

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

(terlampir)

4.1.2 Contoh Perhitungan Data

4.1.2.1 Perhitungan Volume Alir Gas HHO

Pengambilan data volume alir gas Hidrogen dilakukan selama 1 menit dan diubah menjadi satuan waktu detik. Volume alir gas Hidrogen dihitung dengan persamaan (2-4) berikut :

$$Q = \frac{v}{t} \quad (2-4)$$

Dimana :

Q = Debit (l/s)

v = Volume gas Hidrogen yang ditampung dalam gelas ukur (ml)

t = Waktu yang diperlukan untuk menghasilkan gas Hidrogen.

Maka diperoleh volume alir *Brown's Gas* :

$$Q = \frac{1200 \text{ ml}}{80 \text{ s}}$$

$$Q = 15 \frac{\text{ml}}{\text{s}} = 0,015 \text{ l/s}$$

4.1.2.2 Perhitungan Energi Listrik Dalam Proses Elektrolisis Air

Energi listrik (daya) yang diperlukan oleh elektroliser untuk proses elektrolisis air dihitung menggunakan persamaan (2-3) berikut :

$$P = V \times I \text{ (Watt)} \quad (\text{Bird, 2010}) \quad (2-3)$$

Data yang diperoleh saat pengujian adalah :

V = 42 Volt

I = 10 Ampere

Maka dihasilkan konsumsi daya listrik sebesar : P = 42 Volt x 10 Ampere = 420 Watt

4.1.2.3 Perhitungan Efisiensi Proses Elektrolisis Air

Efisiensi dari elektroliser yang digunakan dalam proses elektrolisis air dihitung menggunakan persamaan (2-5) berikut :

$$\eta = \frac{Q_{HHO} \times \rho_{HHO} \times LHV_{HHO}}{P} \times 100\% \quad (2-10)$$

Di mana :

ρ_{HHO} = Massa jenis *Brown's Gas* [0,491167 gr/l]

LHV HHO = *Low Heating Value* atau nilai kalor bawah gas Hidrogen [13250 J/gr]

Sedangkan data-data yang diperoleh saat pengujian adalah :

$$Q = 15 \text{ (ml/s)} = 0,015 \text{ (l/s)}$$

$$P = 420 \text{ Watt} = 420 \text{ (J/s)}$$

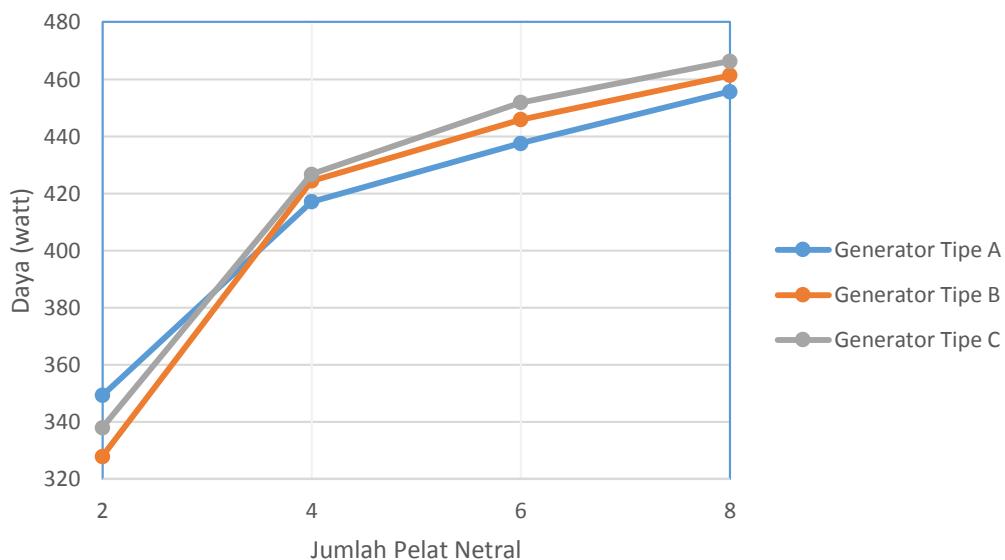
Maka :

$$\eta = \frac{0,015 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times 0,491167 \frac{\text{gr}}{\text{l}} \times 13250 \text{ J/gr}}{420 \text{ J/s}} \times 100\%$$

$$\eta = 23,24 \%$$

4.2 Pembahasan Grafik

4.2.1 Grafik Hubungan antara Penambahan Jumlah Pelat terhadap Daya Generator HHO



Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara Penambahan Jumlah Pelat terhadap Daya Generator HHO

