

ANALISA PERFORMA GENERATOR HHO TYPE BASAH DENGAN VARIASI LARUTAN ELEKTROLIT DAN TEGANGAN LISTRIK DALAM MEMPRODUKSI GAS HHO SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Anggun Angkasa B.P.¹, Ika Kusuma Nugraheni²

Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut^{1,2}
angkasagroup@yahoo.com
ika.kusuma.n@politala.ac.id

ABSTRACT

Water is element of life are many in the earth, because 70 % the surface area of the earth is covered by water, whether it is both fresh-water and sea water. With the potential from the 1974 that was triggered by Yull Brown start many investigation about creation fuel made of water. It is based on the fact that the level of consumption fuel with the increasing from year to year, remember until now fuel still produced by fossil fuel tended to be can be renewed.

The content of a molecule of water which is composed of hydrogen and oxygen , of course in the manufacture of fuel made from water is very possible to do, namely by means of solving molecular hydrogen and oxygen through a process electrolisys with KOH (Potassium Hydroxide) as electrolize and DC voltage conducted by generator HHO. In this research discussed the issue of some of the form a generator HHO with the variation of electrolit solution in the form of fresh water, sea water and aquades and varying the voltage as much as 12 V, 18 V and 24V, so that known some of the form a generator HHO the best in produce gas HHO and endurance generator hho on changes in temperature during the process of elektrolisa happened.

Based on the research has done performance generator HHO best use electrolytic solutions water aquades where produce gas HHO of 360 ml/minutes with temperature generator hho of 54⁰ C on voltage 24 V.

Keywords: generator HHO, electrolytic solutions and voltage.

ABSTRAK

Air merupakan unsur kehidupan yang sangat banyak terdapat di bumi, karena 70% luas permukaan bumi tertutup oleh air, baik itu air tawar maupun air laut. Dengan adanya potensi tersebut sejak tahun 1974 yang dicetuskan oleh Yull Brown mulai banyak dilakukan penelitian mengenai pembuatan bahan bakar yang terbuat dari air. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa tingkat konsumsi bahan bakar yang semakin meningkat dari tahun ke tahun, mengingat hingga saat ini bahan bakar masih diproduksi oleh bahan bakar fosil yang cenderung tidak dapat diperbaharui.

Kandungan molekul dari air yang terdiri dari hidrogen dan oksigen, tentunya dalam pembuatan bahan bakar yang terbuat dari air sangat memungkinkan untuk dilakukan, yaitu dengan cara pemecahan molekul hidrogen dan oksigen melalui proses elektrolisa dengan bantuan bahan kimia KOH (Kalium Hidroksida) sebagai elektrolisa dan tegangan listrik DC yang dilakukan oleh generator HHO. Dalam penelitian ini membahas mengenai performa generator HHO dengan variasi larutan eletrolit berupa air tanah, air laut dan aquades serta memvariasikan tegangan listrik sebesar 12 V, 18 V dan 24 V, sehingga diketahui performa generator HHO terbaik dalam menghasilkan gas HHO serta ketahanan generator HHO terhadap perubahan temperatur selama terjadi proses elektrolisa.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan performa generator HHO terbaik menggunakan larutan elektrolit air aquades dimana menghasilkan gas HHO sebesar 360 ml/menit dengan temperatur generator HHO sebesar 54⁰ C pada tegangan listrik 24 V.

Kata Kunci: Generator HHO, larutan elektrolit dan tegangan listrik

PENDAHULUAN

Penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, hal ini dikarenakan di Indonesia sebagian besar masih bertumpu pada penggunaan bahan bakar minyak tersebut. Sementara cadangan minyak bumi sebagai bahan baku utama pembuatan bahan bakar minyak yang ada semakin menipis yang disebabkan minyak bumi bersifat tidak dapat diperbaharui.

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh British Petroleum dalam Statistical Review of World Energy tahun 2012 menyatakan total konsumsi minyak bumi di Indonesia pada tahun 2012 yaitu sebesar 1565 ribu barelperhari, sedangkan konsumsi sumber energi lainnya seperti batu bara 136,54 BOE dan Gas 86,90 BOE. Beberapa sektor yang menjadi pengguna bahan bakar minyak, antara lain sektor transportasi, industri, rumah tangga, dan sebagainya. Namun berdasarkan total jumlah yang dikonsumsi maka sektor transportasi menempati posisi nomor satu terbesar dalam konsumsi bahan bakar minyak nasional, di ikuti sektor industri dan sektor rumah tangga.

