat sisi). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pelat sisi akan menaikkan daya pada proses elektrolisis dikarenakan dengan penambahan pelat hambatan pada rangkaian juga akan meningkat. Semakin banyak jumlah pelat sisi akan menurunkan temperatur dikarenakan luas kontak dengan udara juga semakin besar yang akan mengakibatkan kualitas dan kerapatan partikel *Brown's Gas* meningkat. Selain itu penambahan pelat sisi akan menghasilkan produksi (volume) *Brown's Gas* yang lebih besar dikarenakan induksi listrik dari pelat elektroda menuju pelat sisi menyebabkan terjadinya reaksi elektrolisis pada pelat sisi. Efisiensi generator HHO juga meningkat seiring bertambahnya jumlah pelat sisi.

Kata kunci: Generator HHO, Elektrolisis, dan *Brown's Gas*

Pendahuluan

Kebutuhan energi dunia diperkirakan akan meningkat sebesar 56% pada tahun 2010-2040 dikarenakan pertumbuhan penduduk, ekonomi dan industri [1]. Oleh karena itu, energi alternatif dari sumber yang dapat diperbarui menjadi topik utama saat ini.

Air merupakan sumber daya alam yang melimpah di permukaan bumi. Air khususnya air laut memenuhi dua pertiga permukaan bumi dengan jumlah sekitar 1.337 juta km^3 [2]. Kandungan unsur hidrogen dan oksigen dalam air dapat dijadikan sebagai sumber energi terbarukan yang murah dan ramah lingkungan [3]. Elektrolisis merupakan proses

Proses konversi air menjadi bahan bakar alternatif dapat dilakukan melalui reaksi elektrolisis. Elektrolisis air merupakan proses pembentukan gas H_2 (hidrogen) dan O_2 (oksigen) dengan mengalirkan energi listrik menuju katoda (kutub negatif) dan anoda (kutub positif) yang tercelup air. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis disebut *Brown's Gas* atau *oxyhydrogen* (HHO).

Brown's Gas merupakan nama paten dari campuran gas H_2 dan O_2 yang merupakan hasil dari proses elektrolisis air muni oleh Brown pada tahun 1974. Produksi *Brown's Gas* dapat ditingkatkan dengan penambahan katalis berupa basa, asam atau elektrolit [4].

Generator HHO merupakan elektroliser yang dapat digunakan untuk menghasilkan *Brown's Gas*. Terdapat dua tipe generator HHO yaitu *dry cell* dan *wet cell*.

Generator HHO tipe *dry cell* merupakan elektroliser terdiri dari rangkaian pelat yang tersusun sejajar dimana air atau larutan elektrolit dialirkan melalui saluran air yang menghubungkan penampung air dan generator HHO. Jika dibandingkan dengan tipe *wet cell* jenis ini memiliki keunggulan waktu reaksi lebih cepat, aman, dan temperatur lebih rendah pada daya listrik yang sama. Hal ini dikarenakan saluran air bersentuhan langsung dengan udara sehingga terjadi transfer kalor.

Besar tegangan berbanding lurus dengan arus listrik. Penambahan arus maupun tegangan menyebabkan daya listrik semakin besar. Daya yang besar mengakibatkan proses

pemecahan molekul air menjadi gas lebih cepat yang ditunjukkan banyak gelembung-gelembung yang muncul dari permukaan elektroda [5]. Namun daya berlebih akan menaikkan temperatur sehingga menyebabkan hambatan pada rangkaian meningkat [6].

Temperatur adalah salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap proses elektrolisis terutama terhadap efisiensinya. Semakin tinggi temperatur elektrolisis, maka energi listrik yang dibutuhkan semakin berkurang [7]. Hal ini bisa dijelaskan dari karakteristik termodinamika dari molekul air bahwa reaksi pemisahan molekul semakin meningkat saat temperatur meningkat. Namun temperatur yang tinggi menyebabkan kualitas *Brown's Gas* rendah dikarenakan air ikut menguap. Selain itu, jarak optimum antara elektroda dengan melihat kekosongan retakan pada elektrolit yang ditimbulkan dari gelembung gas. Hasilnya semakin dekat jarak antar elektroda, maka tegangan yang dibutuhkan dalam rapat arus yang sama semakin kecil namun semakin cepat terbentuk lubang retakan akibat gelembung gas yang menyebabkan efisiensi elektrolisis menurun juga. Hal ini terjadi akibat jarak elektroda yang terlalu dekat dan rapat arus yang besar [8].

