

# Produksi Gas Oxy-Hidrogen dari Air sebagai Energi Baru Terbarukan

## Melalui Multi Series Cell Elektrolisis

Futung Mustari<sup>1</sup>, Bambang Widodo<sup>2</sup>, Julius Salebbay<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Elektro PPs UKI,

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro FT UKI

<sup>3</sup>Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Elektro PPs UKI,

\*Alamat korespondensi: [futungmustari@gmail.com](mailto:futungmustari@gmail.com) ;081280650624

**Abstrak** —Seperti diketahui bahwa gas OxyHydrogen mempunyai molekul mono atomik yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif atau sumber energi terbarukan yang tiada habisnya untuk dimanfaatkan dalam mesin pembakaran internal maupun untuk Pengelasan (*welding*). Elektroliser dibuat menggunakan elektroda berupa Plat stainless steel tebal 0.6 mm dan diameter 6 inchs yang di susun 100 lapis (cel) yang berfungsi sebagai katoda dan anoda Penelusuran kepustakaan memperlihatkan bahwa, proses elektrolisa air dalam menghasilkan Oxyhidrogen gas biasanya menggunakan tegangan searah 12 Volt DC atau 24 V direct current dengan jumlah 6 cel dan 12 cel. Makalah ini membahas proses elektrolisa air dengan 100 cel menggunakan tegangan listrik 220 V ac. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa produksi gas OxyHydrogen, 16 kali lebih besar jika menggunakan tegangan listrik 220 Volt ac dibandingkan dengan menggunakan tegangan listrik searah 12 Volt DC dengan 6 cel, dan 8 kali besar jika dibandingkan dengan tegangan listrik searah dengan teganan 24 Volt DC dengan 12 cel.

*Kata kunci ; Oxy\_Hydrogen, Hho- Brown- gas .Yull Brown, destilasi,dry cell, wet cell*

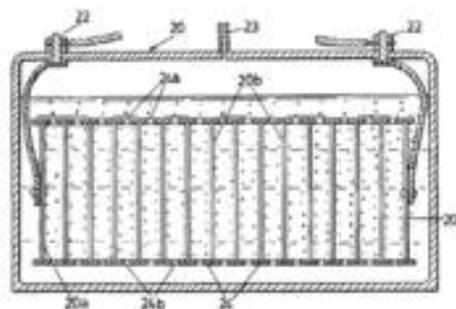
## I PENDAHULUAN

Menurut Collins English dictionary OxyHydrogen adalah campuran hidrogen dan oksigen yang digunakan untuk memberikan intensitas nyala api yang kuat dalam pengelasan. Atau OksiHydrogen adalah campuran Gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) dan Oksigen (O<sub>2</sub>) dalam bentuk mono Atomik. Oxy\_Hydrogen yang dihasilkan melalui proses elektrolisis air. Nama lain dari OxyHydrogen adalah HHO atau Brown Gas. Campuran ini juga dapat disebut sebagai Knallgas (Skandinavia dan Knallgas Jerman: "bang-gas"), meskipun beberapa penulis mendefinisikan knallgas menjadi istilah umum untuk campuran bahan bakar dengan jumlah oksigen yang tepat yang dibutuhkan untuk pembakaran sempurna, sehingga 2:1 oxy hydrogen akan disebut "hydrogen-knallgas".<sup>[1]</sup>

Adapun istilah Brown Gas mengacu pada oksihidrogen dengan rasio 2: 1 molar gas H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>, proporsi yang sama seperti dalam air. "Brown's gas" dan HHO saat ini sudah merupakan suatu istilah populer dalam hal campuran 2: 1 oxyhydrogen yang diperoleh dalam kondisi khusus

tertentu.. Sepuluh tahun sebelum Yull Brown membuat penemuan ini di Australia, Seorang Amerika bernama

*William A. Rhodes* telah mengajukan hak paten internasional untuk metode yang sama untuk menghasilkan gas HHO (oxyhydrogen atau gas hidroksi seperti yang kadang-kadang disebut orang) yang juga akan digunakan dalam industri pengelasan.



Gambar. 1 Generator Yull Brown

Gambar 1. adalah desain elektrolisis dari prof Yul Brown. Tapi tidak seperti Rhodes, **Prof Yull Brown** telah melangkah lebih jauh mempromosikan dari apa yang disebut "Gas Brown" dan untuk menghormati karyanya, banyak orang masih menggunakan nama Brown gas hingga hari ini. Yull Brown menemukan bahwa dengan mengelektrolisis air ( $H_2O$ ) menjadi sebuah campuran yang tepat dari hidrogen dan oksigen akan terbentuk gas HHO, yang sangat mudah terbakar, tetapi tidak mudah meledak, ketika digunakan dengan benar. Banyak yang mengklaim bahwa Gas ini memiliki sifat-sifat khusus.

Tahun 2008 Penulis dengan mencoba berbagai metoda yang dalam menghasilkan gas OxyHydrogen ini. Hanya dengan metoda multicell, sanggup dihasilkan jumlah gas yang besar untuk dapat digunakan dalam pengelasan.(Cuting & welding).[2]

Makalah ini hanya membahas metode yang telah dirancang hampir selama seabad untuk produksi gas oksihidrogen namun dengan cara yang sedikit berbeda.tidak seperti Yull Brown maupun William A Rhodes.

Gas oxyhidrogen yang dihasilkan lewat proses elektrolisis menggunakan soda kaustik atau KOH sebagai katalis. Kehadiran 'oxy-hydrogen gas' selama proses pembakaran menurunkan 'konsumsi bahan bakar secara spesifik dan juga meningkatkan 'efisiensi [3] Air adalah salah satu hasil sampingan dari proses pembakaran yang juga menurunkan suhu proses pembakaran. Gas OxyHydrogen sangat aman karena tidak perlu disimpan tetapi diproduksi dan digunakan ketika diperlukan. Air yang digunakan dalam proses elektrolisis haruslah yang benar benar benar murni, atau tidak mengandung unsur selain selain hanya Hidrogen dan Oksigen, , karena dapat membuat proses elektrolisis mengalami hambatan dan membuat elektroda mengalami proses korosif, karena ikut dalam reaksi.