Selama ini pemerintah Indonesia telah banyak melakukan upaya untuk menggantikan peranan minyak bumi, diantaranya pembuatan biodiesel, bioethanol, briket, dan sebagainya, namun pada dasarnya beberapa upaya tersebut terdapat banyak kendala diantaranya adalah bahan baku yang menggunakan bahan pangan sehingga mengancam bahan pangan untuk manusia, kebutuhan lahan untuk penanaman tanaman yang menghasilkan biodiesel dan bioethanol yang luas sedangkan saat ini ketersediaan lahan semakin sedikit sehingga mengancam luas lahan yang digunakan untuk kebutuhan pangan manusia, serta emisi yang dihasilkan dari biodiesel, bioethanol, briket yang tidak terlalu jauh berbeda dari penggunaan bahan bakar minyak sehingga hal ini juga berpotensi meningkatkan terjadinya pemanasan global. Untuk itulah kemudian pemerintah mengeluarkan peraturan pemerintah yang diatur dalam Perpres No. 64 Tahun 2012 tentang Penyediaan, Pendistribusian, dan Penetapan Harga Bahan Bakar Gas Untuk Transportasi Jalan mulai aktif melakukan diversifikasi bahan bakar minyak menjadi bahan bakar gas khususnya untuk sektor transportasi dan rumah tangga, hal ini didasari untuk mengurangi baban anggaran untuk subsidi bahan bakar minyak yang semakin membengkak serta mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan oleh bahan bakar minyak dari sektor transportasi yang berpotensi menimbulkan pemanasan global.

Salah satu alternatif untuk mendukung peraturan pemerintah tersebut, dapat dilakukan dengan cara menggunakan generator HHO yang berfungsi untuk menghasilkan bahan bakar gas yang ramah lingkungan, murah dan aman. Karena bahan baku utama generator HHO adalah air, sehingga bahan baku utama tersebut sangat mudah diperoleh.

Pada beberapa tahun terakhir, di Indonesia juga sudah mengembangkan yaitu dengan mencampurkan brown gas yang didapat dari elektrolisa air, dengan bahan bakar pada mesin bensin dengan karburator dan ternyata dapat meningkatkan tenaga, mengurangi pemakaian bahan bakar, serta memperbaiki kualitas emisi gas buang. Memanfaatan brown gas ini masih secara sederhana, belum terkendali baik, masih hanya untuk mesin bensin dengan karburator. Namun dari kajian awal tersebut terlihat brown gas mempunyai prospek sangat baik dalam usaha

mengurangi konsumsi bahan baik untuk mesin bensin dan mesin diesel, meningkatkan kinerja mesin, dan memperbaiki kualitas emisi gas buang mesin.

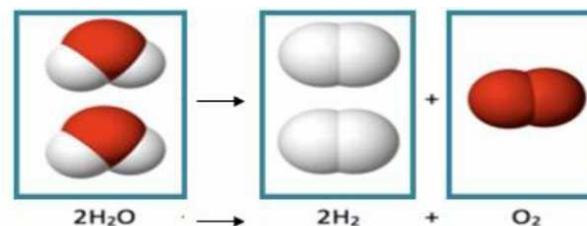
Untuk memperoleh hasil produksi gas HHO yang optimal yang dihasilkan oleh generator HHO maka memerlukan larutan elektrolit yang sesuai untuk mengurangi jumlah endapan yang terdapat pada generator HHO dan memerlukan pasokan arus listrik DC yang sesuai, sehingga produksi gas HHO menjadi optimal dan tidak terdapat endapan pada generator HHO.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah generator HHO sehingga dapat diketahui performanya dalam memproduksi gas HHO yang optimal dengan melakukan pengujian pada beberapa larutan elektrolit yang berbeda yaitu air tanah, air laut dan aquades menggunakan tegangan listrik yang 12, 18 dan 24 V.

