

# PENGUJIAN PRESTASI MESIN ISUZU PANTHER MENGGUNAKAN ALAT PENGHEMAT BBM ELEKTROLIZER AIR

Arijanto, Toni Suryo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Phone: +62-24-7460059, FAX: +62-24-7460058, E-mail: arijanto@yahoo.com

## Abstrak

Semakin lama kebutuhan energi bahan bakar semakin meningkat, akan tetapi tidak cadangan sumber minyak bumi semakin menipis. Untuk itu diperlukan suatu terobosan baru untuk mencari alternative energi yang biasa digunakan.

Salah satu penggunaan Elektrolizer HHO adalah dengan menggunakan bahan bakar hidrogen (gas Brown). Penggunaan bahan bakar yang termasuk dalam kategori yang belum lazim digunakan oleh masyarakat umum. Hal inilah yang mendorong adanya penelitian-penelitian penggunaan Elektrolizer HHO. Dalam penelitian ini bahan bakar yang digunakan adalah gas HHO (gas Brown). Penelitian yang dilakukan adalah dengan menguji penggunaan gas Brown pada mesin diesel yang biasa digunakan sebagai kendaraan umum. Dari hasil pengujian ternyata alat penghemat ini cukup layak digunakan, walaupun ada sedikit kandungan metal yang meningkat didalam minyak pelumas. Sehingga akan diketahui bagaimana performa mesin diesel setelah menggunakan Elektrolizer HHO serta penghematan yang dapat dicapai.

Kata Kunci : Elektrolizer HHO, gas Brown, mesin diesel.

## 1. PENDAHULUAN

Dengan semakin meningkatnya kesejahteraan masyarakat Indonesia maka perkembangan sektor industri dan transportasi khususnya kendaraan akan meningkat dari tahun ketahun hal ini tak lepas dari proses pembakaran bahan bakar tersebut yang menimbulkan adanya dampak polusi dari gas buang, seiring dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar minyak. Pemikiran lebih lanjut untuk masalah diatas adalah tentang penggunaan penghemat bahan bakar. Naiknya harga bahan bakar tentu semakin menambah beban hidup terutama bila anda yang setiap hari menggunakan kendaraan. Namun demikian ada cara untuk menghemat pemakaian bahan bakar pada kendaraan mobil atau motor anda yaitu Bahan bakar air ini bisa dipasang di mobil maupun sepeda motor tanpa harus mengganti komponennya. Alatnya sangat sederhana, hanya berupa tabung plastik, stainless steel yang berfungsi sebagai elektrolizer serta zat kimia Kalium Hidroksida sebagai katalisator. Di dalam elektrolizer ini air akan diubah menjadi Hidrogen. Unsur Hidrogen ini yang nantinya akan diambil sebagai sumber tenaga untuk menjalankan mesin.

Dengan penggunaan alat penghemat bahan bakar minyak, tentunya akan mengubah daya dan torsi mesin dan kandungan gas buang, masalahnya adalah belum dapat informasi yang pasti sampai seberapa jauh perubahan daya dan torsi mesin dari motor bakar tersebut. Bertolak dari masalah tersebut maka perlu diuji dan dianalisa seberapa jauh pengaruh perbandingan daya dan torsi mesin tanpa dan dengan menggunakan alat penghemat bahan bakar minyak (BBM).

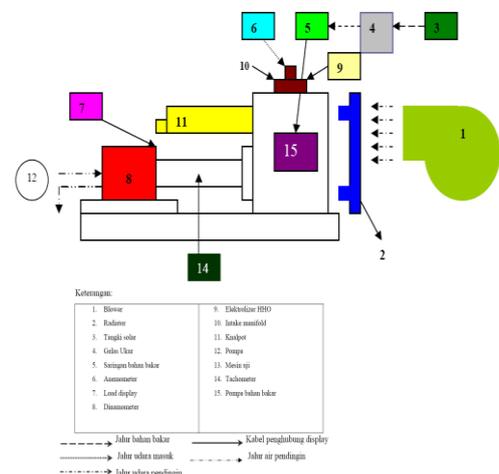
Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui prestasi mesin diesel dengan menggunakan perbandingan antara bahan bakar solar dengan dan tanpa penghemat BBM. Prestasi tersebut antara lain : Torsi dan daya yang dicapai, specific fuel consumption serta efisiensi kerja mesin
2. Mengetahui efek penggunaan alat penghemat BBM dalam mengoperasikan mesin.

