

## ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN *BROWN GAS* TERHADAP PRESTASI MESIN

Harmen, Egi Naratama, Jasiron dan Riyan Arizona

Laboratorium Motor Bakar, Teknik Mesin Universitas Lampung  
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung, 35145

E-mail: [harmenbur@unila.ac.id](mailto:harmenbur@unila.ac.id)

### Abstrak

*Brown gas* adalah campuran gas hidrogen-hidrogen-oksigen (HHO) yang diperoleh dari proses penguraian atau elektrolisis air ( $H_2O$ ). Pengaplikasian perangkat *Brown gas* pada kendaraan telah banyak dilakukan, baik kendaraan roda dua (motor) maupun roda empat (mobil). Keuntungan utama dari perangkat ini adalah penurunan konsumsi bahan bakar dari kendaraan. Selain itu penggunaan *Brown gas* juga dapat meningkatkan prestasi mesin. Penurunan konsumsi bahan bakar dan peningkatan prestasi mesin ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti arus dan tegangan elektrolisis, konsentrasi katalis dan dimensi saluran penghubung antara elektrolizer dan *intake manifold*. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilihat seberapa besar pengaruh parameter-parameter tersebut terhadap konsumsi bahan bakar dan prestasi mesin.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan uji laboratorium dan uji jalan. Pada uji laboratorium akan dilihat daya engkol dan pemakaian bahan bakar spesifik engkol dari mesin uji. Dan pada uji jalan akan dilihat konsumsi bahan bakar, akselerasi, dan konsentrasi gas buang.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah adanya kenaikan daya engkol yang mencapai 5,47% pada penggunaan elektrolizer dengan besar arus 10 Ampere dan tegangan 12 Volt, dan adanya penurunan pemakaian bahan bakar spesifik engkol sebesar 6,32% pada penggunaan elektrolizer 5 Ampere 12 Volt. Kemudian peningkatan daya engkol terbaik terjadi pada konsentrasi KOH 5 gram dengan ukuran selang penghubung  $\frac{1}{2}$  inci, putaran mesin 2000 rpm sebesar 3,775 % dengan besar arus 5 ampere dan tegangan 12 volt, dan persentase penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik adalah pada konsentrasi KOH 5 gram dengan ukuran selang penghubung  $\frac{1}{4}$  inci pada putaran mesin 3250 rpm sebesar 10,598 % dengan besar arus 5 ampere dan tegangan 12 volt. Selanjutnya pada pengujian jalan, penggunaan elektroliser mampu menurunkan konsumsi bahan bakar hingga sebesar 27,3% pada pengujian *stasioner* pada putaran 4500 rpm, dan 27,5% pada pengujian *road test* dengan jarak 3 km. Sedangkan pada pengujian akselerasi 0-80 km/jam mampu mempercepat waktu tempuh sebesar 13,7%, akselerasi 40-80 km/jam mampu mempercepat waktu 8,3% dan akselerasi 40-70 km/jam mampu mempercepat waktu 7,6%. Untuk pengujian emisi, pada putaran 3000 rpm dengan penggunaan KOH 2 gram, elektroliser mampu menurunkan kandungan HC sebesar 44,1%, dan menurunkan konsentrasi polutan CO sebesar 30%. Pada pengujian dibutuhkan arus listrik untuk elektrolisis, penggunaan KOH sebagai katalisator lebih sedikit membutuhkan arus listrik bila dibandingkan dengan penggunaan  $H_2SO_4$  sebagai katalisator.

**Keywords:** *Brown gas*, elektrolisis, prestasi mesin, konsumsi bahan bakar.

### Pendahuluan

Teknologi untuk menghemat bahan bakar dengan pemanfaatan air sebagai bahan bakar tambahan pada mesin (kendaraan) dapat dilakukan dengan elektrolisa dan injeksi (Ismono, 2008). Metode injeksi air (*water injection*) dilakukan dengan menginjeksikan air ke dalam ruang bakar mesin melalui *intake manifold* dan dapat menghemat bahan bakar, mengurangi polusi udara, dan meningkatkan daya mesin (Rahman, 2010). Sementara metode elektrolisis menghasilkan gas hidrogen dan oksigen. Produksi gas hidrogen dan oksigen dari elektrolisis air memerlukan biaya yang mahal karena diperlukan arus besar untuk menghasilkan gas yang banyak dalam waktu yang lama (Mustagfiry, 2008 dan Pradana, 2009).

Salah satu energi alternatif yang sekarang mulai banyak diteliti ialah pengembangan sumber energi yang berasal dari hasil elektrolisis air yang dikenal dengan nama *brown gas*. Penelitian dan pengembangan sistem *brown gas* dari elektrolisis air telah

di-lakukan. Yull Brown, seorang warga negara Australia pada tahun 1974 telah mendapatkan paten dari hasil proses elektrolisis air yang akhirnya menghasilkan gas  $H_2$  dan  $O_2$  yang tak stabil yang disebut dengan *brown gas*, dimana gas tersebut dapat digunakan untuk menggerakkan mesin kendaraan. Pada tahun 1980 sampai 1998, Stanley Meyer seorang Amerika yang berasal dari kota Ohio juga telah berhasil dan mendesain mobilnya tanpa menggunakan bahan bakar minyak, melainkan dengan bahan bakar gas hidrogen yang berasal dari air (Hidayatullah, 2008).

Dalam penelitian selanjutnya, Poempida Hidayatullah dan Futung Mustari (2008) telah melakukan percobaan penggunaan perangkat *brown gas* (Elektroliser) pada mobil Avanza keluaran tahun 2007 berbahan bakar premium dan Mitsubishi L-300 berbahan bakar solar. Pengujian dilakukan dengan *test drive* dari Jakarta Pusat menuju Ciawi Puncak dengan menempuh jarak sekitar 125,7 km, diperoleh hasil sebagai Tabel 1. berikut:

Tabel 1. Rasio pemakaian bahan bakar dari kendaraan uji yang menggunakan HHO.

