

## ANALISA HASIL EKSPERIMEN PENCAMPURAN GAS HHO DENGAN LPG UNTUK MENAMBAH ENERGI KALOR PADA PEMBAKARAN LPG

### *RESULT ANALYSIS OF MIXING GAS HHO WITH LPG TO IMPROVE HEAT ENERGY OF LPG BURNING*

<sup>1</sup>Raafi N. Haswoto, <sup>2</sup>M. Ramdhan Kirom, S.Si., M.Si., <sup>3</sup>Dipl -Ing Eddy Ariffin

<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>3</sup>Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional

<sup>1</sup>raafinhaswoto@yahoo.com <sup>2</sup>jakasantang@gmail.com <sup>3</sup>eddyempel@yahoo.com

#### Abstrak

Mayoritas rumah tangga di Indonesia menggunakan LPG sebagai sumber bahan bakar kompor mereka. Tanpa kita sadari penggunaan LPG tersebut sudah mulai mencapai batasnya (Adi Nugroho, 2008). Maka dari itu dilakukan sebuah penelitian dibidang energi khususnya LPG yang dilakukan di laboratorium biomassa kampus Universitas Telkom dengan cara melakukan penyempurnaan pembakaran dan akan berdampak kepada penghematan LPG, alat yang digunakan untuk penelitian tersebut adalah generator gas HHO dengan variasi konsentrasi elektrolit NaOH sebesar 3 gram, 4 gram, 6 gram, 10 gram dan 12 gram, penggunaan gas HHO tersebut dengan cara mencampurkan gas HHO dengan LPG ketika memasak air yang mana akan berdampak pada proses memasak yang lebih cepat yang dilakukan pengujian masing – masing elektrolit sebanyak tiga kali. Larutan elektrolit NaOH yang paling optimal yang berdampak pada proses memasak menjadi lebih cepat yaitu sebesar 6 gram dengan prosentase penghematan sebesar antara 26,849 - 27,422 dan konsumsi LPG untuk memasak air hanya sebesar 0,297 kg yang menghabiskan waktu sebesar 8,917 menit, disisi lain energi kalor dari pembakaran LPG juga bertambah sebesar 2.01 kJ/kg dibandingkan tanpa menggunakan HHO proses memasak air menghabiskan LPG berkisar antara 0,406 - 0,407 kg dengan menghabiskan waktu sebesar 12,17 - 12,22 menit.

**Kata kunci :** HHO, LPG, Elektrolit NaOH, Energy Kalor

#### Abstract

*The majority of Indonesian households using LPG as a fuel source their stove. Without us knowing use of LPG has begun to reach its limits (Adi Nugroho, 2008). Therefore conducted a study of energy especially LPG conducted in the laboratory of biomass campus of the University of Telkom by way of perfecting the burning and will affect the savings of LPG, the tools used for the study was a gas generator HHO with the variation of the electrolyte concentration of NaOH at 3 grams, 4 grams, 6 grams, 10 grams and 12 grams, the use of the HHO gas by mixing the HHO gas to LPG as cooking water which will result in faster cooking process which tested each - each electrolyte three times. Electrolyte solution of NaOH most optimal impact on the cooking process to be faster in the amount of 6 grams with the percentage savings of between 26.849 to 27.422 and the consumption of LPG for cooking water only amounted to 0.297 kg were spent at 8.917 minutes, on the other side of heat energy from the combustion of LPG also increased by 2.01 kJ/kg compared with no use HHO spent LPG cooking water from a range of 0.406 to 0.407 kg by spending time at 12.17 to 12.22 minutes*

**Keywords:** HHO, LPG, NaOH Electrolyte, Calor Energy

#### 1. Pendahuluan

Mayoritas rumah tangga di Indonesia menggunakan minyak tanah dan elpiji sebagai sumber bahan bakar kompor mereka (Adi Nugroho, 2008). Tanpa kita sadari penggunaan minyak tanah dan elpiji tersebut sudah mulai mencapai batasnya. Hal itu ditandai dengan semakin berkurangnya cadangan minyak mentah di bumi dan semakin mahal gas elpiji khususnya didaerah terpencil dan pendapatan ekonomi daerah yang rendah, disisi lain penggunaan gas elpiji secara perhitungan ilmu kimia ternyata tidak sesuai dengan teori bahwa selama ini pembakaran gas elpiji itu tidak sempurna dan banyak gas yang terbuang sia – sia menyebabkan kerugian bagi warga setempat dan kurang maksimal dalam penggunaannya Untuk itu sekarang perlu adanya penelitian tentang bahan bakar yang mampu membantu dalam menyempurnakan pembakaran gas elpiji supaya lebih maksimal.