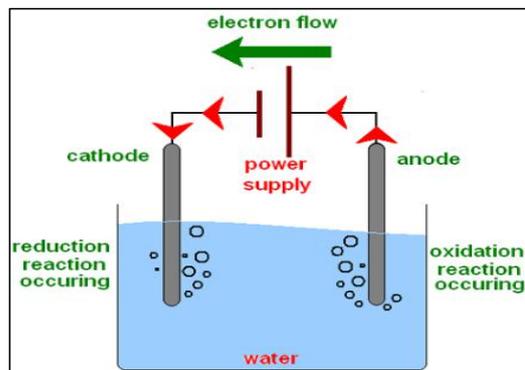
## II. Elektrolisis

Keterbatasan persediaan minyak dan meningkatnya konsumsi pemakaian bahan bakar ditambah semakin meningkatkan harga minyak, untuk mengantisipasi semakin menipisnya persediaan akan bahan bakar fosil tersebut, perlu suatu terobosan untuk mencari sumber alternatif energy terbarukan selain minyak [13]. Namun pilihan alternatif untuk bahan bakar minyak bumi mengalami banyak kerugian. Gas Hidrogen memerlukan peralatan penyimpanan yang sangat mahal. Sehingga dicari sumber sumber energi terbarukan yang melimpah dan dalam rangka mengurangi kerugian penggunaan bahan bakar minyak dengan menggunakan sumber energy terbarukan yang disebut dengan Oxy-Hydrogen melalui

teknik Elektrolisis seperti yang diusulkan oleh Yull Brown, William A Rhodes, George Wiseman dan Stan Meyer namun dengan metode sedikit berbeda dibanding teori Faraday.

Dalam proses Elektrolisa biasanya digunakan tegangan baterai 12 Volt DC atau 24 volt DC (arus searah) dan menggunakan larutan elektrolit dengan katalisator berupa larutan basa KOH/NaOH untuk mempercepat proses elektrolisis. Dan proses Elektrolisa biasanya menggunakan dengan dua cara, yaitu dengan cara basah dan kering atau sering disebut Wet Cell elektrolisa dan Dry Cell elektrolisa. Ini yang paling umum terdapat saat ini dalam melaksanakan proses elektrolisa dengan menggunakan kepingan/lembaran logam plat Stainless Steel, atau Titanium sebagai anoda dan katoda dalam prosesnya.[1]

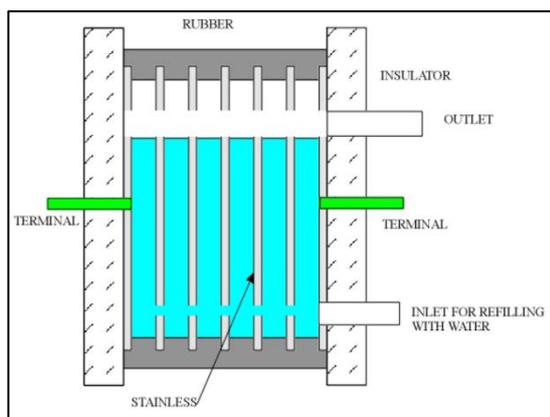
- a. Istilah wet cell elektrolisa adalah suatu proses elektrolisa dengan Anoda dan katodanya dicelupkan dalam larutan air yang sudah mengandung KoH/NaOH. Sebagaimana dalam percobaan Michael Faraday di abad ke 18. Lebih jelasnya elektrolisa tipe Basah (Wet Cell) seluruh elektroda tercelup pada larutan elektrolit, pada tipe Wet Cell membutuhkan energi listrik yang lebih



Gambar. 2 . Wet Cell Elektrolyser

besar dikarenakan semua area luasan elektroda platnya terendam air untuk proses elektrolisis menghasilkan gas HHO.

- b. Pada tipe kering (Dry cell) hanya sebagian elektroda yang tercelup ke dalam larutan elektrolit. Luasan lingkaran pada plat elektroda yang terendam air adalah area terjadinya elektrolisis untuk menghasilkan gas HHO, sedangkan bagian luasan yang lainnya tidak terendam air dan plat dalam kondisi kering. Luasan yang terelektrolisis kurang lebih 60% - 70 % dan cukup dibatasi dengan O-ring pada setiap plat yang digunakan. Selain itu pada setiap plat terdapat lubang yang digunakan sebagai saluran gas HHO yang berada di bagian atas dan di bawah.



Gbr.3 Type Dry Cell Electrolyser

## 2.1 Pembahasan Masalah

Proses elektrolisa dilakukan dalam makalah ini adalah dengan menggunakan tegangan AC (bolak balik) 220 VAC setelah sebelum di searahkan melalui sistem Dioda Bridge dengan metode gelombang penuh (full wave rectifier) sehingga di dapatkan tegangan DC dengan frekwesi 100 Hz.

Proses perubahan tegangan AC ke DC tanpa menggunakan trafo step down. Namun digunakan sistem Capacitor Amper Limiting (CAL) [4].