Kendaraan	Avanza	L-300
Estimasi beban	400	250
Penumpang	6	2
BBM, lt	6,955	5,40
Rasio BBM/KM	1 : 18,07	1: 23,27

Dari penelitian tersebut juga diperoleh perbandingan tingkat efisiensi sebelum dan sesudah menggunakan elektrolizer sebagai Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Peningkatan efisiensi penggunaan BBM dari kendaraan uji yang menggunakan HHO.

Kendaraan	Standar BBM	Sesudah uji coba	Penigkatan efisiensi
Avanza	1 : 13	1: 18,07	39,03%
L-300	1 : 12	1: 23,27	93,98%

Produksi HHO dari elektrolisa air dipengaruhi oleh jumlah arus dan tegangan pada elektrolizer. Selain itu juga dipengaruhi oleh konsentrasi katalis yang digunakan. Besarnya pengaruh dari parameter tersebut terhadap daya engkol yang dihasilkan dan konsumsi bahan bakar akan menjadi tujuan dari penelitian ini.

### Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Uji laboratorium dilakukan dengan menggunakan mesin diesel berserta unit instrumentasinya yang tersedia di Labotatorium Motor Bakar Teknik Mesin Universitas Lampung (Unila). Adapun spesifikasi dari mesin tersebut adalah sebagai berikut ini.

- Merk/Type : ROBIN – FUJI DY23D
- Jenis : Motor Diesel, 1 silinder
- Posisi katup : Diatas
- Valve rocker clearance : 0,10 mm (Dingin)
- Volume langkah torak : 230 cm<sup>3</sup>
- Langkah torak : 60 mm
- Diameter silinder : 70 mm
- Perbandingan kompresi : 21
- Torsi maksimum : 10,5 Nm / 2200 rpm

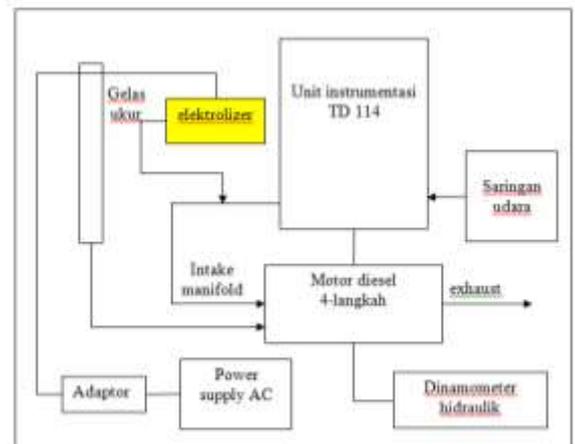
- Daya engkol maksimum : 3,5 kW / 3600 rpm
- Putaran maksimum : 3600 rpm
- Waktu injeksi bahan bakar : 23° BTDC
- Berat : 26 kg

Skema pemasangan elektrolizer (Gambar 1) dilaku-kan sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2.



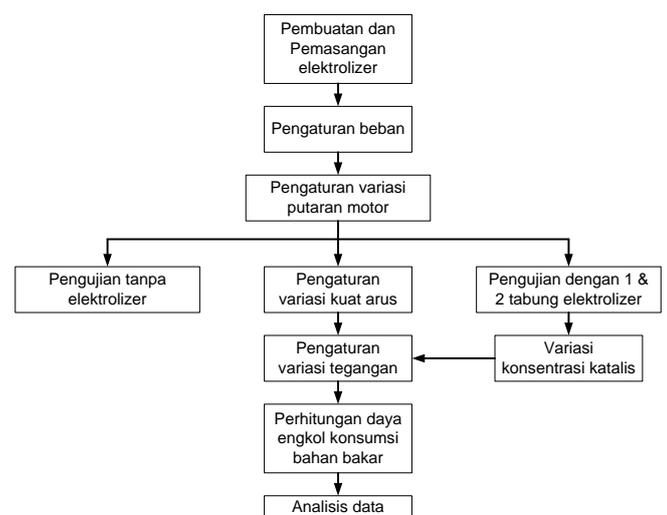
Gambar 1. Tabung elektrolizer

Dimana bahan-bahan utama yang digunakan untuk membuat elektrolizer adalah: tabung transparan, selang vakum, kabel merah dan hitam 14-GA, butt terminal 16-14 AWG, dan spade terminal 16-14 AWG.



Gambar 2. Skema pemasangan tabung elektrolizer pada motor diesel.

Melalui prosedur pengujian sebagaimana yang disajikan pada Gambar 3, akan ditentukan pengaruh kuat arus, tegangan pada elektrolizer dan konsentrasi katalis terhadap daya engkol mesin dan konsumsi bahan bakar spesifiknya.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Pengujian jalan (*road test*) dilakukan dengan menggunakan motor bensin 4 tak dengan spesifikasi berikut dan pemasangan elektrolizer dilakukan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4.

Merk dan tipe	: Honda Supra Fit S
Tipe mesin	: 4 langkah, SOHC
Sistem pendingin	: Pendingin udara
Jumlah silinder	: 1 (satu)
Diameter x Langkah	: 50 x 49.5 mm
Kapasitas silinder	: 97,1 cc
Perbandingan kompresi	: 9,0 : 1
Daya maksimum	: 6.528 HP/8000
rpm	
Torsi maksimum	: 0,74 kgf.m/6000
rpm	
Gigi transmisi	: Rotary 4
Kecepatan	
Aki	: 12 V / 5 Ah
Kapasitas tangki bahan bakar	: 3,7 liter



Gambar 4. Pemasangan elektrolizer pada sepeda motor

Pada pengujian jalan, konsumsi bahan bakar dan akselerasi yang dihasilkan dengan penggunaan elektrolizer akan dibandingkan juga dengan pengujian tanpa menggunakan elektrolizer. Setelah itu juga dilakukan pengujian emisi yang dihasilkan.

