

## Pengaruh Penggunaan *Multi Cell Water Electrolyzer* Model Spiral Terhadap Reduksi Emisi Gas Buang dan Performa Mesin Yamaha Mio

Mochammad Abdusshomad Farizi

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [fariz065@yahoo.co.id](mailto:fariz065@yahoo.co.id)

Warju

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [warju\\_mesin@yahoo.com](mailto:warju_mesin@yahoo.com)

### ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang tergolong tinggi. Tingginya pertumbuhan penduduk tersebut akan diiringi dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan transportasi yang sebagian besar bahan bakarnya masih bergantung pada hasil olahan minyak bumi, sehingga akan berdampak pada kelangkaan bahan bakar minyak. Selain itu, bahan bakar minyak dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan akibat proses pembakarannya. Zat beracun yang dihasilkan kendaraan bermotor, seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), oksigen nitrogen ( $\text{NO}_x$ ), dan yang paling berbahaya adalah timbal (Pb). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah lilitan pada *multi cell water electrolyzer* model spiral dengan *Automatic Voltage Regulator* terhadap kadar emisi dan performa mesin Yamaha Mio. Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Langkah awal sebelum pengujian adalah mendesain *multi cell water electrolyzer* dan rangkaianelistrikkannya kemudian diaplikasikan pada mesin Yamaha Mio dengan mengacu pada standar pengukuran emisi gas buang berdasarkan SNI 19-7118.3-2005 dan pengukuran performa mesin berdasarkan SAE J1349. Instrumen pengujian terdiri dari *chassis dynamometer*, *stopwatch*, *exhaust gas analyzer*, *fuel meter*, *rpm counter* dan *oil temperature meter*. Analisis data menggunakan metode deskriptif dengan memberikan gambaran fenomena yang terjadi ketika *multi cell water electrolyzer* model spiral diaplikasikan pada mesin sepeda motor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral dan *automatic voltage regulator* dapat mereduksi emisi gas buang dan meningkatkan performa mesin Yamaha Mio. Penggunaan variasi 5 lilitan spiral dapat mereduksi emisi CO dan HC pada gas buang Yamaha Mio masing – masing sebesar 25,46 % dan 19,12 %, meningkatkan torsi dan daya masing – masing sebesar 10,99 % dan 13,52 % serta menghasilkan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 20,39 %.

**Kata kunci:** *Multi cell water electrolyzer*, emisi gas buang, performa mesin, dan *automatic voltage regulator*

### ABSTRACT

Indonesia is a country with a high growth rate population. The high population will be accompanied by the increasing needs of the transportation which the fuel is still largely dependent on petroleum processed, so it will have an impact on fuel scarcity. Beside that, the fuel can make negative impacts on the environment as a result of the combustion process. Toxic substances produced by vehicles, such as carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), oxygen-nitrogen ( $\text{NO}_x$ ), and the most dangerous is lead (Pb). This research aims to determine the effect of the number of turns on the *multi cell water electrolyzer spiral model* with *Automatic Voltage Regulator* on levels of emissions and engine performance Yamaha Mio. This research is experimental research. First step before testing is designing a *multi cell electrolyzer water* and the electrical circuit. Then applied to the engine Yamaha Mio with reference to the measurement of exhaust emission standards based on ISO 19-7118.3-2005 and standard engine performance testing based on SAE J1349. The instrument consists of a *chassis dynamometer testing*, *stopwatch*, *exhaust gas analyzer*, *fuel meter*, *rpm meter counter* and *oil temperature*. Analysis of data using descriptive method to illustrate the phenomenon that occurs when *multi cell water electrolyzer spiral model* was applied to a motorcycle engine. The test results indicate that the use of *multi cell water electrolyzer spiral model* and *automatic voltage regulator* can reduce exhaust emissions and increase engine performance of Yamaha Mio. Using variations of 5 spiral turn can reduce exhaust emissions of CO and HC each to 25.46% and 19.12%, increasing torque and power each to 10.99% and 13.52%, and decreased fuel consumption by 20.39%.

**Keywords:** *Multi cell water electrolyzer*, exhaust emissions, engine performance, and *automatic voltage regulator*.

## PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat Indonesia akan hasil olahan minyak bumi tergolong tinggi sehingga akan menimbulkan ketergantungan yang sangat besar terhadap bahan bakar minyak. Menurut data ESDM (2006), cadangan minyak bumi Indonesia hanya sekitar 9 miliar barel per tahun dan produksi Indonesia hanya sekitar 900 juta barel per tahun. Jika terus dikonsumsi dan tidak ditemukan cadangan minyak baru atau tidak ditemukan teknologi baru untuk meningkatkan *recovery* minyak bumi, diperkirakan cadangan minyak bumi Indonesia habis dalam waktu dua puluh tiga tahun mendatang.

Berdasarkan sebab di atas yang akhirnya mendorong dilakukannya penelitian untuk mencari sumber energi alternatif yang terbarukan dan juga menghasilkan emisi yang aman bagi lingkungan. Beberapa sumber energi alternatif yang telah dikembangkan adalah energi surya, geothermal, angin, nuklir, dan bahan bakar air (Brown gas). Penggunaan energi alternatif ini akan menghemat pemakaian bahan bakar fosil dan secara bertahap dapat mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil sehingga ketika sumber energi fosil telah habis, masyarakat siap beralih ke sumber energi alternatif tanpa menimbulkan gejala kepanikan.

Selain dari sisi kelangkaan, bahan bakar minyak dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan jika tidak diolah dengan baik proses pembakarannya. Gas buang kendaraan bermotor terdiri atas zat tak beracun, seperti nitrogen ( $N_2$ ), karbondioksida ( $CO_2$ ), dan uap air ( $H_2O$ ). Sedangkan zat beracun yang dihasilkan kendaraan bermotor, seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), oksigen nitrogen ( $NO_x$ ), dan yang paling berbahaya adalah timbal (Pb).

Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan adalah air. Kandungan air terdiri dari  $H_2O$  dan jika dipisahkan antara kandungan  $H_2$  dengan  $O_2$  -nya dapat digunakan sebagai energi alternatif. Hidrogen merupakan gas hasil dari elektrolisa air aquades dengan menggunakan alat *water electrolyzer*. Sampai saat ini gas hidrogen memang hanya dipakai sebagai bahan bakar tambahan, akan tetapi dengan penelitian yang berkelanjutan, diharapkan nantinya gas hidrogen bisa menjadi penyuplai energi utama khususnya digunakan untuk kendaraan bermotor, sehingga ketergantungan akan premium akan dapat berkurang.

Sebagai bahan rujukan, penulis mengacu pada beberapa penelitian terdahulu. Penelitian khusus tentang pengaplikasian *water electrolyzer* untuk menghasilkan gas hidrogen sebagai bahan bakar alternatif diantaranya pada

penelitian Mubarak (2009: 59) yang menggunakan 2 buah elektroliser (*multi cell water electrolyzer*) model lilitan dapat disimpulkan bahwa torsi dan daya maksimal pada setiap gigi transmisi mengalami peningkatan antara 10 – 20 % dengan menggunakan 3 buah *water electrolyzer*. Sedangkan penurunan emisi gas buang maksimal sepeda motor kharisma didapatkan adalah sebesar 20,67%.

Penelitian sejenis dilakukan oleh Sushandika (2009), dengan menggunakan 1 buah elektroliser (*single cell water electrolyzer*) model lilitan yang diaplikasikan pada Yamaha Mio Sporty, sehingga dihasilkan peningkatan torsi sebesar 52,94%, peningkatan daya efektif sebesar 50,00%, dan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 23,28%.

Penelitian lanjutan dilakukan oleh Latif (2009), menggunakan Honda Supra Fit dengan variasi penambahan 8 buah plat pada *electrolyzer* didapatkan peningkatan torsi sebesar 6,35%, peningkatan daya efektif sebesar 7,25%, dan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 25,33%.

Penelitian lanjutan dilakukan oleh Budiono (2011) menggunakan *electrolyzer* model spiral dengan memvariasikan pemasukan gas hidrogen melalui *intake manifold* dan saringan udara pada Yamaha Vega, didapatkan peningkatan torsi sebesar 44,44% dan penurunan kadar emisi gas buang sebesar 76,66%.

Berangkat dari beberapa penelitian sebelumnya, maka penulis ingin mengkaji lebih jauh penggunaan *water electrolyzer* untuk menghasilkan gas hidrogen sebagai bahan bakar alternatif.

Penulis bermaksud mengangkat rumusan masalah tentang bagaimana variasi jumlah lilitan dan 2 buah elektroliser (*multi cell*) dengan pengaturan tegangan menggunakan *automatic voltage regulator* untuk menyesuaikan tegangan yang dibutuhkan terhadap emisi gas buang dan performa mesin Yamaha Mio.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah lilitan pada *multi cell water electrolyzer* model spiral yang dilengkapi AVR terhadap emisi gas buang dan performa mesin Yamaha Mio.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai solusi energy alternatif untuk menghemat konsumsi bahan bakar, meningkatkan performa mesin, dan mengurangi emisi gas buang pada Yamaha Mio.

**METODE**

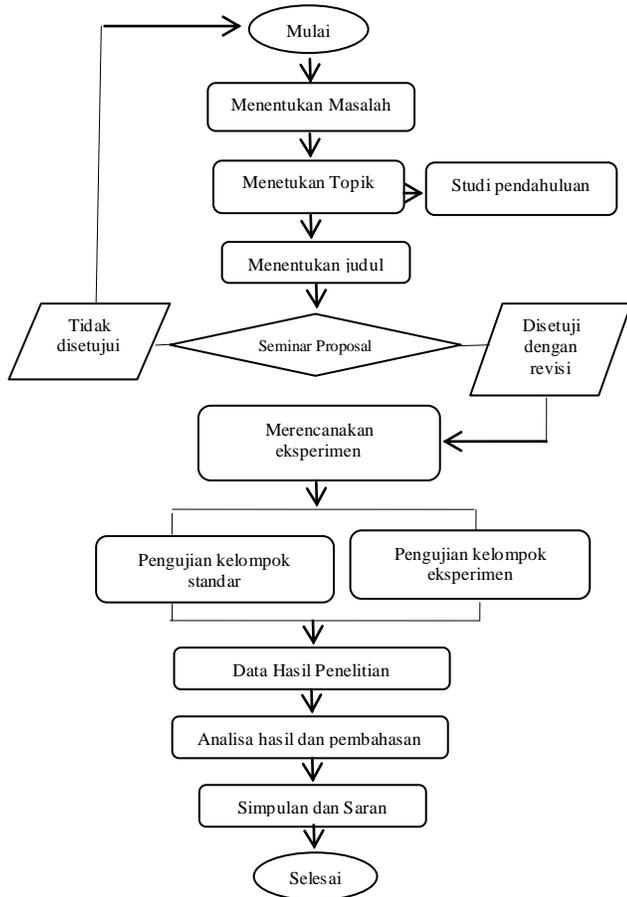
**Jenis Penelitian**

Jenis penelitian merupakan penelitian eksperimen (*experimental research*) yang membandingkan kelompok standar (tanpa penggunaan *water electrolyzer*) dengan kelompok eksperimen (dengan menggunakan *multi cell water electrolyzer*).