## 2.2 Perumusan Masalah

Selama ini proses membuat Series Cell hanya memanfaatkan tegangan batere yang 12 V –DC atau 24 Volt DC, jadi adanya keterbatasan dalam meningkatkan jumlah gas Oxy-hydrogen. Maka dengan menggunakan tegangan AC 110/220 dapat dihasilkan gas yang lebih banyak. Makalah ini menggunakan multi serie cell elektrolyser dengan jumlah 100 Cel atau sebanyak 100 plat series Cell , dengan tegangan AC sebesar 220 AC. Dengan diameter plat 6 inchi garis tengah sebesar 14,5 cm dengan tebal plat stainless steel 0,6 mm

## 2.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diharapkan sebagai berikut :

1. Dapat dikembangkan metode menghasilkan Gas Oxy-Hydrogen yang lebih banyak dan efisien dan dengan biaya yang lebih murah, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh George Wiseman [10]

2. Bahwa model elektrolisa kering (dry elektrolyser) lebih efisien dibandingkan elektrolisa basah (wet Elektrolyser).
3. Biayanya pembuatan Dry elektrolyser lebih murah hampir 60% sd 70 % dibanding menggunakan gas acetylen dalam pengelasan konvensional.
4. Menentukan hubungan antar sel apakah seri atau paralel dan mana yang paling baik dan paling efisien sehingga bisa dimanfaatkan penggunaannya, baik menghemat pemakaian bahan bakar minyak maupun untuk menghasilkan Api (torch) untuk pengelasan, dimana energi fosil yang semakin hari semakin menipis cadangannya dan semakin mahal harganya.

## 2.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi orang banyak dan dikembangkan ke arah lebih komersil dengan biaya yang murah mungkin, dan dengan berbagai aplikasi khususnya sebagai sumber energi untuk masa depan untuk menghidupkan mesin generator listrik melalui proses elektrolisis dengan menggunakan battery sebagai trigger awal.

## 2.5 Ruang Lingkup Penelitian

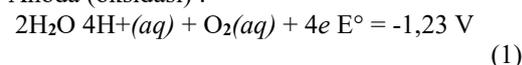
Penelitian ini hanya membahas tentang bagaimana menghasilkan gas HHO lewat proses AC ke DC dengan menggunakan sistem elektrolisis Multi series cell (Dry cell elektrolisis)

## III. LANDASAN TEORI

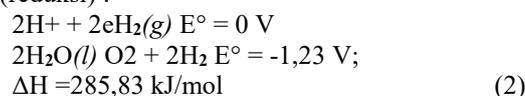
Pada elektrolisis, sebuah sumber listrik dihubungkan dengan dua elektroda atau 2 plat yang diletakkan di dalam suatu larutan. Setelah proses dijalankan, maka air akan terpisah menjadi hidrogen dan oksigen. Hidrogen akan terkumpul di katoda (elektroda negatif) dan oksigen akan terkumpul pada anoda (elektroda positif). Gas hidrogen yang dihasilkan jumlahnya dua kali lipat dari gas oksigen yang dihasilkan dan keduanya proporsional dengan total energi listrik yang dialirkan melalui air. [2]

Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut :

Anoda (oksidasi) :



Katoda (reduksi) :



Energi listrik yang diperlukan untuk elektrolisis adalah **285,83 kJ/mol** H<sub>2</sub> produk. Energi dalam jumlah yang

cukup besar ini digunakan untuk mengatasi berbagai hambatan (energi aktivasi, resistansi listrik, resistansi transport dan resistansi reaksi kimia). Tanpa kelebihan energi, elektrolisis dari air murni akan lebih sulit diurai dibandingkan dengan air tanpa elektrolit.

Dari hasil eksperimen Michael Faraday ditemukan beberapa kaidah perhitungan elektrolisis yang dikenal dengan **Hukum Faraday**.

Oksi Hydrogen hanya akan terbakar (berubah menjadi uap air dan melepaskan energi yang menopang reaksi) ketika dibawa ke suhu autoignition-nya. Untuk campuran stoikiometri pada tekanan atmosfer normal, ini kurang lebih  $570\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $1065\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). [5]. Energi minimum yang diperlukan untuk menyalakan campuran tersebut dengan percikan adalah kurang lebih 0,02 millijoule.

Jumlah panas yang berkembang, menurut Julius Thomsen, adalah **34.116 kalori** untuk setiap gram hidrogen yang dibakar. Gangguan panas ini cukup independen dari mode dimana proses dilakukan; tetapi suhu nyala tergantung pada keadaan dimana proses itu terjadi. Hidrogen adalah unsur kimia paling sederhana dan paling ringan dari tabel periodik. Kepadatannya sebagai gas (**0,0899 kg / Nm<sup>3</sup>**) adalah 15 kali lebih ringan daripada udara. 1 Hidrogen adalah bahan bakar dengan rentang mudah terbakar baik di udara, dari 4 hingga 75 vol.%, Dan dalam oksigen, dari 4 hingga 95 vol % Ini juga merupakan bahan bakar dengan kandungan energi tertinggi per satuan massa[4], menjadi nilai panasnya yang lebih tinggi (HHV) 3,54 kWh / Nm<sup>3</sup> (39,42 kWh / kg), yaitu 2,5 dan sekitar tiga kali lebih energik daripada metana dan bensin, masing-masing [4,5].

Hidrogen memiliki karakteristik pembakaran yang unik sebagai rentang mudah terbakar yang sangat luas (5-74%), kecepatan nyala tinggi dan kecepatan pembakaran tinggi. Kriteria ini memungkinkan mesin bekerja pada campuran yang sangat ramping. Juga, hidrogen adalah bahan bakar yang dapat diperbarui dan bersih-. Hidrogen dapat digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan laju pembakaran bahan bakar. Penggunaan hidrogen murni sebagai aditif menghadapi banyak masalah sebagai volume penyimpanan tinggi, ketika disimpan dalam keadaan gas, karena sangat rendah densitasnya.