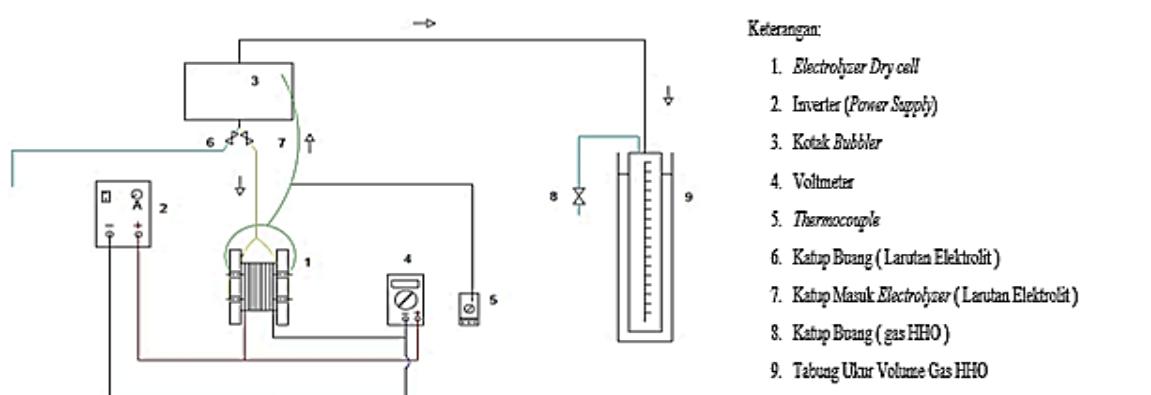
Variasi arus listrik pada sebuah elektroliser tipe *wet cell* dengan 6 buah elektroda yang tercelup dalam aquades murni, AMDK murni serta campuran aquades dengan katalisator NaHCO_3 telah diteliti. Produksi gas terendah pada penggunaan arus listrik 2A dengan larutan campuran aquades dan katalis 1,64 %

yaitu 0,00014 l/s sedangkan produksi gas tertinggi pada penggunaan arus listrik 8A dengan larutan campuran aquades dan katalis 1,31 % yaitu 0,00171 l/s [9]. Selain itu, dengan dimensi elektroliser yang sama, elektroliser tipe *dry cell* dengan energi matahari maupun energi listrik mampu menghasilkan *Brown's gas* lebih besar daripada elektroliser tercelup, namun untuk memisahkan gas O_2 dan H_2 sangatlah sulit sehingga harus menggunakan membran pemisah gas (PEM) [10].

Penambahan jumlah pelat netral pada elektroliser tipe *dry cell* dapat menurunkan arus yang digunakan dalam setiap sel [11]. Pada dasarnya performa elektroliser generator HHO tipe *dry cell* ditentukan oleh jumlah elektroda, jumlah pelat netral, daya yang dialirkan, prosentase katalis, jarak celah, tebal pelat dan temperatur larutan.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *experimental research* untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah plat terhadap produksi *Brown's Gas* pada elektroliser tipe *dry cell*. Instalasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Pada penelitian ini, Generator HHO tipe *dry cell* dengan inverter arus DC dan daya yang tinggi (diatas 300 watt) digunakan sebagai elektroliser untuk menghasilkan *Brown's Gas*. Arus listrik yang digunakan dalam penelitian adalah sebesar 10A.

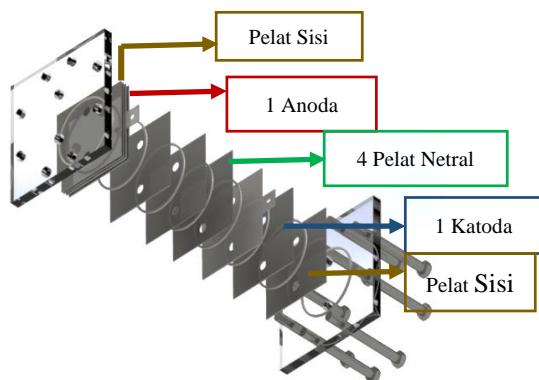


Gambar 1. Instalasi Penelitian

Elektroda yang digunakan adalah pelat *Stainless Steel* 304L berukuran 7 cm x 7 cm dengan menggunakan karet *O-Ring seal* berdiameter 6 cm sebagai sekat. Dua buah elektroda dan tiga tipe generator HHO dengan penambahan jumlah pelat diluar elektroda seperti pada Gambar 2 digunakan dalam penelitian.