**Tempat Penelitian**

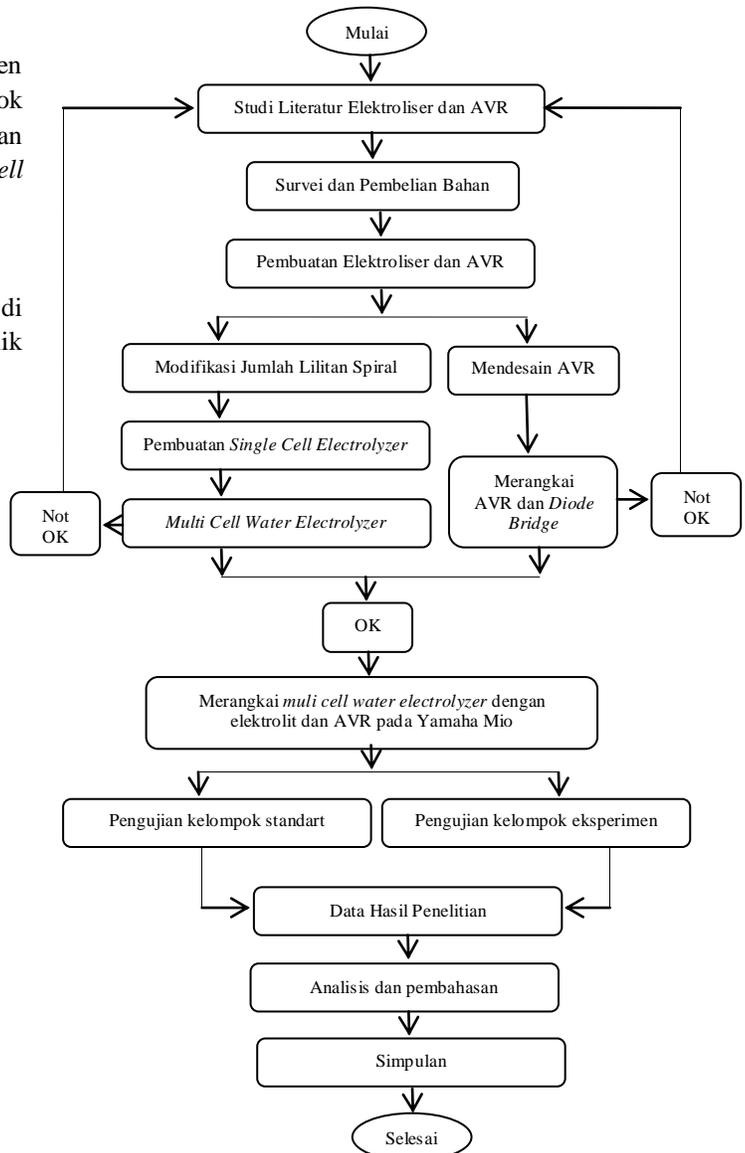
Penelitian eksperimen ini akan dilakukan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin Unesa.

**Rancangan Penelitian**



**Gambar 1.** Flow chart penelitian

**Desain Eksperimen**



**Gambar 2.** Skema desain eksperimen

**Variabel Penelitian**

- **Variabel Bebas**  
 Variabel bebas dapat disebut penyebab. Variabel bebas pada penelitian ini adalah jumlah lilitan pada *multi cell water electrolyzer* model spiral dengan *water trap* dan pengaturan tegangan dengan *Automatic Voltage Regulator*.
- **Variabel Terikat**  
 Variabel terikat disebut juga obyek penelitian. Variabel terikat pada penelitian ini adalah penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral

terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar, dan konsentrasi emisi gas buang sepeda motor Yamaha Mio tahun 2004.

- Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dapat dikendalikan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak termasuk dalam penelitian. Beberapa variabel kontrol dalam penelitian ini antara lain:

- Bahan bakar premium.
- Putaran mesin (rpm) yang digunakan antara 1000 rpm sampai dengan 9000 rpm dengan *range* 500 rpm.
- Temperatur oli mesin saat pengujian  $\geq 60^{\circ}\text{C}$ .
- Sumber arus adalah spul sepeda motor.
- Katalis Kalium Hidroksida (KOH) yang digunakan sebesar 2 gr.
- Pengaturan tegangan menggunakan *Auto Voltage Regulator* dengan spesifikasi:  
Besarnya tegangan input: 1,2 DCV - 27 DCV.  
Besarnya tegangan output dapat diatur tegangannya antara rentang 0 – 27 DCV.  
Arus yang digunakan adalah maksimal 20 Ampere.

### Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel adalah penarikan batasan yang lebih menjelaskan ciri-ciri spesifik dari suatu konsep. Tujuannya adalah agar peneliti dapat mencapai alat ukur yang sesuai dengan hakikat variabel yang sudah di definisikan konsepnya, maka peneliti harus memasukkan proses atau operasionalnya alat ukur yang akan digunakan untuk mengukur gejala atau variabel yang ditelitinya. Dalam penelitian ini akan digunakan beberapa operasional variabel, antara lain:

- Torsi  
Pengukuran torsi dilakukan untuk mengetahui besar gaya yang dihasilkan mesin setelah proses pembakaran. Alat yang digunakan adalah *chassis dynamometer*. Standar pengukuran torsi antara lain kgf.m (kilogram force-meter), lb-ft (Pound-feet), N.m (Newton-meter).
- Daya  
Menunjukkan besar tenaga yang dihasilkan mesin setelah pembakaran. Tenaga mesin diukur menggunakan *chassis dynamometer* dengan satuan Ps (Powerstroke), Kw (Kilowatt), atau Hp (Horsepower).

- Konsumsi bahan bakar  
Konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) didapatkan dengan membandingkan massa bahan bakar (mf) dengan waktu yang dibutuhkan (t) dengan satuan (ml/s).
- Emisi gas buang  
Menunjukkan konsentrasi gas buang yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar. Pengukuran konsentrasi gas buang menggunakan *exhaust gas analyzer*. Konsentrasi gas buang yang dihasilkan antara lain CO<sub>2</sub> (% vol), O<sub>2</sub> (% vol), HC(ppm), NO<sub>x</sub> (% vol), dan CO (% vol).

