

# Studi Eksperimen Pengaruh Pencampuran Gas Hidrogen dari Generator HHO Tipe Kering dengan Bahan Bakar Kerosene pada Distribusi Temperatur Nyala Api Kompor Tekan *Blowtorch*

Brillyano Agni Pradipta dan Djoko Sungkono Kawano,  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
e-mail: hdkawano@me.its.ac.id

**Abstrak**—Gas hidrogen mempunyai nilai kalor yang dapat dimanfaatkan untuk menambah energi pada berbagai keperluan pembakaran, bahkan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar konvensional yang digunakan saat ini. *Blowtorch* kerosin digunakan sebagai alat uji. Pengujian dilakukan dengan menggabungkan bahan bakar kerosin dan gas hidrogen dalam HHO yang dihasilkan dari generator HHO tipe kering dengan plat SS316L berukuran 16mmx16mm sebanyak 15 plat sebagai elektroda dan larutan elektrolit KOH dilengkapi Pulse Width Modulation (PWM) sebagai alat pengontrol generator HHO dengan *duty cycle* 25%, 50%, dan 75%. Penggabungan bahan bakar dilakukan secara difusi menggunakan ejector. Hasil yang didapatkan bahwa efisiensi unjuk kerja generator HHO tertinggi pada *duty cycle* 25%, yaitu sebesar 54,32% dan efisiensi terendah pada generator HHO tanpa PWM, yaitu sebesar 13,2%. Temperatur api yang dihasilkan gabungan kerosin dan gas HHO lebih panas dari pembakaran kerosin saja. Gabungan daya bahan bakar yang dihasilkan gas HHO sebesar 16,5W dan daya yang dikeluarkan kerosin murni sebesar 25,77kW, menaikkan temperatur api lebih dari 100°C dari temperatur api hasil pembakaran kerosin murni .

**Kata Kunci**—*blowtorch*, difusi, *duty cycle*, kerosene, HHO.

## I. PENDAHULUAN

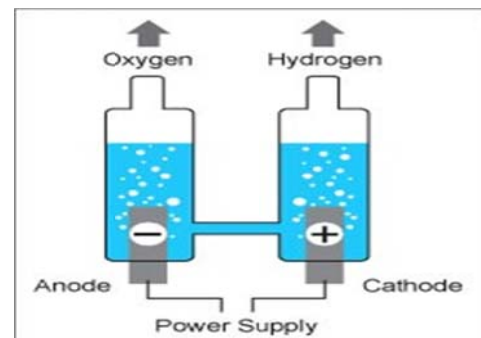
SEJAK wacana krisis energi *non-renewable* muncul, berkembang penelitian – penelitian terhadap energi terbarukan atau *renewable energi*. Energi terbarukan tersebut kini sedikit demi sedikit menjadi alternatif bagi masyarakat dalam menunjang aktifitas sehari-hari. Salah satunya adalah bahan bakar hidrogen. Ketersediaan air ( $H_2O$ ) yang sangat melimpah di permukaan bumi dapat dimanfaatkan sebesar-besarnya oleh manusia untuk berbagai keperluan. Munculnya teknologi elektrolisis air sejak tahun 1900-an yang diubah menjadi hidrogen dan oksigen adalah dimulainya era pemanfaatan gas HHO menjadi bahan bakar alternatif.

Berangkat dari pemikiran tersebut, maka muncul ide penelitian bagaimana karakteristik api yang dihasilkan dari penggabungan kerosin dan gas HHO secara difusi pada *blowtorch* yang dipakai pada kebutuhan teknik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

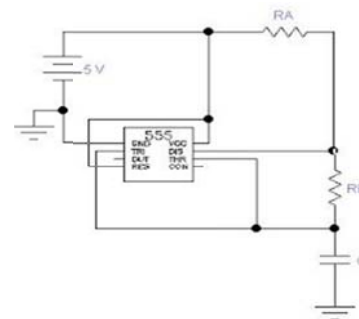
### A. Elektrolisis Air

Elektrolisis air seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 adalah proses elektrolisis yang dimanfaatkan untuk