Air dengan penambahan katalisator NaHCO_3 1.77% digunakan sebagai larutan elektrolit. Sedangkan jumlah pelat sisi divariasikan dalam penelitian ini. Produksi *Brown's Gas* dapat dilihat dari volume gas tiap menit yang dihasilkan. Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran jelas mengenai karakteristik dari penambahan jumlah pelat terhadap produksi HHO pada elektroliser tipe *dry cell*.

Besaran tegangan listrik dapat diukur dengan menggunakan digital multimeter. Temperatur dapat diukur menggunakan *digital termocouple*. Sedangkan, volume *Brown's Gas* diukur setiap 10 detik sampai tabung pengukur penuh. Tabung pengukuran memiliki volume 1350 mL.



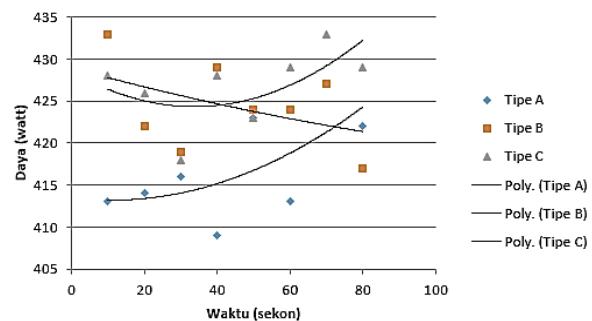
Gambar 2. Generator HHO tipe *dry cell*

Hasil dan Pembahasan

Proses elektrolisis air dengan penambahan katalisator NaHCO_3 1.77% berlangsung dengan menggunakan arus sebesar 10A. Dari hasil penelitian didapat data tegangan listrik yang terukur pada multimeter kemudian didapatkan daya listrik yang diperlukan dalam proses produksi *Brown's gas* melalui elektrolisis

untuk masing-masing tipe generator HHO dengan cara mengalikan arus input dan tegangan terukur seperti pada Gambar 3.

Masing-masing tipe generator HHO membutuhkan daya yang berbeda-beda dalam proses elektrolisis. Generator HHO tipe C membutuhkan daya terbesar dan diikuti oleh generator tipe B dan berikutnya tipe A. Daya input yang terukur dipengaruhi oleh besarnya hambatan yang terjadi pada elektroliser. Semakin banyak jumlah pelat sisi maka hambatan yang terjadi juga semakin besar. Oleh karena itu semakin banyaknya pelat sisi menyebabkan daya yang terukur juga semakin besar. Selain itu pelat elektroda maupun pelat sisi bersentuhan langsung dengan larutan elektrolit yang merupakan salah satu konduktor listrik. Hal ini menyebabkan terjadinya induksi listrik dari pelat elektroda menuju pelat sisi. Sehingga pada pelat sisi terjadi ionisasi yaitu penguraian air menjadi ion H^+ dan OH^- yang memungkinkan terjadinya reaksi pembentukan *Brown's Gas* pada pelat sisi tersebut.



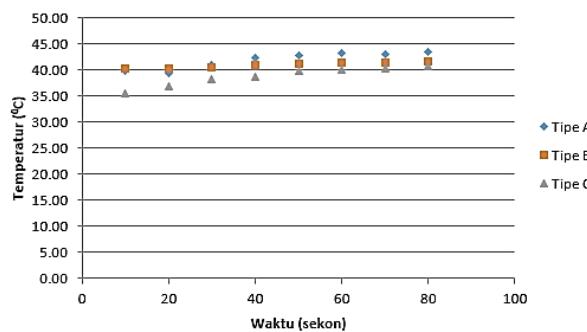
Gambar 3. Hubungan antara daya pada Generator HHO tipe A, B dan C terhadap waktu.