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa kecenderungan penambahan jumlah pelat netral menyebabkan daya yang digunakan pada generator HHO juga meningkat. Daya ini merupakan hasil perkalian antara arus listrik yang besarnya selalu dijaga konstan dan tegangan yang terukur pada multimeter. Sehingga setiap terjadi penambahan tegangan pada alat ukur menyebabkan daya yang mengalir pada generator HHO juga mengalami kenaikan. Sedangkan daya pada masing-masing tipe generator terdapat perbedaan hasil daya yang dibutuhkan dengan kecenderungan generator tipe C membutuhkan daya terbesar dan diikuti oleh generator tipe B dan berikutnya tipe A. Namun perbedaan daya ini tidak signifikan yaitu dengan rentang selisih antara daya satu dengan yang lainnya kurang lebih 10 watt. Pada pelat netral 2 tipe A membutuhkan daya yang lebih besar dibanding tipe B dan C hal ini dikarenakan pada tipe A dengan jumlah pelat yang sedikit dan jarak elektroda yang kecil terjadi retakan sehingga timbulnya ruang kosong tanpa air sehingga daya meningkat, seperti yang telah dijelaskan pada penelitian sebelumnya.

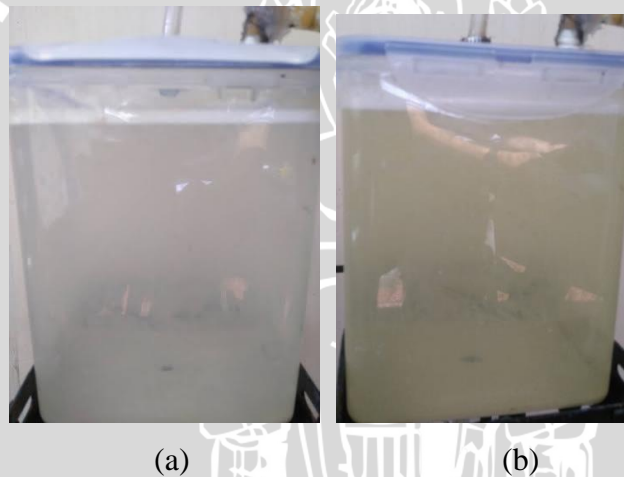
Penelitian oleh Hidayatulloh (2015) juga mengatakan bahwa pada elektroliser tipe *Dry Cell* dengan adanya penambahan pelat netral akan menurunkan arus yang digunakan dalam setiap *cell*. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengujian pengaruh adanya pelat netral oleh Arifin (2015) dengan judul Studi Penggunaan Plat Elektroda Netral *Stainless Steel* 316 dan Aluminium terhadap Performa Generator HHO *Dry Cell*. Pada penelitian ini Arifin membandingkan tiga jenis generator HHO, yaitu tanpa pelat netral, dengan pelat netral Aluminium dan dengan pelat netral *Stainless Steel*. Jumlah pelat netral yang digunakan tetap yaitu satu buah yang ditempatkan diantara katoda dan anoda. Hasil yang didapat yaitu dengan adanya pelat netral akan menurunkan daya yang digunakan. Hal ini berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan yaitu pada penambahan pelat netral akan menaikkan kebutuhan daya generator HHO. Kenaikan daya ini terjadi akibat pada pelat netral juga terjadi reaksi elektrolisis yaitu pada sisi pelat yang dekat dengan anoda terjadi oksidasi dan sisi pelat yang dekat dengan katoda terjadi reaksi reduksi. Sehingga setiap penambahan pelat akan menyebabkan kebutuhan energi juga meningkat karena energi ini akan digunakan untuk proses elektrolisis pada masing-masing pelat.