### Perancangan Water Electrolyzer

Perancangan *water electrolyzer* dimulai dengan pemilihan jenis elektroda spiral untuk menghasilkan gas HHO yang optimal pada saat terjadi hisapan dari ruang bakar. Penggunaan katalisator dengan komposisi yang tepat dengan larutan elektrolit (*aquades*) akan menentukan gas HHO yang dihasilkan. Selain itu, besar tegangan yang dialirkan pada *water electrolyzer* turut menentukan optimalnya gas HHO yang akan dihasilkan.

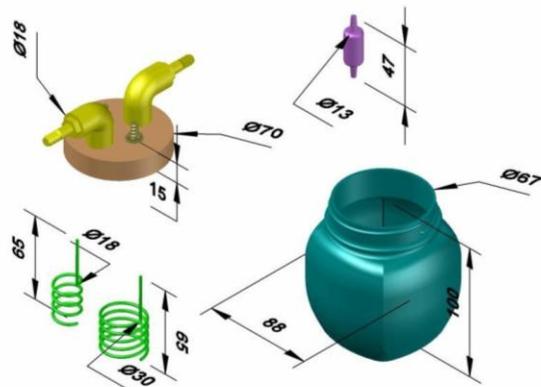
Komponen-komponen pendukung lain dari *water electrolyzer* harus memiliki spesifikasi yang tahan panas dan juga tahan terhadap korosi. Hal tersebut dikarenakan *water electrolyzer* yang digunakan akan menghasilkan panas dan juga sangat beresiko terjadi korosi akibat reaksi kimia dari katalisator.

- Tabung *water electrolyzer* 2 buah.
- Tabung *water trap* 3 buah.
- Diameter tabung *water electrolyzer* = 67 mm.
- Diameter kawat elektroda *stainless steel grade 304L*:  
Diameter lilitan spiral kutub anoda (+) = 30 mm.  
Diameter lilitan spiral kutub katoda (-) = 18 mm.
- Jumlah spiral adalah 5, 6, dan 7 lilitan pada kutub anoda (+) dan katoda (-).
- Baut kutub anoda dan katoda M10 = 4 buah.
- Ring plat = 8 buah.
- Mur M10 = 4 buah.
- Ring isolator = 8 buah.
- Elbow (L) 5 buah.
- *One way valve* 1 buah.
- *Air valve* 1 buah.
- Elektrolit *aquades* 2 L.
- Katalisator KOH 1 kg.
- Skun bulat 4 buah.
- Baut kupu-kupu 4 buah.
- Sekering 2 buah.

**Desain *multi cell water electrolyzer* model spiral**

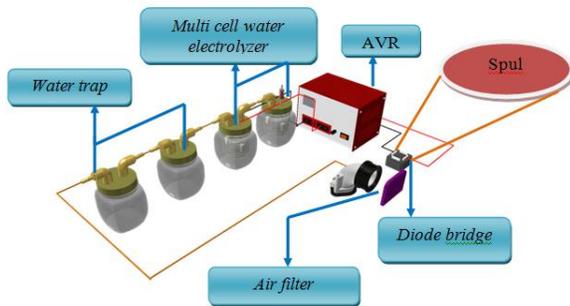


**Gambar 3.** *Multi cell water electrolyzer* model spiral



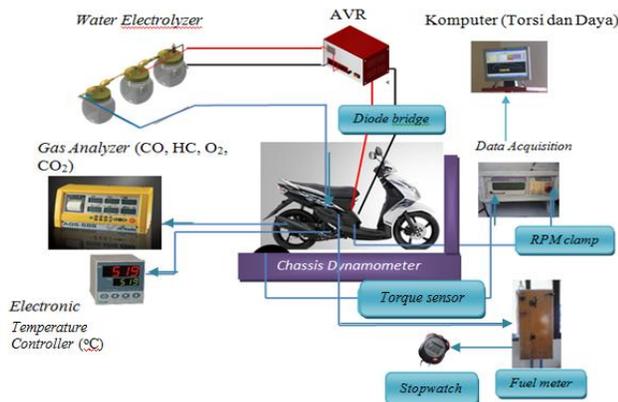
**Gambar 4.** Dimensi ukuran *water electrolyzer*

**Rangkaian *multi cell water electrolyzer***



**Gambar 5.** Rangkaian *multi cell water electrolyzer*

**Peralatan dan Instrumen Penelitian**



**Gambar 6.** Alat dan Instrumen Penelitian

**Objek Penelitian**

Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin sepeda motor Yamaha Mio tahun 2004, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Tipe Mesin : 4 Langkah, SOHC, 2 Klep.
- Diameter x Langkah : 50,0 mm X 57,9 mm.
- Volume Silinder : 113,7 cc.
- Perbandingan Kompresi : 8,8 : 1.
- Daya Maksimum : 8.9 PS.
- Torsi Maksimum : 7,84 N.
- Kapasitas Oli Mesin : 0,9 liter.
- Tahun Pembuatan mesin : 2004.
- Karburator : Keihin NCV24x1.
- Tipe Transmisi : V-belt otomatis.
- Sistem Pengapian : DC CDI

**Instrumen Penelitian**

• *Chassis Dynamometer*  
*Chassis Dynamometer* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur torsi yang dihasilkan mesin. Spesifikasi *Chassis Dynamometer* di Laboratorium Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin FT Unesa adalah sebagai berikut:

- Nama : Rextor Pro-Dyno
- Tegangan : 220V 50/60 Hz
- Range operasi : 6.000 rpm
- Kemampuan : 15 KHz
- Tipe sensor : *Digital Pick-Up*
- Tipe Input : *Logical level.*
- Produksi : PT. Rextor Technology Indonesia

• *Stopwatch*  
*Stopwatch* digunakan untuk menghitung waktu konsumsi bahan bakar pada saat pengujian. Spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Merk : Seiko
- Penunjukan data : Digital
- Ketelitian : 0,01 detik

• *Exhaust Gas Analyzer*  
 Alat ini merupakan alat pengukur polutan gas buang yang terkandung pada gas buang kendaraan. Spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Merk : Brain Bee
- Type : AGS-688
- Buatan : Italia

- Tahun pembuatan : 2008.
- Waktu pemanasan : 10 menit.
- Aliran gas : 4 liter/menit.
- Aliran gas mm : 2,5 menit

#### Rentang pengukuran:

- CO : 0÷9,99%
- CO<sub>2</sub> : 0÷19,9%
- HC : 0÷9999 ppm
- Lambda ( $\lambda$ ) : 0÷9,999
- O<sub>2</sub> : 0÷25,0%
- Rpm counter : 330÷9990Mn<sup>-1</sup>

- *Fuel Meter*

*Fuel meter* digunakan untuk mengukur laju aliran bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin. Pada pengujian ini, gelas ukur yang digunakan di *fuel meter* berkapasitas 5 ml.