Dengan menggunakan eksperimen elektrolisis air yang telah ditemukan oleh Michael Faraday dari Amerika pada tahun 1886 dengan hanya membutuhkan 2 buah elektroda yang terbuat dari konduktor yang tahan karat yang telah dihubungkan pada tegangan DC dan ditambahkan dengan elektrolit untuk mempercepat proses elektrolisis agar penggunaan daya pada listrik lebih hemat yang dimasukkan kedalam sebuah tabung atau ember yang berisi air maka air tersebut akan mengalami penguraian menjadi dua senyawa yaitu HHO ikatan antara O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> yang menjadi satu tetap dalam fase gas dan tidak menjadi air kembali. Disisi lain air sumber kehidupan makhluk yang mudah ditemukan dimana-mana, air juga merupakan energi yang terbarukan dan juga sangat ramah lingkungan. Pada penelitian ini gas HHO berbahan bakar air tersebut akan dicampur dengan gas elpiji. Selanjutnya gas HHO inilah yang akan dimanfaatkan untuk kemudian dibakar. Ini hanyalah merupakan sebuah riset awal dari sebuah proses yang sangat panjang tentang bagaimana cara membuat alat pencampuran gas HHO berbahan bakar air dengan gas elpiji untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna dan optimal dan nantinya benar-benar layak pakai.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. LPG (*Liquified Petroleum Gas*)

LPG atau Elpiji merupakan campuran dari berbagai unsur *Hydrocarbon* yang berasal dari penyulingan Minyak Mentah dan berbentuk Gas. Dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas berubah menjadi cair, sehingga dapat disebut sebagai Bahan Bakar Gas Cair. Komponennya didominasi *Propane* (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) dan *Butane* (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>). Elpiji juga mengandung *Hydrocarbon* ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya *Etana* (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) dan *Pentana* (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>). Dalam kondisi Atmosferis, Elpiji berupa gas dan dapat dicairkan pada tekanan diatas 5kg/cm<sup>2</sup>. Volume elpiji dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama. Karena itu elpiji dipasarkan dalam bentuk cair. Sifat lain elpiji lebih berat dibanding udara, karena *Butane* dalam bentuk gas mempunyai berat jenis dua kali berat jenis udara. Komposisi elpiji bervariasi terhadap tempat tambangnya, meliputi komposisi dan nilai oktannya. Sehingga akan sangat mempengaruhi komposisi gas buangnya. Produk elpiji keluaran dari Pertamina dengan berat bersih 3 kg yang banyak tersedia dipasaran. Elpiji umumnya mengandung campuran antara butane dan propane yang diperoleh dari minyak mentah atau dari natural gas.

#### 2.1.1 Propana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)

Propana adalah senyawa alkana tiga karbon (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) yang berwujud gas dalam keadaan normal, tapi dapat dikompresi menjadi cairan yang mudah dipindahkan dalam kontainer yang tidak mahal. Senyawa ini diturunkan dari produk petroleum lain pada pemrosesan minyak bumi atau gas alam. Propana umumnya digunakan sebagai bahan bakar untuk mesin.

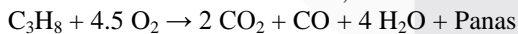
##### Reaksi Propana

Propana mengalami reaksi pembakaran yang mirip dengan alkana lain. Pada keadaan oksigen berlebih, propana terbakar dan membentuk air dan karbon dioksida.



propana + oksigen → karbon dioksida + air

Bila tak ada cukup oksigen untuk pembakaran sempurna, maka pembakaran tidak sempurna terjadi ketika propana terbakar dan membentuk air, karbon monoksida, dan karbon dioksida.



Propana + Oksigen → karbon dioksida + karbon monoksida + air

Tidak seperti gas alam, propana lebih berat dari udara (1,5 kali lebih padat). Dalam keadaan mentah, propana akan berada di dasar. Propana cair akan menguap pada tekanan atmosfer dan tampak putih karena kondensasi uap air dari udara. Bila terbakar sempurna, propana menghasilkan sekitar 50 MJ / kg. Panas kotor pembakaran satu meter kubik propana adalah sekitar 91 megajoule.

##### Kandungan Energi, Massa Jenis, Massa Molar dan Entalpi Pembentukan

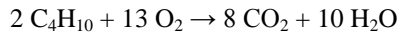
Rapat jenis energi propana adalah 46,44 megajoule per kilogram (91,690 BTU per galon AS, 2220 kJ/mol, 50.35 kJ/g). Massa jenis dari propana cair pada suhu 25 °C (77 °F) adalah 0.493 g/cm<sup>3</sup>, sama dengan 4.11 pound per galon A.S. atau 493 gram per liter. Propana memuai sebesar 1.5% per 10 °F, maka propana mempunyai massa jenis sekitar 4.2 pound per gallon pada suhu 60 °F. Untuk massa molar dari propana sebesar 44.09 kg/kmol entalpi pembentukan gas propana disuhu 298 °F adalah sebesar -103,850 kJoule/mol.

### 2.1.2 Butana (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)

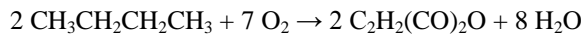
Butana, juga disebut *n*-butana, adalah alkana rantai lurus dengan empat atom karbon CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>. Butana juga digunakan sebagai istilah kolektif untuk *n*-butana dan satu-satunya isomernya, isobutana (disebut juga metilpropana), CH(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. Butana sangat mudah terbakar, tidak berwarna, dan merupakan gas yang mudah dicairkan. Nama butana diturunkan dari nama asam butirat.

#### Reaksi

Ketika oksigen tersedia dalam jumlah yang melimpah, maka butana akan terbakar dan membentuk karbon dioksida dan uap air. Sedangkan, apabila oksigen jumlahnya terbatas, maka akan terbentuk karbon monoksida.