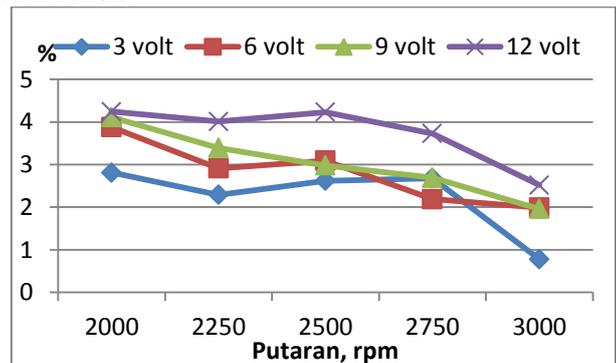
## Hasil dan Pembahasan

A. Pengaruh kuat arus dan tegangan elektrolizer terhadap daya engkol dan konsumsi bahan bakar.

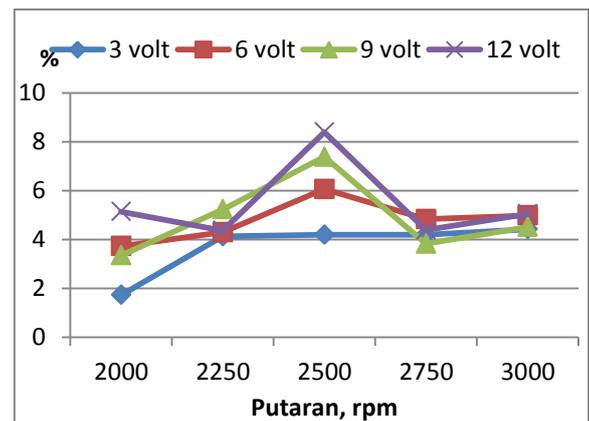
Dari Gambar 5 terlihat bahwa peningkatan kuat arus listrik dari 5 ampere menjadi 10 ampere akan meningkatkan presentasi kenaikan daya engkol (Gambar 5a & 5b) dan juga meningkatkan presentasi penurunan pemakaian bahan bakar spesifik (*bsfc*) dari mesin (Gambar 5ac & 5c). demikian juga halnya dengan peningkatan tegangan listrik pada proses elektrolisis akan memperlihatkan pola yang sama seperti arus listrik. Untuk kuat arus 5 A peningkatan yang besar terjadi pada putaran rendah dan untuk penggunaan kuat arus 10 ampere peningkatan yang besar terjadi pada putaran sedang.

Kenaikan daya engkol maksimum terjadi pada pemberian arus sebesar 10 A dan tegangan 12 volt. Dimana kenaikannya adalah sebesar 170,16 Watt atau sebesar 8,39 % bila dibandingkan jika mesin tidak menggunakan *brown gas*. Kemudian penurunan *bsfc* terbesar terjadi pada tegangan 12 volt dengan kuat arus 5 A, dimana penurunan terbesar adalah sebesar 0,01257 kg/kWh atau sebesar 9,93%. Hal ini terjadi karena dengan semakin besar

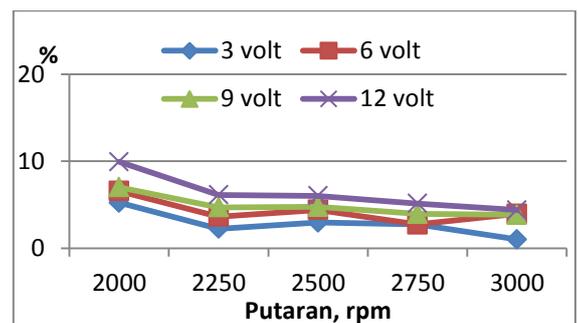
arus dan voltase yang diberikan maka akan semakin besar pula energi yang diberikan pada proses elektrolisis air menjadi *brown gas* atau HHO sehingga pembentukan HHO akan semakin banyak. Peningkatan jumlah HHO ( $H_2$ ) ini akan meningkatkan suplai energi ke mesin yang ditandai dengan peningkatan daya engkol dan menurunkan pemakaian bahan bakar minyak (Riza, 2008). Namun perlu dikaji lebih lanjut nilai optimum dari injeksi *brown gas* ke dalam mesin ini, mengingat proses elektrolisis juga memerlukan energi untuk proses pembentukan HHO. Analisa energinya akan membantu untuk mendapatkan kondisi yang surplus energi atau penambahan energi daya engkol selalu lebih besar dari pemberian energi untuk proses elektrolisis.



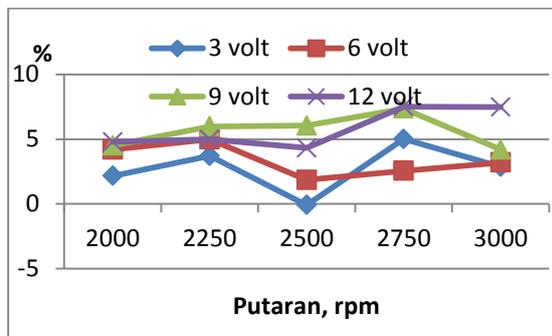
a) Kuat arus 5 A – daya engkol



b) Kuat arus 10 A – daya engkol



c) Kuat arus 5 A – *bsfc*



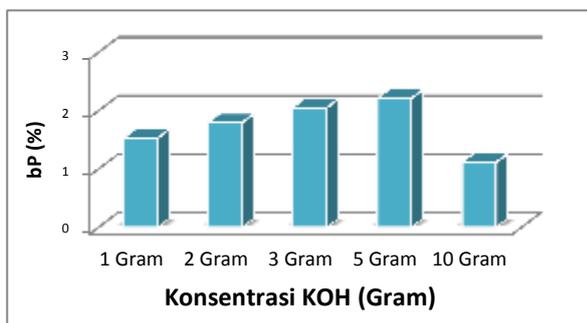
d) Kuat arus 10 A – *bsfc*

Gambar 5. Pengaruh kuat arus dan tegangan elektrolizer terhadap daya engkol dan konsumsi bahan bakar.

### B. Pengaruh konsentrasi katalis terhadap daya engkol dan konsumsi bahan bakar

Persentase daya engkol dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol rata-rata (*bsfc*) dihitung dengan menjumlahkan seluruh variasi pengujian dengan menggunakan elektroliser. Tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa besar persentase pengaruh penggunaan elektro-liser untuk tiap-tiap variasi pengujian yang digunakan terhadap peningkatan daya engkol dan penurunan *bsfc*. Kemudian akan diketahui konsentrasi yang memiliki persentase yang paling baik terhadap peningkatan daya engkol dan penurunan *bsfc*.