#### Peralatan penelitian

- *Blower*

*Blower* adalah alat yang digunakan untuk mendinginkan mesin, agar tidak terjadi *overheat*. Adapun spesifikasinya adalah :

- Merk : KrisBow
- Model : EF-50S
- Power : 200-220 VAC ~ 50 Hz 160 Watt

#### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengacu pada standar pengujian yang ditentukan yaitu:

- Pengukuran emisi gas buang berdasarkan SNI 19-7118.3-2005 tentang pengujian emisi kendaraan kategori L.
- Pengukuran performa mesin berdasarkan SAE J1349, tentang *Engine Power Test Code – Spark Ignition and Compression Ignition – Net Power Rating*.

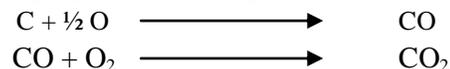
#### Teknik Analisis Data

Analisa data dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan cara menyajikan data – data yang telah terkumpul menjadi bentuk tabel, grafik, diagram lingkaran dan juga pictogram.

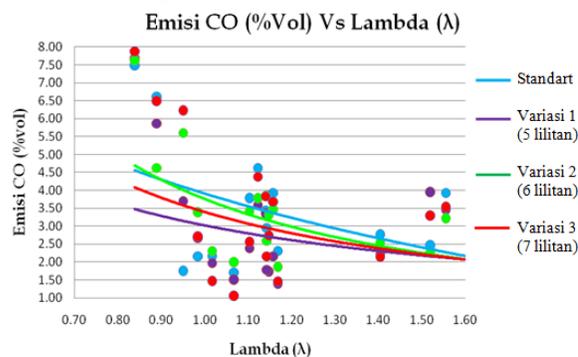
#### Hasil dan Pembahasan

##### Persentase Reduksi Emisi Gas Buang CO

Emisi CO yang timbul akibat kurangnya oksigen dalam ruang bakar dapat dipenuhi dengan penambahan oksigen yang dihasilkan dari elektrolisis air. Sehingga reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Grafik emisi gas buang CO terhadap lambda adalah sebagai berikut.



**Gambar 7.** Hubungan ( $\lambda$ ) dengan emisi CO dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral

Berdasarkan Undang – Undang Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2006, kendaraan tipe L dinyatakan lulus uji emisi jika memenuhi ambang batas emisi berikut.

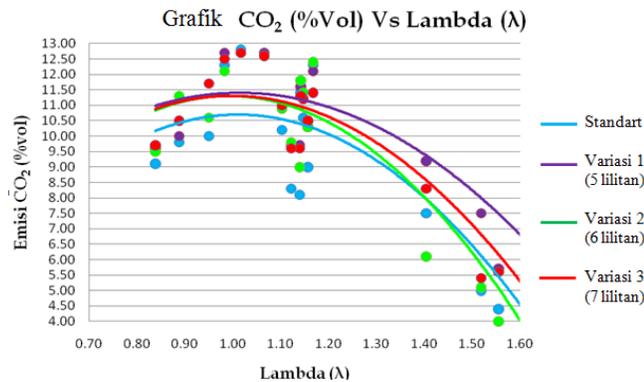
**Tabel 1.** Konsentrasi CO Terhadap Ambang Batas CO

Kendaraan Uji	Metode Pengujian	Ambang Batas Emisi CO (% Vol)	Hasil Pengujian Emisi CO (% Vol)	Keterangan
Standart	Idle	5,5	3,93	Lulus
Variasi 1 (5 lilitan)	Idle	5,5	3,47	Lulus
Variasi 2 (6 lilitan)	Idle	5,5	3,22	Lulus
Variasi 3 (7 lilitan)	Idle	5,5	3,54	Lulus

Pada penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral dengan variasi 6 lilitan dan 7 lilitan dapat menurunkan emisi CO rata – rata sebesar 14,99% dan 21,92%. Penurunan tersebut lebih sedikit jika dibandingkan dengan penggunaan 5 lilitan spiral. Penyebab turunnya persentase reduksi emisi CO dapat disebabkan oleh pengaruh lambda ( $\lambda > 1$ ) yang menyebabkan campuran bahan bakar dan udara lebih miskin. Emisi CO cenderung akan naik pada campuran kaya (kekurangan oksigen). Penyebabnya adalah karbon (C) dalam bahan bakar tidak dapat berikatan sempurna dengan oksigen (O<sub>2</sub>) dalam udara karena kurangnya gas oksigen yang masuk ke dalam

ruang bakar. Sebaliknya, pada kondisi campuran miskin (kelebihan udara) konsentrasi CO akan berbanding lurus dengan campuran bahan bakar dan udara yang dihisap oleh mesin, sehingga konsentrasi CO akan turun karena terjadi pembakaran yang lebih sempurna terhadap karbon (C) untuk memenuhi reaksi menjadi gas CO<sub>2</sub>.

Jika dikaitkan, reduksi emisi CO yang terjadi akan meningkatkan konsentrasi CO<sub>2</sub> di dalam gas buang. Sebagai bukti, peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini.