Penambahan pelat sisi juga menghasilkan temperature elektrolisis yang berbeda-beda. Generator tipe C menghasilkan temperatur terendah kemudian generator tipe B dan generator tipe A. Hal ini disebabkan karena jumlah pelat yang berkontak dengan udara semakin banyak. Sehingga menyebabkan transfer

kalor dari pelat menuju udara semakin besar, yang berakibat temperatur output generator HHO mengalami penurunan pada penambahan pelat di luar elektroda seperti pada Gambar 4.

Secara tidak langsung temperatur dapat mempengaruhi performa generator HHO. Pengaruh temperatur terhadap hambatan rangkaian listrik telah diteliti dan memberikan hasil bahwa semakin besar temperatur suatu rangkaian maka hambatan yang terjadi semakin besar [6]. Apabila hambatan yang terjadi besar menyebabkan aliran listrik (transfer elektron) tidak maksimal yang akan menyebabkan menurunnya produktivitas *Brown's Gas* akibat kenaikan temperatur.

Pelat sisi tipe C menghasilkan *Brown's Gas* yang memiliki partikel lebih rapat dibanding tipe B dan A. Hal ini dikarenakan temperatur tipe C lebih rendah dibanding tipe yang lain. Temperatur yang terlalu tinggi juga akan menyebabkan hasil dari elektrolisis air mengalami penurunan kualitas karena menyebabkan air menguap walaupun temperaturnya belum mencapai titik didih air. Sehingga yang dihasilkan oleh elektrolisis ini bukanlah murni *Brown's Gas* melainkan campuran uap air. Dengan hasil yang tidak murni *Brown's Gas* menyebabkan nilai kalor gas HHO hasil elektrolisis menurun. Apabila gas ini dimanfaatkan pada industri atau alat yang lainnya dapat menyebabkan efisiensi alat tersebut juga menurun.

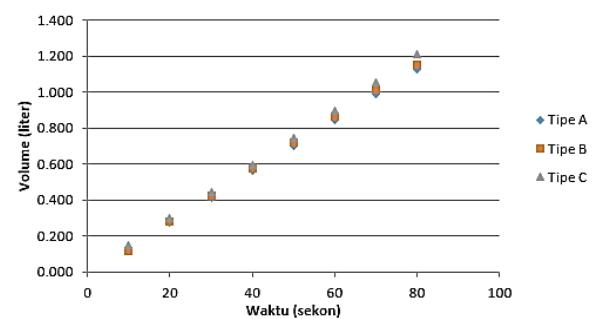


Gambar 4. Hubungan antara Temperatur pada Generator HHO tipe A, B dan C terhadap waktu.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

No.	Tipe Generator HHO	Daya (watt)	Temperatur (°C)	Volume (Liter)	Nilai Rata-rata
					Efisiensi (%)
1	Tipe A (tanpa pelat sisi)	417.13	41.7	0.629	21.62
2	Tipe B (dua buah pelat sisi)	424.38	41	0.643	22.49
3	Tipe C (empat buah pelat sisi)	426.75	38.8	0.673	23.18

Pada setiap jumlah pelat sisi membutuhkan daya listrik yang berbeda-beda. Secara umum daya akan berbanding lurus dengan reaksi elektrolisis. Namun masing-masing konfigurasi pelat memiliki kemampuan reaksi optimum yang menyebabkan perbedaan efisiensi pada masing-masing jumlah pelat sisi. Penambahan pelat sisi memberikan produksi *Brown's Gas* yang lebih besar. Dapat dilihat dalam Tabel 1 volume terbesar dihasilkan oleh generator HHO tipe C kemudian tipe B dan tipe A. Dikarenakan pelat elektroda maupun pelat sisi bersentuhan langsung dengan larutan elektrolit yang merupakan salah satu konduktor listrik. Sehingga menyebabkan terjadinya induksi listrik dari pelat elektroda menuju pelat sisi yang memungkinkan terjadinya reaksi elektrolisis dan menghasilkan *Brown's Gas* pada pelat sisi tersebut seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.

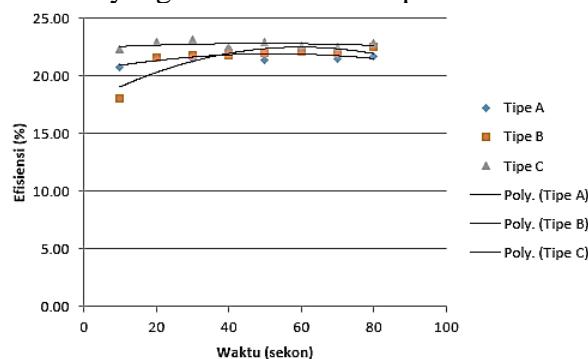


Gambar 5. Hubungan antara volume *Brown's gas* pada Generator HHO tipe A, B dan C terhadap waktu.