*n*-Butana juga dipakai sebagai bahan baku dalam proses katalis *DuPont* untuk membentuk maleat anhidrat:



#### Kandungan Energi, Massa Jenis, Massa Molar dan Entalpi Pembentukan

Rapat jenis energi butana adalah 27.7 megajoule per liter. Massa jenis dari propana cair pada suhu 70 °F adalah 36.05 lb/ft<sup>3</sup>. Butana mempunyai massa jenis sekitar 0.1551 pada suhu 70 °F. Untuk massa molar dari butana sebesar 58.12 kg/kmol entalpi pembentukan gas butana di suhu 298 °F adalah sebesar -126,150 kJoule/kmol.

### 2.1.3 Pencampuran Gas Propana dengan Gas Butana

Propana lebih sesuai untuk lingkungan yang lebih dingin karena menguap di -44 °F ( -42 °C ) pada tekanan atmosfer. Butana menguap di 33°F ( 0,6 °C ) pada tekanan atmosfer.

## 3. Hasil Eksperimen

### 3.1 Data Hasil Pengujian

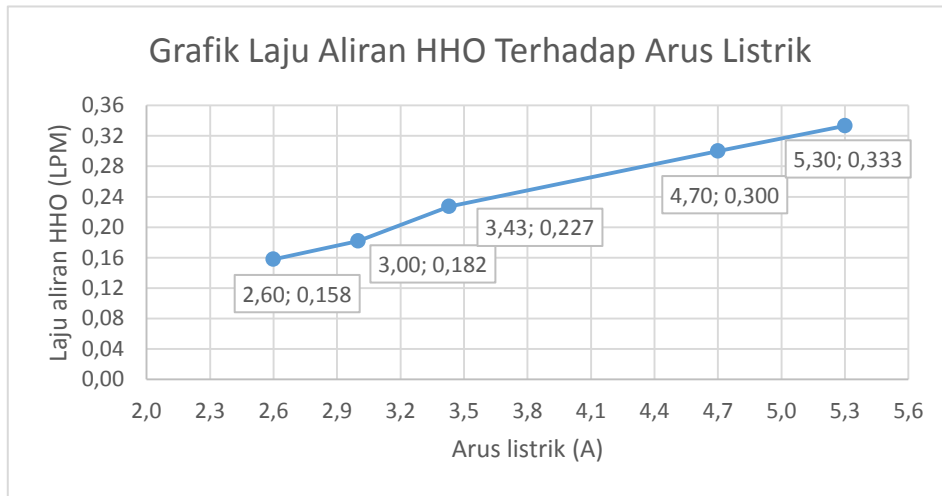
#### 3.1.1 Data Unjuk Kerja Generator HHO

Data dibawah adalah data tentang kinerja generator HHO dengan menggunakan sumber listrik sebesar 14.85 Volts dan 3 Ampere dan variasi massa NaOH yaitu sebesar 3 gram, 4 gram, 6 gram, 10 gram dan 12 gram. Dari data dibawah bisa disimpulkan bahwa semakin bertambah massa NaOH yang digunakan semakin bertambah pula laju aliran yang dihasilkan dan arus listrik pada catu daya tersebut.

Tabel 3.1.1 Unjuk Kerja Generator HHO

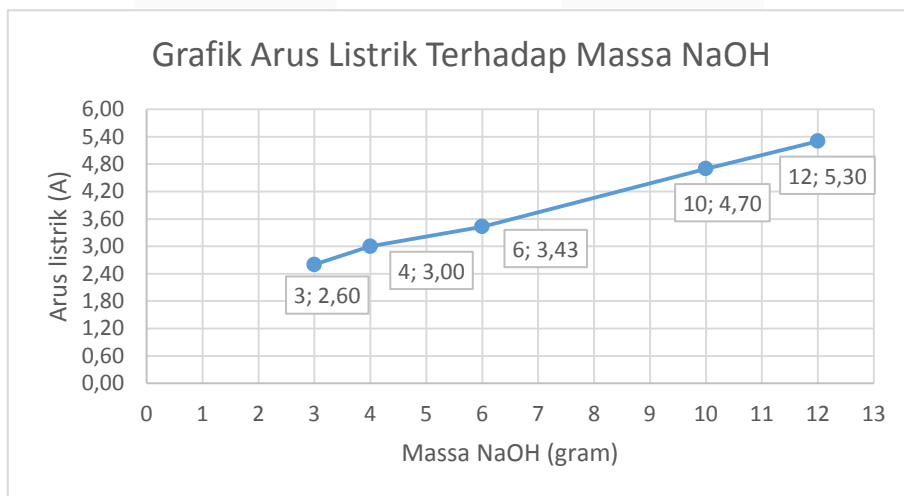
Konsentrasi NaOH per 1 liter H <sub>2</sub> O	Arus Listrik	Laju Aliran Volume HHO	Daya
3 gram	2,60 Ampere	0,158 mlpm	38.61 W
4 gram	3,00 Ampere	0,182 mlpm	44.55 W
6 gram	3,43 Ampere	0,227 mlpm	50.93 W
10 gram	4,70 Ampere	0,300 mlpm	69.79 W
12 gram	5,30 Ampere	0,333 mlpm	78.70 W