## 2. METODOLOGI PENGUJIAN

### 2.1 Deskripsi Alat - Alat Uji

Alat uji yang digunakan dalam pengujian bahan bakar solar terdiri dari mesin uji, dinamometer, dan alat ukur lainnya. Susunan dari alat uji adalah seperti tampak pada skema dibawah ini:



Gambar 2.1. Skema Alat Pengujian.

## 2.2 Mesin Uji

Spesifikasi mesin yang dipakai untuk pengujian adalah sebagai berikut :

Tipe Mesin	: Mesin 4 Langkah indirect injection, Pendingin air
Merk	: Isuzu 2300cc
Jumlah silinder	: 4 buah segaris ( <i>inline</i> )
Diameter langkah	: 88 x 92 mm
Volume silinder	: 2300 cc
Daya maksimum	: 52,4/3000 (HP/rpm)
Tekanan kompresi	: 21 : 1
Putaran <i>idle</i> mesin	: 1000 – 1500 rpm

## 2.3 Bahan Bakar Diesel Minyak Bumi

Minyak bumi merupakan hasil dari Minyak mentah dipisahkan menjadi produknya dengan melalui proses yang disebut proses distilasi bertingkat. Proses ini secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut: minyak mentah dimasukkan dalam bejana tertutup kemudian dipanasi oleh kumparan yang berisi aliran uap atau gas panas. Pertama kali campuran dari yang titik didihnya rendah dialirkan keluar sebagai uap. Uap ini disalurkan keluar oleh pipa yang disambungkan ke puncak bejana, diembunkan dengan pendinginan oleh kumparan yang berisikan aliran air dingin, dan dimasukkan ke dalam tangki. Setelah seluruh campuran yang mendidih pada suhu ini telah disuling, maka aliran gas panas melalui kumparan pemanas ditingkatkan, suhu minyak mentah meningkat, dan uapnya disuling dan dialirkan ke tangki penyimpanan, dan begitu seterusnya. Dalam proses ini bisa didapat produk bensin, minyak bahan bakar diesel, minyak tanah, dan lain-lain.

Tabel 2.1

Spesifikasi bahan bakar solar Indonesia [Ref. 14]

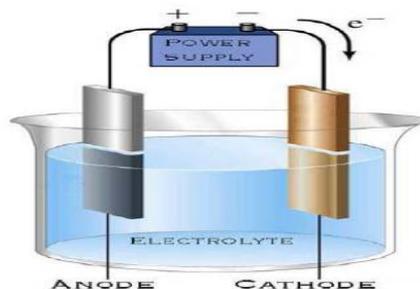
NO	Karakteristik	UNIT	Batasan		Metode Uji ASTM/lain	
			MIN	MAX	ASTM	IP
1	Angka Setana		45	-	D-613	
2	Indeks Stana		48	-	D4737	
3	Berat Jenis pada 15 <sup>0</sup> C	Kg/m <sup>3</sup>	815	870	D-1298 / D-4737	
4	Viskositas pada 40 <sup>0</sup> C	mm <sup>2</sup> /sec	2.0	5.0	D-445	
5	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.35	D-1552	
6	Distilasi : T95	°C	-	370	D-86	
7	Titik Nyala	°C	60	-	D-93	
8	Titik Tuang	°C	-	18	D-97	
9	Karbon Residu	merit	-	Kelas I	D-4530	
10	Kandungan Air	Mg/kg	-	500	D-1744	
11	Biological Growth	-	-	Nihil		
12	Kandungan FAME	% v/v	-	10		
13	Kandungan Metanol & Etanol	% v/v	-	Tak Terdeteksi	D-4815	
14	Korosi bilah tembaga	Merit	-	Kelas I	D-130	
15	Kandungan Abu	% m/m	-	0.01	D-482	
16	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0.01	D-473	
17	Bilangan Asam Kuat	mgKOH/gr	-	0	D-664	
18	Bilangan Asam Total	mgKOH/gr	-	0.6	D-664	
19	Partikulat	Mg/l	-	-	D-2276	
20	Penampilan Visual	-	-	Jernih dan terang		
21	Warna	No. ASTM	-	3.0	D-1500	