LANDASAN TEORI

Air merupakan senyawa penting bagi kehidupan dan hampir 70% permukaan bumi tertutupi oleh air. Air adalah suatu substansi kimia dengan rumus kimia H_2O dimana dalam satu molekul air tersusun atas dua molekul Hidrogen yang terikat pada satu molekul Oksigen. Kedua senyawa yang membentuk air ini merupakan komponen pokok dan mendasar dalam memenuhi kebutuhan seluruh makhluk hidup sebagai sumber energi.

Molekul air dapat diuraikan menjadi unsur-unsur asalnya dengan cara mengalir arus listrik atau yang lebih dikenal sebagai elektrolisis air. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air tersebut adalah gas Hidrogen dan Oksigen, dengan komposisi 2 molekul Hidrogen dan 1 molekul Oksigen atau biasa disebut juga sebagai gas HHO. Skema pemecahan molekul air menjadi gas HHO tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



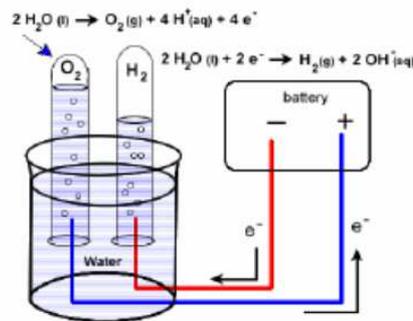
Gambar 1. Skema pemecahan molekul air menjadi gas HHO (Saputra, 2014)

Gas HHO atau lebih umum dikenal sebagai Brown gas telah ditemukan sejak tahun 1974 oleh Yull Brown seorang warga negara Australia. Yull telah mendapatkan paten dari hasil proses elektrolisa dari air menghasilkan gas H_2 dan O_2 yang diberi nama "Brown Gas" yang dapat digunakan untuk menggerakkan mesin kendaraan. Selanjutnya Stanley Meyer yang berasal dari kota Ohio pada tahun 1980-1998 juga telah mengembangkan bahan bakar gas yang dihasilkan dengan elektrolisis air yang digunakan untuk menggerakkan mesin kendaraan.

A. Proses Elektrolisa Air menjadi Hidrogen dan Oksigen

Elektrolisa adalah suatu proses untuk memisahkan senyawa kimia menjadi unsur-unsurnya atau memproduksi suatu molekul baru dengan memberi arus listrik (Helmenstine, 2001). Sedangkan elektrolisa air adalah proses elektrolisa yang dimanfaatkan untuk memecah molekul air (H_2O) menjadi unsur dasar penyusunnya, yaitu Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2). Komponen yang

terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan larutan elektrolit. Elektrolisis air pada dasarnya dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke air melalui dua buah elektroda (Katoda dan Anoda). Rangkaian dasar antara katoda, anoda, dan air atau elektrolit dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Dasar Sistem Elektrolisa Air (Saputra, 2014)

Salah satu proses yang terjadi pada elektrolisa ini yaitu proses elektrokimia. Ketika arus listrik tersebut mengalir melalui cell generator HHO, maka ada pergerakan elektron di dalamnya. Ketika elektron bergerak di dalam air, maka elektron tersebut menyatu dengan air dan memecah ikatan antara oksigen dengan hidrogen pada air sehingga dapat dihasilkan gas oksigen dan hidrogen. Pada elektrolisis air terdiri dari beberapa reaksi kimia, yaitu :

- Reaksi oksidasi di anoda (+) : $2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 4 \text{e}^-$
- Reaksi reduksi di katoda (-) : $2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$
- Reaksi keseluruhan : $2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

Menurut Saputra (2014) menyatakan bahwa elektrolit yang digunakan adalah larutan basa seperti KOH atau NaOH (basa dari golongan periode IA, alkali tanah) maka akan terjadi reaksi basa. Pada reaksi basa, reaksi reduksi terjadi di katoda dimana molekul air mengikat elektron (e^-) sehingga terpecah menjadi gas Hidrogen ($\text{H}_2(\text{g})$) dan anion OH^- . Anion OH^- tersebut kemudian tertarik kesisi anoda dan terpecah menjadi gas oksigen dan molekul $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, sebagaimana dapat dilihat pada persamaan reaksi kimia berikut :

- Reaksi reduksi di katoda (-) : $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
- Reaksi oksidasi di anoda (+) : $4\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4\text{e}^-$
- Reaksi keseluruhan : $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