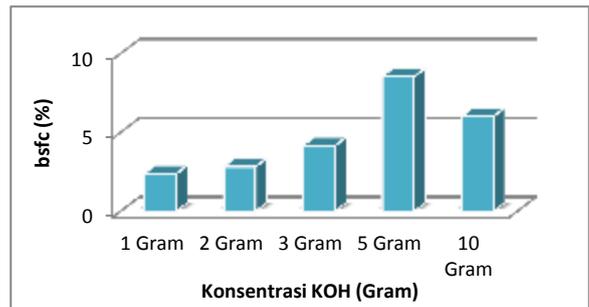
Penggunaan katalis pada proses elektrolisis dapat mempermudah penguraian air menjadi hidrogen ( $H_2$ ) dan oksigen ( $O_2$ ). Dimana katalis berfungsi memperbesar kecepatan reaksi (mempercepat reaksi) dengan jalan memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru.



Gambar 6. Presentasi peningkatan daya engkol rata-rata

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa, peningkatan konsentrasi katalis akan meningkatkan daya engkol dengan konsentrasi KOH optimum terjadi pada pemberian 5 gram KOH yang menghasilkan daya engkol rata-rata terbesar yaitu 0,00159 kW atau 2,211 %. Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi KOH, maka proses elektrolisis yang terjadi akan semakin cepat. Hal ini mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen

karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kesetabilan molekul air menjadi menjadi ion H dan OH yang lebih mudah di elektrolisis. Dengan kata lain energi untuk menguraikan air menjadi lebih rendah.



Gambar 7. Persentase penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (*bsfc*) pada berbagai konsentrasi KOH

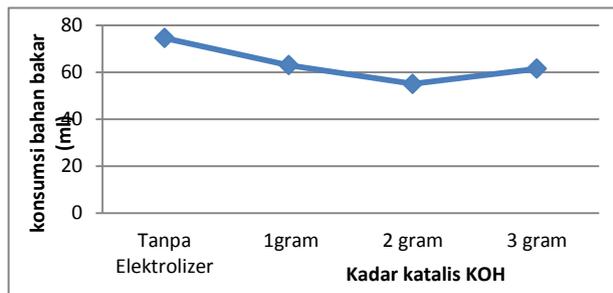
Pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa kondisi persentase penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik terjadi pada konsentrasi KOH 5 gram sebesar 0,124 kg/kWh (8,534%). Hal ini sama dengan peningkatan daya engkol terbaik terjadi pada konsentrasi 5 Gram sebesar 2,349 kW atau 2,211%. Semakin tinggi konsentrasi KOH maka proses elektrolisis yang terjadi akan semakin cepat dan menghasilkan gas HHO dalam jumlah yang banyak. Sementara itu pada konsentrasi KOH 10 gram terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar, hal ini karena daya hisap yang besar dari *intake manifold* menarik gas HHO dengan cepat sementara proses elektrolisis yang terjadi tidak dapat berlangsung dengan lama karena arus yang diserap terlalu besar sehingga arus yang dihasilkan cepat berkurang pada proses elektrolisis ini. Dengan demikian akan uap air yang ikut masuk ke dalam ruang bakar mengakibatkan pembakaran menjadi kurang sempurna.

### C. Aplikasi *brown gas* pada sepeda motor

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan *brown gas* pada sepeda motor dilakukan beberapa pengujian seperti pengujian konsumsi bahan bakar dan pengujian akselerasi.

Pengujian konsumsi bahan bakar dibedakan antara tanpa menggunakan elektroliser dan dengan menggunakan elektroliser. Pada pengujian ini data yang diambil adalah data konsumsi bahan bakar pada jarak tempuh 3 km dengan kecepatan rata-rata 50 km/jam serta teknis pengambilannya dilakukan dengan cara berkendara yang sama (perpindahan gigi secara teratur dan berjalan secara konstan), kondisi jalan yang sama dan pada kondisi jalan yang kering. Pengujian dilakukan pada siang hari dengan beban kendaraan yang sama. Hasil dari pengujian tersebut merupakan bentuk penghematan konsumsi

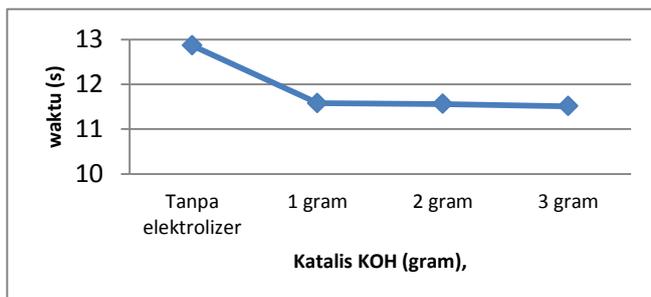
bahan bakar pada jarak 3 km berdasarkan persentasenya (selisih antara tanpa menggunakan elektroliser dan dengan menggunakan elektroliser). Data hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Konsumsi bahan bakar untuk jarak tempuh 3 km.

Hasil pengujian (Gambar 8) menunjukkan bahwa pemakaian elektroliser mampu menurunkan konsumsi bahan bakar. Hal ini membuktikan bahwa elektroliser dengan pemakaian katalis KOH menghasilkan *brown gas* (HHO) dan menginjeksikan ke ruang pembakaran melalui karburator. Pada pengujian berjalan ini penurunan terbaik pada pemakaian KOH sebesar 2 gram. Dalam pemakaian ini konsumsi bahan bakar sebesar 55 ml dari kondisi normal sebesar 74,5 ml atau dalam hal ini mengalami penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 26,2% dari kondisi tanpa elektrolizer. Sedangkan untuk penurunan konsumsi terendah pada pemakaian KOH 1 gram yaitu mengalami penghematan sebesar 15,4% dari kondisi tanpa elektrolizer atau dalam kondisi ini pemakaian bahan bakar mencapai 63 ml. Sedangkan untuk pemakaian KOH 3 gram penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 17,45% dari kondisi tanpa elektrolizer.