**Grafik 3.1.1 Laju Aliran HHO Terhadap Arus Listrik**

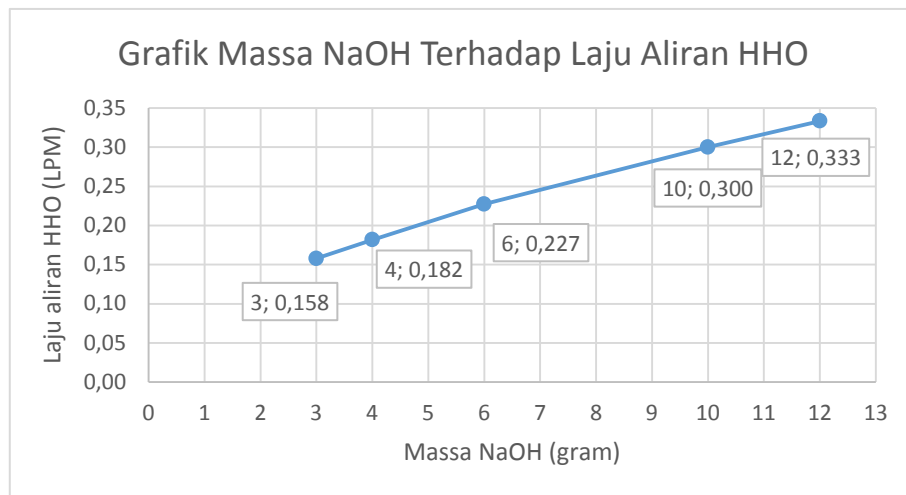


Dari grafik diatas diketahui bahwa laju aliran HHO semakin meningkat seiring dengan bertambahnya arus listrik pada catu daya bertambah dari 2,6 A hingga 5,3 A. Bertambahnya nilai laju aliran dikarenakan dipengaruhi oleh sifat elektrokimia dari katalis NaOH yaitu sebagai zat untuk mempercepat kelajuan reaksi dan meningkatnya arus pada catu daya disebabkan oleh kontribusi elektron yang dilepaskan ion – ion OH<sup>-</sup> yang mengalir melalui penghantar dari elektroda positif menuju ke elektroda negatif yang disekitarnya terdapat ion Na<sup>+</sup> lalu ditangkap oleh ion – ion Na<sup>+</sup> dan seterusnya.

**Grafik 3.1.2 Arus Listrik Terhadap Massa NaOH**



Grafik 4.1.2 menjelaskan bahwa bertambahnya konsentrasi katalis NaOH dari 3 gram sampai 12 gram bertambah pula nilai arus catu daya sebesar 2,6 A sampai 5,3 gram. Arus listrik pada catu daya nilainya bertambah dikarenakan elektron yang dilepaskan ion – ion OH<sup>-</sup> yang mengalir melalui penghantar dari elektroda positif menuju ke elektroda negatif yang disekitarnya terdapat ion Na<sup>+</sup> lalu ditangkap oleh ion – ion Na<sup>+</sup> dan seterusnya.

**Grafik 3.1.3 Massa NaOH Terhadap Laju Aliran HHO**

Untuk grafik yang terakhir menjelaskan tentang hubungan antara konsentrasi NaOH yang digunakan dengan laju aliran HHO, bahwa semakin bertambahnya NaOH pada generator gas HHO semakin bertambah juga laju aliran HHO yang dihasilkan. Analisa dari hubungan grafik diatas adalah fungsi dari katalis adalah untuk mempercepat proses laju reaksi elektrolisis H<sub>2</sub>O jadi semakin banyak massa katalis tersebut semakin cepat pula laju reaksi pada elektrolisis H<sub>2</sub>O.

### 3.1.2 Hasil Pengujian LPG dan HHO

Pengujian ini dilakukan dengan beban yang sama dengan LPG, yaitu memasak 2 liter air menggunakan kompor gas biasa dengan bahan bakar LPG dan Gas HHO. Maka dari itu perlu dilakukan beberapa pengujian dengan konsentrasi larutan NaOH yang berbeda – beda dan dilarutkan ke dalam 1 liter air . Dari pengujian ini akan diambil data, yaitu berat LPG dan waktu yang diperlukan untuk memasak dibandingkan dengan hasil pengujian LPG saja.

**Tabel 3.1.2.1 Data Pengujian Bahan Bakar LPG tanpa HHO**

LPG tanpa HHO			
Suhu Mendidih 98 <sup>o</sup> C	Data 1	Data 2	Data 3
Konsumsi LPG (Menit)	12,17	12,13	12,22
Konsumsi LPG (kg)	0,406	0,404	0,407
Daya (Joule)	606900	606228	603960
Energi Kalor (kJ/kg)	1494,8	1500,6	1483,9

Dari grafik diatas dilakukan 3 kali pengujian dalam memasak air dengan gas LPG biasa dengan data pengujian adalah waktu dan berat LPG sampai mencapai suhu 98<sup>o</sup> Celsius. Suhu tersebut adalah suhu puncak air mendidih yang terbaca oleh arduino dikarenakan pengujian alat dan pengambilan data dillakukan di kampus Telkom University lebih tepatnya di Lab Biomassa dengan tekanan kurang dari 1 atm.