Gambar 1. Proses elektrolisis air

(Sumber: [http://www.byexample.com/library/illustrations/electrolysis/electrolysis.jpg/image\\_view](http://www.byexample.com/library/illustrations/electrolysis/electrolysis.jpg/image_view). Diakses pada tanggal 10 Agustus 2013 pukul 22.00)



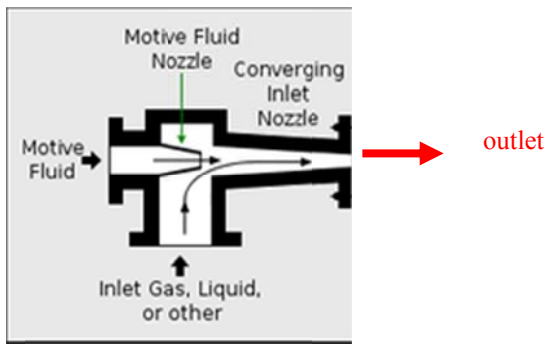
Gambar 2. Rangkaian IC555 sebagai Multivibrator A stabil

(Sumber: [www.sookogroup.blogspot.com](http://www.sookogroup.blogspot.com). Diakses pada tanggal 10 Agustus 2013 pukul 22.00)

memecah molekul air ( $H_2O$ ) menjadi Hidrogen ( $H_2$ ) dan Oksigen ( $O_2$ )<sup>[1]</sup>. Elektrolisis air pada dasarnya dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke air melalui dua buah elektroda (katoda dan anoda). Agar proses elektrolisa dapat terjadi dengan cepat maka air tersebut dicampur dengan elektrolit sebagai katalis.

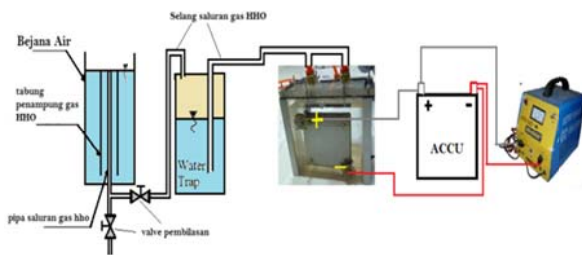
### B. Pulse Width Modulation

PWM (*Pulse Width Modulation*) merupakan suatu rangkaian alat teknik dalam mengatur atau mengontrol kerja suatu peralatan yang memerlukan arus *pull in* yang besar dan untuk menghindari disipasi daya yang berlebihan dari peralatan yang akan dikontrol<sup>[2]</sup>. PWM mengatur prosentase lebar pulsa terhadap periode dari suatu sinyal persegi dalam bentuk tegangan periodik yang diberikan ke generator HHO sebagai sumber daya. Seperti yang ditunjukkan gambar 2, salah satu rangkaian PWM sederhana.

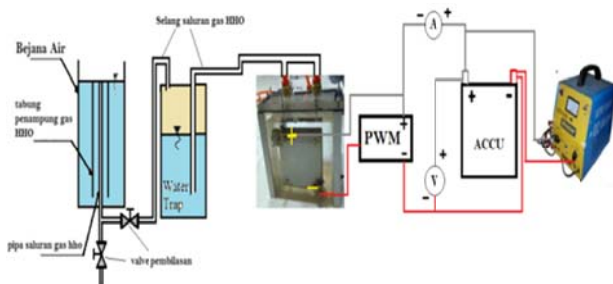


Gambar 3. Ejektor

(Sumber: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ejektor\\_or\\_Injektor.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ejektor_or_Injektor.svg). Diakses pada tanggal 10 Agustus 2013 pukul 22.00)



Gambar 4. Rangkaian peralatan uji gas HHO (direct)



Gambar 5. Rangkaian peralatan uji gas HHO (PWM)