**Gambar 8.** Hubungan ( $\lambda$ ) dengan konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral

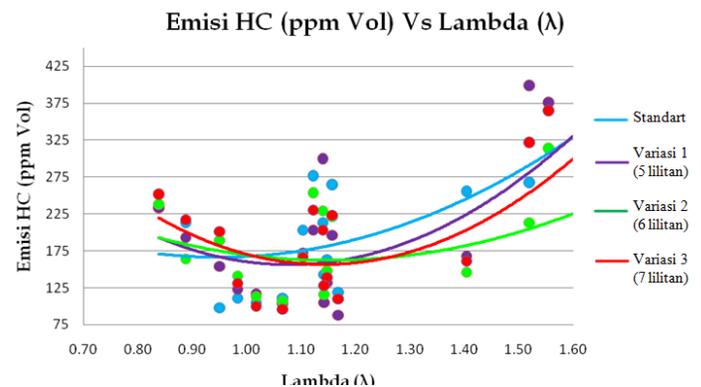
Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan senyawa yang terbentuk akibat ikatan kimia yang sempurna antara atom karbon (C) dari bahan bakar dengan atom oksigen (O<sub>2</sub>) dari udara pada proses pembakaran. Reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut.



Penggunaan *multi cell water electrolyzer* pada kondisi standart dengan lambda ( $\lambda$ ) 1,14 dihasilkan senyawa CO<sub>2</sub> sebesar 8,10 %Vol. Sedangkan pada kelompok eksperimen, penggunaan 5 lilitan spiral menunjukkan senyawa CO<sub>2</sub> terukur mengalami peningkatan menjadi 9,70 %Vol pada kondisi  $\lambda = 1,12$ . Dengan 6 lilitan spiral dan 7 lilitan didapatkan peningkatan sebesar 9,00 %Vol dengan  $\lambda$  terukur 1,14 dan 9,60 %Vol dengan  $\lambda$  sebesar 1,21. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *multi cell water electrolyzer* dan AVR dengan variasi 5 lilitan spiral, 6 lilitan spiral, dan 7 lilitan spiral akan meningkatkan CO<sub>2</sub> rata – rata sebesar 12,86%, 7,33%, dan 10,06%

### Persentase Reduksi Emisi Gas Buang HC

Perbandingan konsentrasi hidrokarbon (HC) pada gas buang kendaraan kelompok standar dan kelompok eksperimen dapat ditunjukkan pada grafik berikut.



**Gambar 9.** Hubungan ( $\lambda$ ) dengan emisi HC dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral

Hidrokarbon timbul karena adanya bahan bakar segar yang ikut keluar bersama gas buang. Keluarnya bahan bakar tersebut dapat disebabkan beberapa hal diantaranya adalah pembakaran yang tidak sempurna pada ruang bakar. Semakin tingginya kandungan HC pada gas buang menandakan semakin kurang sempurna pembakaran bahan bakar.

Penurunan HC terbesar terjadi pada variasi 5 lilitan spiral yaitu sebesar 19,12%. Hidrogen memiliki nilai kalor minimum yang lebih besar dibandingkan dengan bensin. Dengan tingginya nilai kalor minimum berarti akan meningkatkan tekanan pembakaran sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna. Semakin tinggi tingkat produksi gas hidrogen (H) yang dapat masuk ke dalam ruang bakar, maka emisi HC akan semakin berkurang. Sementara oksigen hasil elektrolisis akan membantu mengoksidasi emisi HC sehingga menjadi H<sub>2</sub>O. Sebagai bukti, pembentukan H<sub>2</sub>O pada gas buang kendaraan standart dan penggunaan *multi cell water electrolyzer* dapat dilihat pada gambar berikut.



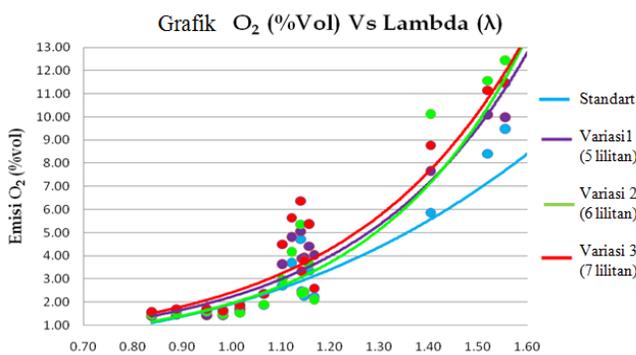
**Gambar 10.** Air yang keluar dari *gas probe* hasil pengujian emisi standart dan dengan variasi 5 lilitan

Hasil pengujian emisi HC diatas jika dibandingkan dengan Undang – Undang Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2006 untuk kendaraan tipe L, maka akan didapatkan hasil berikut ini.

**Tabel 2.** Konsentrasi HC Terhadap Ambang Batas

Kendaraan Uji	Metode Pengujian	Ambang Batas Emisi HC (% Vol)	Hasil Pengujian Emisi HC (% Vol)	Keterangan
Standart	Idle	2400	471	Lulus
Variasi 1 (5 lilitan)	Idle	2400	376	Lulus
Variasi 2 (6 lilitan)	Idle	2400	314	Lulus
Variasi 3 (7 lilitan)	Idle	2400	365	Lulus

Reduksi HC yang terjadi pada masing – masing variasi tidak terlepas dari produksi oksigen selama proses elektrolisis karena atom oksigen akan mengoksidasi HC menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Sebagai bukti, gambar 11 berikut menampilkan grafik peningkatan konsentrasi O<sub>2</sub> dalam gas buang.



**Gambar 11.** Hubungan ( $\lambda$ ) dengan konsentrasi O<sub>2</sub> dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral

Konsentrasi oksigen pada kondisi standart adalah 9,48 %Vol dengan lambda ( $\lambda$ ) 1,56. Penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral dengan variasi 5 lilitan menghasilkan konsentrasi oksigen 9,99 %Vol pada  $\lambda$  1,46, variasi 6 lilitan dan 7 lilitan menghasilkan 12,44 % oksigen pada  $\lambda$  1,95, dan 11,47 %Vol pada  $\lambda$  terukur sebesar 1,75. Rata – rata konsentrasi peningkatan oksigen dalam gas buang dengan penggunaan 5 lilitan, 6 lilitan, dan 7 lilitan spiral adalah masing – masing sebesar 21,75%, 14,59%, dan 23,51% jika dibandingkan dengan kondisi standart.