Tabel 3.1.2.2 Data Pengujian Bahan Bakar LPG dengan HHO

Pencampuran LPG dengan HHO					
Suhu Mendidih 98° C	Massa Katalis NaOH yang Digunakan				
	3 gram	4 gram	6 gram	10 gram	12 gram
Konsumsi LPG (Menit)	10,522	10,289	8,917	11,144	11,328
Konsumsi LPG (kg)	0,351	0,343	0,297	0,371	0,378
Energi (kJ)	0,60	0,59	0,59	0,59	0,60
Energi Kalor (kJ/kg)	1716,1	1740,8	2008,1	1614,8	1605,4

Dari grafik diatas terlihat masing - masing 3 kali pengujian memasak air dengan pencampuran gas LPG dan gas HHO dengan data pengujian, yaitu waktu dan berat LPG sampai mencapai suhu 98<sup>0</sup> Celsius. Terlihat pada konsentrasi 6 gram NaOH mengalami peningkatan waktu pembakaran gas LPG dengan dibuktikan memasak air yang lebih cepat dibandingkan dengan penambahan konsentrasi katalis yang lain.

Tabel 3.1.2.3 Tabel Produksi Massa Gas HHO

Massa HHO			
Massa NaOH	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Total HHO
3 gram	0,0196 gram	0,3140 gram	0,3336 gram
4 gram	0,0192 gram	0,3071 gram	0,3263 gram
6 gram	0,0166 gram	0,2661 gram	0,2827 gram
10 gram	0,0208 gram	0,3326 gram	0,3534 gram
12 gram	0,0211 gram	0,3381 gram	0,3592 gram

Berdasarkan rumus pada pada Bab 3 tentang Hukum Faraday didapatkan massa HHO seperti pada tabel diatas, dengan masing – masing penambahan katalis NaOH dari 3 gram sampai 12 gram dan kumulasi massa H<sub>2</sub> dengan O<sub>2</sub> didapatkan data massa HHO sebesar 0,3336 gram hingga 0,3592 gram.

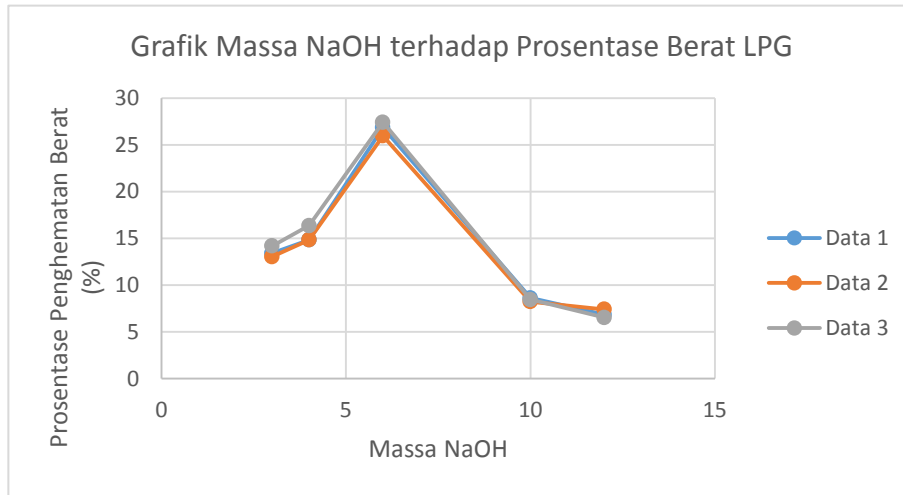
### 3.2 Analisa Data

Dari grafik dibawah terlihat bahwa terjadi perubahan besarnya penghematan pemakaian LPG dengan perubahan konsentrasi NaOH pada larutan yang dielektrolisis. Pada awalnya penghematan akan bertambah seiring dengan bertambahnya konsentrasi NaOH, tetapi setelah dilakukan pengujian tidak terjadi penghematan ketika larutan elektrolisa sudah mencapai titik jenuh, yaitu pada konsentrasi NaOH sebesar 12 gram.

**Tabel 3.2.1 Hubungan antara Konsentrasi NaOH dengan Prosentase Penghematan Berat LPG**

Prosentase Penghematan Berat LPG (%)					
	Massa Katalis NaOH				
	3 gram	4 gram	6 gram	10 gram	12 gram
<b>Data 1</b>	13,425 %	15,205 %	26,849 %	8,630 %	6,849 %
<b>Data 2</b>	13,049 %	14,835 %	25,962 %	8,242 %	7,418 %
<b>Data 3</b>	14,188 %	16,371 %	27,422 %	8,458 %	6,548 %

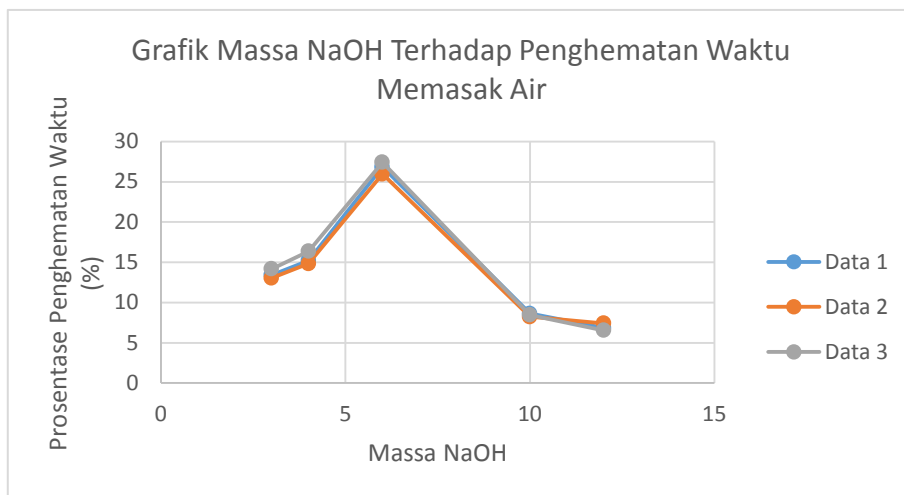
**Grafik 3.2.1 Hubungan antara Konsentrasi NaOH dengan Prosentase Penghematan Berat LPG**