Pengujian parameter prestasi mesin yang lain adalah performa mesin dengan mengukur akselerasi sepeda motor. Semakin cepat waktu yang dibutuhkan menandakan semakin baik performa mesin, dan juga sebaliknya (Heywood, 1988). Pada pengujian akselerasi ini dilakukan tiga pengujian yaitu pengujian akselerasi 0–80 km/jam, 40–80 km/jam, dan kaselerasi 40–70 km/jam dengan gear trasmisi statis.

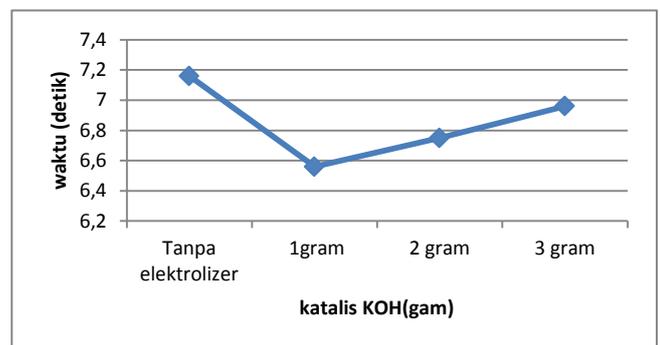


Gambar 9. Pengaruh penggunaan katalis KOH terhadap akselerasi 0–80 km/jam.

Di pengujian akselerasi ini, lokasi pengujian yang digunakan adalah selalu di tempat yang sama dan kondisi jalan kering, juga dengan cara pengambilan data yang sama, yaitu pedal gas langsung dibuka penuh pada saat pengujian. Teknis pengambilan data untuk pengujian akselerasi 0–80 km/jam dilakukan penggantian gigi perseneling (dari gigi perseneling 1 hingga 4). Grafik hasil pengujian akselerasi ditampilkan pada Gambar 9.

Berdasarkan data hasil pengujian, terlihat bahwa pemakaian elektroliser mampu meningkatkan performa mesin. Dari hasil pengujian tanpa elektrolizer untuk menuju kecepatan 80 km/jam dibutuhkan waktu 12,86 detik. Sedangkan dengan pemakaian elektroliser membutuhkan waktu yang realtif lebih cepat. Hal ini menunjukkan hasil pembakaran dengan penginjeksian gas HHO menghasilkan tenaga lebih besar disbanding-kan dengan pembakaran dengan kondisi normal. Pada pengujian yang menggunakan katalis KOH penurunan waktu terbesar terjadi pada pemakaian 3 gram, yaitu waktu yang dibutuhkan sebesar 11,51 detik. Bila dibandingkan dengan kondisi tanpa elektrolizer ini mengalami penurunan waktu sebesar 10,5%. Sedangkan penurunan terendah terjadi pada pemakaian 1 gram yaitu dengan penurunan waktu sebesar 9,9% dari kondisi tanpa elektrolizer.

Pengujian akselerasi yang ke dua adalah pengujian akselesari dari kecepatan 40 km/jam sampai 80 km/jam. Metode yang dilakukan sama dengan pengu-jian akselerasi yang sebelumnya yaitu dengan pemin-dahan transmisi secara teratur. Pengambilan data di-ambil adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan 80 km/jam dari kecepatan 40 km/jam.

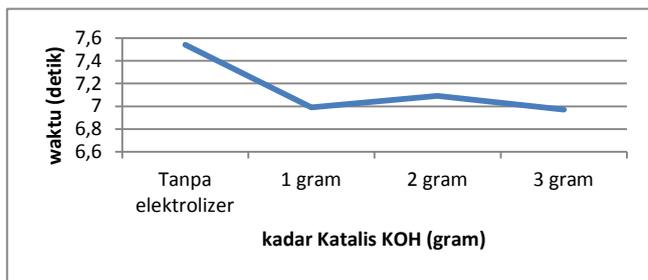


Gambar 10. Pengaruh penggunaan katalis KOH terhadap akselerasi 40–80 km/jam

Hasil data dari pengujian akselerasi 40–80 km/jam (Gambar 10) agak sedikit berbeda dengan pengujian akselerasi pada 0–80 km/jam. Untuk pemakaian katalis KOH Jika pada pengujian akselerasi 0-80 km/jam performa terbaik pada pemakaian KOH 3 gram sedangkan pada akselerasi 40–80 km/jam performa terbaik pada pemakaian

KOH 1 gram. Pada pemakaian ini waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan 80 km/jam dari kecepatan 40 km/jam adalah sebesar 6,56 detik dari kondisi normal yang membutuhkan waktu 7,16 detik, hal ini berarti mengalami penurunan waktu sebesar 8,3% dari kondisi normal. Sedangkan untuk pemakaian KOH 2 gram penurunan waktu lebih sedikit yaitu mencapai 5,7% dari kondisi normal. Pada pemakaian KOH 3 gram juga lebih sedikit penurunan waktu dari kondisi normal yaitu hanya mengalami penurunan sebesar 2,7%.

Pengujian akselerasi yang ketiga yaitu pengujian banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 70 km/jam dari kecepatan 40 km/jam dengan gear transmisi dalam keadaan statis yaitu pada kondisi gigi 4 mulai kecepatan 40 km/jam. Pengujian ini juga dilakukan pemindahan gear transmisi yang teratur sebelum mencapai kecepatan 40 km/jam. Data hasil pengujian dapat dilihat dari Gambar 11.



Gambar 11. Pengaruh penggunaan katalis KOH terhadap akselerasi 40–70 km/jam.

Dalam pengujian akselerasi ini, menunjukkan bahwa penggunaan elektroliser meningkatkan performa mesin sepeda motor. Hal ini ditunjukkan waktu yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan pada kondisi normal. Dari Gambar 11 diatas menunjukkan perbedaan kadar katalis mempengaruhi dalam peningkatan performa mesin uji. Pada penggunaan katalis KOH penggunaan terbaik pada penggunaan 3 gram. Pada penggunaan ini waktu yang dibutuhkan 6,97 detik sedangkan pada kondisi normal membutuhkan waktu selama 7,54 detik. Hal ini berarti pada penggunaan ini mampu menurunkan waktu atau meningkatkan akselerasi sebesar 7,6% dari kondisi tanpa elektroliser.