Hidrogen dapat disimpan sebagai cairan kriogenik atau gas yang dilarutkan dalam hidrida logam, Bobot kendaraan juga akan berlebihan sehingga biaya energi yang diperlukan untuk mengubah gas hidrogen menjadi cair menjadi meningkat. Diperkirakan bahwa infrastruktur hidrogen masih perlu dikembangkan. Untuk itulah penulis lebih tertarik untuk mengembangkan OxyHydrogen yang tidak membutuhkan tempat penyimpanan. Gas ini dihasilkan saat dibutuhkan atau dengan istilah Hydrogen On Demand (HOD).

## 2.1 Elektroda Elektroliser

Untuk Anoda dan katoda menggunakan baja tahan karat atau lebih dikenal dengan **Stainless Steel**, senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% kromium untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Lima golongan utama **Stainless Steel** adalah Austenitic, Ferritic, Martensitic, Duplex dan Precipitation Hardening **Stainless Steel**. Pada rancang bangun ini menggunakan Austenitic **Stainless Steel** (grade standar untuk 304) karena Austeniti cocok dipakai untuk aplikasi temperature rendah disebabkan unsur Nickel membuat **Stainless Steel** tidak menjadi rapuh pada temperatur rendah.

Grade 316 L, versi rendah karbon dari 316 dan tebal terhadap sensasi (presipitasi karbida batas butir). Oleh karena itu banyak digunakan dalam komponen las pengukur berat (lebih dari 6 mm). Ada perbedaan harga yang wajar antara 316 dan 316L stainless steel. Struktur austenit juga memberikan ketangguhan nilai yang sangat baik ini, bahkan sampai ke suhu cryogenic. Dibandingkan dengan baja stainless austenitic kromium-nikel, stainless steel 316L menawarkan creep yang lebih tinggi, tegangan pecah dan kekuatan tarik pada suhu tinggi.[3]

## IV. METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian kuantitatif (Sugiono, 2012:109). Gas oxy-hidrogen adalah campuran hidrogen dan gas oksigen yang dihasilkan oleh elektrolisis air yang dapat meningkatkan efisiensi mesin pembakaran internal saat dimasukkan ke dalam asupan udara. Dalam studi ini, efisiensi proses harus ditingkatkan untuk mengurangi konsumsi energi pada tingkat produksi hidrogen yang tinggi.

Untuk alasan ini, elektrolisis air dianggap sebagai solusi praktis untuk menghasilkan hidrogen dimana menggunakannya dalam bentuk campuran hidrogen-oksigen (HOH). Karakterisasi generator oxy-hidrogen sangat penting dan dapat diklasifikasikan menjadi dua bidang yang berbeda:

- (1) desain sistem (atau desain ulang) untuk menentukan terlebih dahulu generator yang sesuai untuk kapasitas mesin tertentu dan
- (2) optimalisasi strategi pengendalian untuk kuantitas yang diproduksi (HOH) yang sesuai untuk kondisi operasi mesin yang berbeda. Banyak model yang

dikembangkan untuk mengkarakterisasi NHH generator.

Banyak model empiris dengan rincian yang lebih sedikit telah dikembangkan. Ulleberg mengembangkan model dimana kinetika elektroda sel elektroliser secara matematis dimodelkan menggunakan hubungan arus-tegangan empiris (I-U). Dalam penelitian ini, jumlah Plat atau elektroda yang digunakan sebanyak 100 buah plat stainless steel, dengan jarak antara plat sebesar 7-8 mm tiap platnya, dan antara setiap plat menggunakan PVC tahan panas.

Jumlah yang diproduksi (HOH) diukur secara eksperimental pada kondisi operasi yang berbeda. Karakteristik generator oxy-hidrogen dipelajari dengan menggunakan model matematika yang dikembangkan oleh Ulleberg. Hasil dari model matematika divalidasi menggunakan hasil eksperimen yang tersedia.

Generator oxyhydrogen dibangun untuk bekerja sebagai electrolyzers. Jumlah yang dihasilkan (HOH) diukur secara eksperimental pada intensitas arus yang berbeda dan konsentrasi elektrolit larutan aqua kalium hidroksida (KOH). Karakteristik generator oxy-hidrogen dipelajari dengan menggunakan model matematika yang dikembangkan dalam literatur sebelumnya. Model ini digunakan untuk memprediksi kinerja generator oxy-hidrogen, untuk mempelajari pengaruh parameter yang berbeda pada kinerjanya serta untuk memprediksi laju aliran massa gas oxy-hidrogen yang dihasilkan. Hasil model menunjukkan bahwa efisiensi energi sel berbanding terbalik dengan arus listrik dan berkisar 73-86% pada suhu operasi 30 °C. Juga, suhu operasi elektrolit memiliki efek yang signifikan di mana efisiensi energi ditemukan berkisar antara 74 hingga 84% saat mengubah suhu dari 30 menjadi 80 °C.

Daya input untuk proses meningkat dengan meningkatnya suhu. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa elektroda dengan jarak antara elektroda 7 dan 8 mm akan menghasilkan hasil yang maksimal, lebih dari atau kurang dari nilai tersebut tidak akan mempengaruhi tingkat produksi HOH. Dalam rancangan multi series cell Penulis menggunakan jarak antara cell sebesar 7-8 mm. Kesepakatan yang baik antara hasil yang diukur dan diprediksi menunjukkan bahwa yang dirancang dan generator gas yang diproduksi memberikan output pengenalnya pada kondisi operasi yang berbeda dengan kesepakatan yang baik dengan dasar-dasar elektrokimia dan termodinamika.

## V. DATA DAN ANALISIS

Penelitian ini menggunakan plat ss 316 L ukuran 6 inci, dengan ketebalan 0.5 mm. Untuk media electrolysis digunakan pipa CPVC yang tahan panas.