Spesifikasi sesuai Surat Keputusan Dirjen Migas 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

## 2.4 Penghemat Bahan Bakar Electrolyser HHO

Dewasa ini kebutuhan akan bahan bakar hasil penyulingan minyak bumi tidak seimbang dengan pertumbuhan kendaraan.

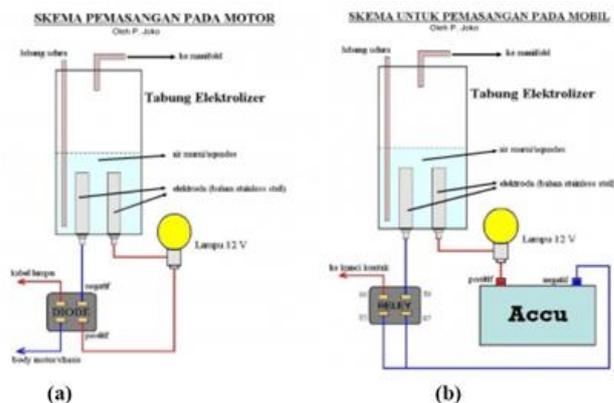
Oleh karena itu diperlukan penghematan suatu bahan bakar khususnya bahan bakar yang berasal dari penyulingan minyak bumi. Untuk kendaraan bermotor di Indonesia biasanya ditambahkan suatu alat penghemat bahan bakar yang dikenal dengan nama *Electrolyser* HHO, seperti terlihat dalam Gambar 2.2.[Ref. 14]



Gambar 2.2. Sistem elektrolisa secara umum.

Untuk membuat perangkat ini caranya cukup mudah. Tabung diisi dengan aquades (air suling) atau bisa diganti dengan air hujan sebanyak 250 cc, lalu ditambahkan soda kue (NaCO<sub>3</sub>) ataupun Kalium Hidroksida (KOH) secukupnya sebagai katalis. Terminal kabel positif dihubungkan dengan kontak yang tersambung ke positif accu dan kabel negatif dihubungkan dengan negatif accu. Apabila mesin dinyalakan akan terjadi proses elektrolisa, yaitu proses pemisahan ion-ion pada air (H<sub>2</sub>O).“Kalau menggunakan air suling harganya sedikit mahal. Tapi aquades bisa diganti dengan air hujan yang secara alamiah telah mengalami penyulingan.

Air akan tereduksi menghasilkan gas hydrogen (H<sub>2</sub>) ,yang keluar melalui selang. Kalau kemudian terjadi proses elektrolisa, maka akan mengeluarkan gas hydrogen. Selang kemudian disambungkan ke saluran sebelum kaburator (saluran yang menuju filter). Gas hydrogen tersebut akan membantu meningkatkan pembakaran di ruang bakar. Alat tersebut bisa digantungkan atau dimasukan kedalam bagasi motor, lihat skema pemasangan alat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. (a) Skema pemasangan pada motor (b) Skema pemasangan pada mobil. [Ref. 12]

## 2.4 Variabel Pengujian

Dalam pengujian ini terdapat beberapa variabel yang merupakan variabel dependent maupun variabel independent yang mempengaruhi hasil pengujian yaitu:

- Putaran mesin
- Beban pengereman
- Laju massa udara
- Laju konsumsi bahan bakar
- *Air-Fuel Ratio* ( AFR )

## 2.5 Langkah Pengujian

Supaya pengujian berjalan secara teratur dan sistematis, maka disusun beberapa langkah pengujian. Pengujian ini dilakukan 2 tahap, yaitu 1. Pengujian dengan beban - solar.