#### D. Emisi gas buang

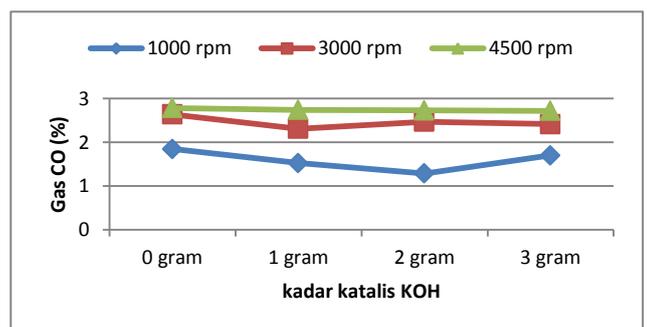
Salah satu indikator untuk menentukan kualitas baik dan tidaknya proses pembakaran adalah dengan melihat gas sisa pembakarannya. Oleh karena itu dalam pengujian ini juga dilakukan pengujian terhadap gas sisa pembakaran atau yang disebut dengan uji emisi gas buang. Prosedur pengujian ini dilakukan pada tiga variasi putaran mesin yaitu putaran rendah (1000 rpm), putaran sedang (3000

rpm) dan putaran tinggi (4500 rpm). Dengan menggunakan variasi yang sama dengan pengujian yang lainnya yaitu penggunaan katalis KOH (1 gram, 2 gram dan 3 gram). Dalam uji emisi gas buang ini gas sisa pembakaran yang diukur yaitu gas CO, CO<sub>2</sub>, dan HC.

Pengujian dilakukan dengan cara, memanaskan mesin terlebih dahulu. Kemudian menghubungkan alat pengujian emisi ke knalpot motor sesuai dengan petunjuk penggunaan alat. Pengambilan data dilakukan setelah motor dihidupkan selama 60 detik dengan putaran mesin yang sudah ditentukan. Pengambilan data ini dilakukan dua kali pengulangan. Berbeda dengan metode pengulangan pada pengujian konsumsi bahan bakar kondisi stasioner, pengulangan dilakukan dengan cara melakukan pengujian pada kondisi normal dua kali pengambilan data. Kemudian dilakukan pada pemakaian elektroliser dengan 1 gram KOH dua kali pengambilan data. Kemudian pada variasi selanjutnya yaitu 2 gram KOH, 3 gram KOH, dilakukan dengan prosedur yang sama.

#### Kandungan Gas CO

Gas CO merupakan gas yang berbahaya bagi kesehatan, gas CO berasal dari pembakaran yang miskin udara atau kekurangan O<sub>2</sub>. Semakin banyak gas CO menunjukkan ketidaksempurnaan pembakaran yang terjadi pada ruang pembakaran. Semakin rendah kandungan CO maka menunjukkan semakin sempurna-pnya pembakaran yang terjadi. Dalam lingkungan gas CO pada gas sisa pembakaran maksimal 4%. Oleh karena itu pada pengujian dianalisis penggunaan katalis dan kadar terbaik untuk menurunkan kandungan gas CO pada gas sisa pembakaran. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini yang menunjukkan hasil uji emisi antara kondisi normal dan pada kondisi menggunakan elektroliser. Hasil pengujian emisi gas buang dalam kondisi pemakaian elektroliser dengan penggunaan katalis KOH, disajikan dalam Gambar 12



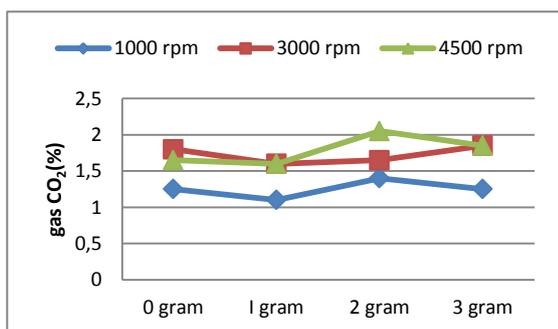
Gambar 12. Pengaruh penggunaan Katallis KOH terhadap kandungan gas CO pada emisi gas buang.

Data hasil pengujian dan data persentase penurunan gas CO di atas dapat menunjukkan bahwa, penurunan terbaik pada putaran rendah yaitu putaran 1000 rpm. Penggunaan KOH sebagai katalis, penurunan terbaik mencapai 30,08% dari kondisi tanpa katalisator (pada penggunaan 2 gram KOH). Pada Pengujian pada kondisi putaran mesin yang lebih tinggi, penurunan gas CO juga semakin menurun. Penurunan terbaik pada putaran 3000 sebesar 12,83% . Pada pengujian di putaran 4500 rpm penurunan gas CO juga semakin menurun. Pada penggunaan KOH penurunan terbaik pada pemakaian 2 gram KOH yaitu hanya mencapai 1,9% dari kondisi tanpa elektrolizer.

Semakin rendah putaran mesin maka hasil yang ditunjukkan semakin baik. Pada pengujian emisi gas buang semakin rendah putaran mesin maka penurunan gas CO semakin besar. Hal ini tentunya sama dengan hasil pengujian konsumsi bahan bakar semakin rendah putaran mesin, hasil pengujian menunjukkan persentase penurunan konsumsi bahan bakar semakin tinggi. Hal ini karena semakin tinggi putaran mesin maka laju konsumsi bahan bakar semakin tinggi sedangkan untuk laju penginjeksian HHO relative konstan. Maka semakin tinggi putaran mesin perbandingan antara gas HHO dengan bahan bakar semakin kecil, sehingga akan mengalami penurunan kemampuan dalam memperbaiki kualitas pembakaran dan menurunkan konsumsi bahan bakar.