# Elektrokimia - V - Reaksi Fisik:

Ada dua ikatan pada molekul air - satu untuk setiap atom Hidrogen (tentu saja). Oleh karena itu untuk satu molekul H<sub>2</sub>O 870 kj akan memecah molekul air dan energi setara, dikatakan, akan memulai kombinasi gas. Gas dan Atom pengoksidasi tidak pernah berada dalam isolasi, ada miliaran dari mereka dalam volume mereka mengalami reaksi berantai sampai semua atom yang tersedia digabungkan melepaskan energi yang sangat besar dalam waktu cepat.

Kecepatan plasma 3,9 Km / detik..

**Energi ionisasi [6]**

**H = 1312.06 kj dan O = 1313.95 kjou<sup>1</sup>**, (3388.33 kjie<sup>2</sup>, 5300.51 kjie<sup>3</sup>) setelah pembakaran (elektron luar dalam Oksigen) mengorbit elektron, bergabung dan menetap ke orbit stabil:

$$H_{ie1} + H_{ie1} O_{ie1} = 3,447,962.47 \text{ kJ} \quad (3)$$

Dimana **ie** adalah Ionisasi Energi dan **n** lapisan energi (tiga dalam Oksigen) dan hanya satu di Hidrogen. Dalam pembahasan termodinamika yang berkaitan dengan pokok persoalan pertanyaan tentang panas sangat penting, ada dua jenis panas. Di satu sisi adalah panas karena gerakan molekuler dan di sisi lain adalah panas foton datang dan pergi selama reaksi.

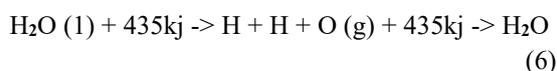
Dalam rangka kekuatan energi, pembentukan Hidrogen adalah reaksi nuklir disana menjadi dua mode yang terkenal akan keberadaannya; Hidrogen primordial dan peluruhan neutron. Oksidasi (terbakar) Hidrogen adalah reaksi fisik dari tatanan energi menengah.

Reaksi ini tidak menggambarkan adanya energi 'tersembunyi', atau over-unity, suatu klaim khusus yang tidak memiliki hubungan apa pun. Perhitungan di atas mencerminkan posisi awal dari dua gas. Bahkan jika kekuatan ikatan dikurangi dari kedua sisi

$$3,447,962.47 - (?) / 435 = 3962. \text{ KJ} \quad (5)$$

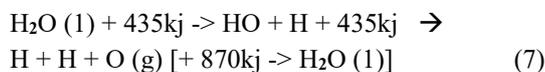
$$(?) = 1.723.470 \text{ kJ}$$

jelas bahwa produk pembakaran sangat energik. Jadi, persamaan kimia yang diberikan sbb:

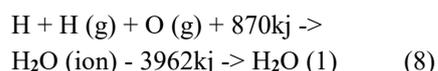


Karena jelas, hanya setengah energi yang dibutuhkan dan ada penambahan energi terus-menerus di kedua sisi dan

tampaknya tidak menjadi faktor-dalam energi apa pun melepaskan. Dalam hal apapun persamaan (8) memasukkan nilai yang benar ke formula yang disediakan dalam teks dan persamaan (9) memperbesar untuk memasukkan rilis energi.



Di satu sisi, energi dikeluarkan untuk memutus ikatan dan di sisi lain energi harus dikeluarkan untuk menyatukan mereka kembali dan jelas ini situasi yang tidak seimbang dan meninggalkan banyak hal yang tidak diinginkan. Apa yang sebenarnya terjadi adalah bahwa 870kJ / mol-1 dikeluarkan untuk memulai proses rekombinasi dan 3962kJ / mol-1 dibebaskan sebagai keuntungan bersih. Dengan alasan bahwa proses *ionisasi dalam elektrolisis adalah [elektro] kimia*, energi inisiasi adalah [elektro] kimia tetapi proses *ionisasi (pembakaran) adalah fisik*.



dan kemudian reaksi ini digandakan dengan volume gas yang dilambangkan dengan nomor Avogadro.

Jumlah terkecil energi yang dibutuhkan untuk melakukan electrolyse satu mol air adalah **65,3 Wh** pada 25 deg.C (77 derajatF.). Ketika Hidrogen dan Oksigen direkombinasi ke dalam air selama pembakaran 79,3 Wh energi dilepaskan. 14 kali lebih banyak energi dilepaskan dalam membakar Hidrogen dan Oksigen dari yang dibutuhkan untuk memisahkan air. Kelebihan ini harus diserap dari media di sekitarnya (lingkungan) dalam bentuk panas selama elektrolisis. ' [9.] ' suhu 25deg. C, untuk tegangan 1,23 hingga 1,47 Volts, reaksi elektrolisis alam menyerap panas (ABSORBS HEAT).

Pada lebih dari 1,47 V pada 25 deg.C, reaksi memancarkan panas. 'Tegangan sel elektrolisis, tegangan lebih mungkin 1.3V oleh karena itu 1.47V + 1.3V =2.77V adalah tegangan yang disediakan.[9]

Satu mol air beratnya 18 gram.

$$\begin{aligned} 1.000 \text{ gram} &= 1 \text{ Liter;} \\ 1.000 \text{ gram} / 18 \text{ gram} &= 55,55 \text{ mol} \end{aligned} \quad (9)$$

Oleh karena itu 1 Liter H<sub>2</sub>O menghasilkan 55,55 mol Hidrogen dan 27,775 mol dari Oksigen. 870kJ H<sub>2</sub>O menghasilkan seperti di atas yang kemudian sama dengan 48328.50 kJ per Liter H<sub>2</sub>O.

Konversi ke kWhr membagi dengan 3600 (atau x oleh 0,0002778) = 3,658 kWhr perLiter H<sub>2</sub>O.