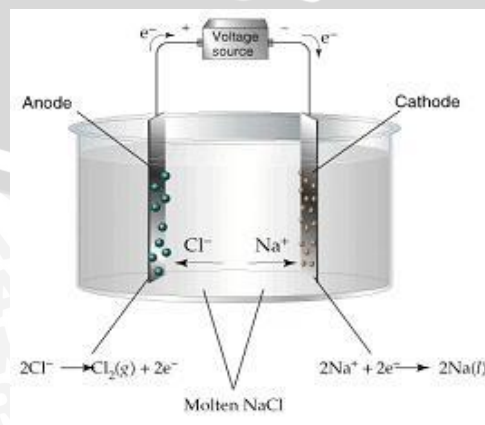
(a) (b)

Gambar 4.2 Reaksi Pelat netral; (a) Sisi dekat dengan katoda
(b) Sisi dekat dengan anoda

Reaksi yang terjadi pada pelat netral dapat dibuktikan dengan Gambar 4.2. Terlihat bahwa antara sisi yang satu dengan yang lain pada pelat netral terjadi perbedaan warna. Hal ini dikarenakan pada anoda dan katoda terjadi reaksi elektrolisis yang pada reaksi ini akan terjadi penempelan seperti pada proses penyepuhan. Menurut Mushollaeni (2011) pada penelitiannya berjudul *The physicochemical characteristics of sodium alginate from Indonesian brown seaweeds natrium* berwarna kuning atau coklat muda. Pada sisi katoda terjadi reaksi reduksi sehingga ion positif cenderung menempel pada logam ini dan membentuk lapisan Na yang akan berwarna kuning kecoklatan karena katalis yang digunakan adalah NaHCO_3 . Dapat disimpulkan bahwa reaksi tidak hanya terjadi pada anoda dan katoda melainkan reaksi terjadi pada pelat netral. Pada larutan juga terjadi perubahan warna akibat natrium yang ikut terlarut pada larutan, dapat dilihat pada Gambar 4.3. Sedangkan pada Gambar 4.4 merupakan skema reaksi penempelan yang terjadi pada elektrolisis dengan katalis NaCl .



Gambar 4.3 Reaksi Pelat netral; (a) Sebelum pengujian
(b) Setelah pengujian



Gambar 4.4 Skema penguraian NaCl pada reaksi elektrolisis

Selain itu dengan adanya penambahan pelat netral akan menaikkan hambatan pada generator HHO sehingga menyebabkan daya yang dibutuhkan untuk melakukan proses elektrolisis juga meningkat. Besarnya arus yang dijaga konstan menyebabkan tegangan naik untuk menaikkan daya. Hambatan dapat dihitung dengan cara:

$$R = \frac{\alpha \cdot l}{a} \cdot \Sigma pelat \quad (4-1)$$

Keterangan :

R = Hambatan (Ohm)

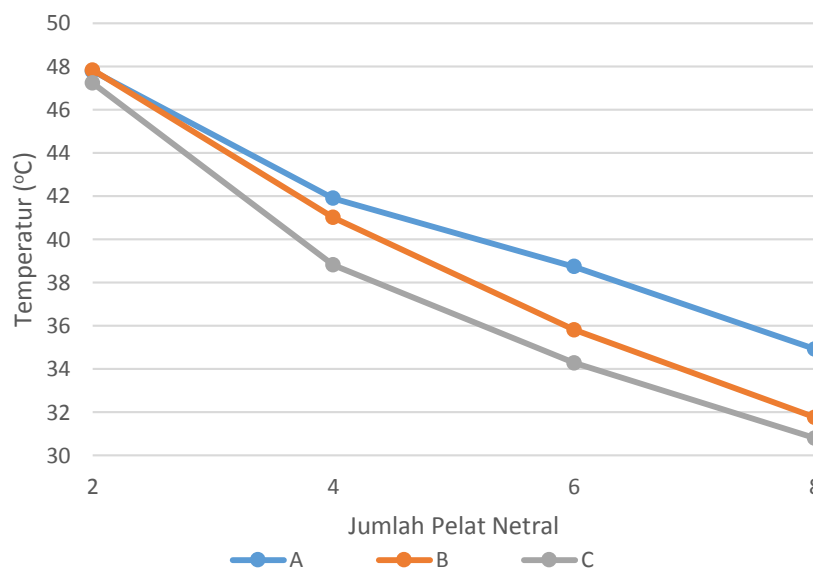
α = Hambatan jenis material (Ohm.m)

l = Jarak material (m)

a = Luas area (m²)

$\Sigma pelat$ = Jumlah pelat

4.2.2 Grafik Hubungan antara Penambahan Jumlah Pelat terhadap Temperatur Generator HHO



Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Penambahan Jumlah Pelat terhadap Temperatur Generator HHO