B. Stainless Steel Sebagai Katoda dan Anoda

Elektroda merupakan komponen yang penting pada proses elektrolisa air. Elektroda berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari sumber tegangan ke air/larutan yang akan dielektrolisis. Pada proses elektrolisa menggunakan arus Direct Current (DC), elektroda terbagi menjadi dua kutub yaitu kutub positif sebagai anoda dan kutub negatif sebagai katoda. Material serta luasan elektroda yang digunakan sangat berpengaruh terhadap gas HHO yang dihasilkan dari proses elektrolisis air. Sehingga material elektroda harus dipilih dari material yang memiliki konduktifitas listrik dan ketahanan terhadap korosi yang baik.

Menurut Saputra (2014) stainless steel merupakan logam paduan yang memiliki konduktifitas dan ketahanan terhadap korosi yang relatif lebih baik di banding logam-logam paduan ataupun logam murni lainnya dan harganya juga relatif lebih terjangkau. Sehingga Stainless steel menjadi pilihan yang tepat untuk digunakan sebagai elektroda pada proses elektrolisa.

Stainless steel pada dasarnya adalah baja paduan logam besi (Fe) dengan unsur paduan utama Carbon (C), Nikel (Ni), dan Chromium (Cr). Secara garis besar stainless steel dapat dibagi menjadi lima kelompok (Cobb, 1999), yaitu :

- Austenitic Stainless Steel
- Ferritic Stainless Steel
- Martensitic Stainless Steel
- Duplex Stainless Steel (austenitic-feritic)
- Precipitation Hardening Stainless Steel

Setiap kelompok stainless steel terbagi lagi menjadi beberapa tipe dengan persentase dan kandungan unsur paduan yang berbeda-beda. Setiap tipe stainless steel mempunyai karakteristik yang berbeda begitu pula dengan konduktifitas listrik dan ketahanannya terhadap korosi. Dapat dilihat bahwa stainless steel Type SS 316F, 316L, 316N, 317, 329, dan 330 mempunyai ketahanan korosi diberbagai lingkungan (Tabot, 1998), sehingga stainless steel tipe ini sangat cocok digunakan sebagai elektroda pada proses elektrolisa air untuk memproduksi gas HHO, tapi stainless steel tipe ini dalam bentuk kawat sangat jarang tersedia di pasaran (terutama didalam negeri) dan harganya juga relatif lebih mahal. Oleh karena itu dicari alternatif stainless steel yang tersedia dipasaran dalam negeri. Stainless steel tipe SS 316L merupakan stainless steel yang relatif banyak tersedia dipasaran. Meskipun mempunyai harga yang relatif mahal , SS 316L mempunyai banyak kelebihan daripada material lain yang disebutkan. Tingkat ketahanan korosi dari material ini lebih tinggi dari dari material lain, sehingga umur elektroda akan menjadi lebih lama/awet. Selain itu, tersedia dalam berbagai macam bentuk , seperti dalam bentuk kawat, plat dan pipa . Sehingga SS tipe 316L dapat digunakan sebagai elektroda pada generator HHO.

METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan penting yang dikerjakan dengan berorientasikan kepada indikator keberhasilan dalam berupa performa dari generator HHO dalam menghasilkan gas HHO yang optimum. Untuk mencapai indikator tersebut, maka tahapan-tahapan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- Merancang dan membuat sebuah generator HHO
- Melakukan pengujian terhadap generator HHO yang dibuat dengan melakukan variasi larutan elektrolit dan tegangan listrik yang berbeda