1 mol gas = 24,450 l

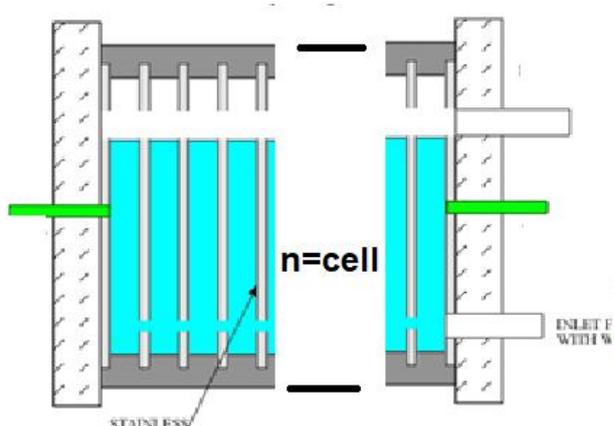
## 5.1 MULTI SERIES PLAT ELEKTROLYSER.

Tegangan normal Sel elektroliser normal adalah kurang lebih 2 volt, sedangkan system kelistrikan kendaraan normal adalah 14 volt, perbedaan tegangan inilah yang dapat menyebabkan hubungan langsung. Konsep dari *Series Plat Elektroliser* adalah sangat sederhana, dianggap bahwa sekelompok sel bergabung dalam bentuk seri untuk membentuk sebuah elektroliser, yang mempunyai total tegangan yang menyesuaikan dengan tegangan yang ada, susunan 7 dari 2 volt sel elektroliser (dengan menganggap ada 7 masing masing sel) yang dibentuk dalam satu deret, untuk menghasilkan jumlah beda tegangan sebesar 14 volt terhadap keseluruhan sel. Dengan cara ini, sebuah elektroliser dapat disamakan tegangannya sesuai dengan tegangan kendaraan 12 atau 24 Volt DC. Dalam membuat rancangan *Series Plat Elektroliser*, Plat tersebut harus disusun dalam bentuk series dalam satu alat.[11]

Dalam *Series Plat Elektroliser* sambungan kabel antara masing masing plat, kecuali larutan elektrolit itu sendiri, larutan elektrolit dari tiap tiap sel terisolasi dari larutan elektrolit lainnya oleh plat (tiap tiap sel). Arus listrik masuk melalaui sisi negatip dari elektroliser dan bergerak melalui tiap tiap sel, elektrolit dan sel plat begitu seterusnya hingga mencapai sisi berlawanan, pada polarisasi positif di ujung elektroliser.

Elektroliser type ini dinamakan “ bipolar “ sebab tiap plat menghasilkan hydrogen dan oksigen secara bersamaan, tiap gas yang terbentuk berada pada posisi yang berlawanan. Hidrogen dihasilkan pada sisi yang lebih negatip, sedangkan Oksigen dihasilkan pada sisi yang lebih positif. Semua gas yang terbentuk akan bercampur diatas sel (plat), menghasilkan campuran yang dinamakan Oxyhydrogen (Brown Gas).

Dalam Seris Plat Elektroliser, tiap plat dibagi oleh dua sel, masing masing plat metal mempunyai anoda dan katoda, sisi plat yang berhadapan dengan input negatip pada Serie Cell Elektroliser lebih positif dibanding input plat yang lebih dekat, Oleh karena itu, plat yang paling dekat akan menghasilkan gas



**Gbr. 4. Contoh Multi Series Plat elektroliser**

hydrogen dan yang terjauh menghasilkan oksigen .  
Jauh lebih efisien jika menggunakan elektroliser yang bertegangan tinggi dan ber ampere ( arus ) rendah ( Series Plat ) dibanding elektroliser bertegangan rendah ber ampere tinggi ( parallel Plat ). Konsep dari bipolar plat ini membuktikan bahwa dapat dihasilkan volume gas yang tiga kali lebih banyak dengan watt yang sama.

**5.2 Merancang MSCE yang praktis**

Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, Elektroliser bukanlah barang baru, untuk mendapatkan penguatan perlu dilakukan pembenahan untuk membuat sistem hydrogen elektroliser yang praktis menggunakan sedikit arus untuk menghasilkan Gas Oxyhydrogen. Elektrolite yang panas dapat menyebabkan *wild swing* dalam resistansi cell, sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan arus yang luar biasa. MSSE menawarkan beberapa pilihan untuk dapat mengendalikan *amper-runway*, sambil mempertahankan stabilitas elektroliser, dengan desain parameter yang efisien dan optimal.[11]  
Makalah ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi para perakit-2 elektroliser, agar mampu meningkatkan kemampuannya secara teknologi hingga mencapai standard yang diharapkan. Dan ini juga dapat menekan harga elektroliser komersial yang ada dipasaran. Semakin banyak yang menggunakan teknologi ini maka akan semakin banyak ide yang akan dibagi bersama penulis, sehingga makalah dapat bermanfaat dalam industri dan dapat lebih berkembang lagi.

**# Faraday's Laws [10]:**

Total volume Oksigen-Hidrogen adalah volume Hidrogen + Volume oksigen: Ini sesuai dengan hitungan kurang lebih 0,627 liter per jam per Amp atau 1,595Ah / l per cell. Jika terdapat 100 sel dalam seri dengan menempatkan 11A melalui elektroliser, menurut Hukum Faraday, akan menghasilkan:

$$0,627 // \text{ Ah } * 11\text{ A } * 100 = +/- 689 \text{ Lpj pada kondisi STP.}$$

Perhatikan, bagaimanapun, bahwa ini hanya berlaku pada suhu tertentu (0 deg.C) dan tekanan (1 atm). Volume gas yang dihasilkan akan berskala dengan rasio suhu di Kelvins (suhu lebih tinggi = volume lebih tinggi) dan berbanding terbalik dengan rasio tekanan (lebih rendah tekanan = volume lebih tinggi).