Gambar 4.5 memperlihatkan bahwa penambahan pelat netral akan menyebabkan penurunan temperatur yang terukur pada output gas HHO. Hal ini dikarenakan pelat merupakan konduktivitas termal yang baik. Pelat netral tersebut bersinggungan langsung

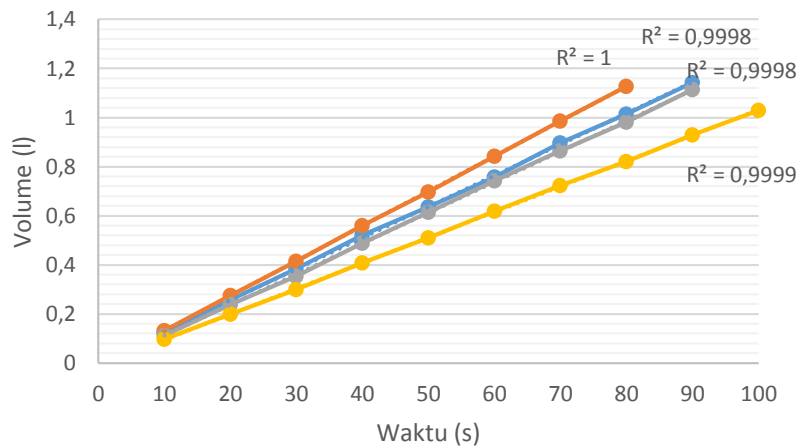
dengan udara lingkungan yang memiliki temperatur lebih rendah dibanding temperatur pelat netral. Oleh karena itu akan terjadi perpindahan panas dari pelat netral menuju lingkungan secara konveksi natural. Semakin banyak pelat netral maka temperatur yang berpindah ke lingkungan secara konveksi natural juga semakin besar. Selain itu dengan adanya penambahan pelat netral akan memperbesar volume larutan yang berada pada generator HHO yang juga menyebabkan temperatur pelat yang lebih tinggi ditransfer menuju temperatur larutan yang lebih rendah. Sehingga dengan semakin besarnya volume larutan yang berada di generator HHO semakin rendah temperatur yang terukur pada *termocouple*. Tipe generator juga memberikan penurunan temperatur yang berbeda-beda. Generator tipe C menghasilkan penurunan temperatur terbesar kemudian generator tipe B dan generator tipe A. Hal ini juga disebabkan karena jumlah pelat yang berkontak dengan udara semakin banyak dan volume larutan yang berada di generator HHO lebih besar. Sehingga menyebabkan transfer kalor dari pelat menuju udara dan larutan semakin besar, yang berakibat temperatur mengalami penurunan pada penambahan pelat di luar elektroda.

Secara tidak langsung temperatur ini akan mempengaruhi performa generator HHO. Penelitian yang dilakukan oleh Julianto (2013) meneliti pengaruh temperatur terhadap hambatan rangkaian listrik, dan memberikan hasil bahwa semakin besar temperatur suatu rangkaian maka hambatan yang terjadi juga semakin besar. Apabila hambatan yang terjadi besar maka akan menyebabkan aliran listrik (transfer elektron) tidak maksimal yang akan menyebabkan menurunnya produktivitas gas HHO akibat kenaikan temperatur. Namun efek dari penambahan hambatan akibat temperatur yang lebih besar tidak signifikan. Dikarenakan perbedaan temperatur tidak lebih dari 100°C.