B. Rancangan Penelitian

a. Alat dan bahan

- Generator HHO
 - Tipe : Wet cell
 - Katode dan anode : Stainless steel

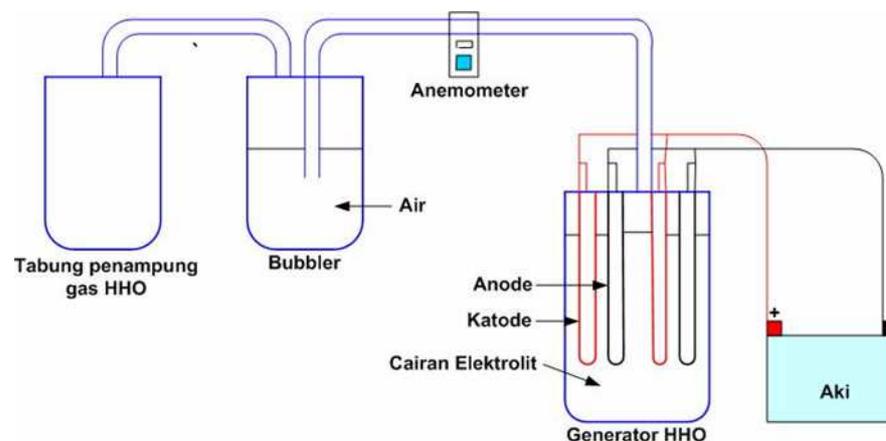
Generator HHO dalam penelitian ini dibuat sendiri oleh peneliti dengan volume dari generator HHO sebesar 1,5 Liter. Variasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan memvariasikan jenis larutan elektrolit yang digunakan yaitu menggunakan air tanah (air sumur), aquades dan air laut, dan setiap larutan elektrolit tersebut dilakukan pengujian pada tegangan listrik DC yang berbeda yaitu 12 V, 18 V dan 24 V. Sehingga dari variasi yang dilakukan dapat diketahui berapa banyak produksi gas HHO yang dihasilkan oleh generator HHO.

- Accu / Baterai

Accu/baterai berfungsi untuk mengalirkan listrik kedalam generator HHO yang berperan dalam reaksi elektrolisa. Adapun baterai yang digunakan adalah sebesar 12, 18 dan 24 volt.

b. Desain dan Pembuatan Generator HHO type wet

- Persiapan bahan utama dalam pembuatan generator HHO type wet
 - Plat stainless stell sebagai katode dan anode
 - Seal
 - Selang
 - Stoples tahan panas kapasitas 2 liter
 - Tabung kapasitas 2 liter
- Tahap pembuatan Generator HHO:
 - Membuat 3 buah katode dan 2 buah anode
 - Katode dan anode yang sudah siap kemudian dirangkai dengan kabel utk menyalurkan listrik, dan kemudian dirangkai kedalam stoples sebagai generator.
 - Kemudian generator dirangkai dengan bubble, tabung penampung gas HHO dan sumber listrik seperti tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Generator HHO

- Tahap Pengujian Performa
 - Pengujian dengan larutan elektrolit yang berbeda\ Dalam pengujian ini, generator HHO diisi oleh beberapa macam jenis air, antara lain:
 - ✓ air laut
 - ✓ air tanah/air sumur
 - ✓ aquadesKetiga jenis itu dipilih karena memiliki kandungan mineral, tingkat keasaman dan kadar garam yang berbeda, sehingga diharapkan dapat diketahui performa dari generator HHO yang optimal dari ketiga jenis larutan elektrolit tersebut.
 - Pengujian dengan tegangan listrik yang berbeda Dalam pengujian ini, generator HHO dialiri oleh tegangan listrik yang berbeda, antara lain:
 - ✓ Tegangan DC 12 volt
 - ✓ Tegangan DC 18 volt
 - ✓ Tegangan DC 24 voltKetiga variasi tegangan listrik tersebut kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan ketiga jenis variasi larutan elektrolit, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel skema pengujian berikut:

Tabel 1. Skema pengujian generator HHO

No	Parameter pengujian		Hasil	
	Elektrolit	Tegangan Listrik	Jumlah gas yang dihasilkan	Temperatur Generator HHO
1	Air Sumur	12 volt		
		18 volt		
		24 volt		
2	Air Laut	12 volt		
		18 volt		
		24 volt		
3	Aquades	12 volt		
		18 volt		
		24 volt		

- Teknik Pengumpulan dan Analisa Data Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencatat laju aliran gas HHO yang mengalir pada manometer dan melakukan pengukuran temperatur pada generator HHO pada waktu terjadi reaksi elektrolisa, dengan memvariasikan larutan elektrolit dan tegangan listrik yang berbeda pada generator HHO. Setiap perlakuan pengujian dilakukan pengulangan sebanyak tiga (3) kali untuk mendapat hasil yang terbaik. Setelah mendapat data-data dari hasil pengujian yang dilakukan, kemudian dilakukan analisa data, sehingga dapat diketahui performa dari generator HHO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Generator HHO dalam penelitian ini menggunakan 3 buah katode dan 2 buah anode. Adapun rangkaian katode dan anode diletakkan secara bergantian (seperti ditunjukkan pada gambar 2. Hasil dari penelitian ini diperoleh performa generator HHO dalam menghasilkan gas HHO pada penggunaan larutan elektrolit yang berbeda dengan memvariasikan tegangan listrik yang berbeda, adapun besarnya gas HHO yang dihasilkan oleh generator HHO dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Performa Generator HHO