Jika pada 0 Deg.C (273,15 Deg.K), tingkat produksi adalah 0,627 l / Ah, kemudian pada 25 Deg.C:273,15 Deg.

$$K + 25 \text{ Deg.K} = 298,15 \text{ K} \quad . \quad (10)$$

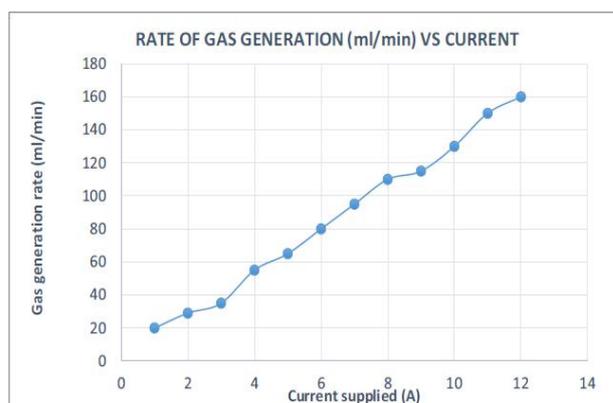
Tingkat produksi adalah:

$$298,15 / 273,15 = + - 109\% \quad (11)$$

lebih besar atau kurang lebih 0,685 l / Ah. Dengan 100 sel dan 11A ini akan menjadi kurang lebih 689 liter / jam. Di sisi lain gas keluarannya memiliki suhu 40 Deg.C saat sedang diukur dan tekanan ambien 0,75 atm (kurang lebih 1,5 km diatas permukaan laut), elektroliser yang dihasilkan sebesar 689 liter per jam pada STP dan akan menghasilkan:

$$313.15 \text{ Deg.K} / 273.15 \text{ Deg. K} * (1 \text{ atm} / 0.75 \text{ atm}) * 689 \text{ l} / \text{ hr} = 788,355- \text{ l} / \text{ hr.} \quad (12)$$

Jadi meskipun volume gas lebih besar pada suhu yang lebih tinggi dan lebih rendah tekanan, energi yang terkandung dalam gas atau energi yang dibutuhkan untuk elektrolisis itu adalah sama. Jika pada gas 40C dan 0,75<sub>ATM</sub> dan membawanya ke 0<sup>C</sup> dan 1<sub>ATM</sub>, volume akan berkurang sekitar 35%. Jadi sangat penting untuk memasukkan tekanan dan suhu dalam perhitungan. Yang mungkin tidak segera jelas adalah bahwa para peneliti yang berbeda melaporkan berbagai hasil yang prima keluar dari langkah dengan hukum.



Gbr. 5 . Gas generation rate, with different current inputs

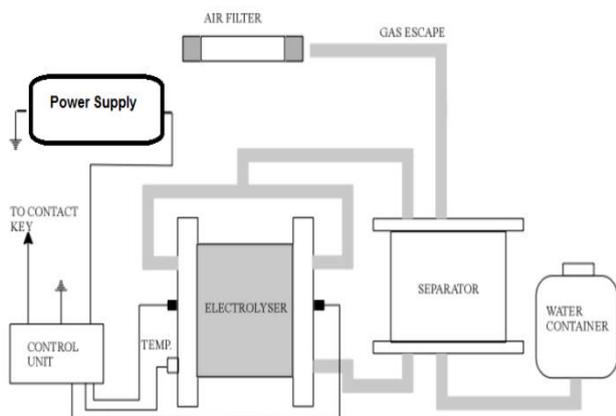
Beberapa peneliti melaporkan efisiensi yang muncul melebihi Hukum Faraday, namun yang lain tidak peduli bagaimana caranya, sulit mereka mencoba hanya mencapai tingkat efisiensi yang rendah. Apakah klaim lebih dari satu kesatuan disebabkan kesalahan dalam metode atau perhitungan? Mungkin saja!. Tapi kemudian harus juga dipertimbangkan varians konsisten yang ditunjukkan oleh para peneliti seperti yang dirinci dalam analisis hasil mereka yang pada akhirnya memuncak pada kelebihan output energi pembakaran berkali-kali lebih dari yang diharapkan.

**5.3 Power supply.**

Hal utama yang akan dipertimbangkan jika membuat *Serie Cell Elektroliser* adalah sumber daya (power supply)

agar Power supply tersebut cocok dengan Serie Cell Elektroliser (SSE) yang di buat. Sebelum membuat harus dipertimbangkan sbb :

Jumlah arus yang tersedia biasanya terbatas pada kemampuan power supplynya untuk menghasilkan arus. Pada sistem power supply pada elektroliser Yull Brown menggunakan trafo step down untuk merubah dari AC ke DC. Namun dalam percobaan ini tidak digunakan trafo sama sekali. Sebab jika digunakan arus DC secara langsung ke elektroliser, akan ditemukan bahwa oxygen dan Hydrogen berubah menjadi bentuk di-atomic, Artinya bukan Brown gas(Oxy-Hydrogen) yang dihasilkan [11]



Gbr. 6. Skema menghasilkan Api untuk Pengelasan (Welding)

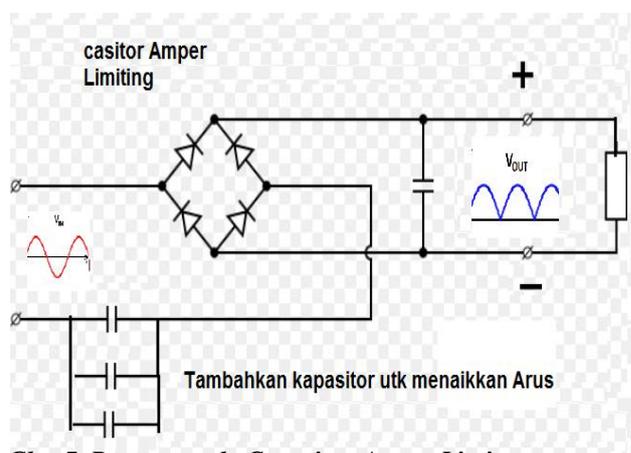
keluaran tertentu, artinya jenis pasokan ini biasanya hanya digunakan dalam aplikasi berdaya rendah. Umumnya, kapasitor dengan ukuran atau anggaran tertentu dapat memiliki peringkat tegangan tinggi atau kapasitansi tinggi, tetapi tidak keduanya. Yang kedua adalah bahwa karena tidak adanya isolasi listrik, rangkaian harus dienkapsulasi dan diisolasi untuk menghindari langsung (galvanik) kontak dengan pengguna namun tidak dibahas dalam makalah ini.