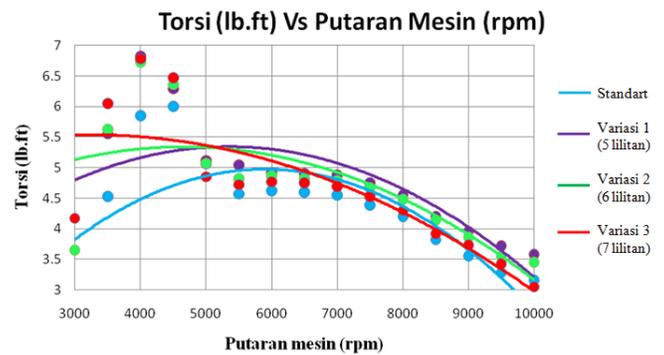
Peningkatan persentase oksigen terbesar terjadi dengan penggunaan 7 lilitan spiral yaitu dengan 23,51% . Peningkatan tersebut diakibatkan banyaknya konsentrasi oksigen pada ruangan tabung elektrolisis (*camber*) yang dapat masuk ke dalam ruang bakar. *Make up water* pada

tiap tabung elektrolisis selain menambahkan volume air juga akan menambahkan kandungan oksigen di dalam cairan elektrolit. Penambahan air dengan kandungan oksigen lebih banyak dimaksudkan untuk mengontrol pH air sehingga konsentrasi larutan elektrolit akan lebih stabil dalam menghasilkan gas hidrogen dan oksigen.

### Persentase Peningkatan Torsi

Gas hidrogen (H) yang dihasilkan dari proses elektrolisis memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dari premium. Semakin tinggi nilai kalor tersebut akan meningkatkan tekanan hasil pembakaran. Dengan demikian ketika gas hidrogen tersebut diaplikasikan pada proses pembakaran, maka akan dihasilkan pembakaran yang lebih sempurna yang akan meningkatkan performa mesin.

Peningkatan performa mesin pada Yamaha Mio dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral dapat dilihat pada grafik berikut.



**Gambar 12.** Hubungan putaran mesin dengan peningkatan torsi dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral

Peningkatan torsi rata – rata dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* dengan 5 lilitan spiral adalah 10,99%, 6 lilitan spiral sebesar 9,68%, dan dengan 7 lilitan spiral torsi meningkat sebesar 8,71%.

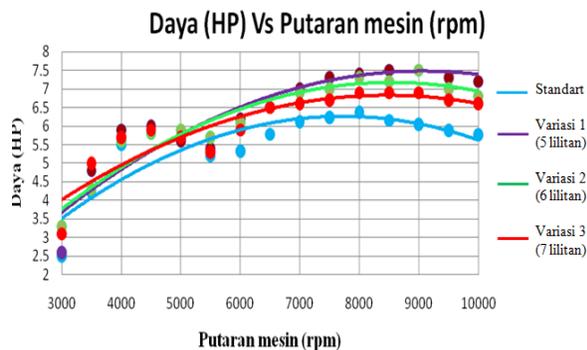
Penggunaan 5 lilitan spiral menghasilkan peningkatan rata – rata torsi terbesar dibandingkan dengan kedua variasi lain. Grafik peningkatan torsi dengan 5 lilitan spiral menunjukkan hasil yang lebih stabil. Artinya, dengan bertambahnya putaran mesin peningkatan torsi juga lebih stabil jika dibandingkan dengan kedua variasi yang lain.

### Persentase Peningkatan Daya

Peningkatan torsi yang terjadi setelah penambahan gas hidrogen juga akan berpengaruh pada daya mesin karena dengan peningkatan torsi, secara otomatis daya mesin juga

akan meningkat. Pada gambar 4.10 di atas dapat diketahui terjadi peningkatan daya ketika terjadi peningkatan torsi. Peningkatan daya standart dengan daya setelah penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral dengan variasi lilitan spiral adalah 13,52%, 11,76%, dan 10,38%. Pada putaran tinggi, daya terukur kendaraan standart adalah sebesar 6,05 HP meningkat menjadi sebesar 8,1 HP dengan penggunaan 5 lilitan spiral, 7,5 HP dengan penggunaan 6 lilitan spiral, dan sebesar 6,9 HP dengan penggunaan 7 lilitan spiral pada *multi cell water electrolyzer* model spiral ini.

Berikut adalah grafik peningkatan daya efektif mesin Yamaha Mio pada kondisi standart dan penggunaan variasi lilitan *multi cell water electrolyzer* model spiral.

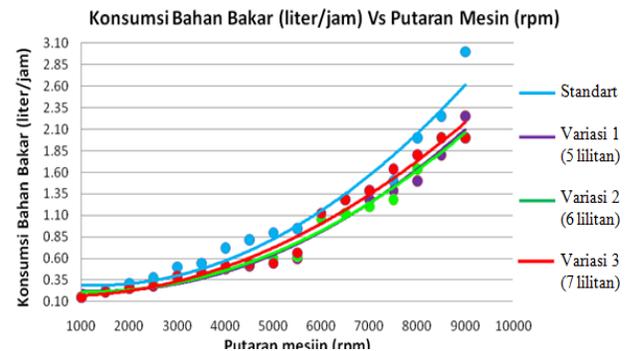


**Gambar 13.** Hubungan putaran mesin dengan peningkatan daya dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral

Peningkatan rata – rata daya terbesar didapatkan dengan penggunaan 5 lilitan spiral. Hal tersebut sebanding dengan peningkatan rata – rata torsi terbesar yang juga terjadi dengan penggunaan 5 lilitan spiral. Gas Hidrogen yang dimasukkan ke dalam ruang bakar akan membuat pembakaran yang sempurna sehingga akan menghasilkan torsi yang besar pula. Peningkatan torsi tersebut yang akan menambah daya mesin menjadi lebih besar.