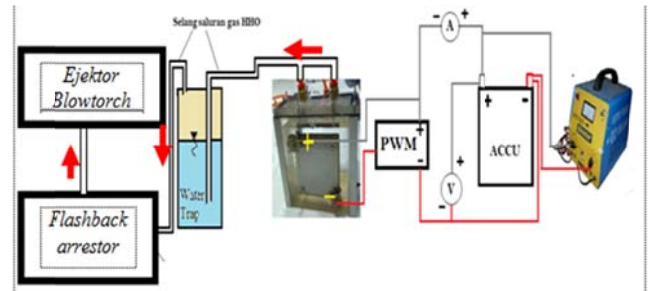
### C. Ejektor

Ejektor merupakan *mixing device* dengan menggunakan *motive fluid* berkecepatan tinggi yang menimbulkan efek vakum. Prinsip kerja sebuah ejektor adalah mendorong aliran fluida sekunder dengan memanfaatkan *transfer momentum* dan energi dari fluida penggerak berkecepatan tinggi (jet)<sup>[3]</sup>. Gambar 3 menunjukkan fluida sekunder yang terhisap lalu bercampur dengan fluida primer berkecepatan tinggi melalui *converging inlet nozzle*.

## III. METODE PENELITIAN

### 1. Pengujian Laju Produksi HHO

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur performa generator HHO dalam kondisi tanpa PWM, yang ditunjukkan gambar 4 dan dengan ditambahkan PWM dengan *duty cycle* 25%, 50%, dan 75%, yang ditunjukkan skemanya pada gambar 5. Pengukuran dilakukan dengan mengukur waktu produksi gas HHO sebanyak 500cc dalam bejana ukur. Selain itu, diukur pula tegangan listrik, arus listrik, dan temperatur elektrolit. Pengujian ini dilakukan selama 60 menit pada masing-masing variabel.



Gambar 6. Rangkaian instalasi generator HHO dan blowtorch

### 2. Pengujian Temperatur Api

Pengujian temperatur api dilakukan setelah pengujian performa generator HHO yang bertujuan untuk menentukan temperatur lidah api yang dihasilkan *blowtorch* dengan profil api yang terlihat. Temperatur api diukur menggunakan *thermocouple* tipe K yang disusun horizontal sebanyak 25 buah dengan jarak antar sensor 1cm dimulai dari ujung *nozzle*.

Skema instalasi pengujian seperti pada gambar 6 yaitu gas HHO masuk melalui ejektor sebagai *low pressure fluid* yang terhisap karena kevakuman akibat *motive fluid* (kerosin). Pada pengujian ini ditimbang berat kerosin yang terpakai untuk menghitung daya bahan bakar yang terpakai. Perbandingan yang didapat adalah pembakaran kerosin saja dengan kerosin dicampur gas HHO masing-masing *duty cycle*. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilaksanakan berdasarkan pada diagram alir dapat dilihat pada Gambar 7.

## IV. HASIL DAN DISKUSI

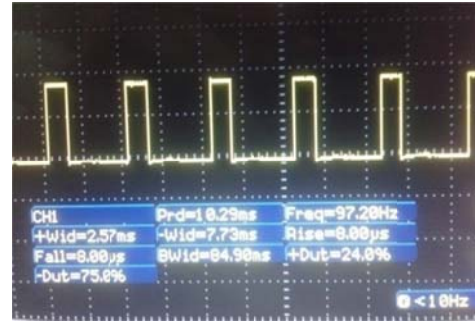
### 1. Pengujian Laju Produksi HHO

Laju produksi gas HHO diukur dari generator tanpa PWM dan dengan PWM dengan *duty cycle* 25%, 50%, dan 75%.