Daya, produksi *Brown's Gas* (volume gas HHO), massa jenis dan LHV gas HHO merupakan faktor yang mempengaruhi efisiensi generator HHO sesuai dengan rumus:

$$\eta = \frac{\rho \cdot LHV \cdot Q}{W} \cdot 100\% \quad (1)$$

Dengan mengansumsikan massa jenis dan LHV pada semua jumlah pelat sisi sama maka efisiensi ini hanya dipengaruhi daya dan volume gas HHO. Dapat dilihat pada Gambar 6, tipe C memberikan efisiensi tertinggi kemudian tipe B dan tipe A. Namun perlu diingat bahwa perhitungan efisiensi ini menghiraukan perbedaan temperatur yang dianggap semua terjadi pada kondisi standar di ketiga jumlah pelat sisi. Dengan adanya perbedaan temperatur maka massa jenis dan LHV gas HHO juga akan berbeda. Hal ini belum dapat diketahui dan dihitung karena keterbatasan properties gas HHO pada temperatur tertentu yang belum dilakukan penelitian.



Gambar 6. Hubungan antara efisiensi pada Generator HHO tipe A, B dan C terhadap waktu.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada elektrolisis menggunakan generator HHO tipe *dry cell* yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- Penambahan pelat sisi akan menaikkan daya pada proses elektrolisis, dikarenakan dengan penambahan pelat hambatan pada rangkaian juga akan meningkat.

- Semakin banyak jumlah pelat sisi akan menurunkan temperatur dikarenakan luas kontak dengan udara juga semakin besar yang akan mengakibatkan kualitas dan kerapatan partikel *Brown's Gas* meningkat.
- Penambahan pelat sisi akan menghasilkan produksi (volume) *Brown's Gas* yang lebih besar dikarenakan induksi listrik dari pelat elektroda menuju pelat sisi menyebabkan terjadinya reaksi elektrolisis pada pelat sisi.
- Efisiensi semakin besar apabila jumlah pelat sisi bertambah.

Referensi

- [1] International Energy Agency (IEA), Southeast Asia Energy Outlook, World Energy Outlook Special Report. 2013.
- [2] Kodoatie, J.R., S. Roeslam, Tata Ruang Air, Yogyakarta, Andi. 2010.
- [3] National Research Council, The Hydrogen Economy, Washington DC, The National Academy Press. 2005.
- [4] Mazloomi, Influencing factors of Water Electrolysis Electrical Efficiency, International Journal of Electrochemical Science. 16 (2012), 4257-4263.
- [5] Putra, A. M, Analisis Produktifitas Gas Hidrogen dan Gas Oksigen pada Elektrolisis Larutan KOH, Jurnal Neutrino. 2 (2010), 141-154.
- [6] Julianto, Bangun, Pengaruh Suhu terhadap Hambatan Rangkaian Listrik, Jurnal Fisika UNS. 3 (2013), 102-104.
- [7] Todd, D., M. Schwager, W. Merida, Thermodynamics of High-Temperature, High - Pressure Water Electrolysis, Journal of Power Sources. 269 (2014), 424-429.
- [8] Nagai, N., M. Takeuchi, T. Kimura., T. Oka, Existence of Optimum Space between Electrodes on Hydrogen Production by Water Electrolysis, International Journal of Hydrogen Energy. 28 (2003), 35-41.

-
- [9] Wiryawan, D., D. Widhiyanuriyawan, N. Hamidi, Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Produktivitas Brown's Gas pada Elektroliser, Jurnal Teknik Mesin UB. 4 (2013), 1-8.
 - [10] Widhiyanuriyawan, D., N. Hamidi, Wijono, Karakteristik Produksi Browns Gas Dengan Menggunakan Tenaga Matahari, Jurnal Rekayasa Mesin. 4 (2013), 79 – 84.
 - [11] Hidayatulloh, P, Diskursus Bahan Bakar Air, SINERGI. 19 (2015), 129-138.