### Kandungan Gas CO<sub>2</sub>

Berbeda dengan gas CO, gas CO<sub>2</sub> menandakan ting-at sempurnanya proses pembakaran. Semakin banyak kandungan gas CO<sub>2</sub> pada gas sisa pembakaran menandakan semakin sempurna atau baik proses pembakaran yang terjadi. Untuk itu dilakukan pengamatan data kandungan gas CO<sub>2</sub> pada gas sisa pembakaran di berbagai putaran mesin. Data hasil pengujian tentang kandungan gas CO<sub>2</sub> pada gas sisa pembakaran dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengaruh penggunaan katallis KOH terhadap kandungan CO<sub>2</sub> dalam emisi gas buang

Dari Gambar 13, dapat dilihat ada perbedaan kandungan gas CO<sub>2</sub> yang terkandung pada gas sisa pembakaran di setiap putaran mesin. Kandungan gas CO<sub>2</sub> cenderung kecil ketika pengujian pada kondisi putaran mesin 1000 rpm. Begitu juga pengaruh dari pemakaian elektrolizer terhadap peningkatan gas CO<sub>2</sub>. Sedangkan untuk pengujian pada kondisi pemakaian katalis KOH, kandungan gas CO<sub>2</sub> pada gas sisa pembakaran hanya 1,1% atau mengalami penurunan 12% dari kondisi tanpa elektrolizer yaitu 1,25%. Sedangkan pada pemakaian KOH 2 gram kandungan gas CO<sub>2</sub> meningkat menjadi 1,4% atau mengalami peningkatan sebesar 12% dari kondisi normal. Data tersebut berbeda dengan hasil pada saat pengujian pada kondisi pemakaian KOH 3 gram, pada kadar ini kandungan gas CO<sub>2</sub> pada gas sisa pembakaran sama dengan pada kondisi normal yaitu 1,25%.

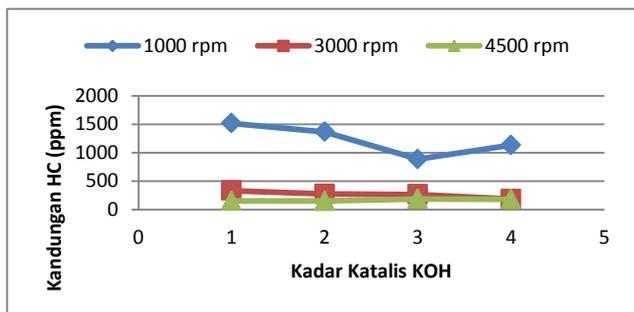
Sedangkan pada kondisi putaran 3000 rpm, efek dari penggunaan katalis KOH, kandungan gas CO<sub>2</sub> cenderung menurun. Untuk putaran ini, penggunaan KOH terbaik pada penggunaan 3 gram. Data pengujian menyatakan, pada kondisi ini kandungan gas CO<sub>2</sub> yang terkandung yaitu mencapai 1,85%. Jika dibandingkan dengan kondisi normal yang mencapai 1,8% maka gas CO<sub>2</sub> mengalami peningkatan sebesar 5,5%. Sedangkan pada kondisi penggunaan 1 gram kandungan gas CO<sub>2</sub> hanya sebesar 1,6% atau hanya mengalami penurunan sebesar 11,11% dari kondisi tanpa elektrolizer.

Sedangkan pengujian di kondisi putaran 4500 rpm, gas sisa pembakaran mengandung gas CO<sub>2</sub> sebanyak 1,6%. Hal ini lebih sedikit dibandingkan pada putaran 3000 rpm pada kondisi tanpa elektrolizer. Pengujian dengan penggunaan KOH 1 gram menghasilkan kandungan CO<sub>2</sub> sebanyak 1,6% atau mengalami penurunan 3% dari kondisi tanpa elektrolizer. Sedangkan untuk pemakaian KOH 2 gram kandungan CO<sub>2</sub> meningkat sampai 2,05%, atau mengalami peningkatan sebanyak 24,2% dari kondisi tanpa elektrolizer. Gas sisa pembakaran pada pemakaian KOH 3 gram mengandung CO<sub>2</sub> sebanyak 1,85% atau mengalami peningkatan sebesar 12,1% dari kondisi tanpa elektrolizer.

### Kandungan HC

Pengamatan data selanjutnya adalah pembahasan mengenai kandungan HC dalam gas sisa pembakaran. HC (*hidro carbon*) adalah gas yang menandakan bahwa tidak semua bahan bakar ikut terbakar. Semakin kecil kandungan HC menandakan semakin sempurna-nya proses pembakaran yang

terjadi. Pada pengujian emisi gas buang ini diamati kandungan HC pada gas sisa pembakaran dengan tiga variasi putaran mesin yang sama yaitu 1000 rpm sebagai putaran rendah, 3000 rpm sebagai putaran sedang, dan putaran tinggi yaitu 4500 rpm. Hasil pengujian mengenai kandungan HC dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Pengaruh penggunaan katalis KOH terhadap kandungan HC dalam gas sisa pembakaran

Dari Gambar 14 menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin maka kandungan HC semakin sedikit. Pada kondisi tanpa elektrolizer putaran mesin rendah atau 1000 rpm kandungan HC mencapai 1519 ppm. Sedangkan pada putaran 3000 rpm kandungan HC menurun hingga menjadi 331,5 ppm dan pada putaran 4500 rpm gas sisa pembakaran mengandung HC sebanyak 153,5 ppm. Hal ini terjadi karena ada beberapa faktor di antaranya pada putaran tinggi suhu mesin lebih panas sehingga semakin banyak bahan bakar yang terbakar. Hal ini karena semakin tinggi putaran maka frekuensi pembakaran semakin lebih cepat. Hal ini membuat kandungan HC pada gas sisa pembakaran semakin sedikit.

Akibat pemasukan gas HHO dari elektroliser ke ruang pembakaran, dari hasil pembakaran mempengaruhi terhadap kandungan HC pada gas sisa pembakaran. Hal ini karena dengan adanya tambahan gas HHO, maka panas pembakaran akan bertambah karena hasil dari reaksi H dan O<sub>2</sub> menghasilkan tenaga atau energi yang lebih besar sehingga akan membakar lebih banyak bahan bakar. Selain itu juga mendapat asupan O yang lebih dari gas HHO, yang bisa di gunakan sebagai tambahan O<sub>2</sub> untuk proses pembakaran.