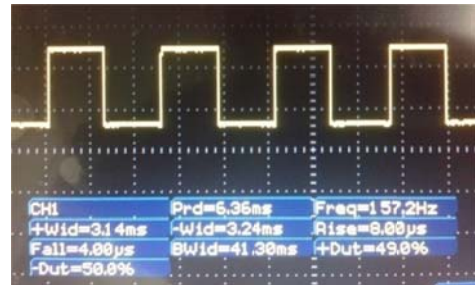
Dari gambar 11 terlihat perbandingan konsumsi arus pada generator HHO. Generator HHO tanpa PWM mengkonsumsi arus listrik yang sangat tinggi, sebesar 79A pada saat mulai dijalankan dan meningkat sangat cepat, dalam waktu dua menit saja arus mencapai 135A. Arus yang dibutuhkan generator HHO yang ditambahkan perangkat PWM relatif kecil. *Duty cycle* 25% yang rata-rata selama pengujian menyerap arus sebesar 4,6A dan nilainya terus meningkat seiring berjalannya waktu pengujian dan nilainya semakin stabil pada angka 5A.

Gambar 12 merupakan grafik yang menunjukkan bahwa temperatur elektrolit generator meningkat bersamaan dengan bertambahnya waktu. Namun, pada grafik generator tanpa PWM, temperatur meningkat sangat signifikan dan mencapai suhu 90°C kurang dari tiga menit. Dibandingkan dengan menggunakan PWM, temperatur elektrolit meningkat secara bertahap dan stabil seiring waktu pengujian berjalan dikarenakan waktu penyalaan generator HHO bisa dikontrol.

Tren grafik pada gambar 13 memperlihatkan bahwa waktu produksi gas HHO sebanyak 500cc semakin singkat. Laju produksi yang meningkat diakibatkan oleh temperatur yang mana apabila temperatur tinggi maka mempermudah peningkatan energi molekul-molekul, sehingga semakin banyak molekul yang mencapai energi pengaktifan dan



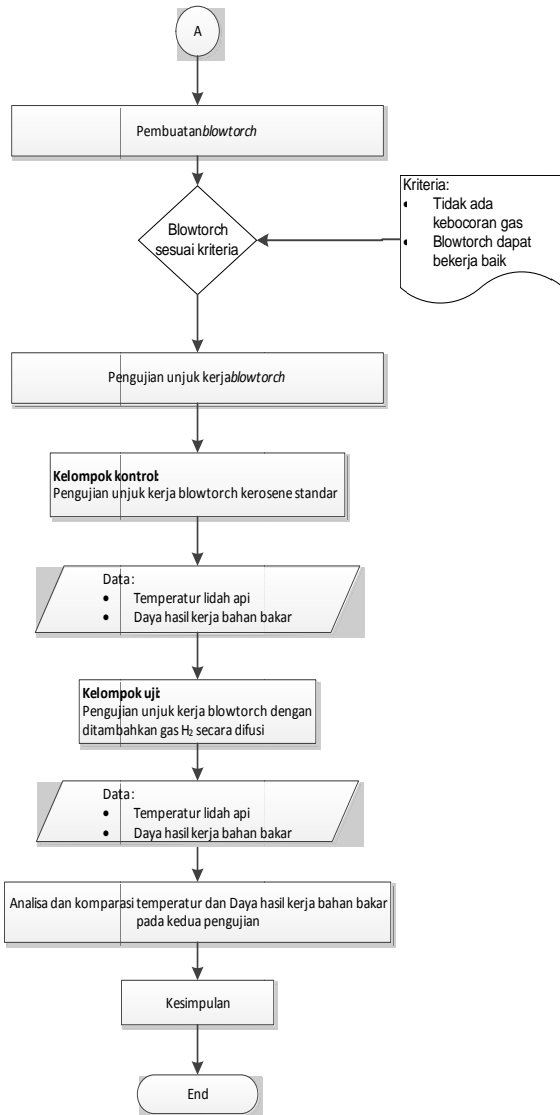
Gambar 8. Duty cycle 25%  
(Kondisi: freq 97,2 Hz, On Duty cycle 24%, OFF Duty cycle 75%)