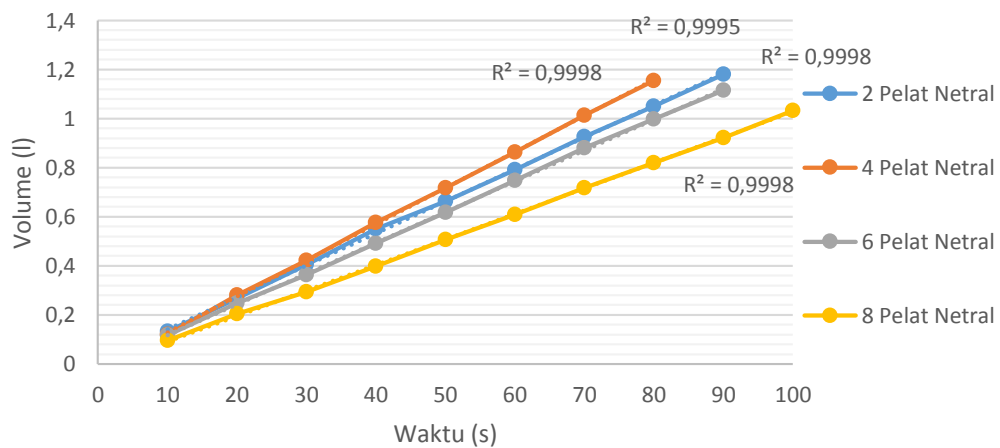
Dengan adanya temperatur yang terlalu tinggi juga akan menyebabkan hasil dari elektrolisis air mengalami penurunan kualitas. Dikarenakan apabila temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan air menguap. Sehingga yang dihasilkan oleh elektrolisis ini bukanlah murni gas HHO. Dengan hasil yang tidak murni gas HHO menyebabkan nilai kalor gas hasil elektrolisis menurun. Apabila gas ini dimanfaatkan pada industri atau alat yang lainnya dapat menyebabkan efisiensi alat tersebut menurun.

4.2.3 Grafik Hubungan antara Penambahan Jumlah Pelat terhadap Produktifitas Gas HHO

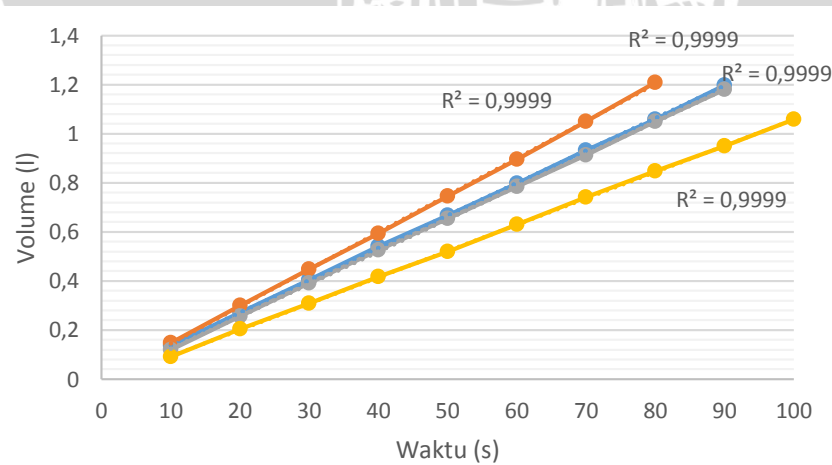
a.



b.



c.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara Penambahan Jumlah Pelat terhadap Produktifitas Gas HHO pada;

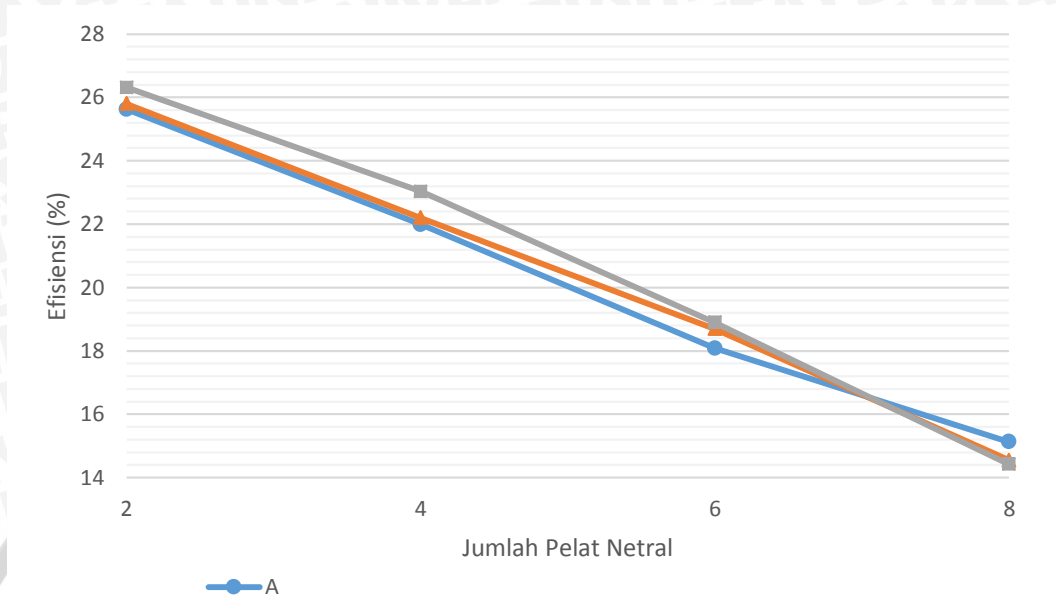
- Generator tipe A.
- Generator tipe B.
- Generator tipe C.