No	Parameter pengujian		Hasil	
	Elektrolit	Tegangan Listrik	Jumlah gas yang dihasilkan	Temperatur Generator HHO
1	Air Tanah/Sumur	12 volt	305	43
		18 volt	330	46
		24 volt	341	51
Rata-rata			325,3	46,67
2	Air Laut	12 volt	297	41
		18 volt	323	43
		24 volt	339	46
Rata-rata			319,67	43,33
3	Aquadess	12 volt	298	49
		18 volt	332	52
		24 volt	360	54
Rata-rata			330	51,67

Pada Tabel 2 dapat dilihat performa terbaik generator HHO dalam menghasilkan gas HHO adalah ketika menggunakan aquades sebagai elektrolit, hal ini dikarenakan aquades merupakan air murni yang tidak tercampur oleh zat/mineral lain didalam kandungannya, sehingga hal ini menyebabkan aquades lebih mudah terurai menjadi gas Hidrogen dan Oksigen. Pada penggunaan tegangan listrik seperti terlihat pada tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan listrik yang digunakan maka gas HHO yang dihasilkan semakin besar dan juga temperatur generator HHO juga semakin meningkat. Hal ini dikarenakan ketika menggunakan tegangan listrik yang semakin besar maka proses elektrolisa yang terjadi didalam generator HHO juga akan semakin cepat sehingga terjadi kenaikan temperatur generator HHO. Pada penggunaan aquades pada generator HHO hanya terdapat sedikit endapan kotoran dari aquades, hal ini menunjukkan semakin murni air yang digunakan sebagai elektrolit maka gas HHO yang dihasilkan akan semakin besar, sehingga hal ini berpotensi digunakan sebagai bahan bakar alternatif pada kendaraan bermotor.

Pada penggunaan air laut seperti terlihat pada Tabel 2 menunjukkan temperatur generator HHO yang relatif lebih rendah daripada ketika menggunakan aquades atau air tanah, hal ini disebabkan pada penggunaan air laut sebagai elektrolit terdapat banyak zat/mineral lain yang terlarut didalam air laut hal ini dapat terlihat dari jumlah endapan yang terdapat pada generator HHO (dapat dilihat pada warna air laut yang lebih keruh setelah proses elektrolisa seperti terlihat pada gambar 4. sehingga gas HHO yang dihasilkan relatif lebih sedikit daripada menggunakan aquades maupun air tanah.



Gambar 4. Endapan dan warna larutan elektrolit setelah proses elektrolisa

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa untuk memperoleh performa terbaik generator dalam menghasilkan gas HHO yang nantinya akan digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang itu menggunakan elektrolit berupa aquades karena gas HHO yang dihasilkan lebih besar 3,23% lebih besar daripada ketika menggunakan air laut dan 1,45% lebih tinggi daripada ketika menggunakan air tanah sebagai elektrolit. Namun temperatur generator HHO pada penggunaan aquades akan lebih tinggi daripada pada penggunaan elektrolit air tanah atau air laut sehingga diperlukan sebuah sistem tambahan untuk menjaga agar temperatur generator HHO tetap stabil sehingga tidak mengganggu performa generator HHO ketika temperatur telah mencapai temperatur maksimalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Cobb, H.M., 1999. Steel Product Manual: Stainless Steel. Warrendale P.A: Iron & Steel Society.
- Saputra, IPA, 2014. Studi Eksperimen Pengaruh Penambahan Gas Hho Pada Bahan Bakar Kerosene Terhadap Distribusi Nyala Api Kompor Tekan (Blowtorch) Menggunakan Generator Hho Tipe Kering Dimensi 150mm X 150mm. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Tabolt, David, 1998. Corossion Science and Technology.