1. Pada pengujian ini dipasang dinamometer water brake sebagai beban. Dinamometer ditahan pada kondisi pembebanan tertentu. Hasil dari pengujian ini akan dibandingkan dengan pengujian dengan beban - dengan penghemat bahan bakar Electrolyser HHO.

Pengujian dengan beban- *Electrolyser* HHO.

2. Pada pengujian ini dipasang alat *Electrolyser* HHO. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh penambahan gas HHO dengan solar terhadap prestasi mesin diesel seperti daya, torsi, AFR, konsumsi bahan bakar pada kondisi pembebanan.

Sedangkan untuk menguji variabel-variabel pengujian dilakukan langkah-langkah berikut :

1. Putaran mesin

Alat : *Tachometer*

Laju massa udara

Alat : *Anemometer*

2. Beban

Alat : *Dinamometer*

Langkah pengujian:

- Pasang dinamometer.
- Pasang saluran air dari tangki ke dinamometer, pastikan tidak ada kebocoran.
- Lakukan pembebanan yang diinginkan dengan mengatur debit air yang masuk ke dynamometer.

3. Melakukan pengukuran konsumsi bahan bakar

- Memutus aliran bahan bakar ke selang
- Dengan menggunakan stopwatch, ukur waktu untuk tiap 10 cc pada gelas ukur

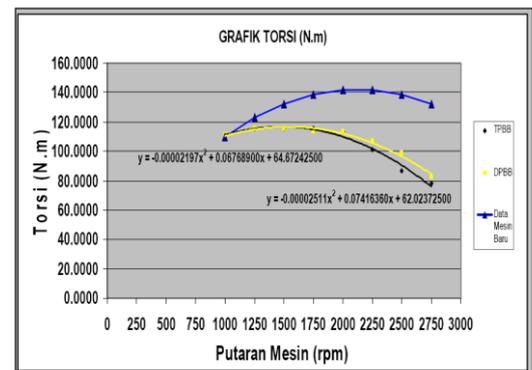
## 3. ANALISA

### 3.1 Prestasi Mesin

Torsi dan Daya Pengereman Dari data-data yang didapatkan, maka dapat dibuat suatu grafik hubungan antara torsi dengan putaran mesin, pada Gambar 3.1.

Pada Gambar 3.1 terlihat hubungan antara torsi roda dengan putaran mesin membentuk grafik parabolik.

Pada grafik berwarna biru (data mesin baru), pada putaran rendah, torsi yang dihasilkan kecil dan akan terus meningkat dan mencapai maksimum pada putaran 2250 rpm torsi maksimum yang dihasilkan sebesar 142,361 N.m, dan kemudian terus menurun pada putaran yang lebih tinggi. Penurunan torsi pada putaran tinggi ini terjadi karena pengaruh volume campuran udara bahan bakar yang cenderung berkurang dengan naiknya putaran. Volume campuran udara bahan bakar di sini berkaitan dengan derajat pengisian silinder yang tidak sempurna pada putaran tinggi. Katup hisap dan buang cenderung mengalami *floating* yaitu tidak dapat menutup secara sempurna yang diakibatkan waktu yang sangat singkat. Selain disebabkan adanya penurunan volume bahan bakar, penurunan torsi ini juga diakibatkan oleh kenaikan torsi gesek (torsi untuk mengatasi hambatan gesek di dalam mesin) yang bertambah besar seiring gaya pengereman yang kecil sehingga kecepatan piston bergerak naik – turun akan meningkat/ berputar lebih cepat.