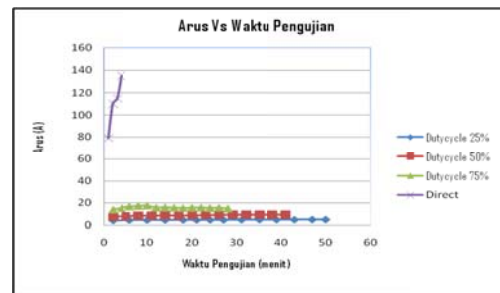
Gambar 9. Duty cycle 50%  
(Kondisi: freq 157,2 Hz, On Duty cycle 50%, OFF Duty cycle 49%)



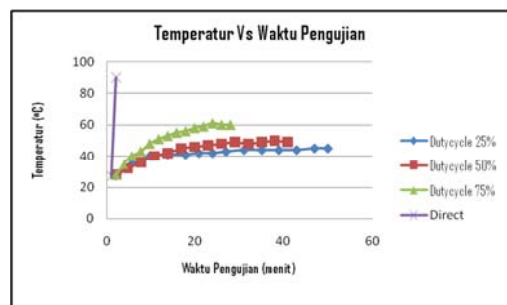
Gambar 10. Duty cycle 75%  
(Kondisi: freq 244,1 Hz, On Duty cycle 75%, OFF Duty cycle 24%)



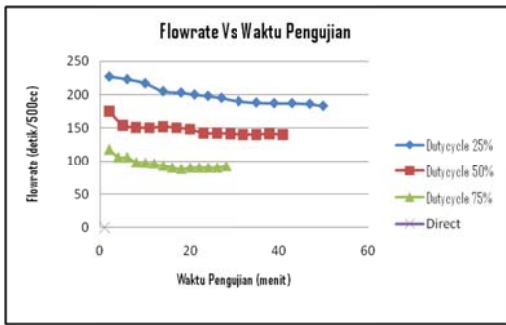
Gambar 7. Diagram alir penelitian



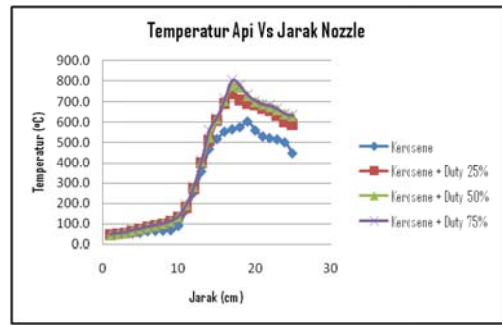
Gambar 11. Grafik arus generator fungsi waktu



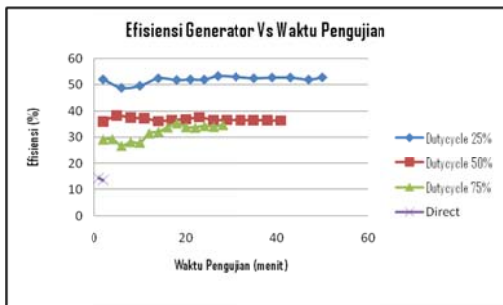
Gambar 12. Grafik temperatur elektrolit fungsi waktu



Gambar 13. Grafik laju produksi gas HHO fungsi waktu



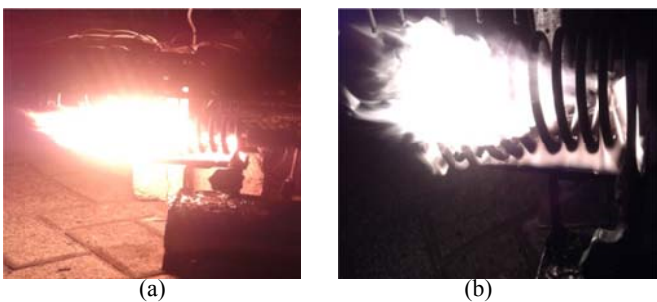
Gambar 16. Grafik temperatur lidah api fungsi jarak dari nozzle



Gambar 14. Grafik efisiensi generator HHO fungsi waktu



Gambar 17. Grafik daya bahan bakar



Gambar 15. Visualisasi api : (a) Kerosene. (b) Kerosene + HHO.

dengan demikian reaksi pemecahan air berlangsung dengan cepat.