Dapat dilihat pada Gambar 4.6 bahwa jumlah pelat netral delapan buah menghasilkan produktivitas terendah dan jumlah pelat netral empat buah menghasilkan produktivitas terbesar. Disimpulkan dengan pengurangan pelat netral akan menyebabkan kenaikan produktivitas gas HHO sampai titik optimum kemudian produktivitas akan turun. Hal ini dikarenakan suatu konstruksi generator HHO membutuhkan daya yang berbeda satu sama lain. Secara umum daya yang dibutuhkan akan berbanding lurus dengan besarnya reaksi elektrolisis yang terjadi. Namun perlu diingat juga bahwa suatu generator HHO memiliki kemampuan optimum dalam kerjanya. Sehingga penambahan daya tidak selalu menaikkan produktivitas gas HHO. Dari grafik diatas dapat disimpulkan jumlah pelat netral empat buah merupakan konstruksi yang paling optimum ditandai dengan produktivitas gas HHO yang paling tinggi. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 kenaikan daya pada pelat netral dua buah menuju empat buah lebih besar dari pada kenaikan daya empat buah menuju enam buah maupun enam buah menuju delapan buah. Sedangkan kenaikan jumlah pelat yang akan berdampak kepada naiknya hambatan pada masing-masing penambahan pelat adalah sama. Hal ini yang akan menyebabkan produktivitas gas HHO mengalami kenaikan sampai pelat netral empat buah kemudian mengalami penurunan pada enam buah dan delapan buah pelat netral.

Apabila ditinjau dari tipe generator HHO, maka tipe C merupakan generator dengan produktivitas gas HHO terbesar dapat dilihat pada gradien masing-masing tipe generator yang menandakan bahwa semakin besar gradien maka produksi gas HHO semakin besar. Hal ini dikarenakan gradien merupakan perbandingan volume dengan waktu pada masing-masing pengujian. Namun perbedaan antar satu tipe dengan tipe yang lain tidak signifikan. Penambahan pelat diluar elektroda ini juga akan terjadi elektrolisis pada masing-masing pelatnya walaupun pelat ini tidak terdapat diantara anoda dan katoda. Arus listrik ini dihantarkan oleh larutan elektrolit. Namun reaksi di luar elektoda tidak terlalu besar yang menyebabkan produktivitas juga tidak bertambah secara signifikan.

Dari pembahasan sebelumnya juga sudah dijelaskan bahwa produktivitas dipengaruhi pula oleh temperatur generator HHO. Semakin tinggi temperatur akan menyebabkan hambatan pada rangkaian semakin besar. Hambatan yang semakin besar menyebabkan produktivitas gas HHO menurun.

4.2.4 Grafik Hubungan antara Penambahan Jumlah Pelat terhadap Efisiensi Generator HHO



Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Penambahan Jumlah Pelat terhadap Efisiensi Generator HHO

Gambar 4.7 merupakan diagram efisiensi generator pada berbagai jumlah pelat netral dan tipe generator. Dapat disimpulkan bahwa efisiensi tertinggi terdapat pada generator HHO dengan jumlah pelat netral terkecil dan generator tipe C (jumlah pelat luar terbesar). Hal ini dikarenakan semakin sedikit jumlah pelat netral maka tegangan yang terjadi pada generator HHO semakin kecil. Yang menyebabkan daya yang dibutuhkan juga kecil. Selain itu debit produksi HHO juga mempengaruhi efisiensi generator HHO, sehingga sesuai dengan rumus :

$$\eta = \frac{\rho \cdot LHV \cdot Q}{W} \cdot 100\%$$

Dengan menurunnya daya dan naiknya produktivitas HHO menyebabkan efisiensi generator HHO juga meningkat.