**Tabel 3.2.2 Hubungan antara Konsentrasi NaOH dengan Prosentase Penghematan Waktu LPG**

Prosentase Penghematan Waktu (%)					
	Massa Katalis NaOH yang Digunakan				
	3 gram	4 gram	6 gram	10 gram	12 gram
<b>Data 1</b>	13,425 %	15,205 %	26,849 %	8,630 %	6,849 %
<b>Data 2</b>	13,049 %	14,835 %	25,962 %	8,242 %	7,418 %
<b>Data 3</b>	14,188 %	16,371 %	27,422 %	8,458 %	6,548 %

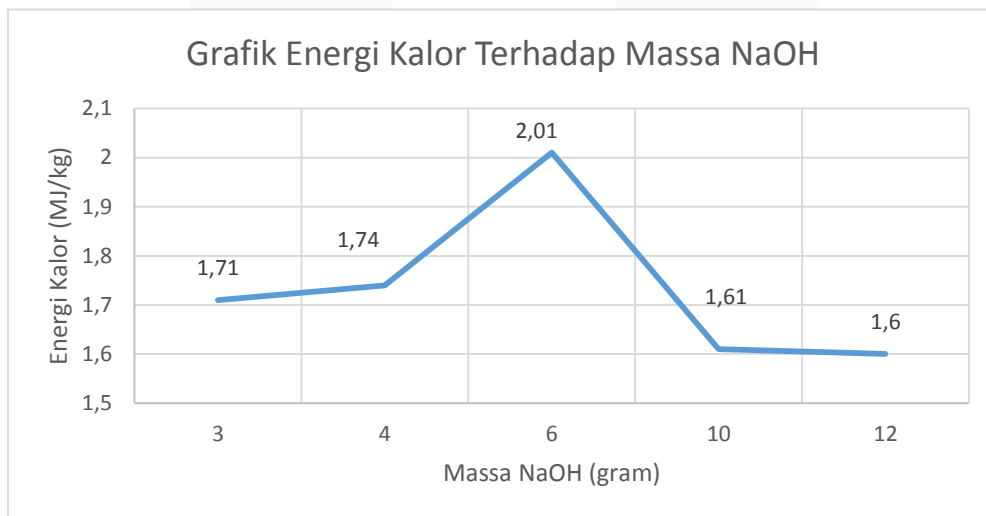
**Grafik 3.2.2 Hubungan antara Konsentrasi NaOH dengan Prosentase Penghematan Berat LPG**



**Tabel 3.2.3 Hubungan antara Kalor dengan Konsentrasi Massa NaOH**

	Massa NaOH				
	3 gram	4 gram	6 gram	10 gram	12 gram
<b>Kalor (kJ/kg)</b>	1.71	1.74	2.01	1.61	1.60
<b>Waktu (Detik)</b>	631,33	617,33	535,00	668,67	679,67