Gambar 14 menunjukkan grafik peningkatan efisiensi terjadi sangat signifikan pada grafik dengan pengujian generator HHO menggunakan PWM dibandingkan generator HHO tanpa perangkat PWM. Peningkatan ini dikarenakan energi entalpi untuk membangkitkan generator atau energi ikatan untuk menguraikan air (H<sub>2</sub>O) menjadi gas HHO bergantung pada nilai V, I, dan waktu produksi. Dalam perumusan efisiensi diketahui bahwa efisiensi generator merupakan perbandingan antara entalpi penguraian air dan daya yang diberikan per mol.

$$\eta_{Gen} = \frac{\Delta hf \times \dot{n}}{(V \times I)} \times 100 \%$$

2. Pengujian Temperatur Api

Dapat dilihat pada Gambar 15 dari visualisasi api, api hasil dari pembakaran kerosene murni berwarna jingga, sedangkan pada campuran dengan hidrogen, warna api berwarna putih. Secara teori, warna jingga mempunyai panjang gelombang yang jauh lebih panjang dibandingkan putih dan pancaran energi panas dari warna jingga jauh lebih kecil dibandingkan putih. Api yang dihasilkan dari pencampuran secara difusi antara kerosene dengan gas HHO ternyata menghasilkan api yang jauh lebih panas dari kerosene murni.

Titik puncak tertinggi dari panas lidah api juga sedikit lebih maju dibandingkan kerosene murni. Pada campuran kerosene dan gas HHO terjadi peningkatan temperatur api jika *duty cycle* semakin ditingkatkan. Hal ini terjadi karena m<sub>HHO</sub> semakin besar dan gas yang bercampur semakin banyak.

Terjadi peningkatan daya, tetapi nilainya tidak begitu signifikan karena m<sub>HHO</sub> nilainya tidak begitu besar dan kemurnian massa dari hidrogen (H<sub>2</sub>) hanya 1/9 dari massa total gas. Akan tetapi, peningkatan energi yang hanya 0,08%, yang didapat dari besarnya energi yang dihasilkan pembakaran hidrogen dibandingkan energi hasil pembakaran kerosin pada *blowtorch* mampu menaikkan temperatur api sebesar 100°C. Peningkatan daya bahan bakar yang dihasilkan pembakaran pada *blowtorch* dapat dilihat dari banyaknya bahan bakar yang dipakai dan nilai kalor dari bahan bakar tersebut. Kerosene murni mempunyai nilai kalor bawah sekitar 43MJ/kg, sedangkan hidrogen mempunyai nilai kalor tiga kali lebih besar dari nilai kalor kerosin.

V. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Arus mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu. Arus menanjak tak terkendali pada pengujian generator HHO tanpa PWM yang arusnya mencapai 135A dalam kurun waktu kurang dari tiga menit. Arus terkecil ada pada pengujian menggunakan PWM dengan *duty cycle* 25% yang arusnya stabil dalam waktu yang cukup lama dan besarnya hanya 4,95A.
2. Temperatur elektrolit mengalami kenaikan seiring bertambahnya waktu. Temperatur elektrolit pada generator HHO tanpa PWM naik dari 28°C sampai 90°C hanya dalam waktu kurang dari dua menit. Pada generator HHO yang menggunakan PWM temperatur naik tapi tidak secara drastis dan berangsur konstan pada semua variasi *duty cycle*.