Gambar 3.1. Grafik perbandingan torsi terhadap putaran mesin

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui untuk grafik berwarna hitam/tanpa penghemat bahan bakar solar pada putaran rendah torsi yang dihasilkan kecil, yaitu sebesar 111,245 dan akan terus meningkat dan mencapai maksimum pada putaran 1500 rpm, torsi maksimum yang dihasilkan sebesar 115,365 N.m kemudian terus menurun pada putaran mesin yang lebih tinggi dengan torsi yang dihasilkan sebesar 78,284 N.m pada putaran 2750 rpm.

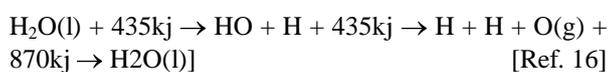
Pada Gambar 4.1 dapat diketahui untuk grafik berwarna kuning/dengan penghemat bahan bakar (ektrolizer HHO) pada putaran rendah torsi yang dihasilkan kecil dan akan terus meningkat dan mencapai maksimum pada putaran 1500 rpm torsi maksimum yang dihasilkan sebesar 115,365 N.m kemudian terus menurun pada putaran mesin yang lebih tinggi dengan torsi yang dihasilkan sebesar 82,404 N.m pada 2750 rpm.

Secara keseluruhan pada Gambar 4.1 pada putaran rendah torsi yang dihasilkan kecil dan akan terus meningkat dan mencapai maksimum kemudian terus menurun pada putaran mesin yang lebih tinggi.

Hal ini dikarenakan pada pembebanan yang besar, sebagian besar energi bahan bakar digunakan untuk melawan gaya pengereman, sehingga mesin tidak mampu untuk berputar lebih cepat. Sedangkan pada pembebanan yang ringan, energi bahan bakar yang digunakan untuk melawan gaya pengereman kecil sehingga mesin mampu berputar lebih cepat.

Pada grafik yang membandingkan antara penggunaan Elektrolizer HHO ataupun tanpa menggunakan Elektrolizer HHO dimana torsi yang dihasilkan dengan Elektrolizer HHO lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan Elektrolizer HHO. Hal ini dikarenakan nilai kalor dari bahan bakar yang semakin naik. Dengan adanya kenaikan nilai kalor maka torsi yang mampu diterima oleh mesin menjadi naik. Torsi maksimal tercapai pada putaran mesin 1500 rpm.

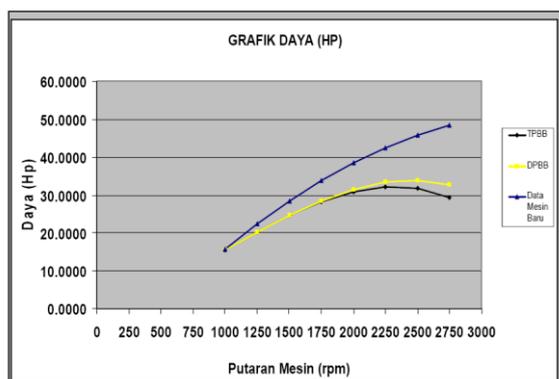
Reaksi kimia pembakaran untuk komponen campuran solar yaitu gas HHO dapat dinyatakan sebagai berikut:



Hal lain yang mempengaruhi rendahnya hasil pengukuran yaitu besarnya massa inersia yang dimiliki oleh impeler dinamometer yaitu 0,024 Kg.m<sup>2</sup> atau 240 Kg.cm<sup>2</sup>. [Ref. 18]

Dengan besarnya massa inersia dari impeler maka akan membutuhkan energi yang besar untuk memutar impeler tersebut. Hal inilah yang mengurangi torsi pengereman.

Torsi yang dihasilkan mesin uji lebih kecil dari torsi pada mesin keadaan baru, hal ini disebabkan karena faktor umur mesin, sehingga mengakibatkan prestasi mesin tersebut akan mengalami penurunan. Dari kurva torsi diatas dapat disusun kurva hubungan antara daya terhadap putaran mesin, pada Gambar 3.2:



Gambar 3.2. Grafik perbandingan daya terhadap putaran mesin.

Melihat pada Gambar 3.2 pada grafik berwarna biru (data mesin baru), grafik daya – putaran meningkat dengan kecenderungan linear sampai 2750 rpm, tetapi pada putaran di atas 3000 rpm akan menurun secara perlahan(lampiran).