**Grafik 3.2.3 Hubungan antara Kalor dengan Konsentrasi Massa NaOH**

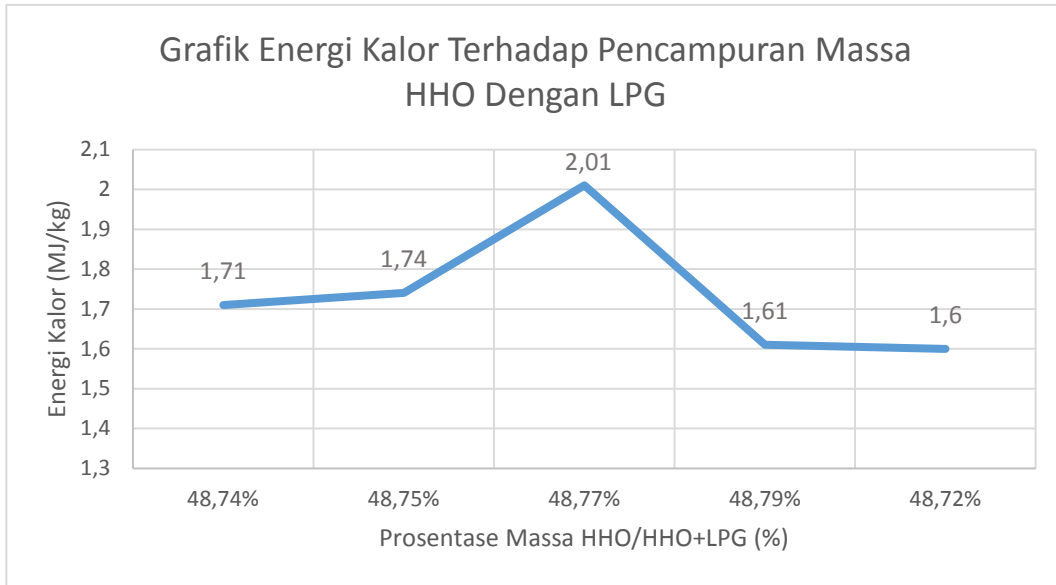


**Tabel 3.2.4 Hubungan antara Energi Kalor dengan Pencampuran LPG dengan HHO Untuk Memasak Air**

Massa HHO	Massa LPG	Energi Kalor
0,3337 gram	0,351 gram	1716,1 kJ/kg
0,3263 gram	0,343 gram	1740,8 kJ/kg
0,2827 gram	0,297 gram	2008,1 kJ/kg
0,3534 gram	0,371 gram	1614,8 kJ/kg
0,3592 gram	0,378 gram	1605,4 kJ/kg



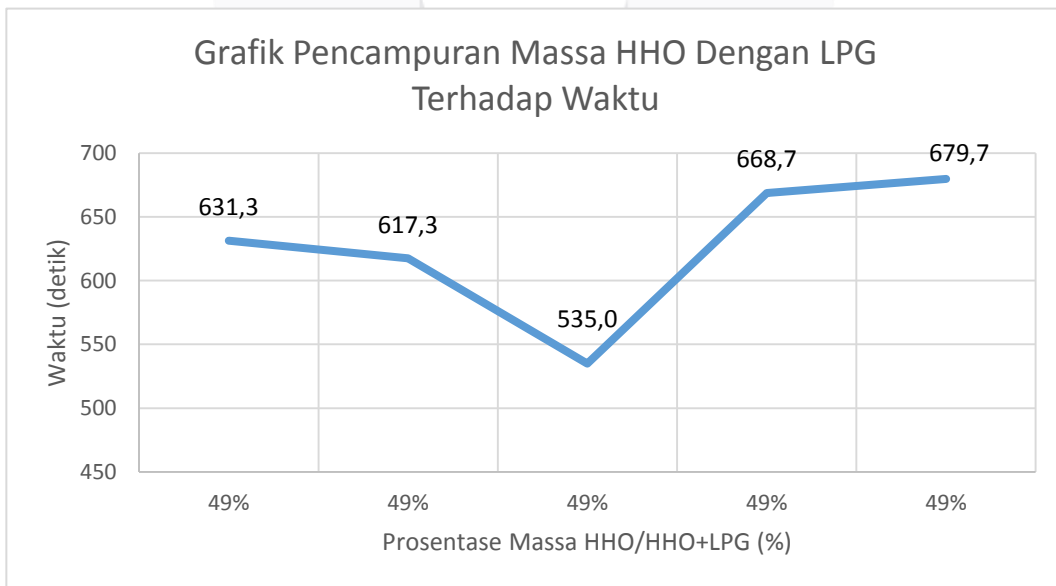
**Grafik 3.2.4 Hubungan antara Energi Kalor dengan Pencampuran LPG dengan HHO Untuk Memasak Air**



**Tabel 3.2.5 Hubungan antara Waktu Memasak Air dengan Gas HHO**

Massa HHO	Massa LPG	Waktu
0,3337 gram	0,351 gram	631,33 detik
0,3263 gram	0,343 gram	617,33 detik
0,2827 gram	0,297 gram	535,00 detik
0,3534 gram	0,371 gram	668,67 detik
0,3592 gram	0,378 gram	679,67 detik

**Grafik 3.2.5 Hubungan antara Grafik Pencampuran Massa HHO Dengan LPG Terhadap Waktu**



Berdasarkan pembacaan tabel dan grafik diatas pada penambahan NaOH sebesar 6 gram menghasilkan kalor terbesar dengan nilai 2008,1 kJ/kg dan memberikan waktu memasak tercepat dengan waktu 535 detik, disisi lain pembakaran pada 6 gram massa NaOH menjadi pembakaran tecepat karena laju reaksi HHO seimbang dengan laju reaksi dari LPG dan itu akan mengalami pembakaran sempurna ketika proses memasak air. Sedangkan jika laju reaksi HHO lebih banyak dibandingkan gas LPG maka yang terjadi adalah api kompor menjadi kecil karena volume gas HHO lebih banyak dibandingkan gas LPG dan pengaruh dalam proses memasak akan jauh lebih lama walaupun LPG yang dikonsumsi lebih sedikit.



#### 4. Kesimpulan

Dari eksperimen yang telah dilakukan dan data yang telah didapatkan bisa diambil kesimpulan bahwa, dari tiga kali pengujian telah didapatkan data bahwa proses memasak air mengalami kondisi yang paling optimal ketika menggunakan HHO dengan konsentrasi NaOH sebesar 6 gram. Dikarenakan pencampuran LPG dan gas HHO berdampak pada bertambahnya energi kalor pembakaran sebesar 2.01 kJ/kg dan proses waktu memasak paling tercepat yaitu 535 detik. Sedangkan untuk konsentrasi NaOH sebesar 10 gram dengan energi kalor sebesar 1.61 kJ/kg memakan waktu sebesar 668,67 detik dan 12 gram dengan energi kalor sebesar 1.60 kJ/kg memakan waktu sebesar 679,67 detik yang sama sekali tidak mengalami percepatan waktu memasak disebabkan karena aliran gas HHO yang masuk ke dalam kompor terlalu banyak sedangkan aliran LPG menjadi terlalu sedikit maka yang terjadi gas yang terbakar menjadi sedikit dengan dibuktikan api kompor menjadi kecil dan proses memasak menjadi lebih lama.