3. Laju produksi menunjukkan bahwa tren mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu untuk semua generator HHO. Laju produksi terbesar dicapai oleh pengujian generator tanpa PWM yaitu 1.79E-05 kg/s. Laju produksi terkecil dicapai oleh pengujian menggunakan PWM dengan *duty cycle* 25% yaitu dengan rata-rata 1,24E-06 kg/s.
4. Efisiensi mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu untuk grafik pengujian menggunakan PWM. Efisiensi generator yang terbesar dicapai pada pengujian generator dengan *duty cycle* 25% yaitu 54,32%. Sedangkan pada generator tanpa PWM efisiensi hanya sebesar 13,92%.
5. Pada pengujian temperatur lidah api menunjukkan bahwa temperatur lidah api dari blowtorch dengan bahan bakar kerosene murni jauh lebih rendah, yaitu pada temperatur 602,8°C dibandingkan dengan campuran kerosin + gas HHO. Titik temperatur tertinggi dari api dari bahan bakar terjadi pada kerosin + gas HHO dari generator HHO dengan *duty cycle* 75%, yaitu mencapai temperatur 802,4°C. Titik temperatur api puncak pada campuran kerosin dan gas HHO juga lebih maju dibandingkan kerosin murni.
6. Daya yang dihasilkan bahan bakar menunjukkan peningkatan. Daya tertinggi dicapai oleh campuran kerosene dan generator HHO dengan *duty cycle* 75% , yaitu sebesar 25893,3229 watt dan yang terendah dicapai oleh kerosin murni, yaitu sebesar 25726,91 watt.
7. Penggabungan daya bahan bakar dari HHO yang hanya sebesar 16,5W dan daya yang dikeluarkan kerosin murni sebesar 25,77kW, menaikkan temperatur api lebih dari 100°C dari temperatur api hasil pembakaran kerosin murni. Artinya bisa didapatkan penghematan jika diaplikasikan dalam rumah tangga jika mensubstitusi dengan bahan bakar hydrogen dengan kebutuhan kalor yang sama.
8. Gas hidrogen bisa menjadi bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar konvensional yang ada dengan jumlah ketersediannya di alam yang sangat melimpah dengan proses yang begitu sederhana, yaitu elektrolisis air.

## VI. SARAN

Beberapa saran yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya bisa menggunakan *power supply* dari PLN sebagai sumber energi agar lebih stabil.
2. Alat kontrol PWM generator menggunakan *microprocessor* agar lebih stabil pengaturan daya generator.
3. Dapat dilakukan uji emisi pada gas sisa hasil pembakaran.
4. Hati – hati dalam penggunaan hidrogen untuk pembakaran karena kesalahan SOP bisa menyebabkan kecelakaan yang fatal.
5. Perangkat keamanan harus diperhatikan betul untuk menjamin keselamatan pengguna.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis B.A.P. mengucapkan terima kasih kepada Jurusan

Teknik Mesin ITS dan Bapak Djoko Sungkono Kawano selaku dosen pembimbing Tugas Akhir. Ibu Musriatin dan Bapak Harjono P.S. selaku orang tua penulis atas dukungan moril dan materiil. Dosen-dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya, terutama Bapak Witantyo selaku dosen wali, rekan – rekan Lab.TPBB Teknik Mesin ITS. Teman-teman angkatan M51 dan tim HHO TPBB ITS.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dopp, R.B. 2007. Hydrogen Generation Via Water Electrolysis Using Highly Efficient Nanometal Electrodes. DSE Quantum Sphere, Inc.
- [2] Poularikas, Alexander.2010. Transforms and Applications Handbook.CRC
- [3] Munson, Bruce. 2004. Fundamentals of Fluid Mechanics. Jakarta : Erlangga
- [4] Anggorosari, Yoni Wahyu. 2011 “Unjuk Kerja Kompor Minyak Tanah Sumbu Tunggal Yang Dioperasikan Tanpa Sumbu Berbahan Bakar Etanol”. Surabaya: Teknik Mesin – Institut Teknologi Sepuluh Nopember