Hasil Pengujian di putaran 1000 rpm menunjukkan bahwa, pemakaian elektroliser yang menggunakan katalis KOH bersifat menurunkan kandungan HC pada gas sisa pembakaran. Pada putaran rendah, penurunan HC terbesar pada pemakaian KOH 2 gram. Kandungan HC dari hasil pengujian pada kondisi pemakaian kadar katalis tersebut sebesar 886,5 ppm jika dibandingkan dengan kondisi normal yang mencapai 1519 ppm maka berarti mengalami

penurunan sebesar 41,6%. Sedangkan penurunan terendah adalah pada pemakaian 1 gram. Karena hasil pengujian di pemakaian ini penurunan kandungan HC hanya sebesar 10,07% dari kondisi normal atau pada kondisi ini kandungan HC mencapai 1366 ppm.

Pengujian yang telah dilakukan pada putaran 3000 rpm, data yang diperoleh menunjukkan bahwa, penggunaan katalis KOH yang mampu menurunkan HC paling besar adalah pada pemakaian 3 gram yaitu sebesar 44,79% dari kondisi tanpa elektrolizer atau pada pemakaian ini gas sisa pembakaran hanya mengandung 183 ppm. Sedangkan pada kondisi tanpa elektrolizer yang sebesar 331,5 ppm. Sedangkan penurunan terendah pada pemakaian KOH 1 gram yaitu penurunan kandungan HC sebesar 17,64% atau dalam hal ini kandungan HC pada gas sisa pembakaran mencapai 273 ppm.

Berbeda pada hasil pengujian di putaran 1000 rpm dan 3000 rpm, pada putaran 4500 rpm kandungan HC pada gas sisa pembakaran cenderung meningkat setelah menggunakan elektroliser. Pengujian di putaran 4500 rpm menunjukkan bahwa, penggunaan katalis KOH yang mengalami penurunan kandungan HC adalah pada pemakaian KOH 1 gram, yaitu mengalami penurunan HC sebesar 1,6% dari kondisi tanpa elektrolizer yaitu 153,5 ppm atau pada penggunaan ini kandungan HC pada gas sisa pembakaran sebesar 151 ppm. Sedangkan pada kondisi yang lain kandungan HC mengalami peningkatan. Peningkatan tertinggi pada penggunaan 2 gram. Kandungan HC pada pengujian di kondisi ini meningkat menjadi 187,7 ppm atau mengalami kenaikan 22,15% dari kondisi tanpa elektrolizer.

Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa penggunaan elektroliser mampu menurunkan kandungan HC pada gas sisa pembakaran. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan elektroliser mampu memperbaiki kualitas pembakaran pada ruang pembakaran. Tapi penurunan kandungan HC pada gas sisa pembakaran hanya terjadi pada putaran rendah dan sedang dalam pengujian kali ini 1000 rpm dan 3000 rpm. Sedangkan pada putaran tinggi 4500 rpm penggunaan elektroliser justru meningkatkan kandungan HC pada gas sisa pembakaran.

## Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa hal yang bisa diambil sebagai simpulan, yaitu :

1. Penggunaan generator *Brown gas* sederhana (elektrolizer) pada motor Diesel 4-Langkah dapat menaikkan prestasi mesin berdasarkan kenaikan

- pada daya engkol yang dihasilkan dan penurunan pada pemakaian bahan bakar spesifik engkolnya.
2. Kenaikan daya engkol paling maksimal terjadi pada penggunaan elektrolizer dengan besar arus 10 Ampere dan tegangan 12 Volt yaitu sebesar 0,11345 kW atau 5,47%. Sedangkan penurunan pemakaian bahan bakar spesifik engkol paling maksimal terjadi pada penggunaan elektrolizer 5 Ampere 12 Volt yaitu sebesar 0,00807 kg/kWh atau 6,32%. Hal ini dikarenakan pada tegangan 12 Volt jumlah HHO yang dihasilkan intentitasnya semakin banyak sehingga semakin meningkatkan kesempurnaan dan daya ledak pada proses pembakaran bahan bakar solar.
  3. Peningkatan daya engkol rata-rata dan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik engkol rata-rata paling baik ditunjukkan saat pengujian konsentrasi KOH 5 gram dan ukuran selang penghubung ½ inci yaitu sebesar 0,075 kW (3,285%) dengan *bsfc* sebesar 0,0072 kg/kWh (5,309%) dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol terbaik saat pengujian konsentrasi KOH 5 gram dan ukuran selang penghubung ¼ inci yaitu sebesar 0,00158 kg/kWh (8,534%) dan daya engkol sebesar 0,051 kW (2,211%).
  4. Penggunaan elektroliser dengan katalis KOH pada setiap variasi kadar mampu menurunkan kandungan gas CO pada gas sisa pembakaran. Semakin banyak katalis KOH maka semakin baik dalam menurunkan kandungan CO (dalam pengujian ini 3 gram). Pada penggunaan elektroliser, semakin tinggi putaran mesin maka kemampuan menurunkan kandungan CO semakin kecil.
  5. Penggunaan elektroliser pada putaran 1000 rpm dan 3000 rpm dapat menurunkan kandungan HC dari gas sisa pembakaran. Pada putaran 4500 rpm penggunaan elektroliser menaikkan kandungan HC lebihdari 17% dari kondisi tanpa elektrolizer.

## Referensi

- Heywood, J.B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill Book Company Inc. New York.
- Hidayatullah, Poempida., Mustari, F. 2008. *Rahasia Bahan Bakar Air*. Ufuk Publishing House. Jakarta.
- Ismono. 2008. *Pengaruh Penggunaan Water Injection Terhadap Prestasi Mesin Bensin 4 Langkah*. Jurusan Teknik Mesin – Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Mustagfiry M. 2008. “*Analisa Pemilihan Elektroliser Bahan Bakar Air Pada Sepeda Motor*”. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Pradana A. 2009. “*Pengaruh Alat Penghemat BBM Pada Mesin Isuzu Panther Dilihat Dari Aspek Temperatur*”. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rahman, Arif . Y. 2010. *Pengaruh Pengaplikasian Water Injection (Wa-i) Terhadap Prestasi Motor Bensin 4 Langkah 1600 CC*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin – Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Riza, M. 2008. “*Pengaruh Kuat Arus Terhadap Laju Produksi Gas Hidrogen ( H<sub>2</sub> ) Melalui Metode Elektrolisis Pada Kompor Bahan Bakar Air*”. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.