Sedangkan untuk data unjuk kerja generator gas HHO, laju aliran dan arus listrik mengalami kenaikan disebabkan karena konsentrasi larutan elektrolit NaOH yang diberikan secara bervariasi yaitu 3 gram, 4 gram, 6 gram, 10 gram, 12 gram.

#### Daftar Pustaka

1. Ariana, Made.(2009)"Kaji Eksperimen Pengaruh Penggunaan Gas Hasil Elektrolisis Terhadap Unjuk Kerja Motor Diesel".Teknik Mesin ITS:Surabaya.
2. Lanz,Andre.(2001)"Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies : Rev 0" ,Palm Desert : Collage of the Desert.
3. Riza, Mukhlissatur.(2009)"Pengaruh Kuat Arus Terhadap Produksi gas Hidrogen Melalui Metode Elektrolisis pada Kompor Bahan Bakar Air".Teknik Mesin UMM :Malang.
4. Manubinuri, Sulis.(2010)"Pengujian Elektrolisis Dengan Variasi Konsentrasi, Tegangan, Luasan Dan Temperatur Pada Sistem Brown Gas".Teknik Mesin ITS:Surabaya.
5. Hamidy,Habib.(2010)"Analisis Pemanfaatan Air Sebagai Energi Alternatif Pada Produk Kompor Skala Rumah Tangga". ITS:Surabaya.
6. Ratna. "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kecepatan Reaksi" <http://www.chem-is-try.org>
7. Edwin, Peter.(2005)"Electrolytic Gas".
8. Administrator. "Pengertian Kalibrasi." <http://www.uptlin-kalibrasi.com>
9. Sudrajat, Ir. Ajat & Eddy Ariffin Dipl.-Ing., *Manfaat Gas HHO Kesejahteraan Masyarakat*. Makalah penelitian. Fakultas Teknik Universitas Nasional, Jakarta.
10. Laboratorium Instruksional, Departemen Teknik Kimia ITB. "Modul 1.08 Elektrolisis Air" <http://akademik.che.itb.ac.id/labtek/wpcontent/uploads/2009/02/modul-108-elektrolisis-air.pdf>
11. Tjatur W., Rusminto, dkk. *Proses Elektrolisa Pada Prototipe "Kompor Air" Dengan Pengaturan Arus dan Temperatur*. Surabaya, Indonesia.
12. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-26564-1409201713-Chapter1.pdf>
13. [http://www.chem-is-try.org/materi\\_kimia/kimia-sma-ma/volume-molar-gas-dalam-keadaan-standar-dan-keadaan-kamar-2/](http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-sma-ma/volume-molar-gas-dalam-keadaan-standar-dan-keadaan-kamar-2/)
14. A.Sida, Nurramadhani, (2011). *Daya Hantar Listrik Larutan Senyawa Elektrolit dan Non Elektrolit*. Praktikum Kimia Farmasi Dasar. Universitas HALUOLEO, Kendari.
15. <http://www.eplastics.com/ABS-Plastic-Textured-General-Purpose-Sheet>
16. [http://www.eplastics.com/HDPE\\_Sheet](http://www.eplastics.com/HDPE_Sheet)
17. <http://www.hydrotechnix-solent.co.uk/wet-cell-v-dry-cell/>
18. *Condor D.C. Power Supplies, Inc., 2311 Statham Parkway, Oxnard.* [www.condorpower.com/references. Leakage Current](http://www.condorpower.com/references/Leakage Current)
19. <http://perpustakaancyber.blogspot.com/2013/07/bunyi-hukum-faraday-1-dan-2-tentang-elektrolisis.html>
20. [http://www.chem-is-try.org/materi\\_kimia/kimia-sma-ma/volume-molar-gas-dalam-keadaan-standar-dan-keadaan-kamar-2/](http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-sma-ma/volume-molar-gas-dalam-keadaan-standar-dan-keadaan-kamar-2/)
21. Ardiansyah, Muhammad. 2011. *Analisis Penambahan Gas Hasil Elektrolisis Air Pada Motor Bakar 4 Langkah Dengan Posisi Injeksi Sebelum Karburator Disertai Variasi Derajat Timing Pengapian*. Depok: Departemen Teknik Mesin, UI.
22. Putra, Arbie Marwan. 2010. *Analisis Produktifitas Gas Hidrogen dan Gas Oksigen pada Elektrolisis Larutan KOH*. Jurnal Neutrino Vol.2, No.2. Achmad, H. 1992. *Elektro Kimia dan Kinetika Kimia*. Citra Aditya Bakti: Bandung.
23. Purwanto, Slamet Adik. 2012. *Larutan Elektrolit*. Makalah. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Fak. Teknologi Industri, Teknik Kimia. Surabaya, Indonesia.
24. <https://www.youtube.com/watch?v=iM7viSvR9yA> (flowmeter HHO)
25. Chang, Raymond.2010.*Fundamental Chemistry 10<sup>th</sup> Ed.* Chemistry Department, Williams College