### Persentase Penurunan Konsumsi Bahan Bakar

Berikut grafik penurunan konsumsi bahan bakar dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* dan AVR dengan variasi jumlah lilitan spiral.



**Gambar 14.** Hubungan putaran mesin dengan konsumsi bahan bakar dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral

Konsumsi bahan bakar merupakan perbandingan antara volume bahan bakar yang digunakan mesin per satuan waktu. Tren yang ditunjukkan pada gambar 14 menampilkan penurunan konsumsi bahan bakar yang terjadi pada semua variasi lilitan pada *multi cell water electrolyzer* model spiral ini. Penurunan konsumsi terbesar terjadi pada setiap putaran mesin. Penggunaan AVR akan memberikan efek pada elektroliser untuk menghasilkan gas hidrogen dan oksigen sesuai dengan putaran mesin. Semakin tinggi putaran akan menghasilkan daya listrik yang lebih besar sehingga akan membuat gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan semakin banyak.

Penurunan konsumsi bahan bakar rata – rata dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* dan AVR dengan variasi 5 lilitan, 6 lilitan, dan 7 lilitan masing – masing sebesar 20,39%, 20,05%, dan 16,39%.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Budiono (2011) dengan menggunakan *single cell water electrolyzer* model spiral dimana didapatkan penurunan konsumsi bahan bakar rata – rata sebesar 8,45 %, *multi cell water electrolyzer* model spiral dengan AVR ini akan menghasilkan penurunan konsumsi bahan bakar yang lebih baik yaitu sebesar 20,39 % pada setiap tingkat putaran mesin.

## PENUTUP SIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian, analisa, dan pembahasan pada bab IV, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- Penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral dan *automatic voltage regulator* dengan variasi jumlah lilitan berpengaruh pada emisi gas buang Yamaha Mio sebagai berikut.
  - Variasi 5 lilitan, 6 lilitan, dan 7 lilitan spiral pada *multi cell water electrolyzer* dapat mereduksi emisi karbon monoksida (CO) masing – masing sebesar 25,46%, 14,99%, dan 21,92%.
  - Penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral dengan variasi 5 lilitan, 6 lilitan, dan 7 lilitan dapat mereduksi emisi hidrokarbon (HC) masing – masing sebesar 19,12%, 19,00%, dan 14,24%.
  - *Multi cell water electrolyzer* model spiral dengan variasi 5 lilitan, 6 lilitan, dan 7 lilitan menghasilkan peningkatan konsentrasi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dalam gas buang masing – masing sebesar 12,86%, 7,33%, dan 10,06%.
  - Peningkatan konsentrasi oksigen (O<sub>2</sub>) dalam gas buang dengan penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral dengan variasi 5 lilitan, 6 lilitan, 7 lilitan masing – masing sebesar 21,75%, 14,59%, dan 23,51%.
- Pengaruh penggunaan *multi cell water electrolyzer* dan *automatic voltage regulator* dengan variasi jumlah lilitan spiral terhadap performa mesin Yamaha Mio sebagai berikut.
  - Penggunaan variasi 5 lilitan, 6 lilitan, dan 7 lilitan spiral pada *multi cell water electrolyzer* dapat meningkatkan performa mesin Yamaha Mio dengan persentase masing – masing sebesar 10,99%, 9,68%, dan 8,71%.
  - Peningkatan daya yang dicapai dengan variasi 5 lilitan, 6 lilitan, dan 7 lilitan pada *multi cell water electrolyzer* masing – masing sebesar 13,52%, 11,76%, dan 10,38%.
- Penurunan konsumsi bahan bakar yang dicapai dengan penggunaan 5 lilitan, 6 lilitan, dan 7 lilitan spiral pada *multi cell water electrolyzer* masing – masing sebesar 20,39%, 20,05%, dan 16,39%.

## SARAN

- Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan *multi cell water electrolyzer* model spiral dapat mereduksi emisi gas buang dan meningkatkan performa mesin. Oleh karena itu, disarankan untuk mengaplikasikan *multi cell water electrolyzer* model spiral ini pada kendaraan khususnya Yamaha Mio.
- Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk menyempurnakan penggunaan *multi cell water electrolyzer* dengan variasi tegangan yang lebih stabil untuk memaksimalkan hasil elektrolisis.
- Variasi jumlah katalis juga perlu divariasikan pada penelitian selanjutnya untuk meningkatkan efektifitas reduksi emisi dan peningkatan performa mesin.
- Penggunaan jenis logam yang digunakan sebagai elektroda dapat divariasikan lagi dengan penggunaan tembaga atau kuningan.
- Pengujian konsentrasi emisi NO<sub>x</sub> perlu ditambahkan pada penelitian selanjutnya untuk melengkapi hasil pengujian emisi.
- Pengujian tekanan balik (*back pressure*) dan tingkat kebisingan perlu ditambahkan untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto. 2005. *Motor Bakar Torak*. Bandung: ITB.
- Bosch. 2009. *Emission Control Technical Instruction*. Stuttgart: Robert Bosch GmbH.
- Budiono. 2011 “*Unjuk Kemampuan Water Electrolyzer dengan Katalis KOH Terhadap Performa Sepeda Motor Empat Langkah*”. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Hidayatullah, Poempida & Mustari, F. 2008. *Brown Energy Rahasia Bahan Bakar Air*. Jakarta Selatan.
- Obert, Edward F. 1973. *Internal Combustion Engine and Air Pollution* (3<sup>rd</sup> Ed). New York: Harper & Row Publisher, Inc.
- Sudirman, Urip. 2008. *Hemat BBM dengan Air*. Jakarta: PT. Kawan Pustaka.
- Warju. 2009. “*Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor*”. Surabaya: Unesa University Press.