## BAB V. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan Multi Series cell elektroliser, dapat dihasilkan gas Oxy-Hydrogen sebarang yang diinginkan hanya dengan menambah jumlah cell sesuai dengan maksimal tegangan input AC yang ada. Jika sebelumnya dengan 12 VDC dihasilkan 42 liter perjam gas OxyHydrogen, maka dengan 100 cell (200 Vac) dapat dihasilkan 689 liter per jam Gas OxyHydrogen atau 16 kali lebih besar. dengan Arus yang sama namun tegangan yang lebih tinggi.

berbagai cara telah diusahakan agar gas tidak (berubah menjadi di-atomik).Namun pada percobaan ini hanya digunakan sumber tegangan PLN 220 Vac dan sinyal frekwensinya 50 Hz untuk elektroliser, desain power supply yang dibicarakan disini masih menggunakan Capacitor Ampe Limiting (CAL)



Gbr. 7. Power supply Capacitor Amper Limit

Sekilas tentang Catu daya kapasitif, juga disebut kapasitif dropper, adalah jenis catu daya yang menggunakan reaktansi kapasitif kapasitor untuk mengurangi tegangan listrik menjadi tegangan yang lebih rendah. Ada dua batasan penting: Pertama, diperlukan tegangan tinggi dari kapasitor, bersama dengan kapasitansi tinggi yang diperlukan untuk

2. Jumlah maksimal cell dapat dibuat adalah sebanyak jumlah tegangan input AC / 2 volt, jika input tegangan sebesar 220 Volt ac, berarti dapat membuat 110 cell (secara teori) dengan asumsi 220 Vac dirubah ke DC menjadi 220 VDC dengan asumsi 2 Volt DC per plat.
3. Kenaikan suhu juga dapat meningkatkan jumlah gas OxyHydrogen dari 689 l/j menjadi 789 l/j pada suhu 25 °C ke suhu 40 °C

Penelitian untuk menghasilkan gas lebih besar, diharapkan dapat dilakukan dengan memperbesar luas penampang Cell dari 6 inci ke 8 inci. Penelitian ini hanya digunakan 100 cell, jumlah gas yang dihasilkan dalam percobaan ini adalah sebesar kurang lebih 689 liter per jam gas HHO, atau sebesar 12 liter per menit dengan diameter plat sebesar 6 inci- pada suhu kamar 25 °C. Antara teori dan hasil percobaan hampir sama dengan teori.

## BAB VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. "Hydrogen Addition For Improved Lean Burn Capability of Slow and Fast Natural Gas Combustion Chambers". Per Tunestal, Magnus

*Christensen, Patrik Einewall, Tobias Andersson, and Bengt Johansson (January, 2002SAE Technical Paper Series (2002-01-2686): p. 7-8.*

- [2] **Rahasia Bahan Bakar Air** . Ufuk Press.  
Terbit, Juli 2008. **Poempida , Futung Mustari**
- [3]. **The Brown's Gas File: Water as a Fuel** – from the Association's Archives, Planetary Association for Clean Energy, Ottawa, 1998
- [4] **Wiseman, George (2012)** The Brown's Gas Book Two: Build a High Quality Brown's Gas Electrolyzer that will Exceed the Performance of ANY Known Commercial Machine to Date . University Reprint
- [5] **Theoretical and Experimental Performance of Oxy-hydrogen Generators**, Ahmed Rashadl · Ali Elmaihi1, 20 September 2017© King Fahd University of Petroleum & Minerals 2017
- [6] **Gas Torch and Thermite Welding**. McGraw-Hill. p. 10. Archived from the original on 2016-08-03. Viall, Ethan (1921)
- [7] **"Eagle Research Institute - Brown's Gas - Myth-conceptions"**. Retrieved 11 July 2018.
- [8] **Synthesis method for oxy-hydrogen gas and effect on the performance of internal combustion engine \*Mohammed Yadav, Chandragupta Hamid and Shankar E.** Mechanical and Manufacturing Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Calicut, Malappuram, India. Accepted 8 October, 2014.
- [9]. **Design, Fabrication and Testing of Oxy hydrogen generator and its implementation on engine-Stage 1**'Bapat P, Gore G, Shinde S (2009-10). „;Final year project report, Finolex Academy of Management & Technology, Ratnagiri; University of Mumbai; 2009-10.
- [10] **Replication of Stanley Mayers Water Fuel Cell working on resonant DC principal-Stage 2**, Ghag S, Karekar V,.
- [11]. **Synthesis method for oxy-hydrogen gas and effect on the performance of internal combustion engine \*Mohammed Yadav, Chandragupta Hamid and Shankar E.** Mechanical and Manufacturing Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Calicut, Malappuram, India. Accepted 8 October, 2014
- [12] **"A new gaseous and combustible form of water"**Santilli, Ruggero Maria (August 2006).. International Journal of Hydrogen Energy 31 (9):pp.1113–1128.
- [13]. **"Eagle Research Institute - Brown's Gas Myth-conceptions"**. Retrieved 11 July 2018