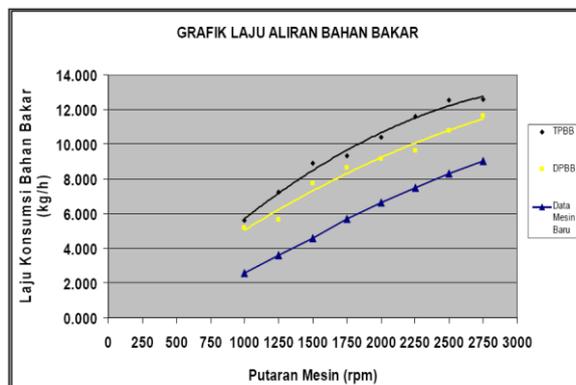
Penurunan ini dikarenakan daya yang dihasilkan mesin untuk mengatasi beban akan semakin berkurang pada putaran yang semakin tinggi.

Berdasarkan Gambar 3.2. dapat diketahui untuk grafik berwarna hitam/tanpa penghemat bahan bakar solar, pada daya – putaran meningkat dengan kecenderungan linear sampai pada daya maksimum pada putaran 2250 rpm dengan daya sebesar 32,140 HP, tetapi setelah mencapai daya maksimum akan menurun secara perlahan. Penurunan ini dikarenakan daya yang dihasilkan mesin untuk mengatasi beban akan semakin berkurang pada putaran yang semakin tinggi pada putaran 2750 rpm dengan daya sebesar 29,365 HP.

Berdasarkan Gambar 3.2 dapat diketahui untuk grafik berwarna kuning/dengan penghemat bahan bakar solar pada daya – putaran meningkat dengan kecenderungan linear sampai pada daya maksimum pada putaran 2500 rpm dengan daya sebesar 33,890 HP, tetapi setelah mencapai daya maksimum akan menurun secara perlahan. Penurunan ini dikarenakan daya yang dihasilkan mesin untuk mengatasi beban akan semakin berkurang pada putaran yang semakin tinggi pada putaran 2750 rpm dengan daya sebesar 32,680 HP.

#### a. Laju Konsumsi Bahan Bakar dan Air/Fuel Ratio

Selain kandungan nilai kalor pada bahan bakar, laju konsumsi bahan bakar juga menentukan torsi dari suatu mesin. adapun laju konsumsi yang dapat dicapai pada Gambar 3.3:



Gambar 3.3. Kurva perbandingan laju konsumsi bahan bakar terhadap putaran mesin.

Pada Gambar 3.3 kita dapat melihat bahwa pada grafik berwarna biru (data mesin baru) meningkat dengan kecenderungan linear serta mengkonsumsi bahan bakar paling sedikit daripada tanpa penghemat bahan bakar dan dengan penggunaan penghemat bahan bakar. Hal ini berhubungan dengan kondisi mesin masih keadaan baru sehingga percampuran bahan bakar dan udara mempunyai perbandingan yang tepat.

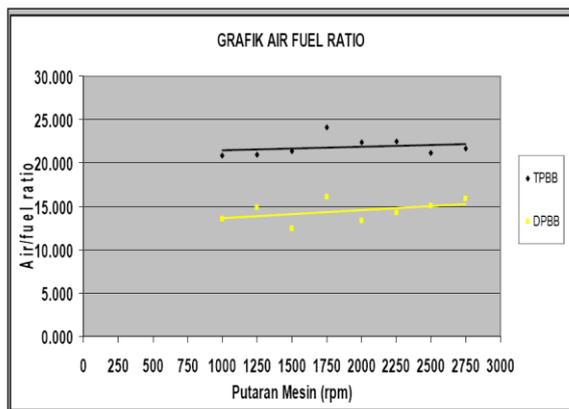
Berdasarkan Gambar 3.3 dapat diketahui untuk grafik berwarna hitam/tanpa penghemat bahan bakar solar meningkat dengan kecenderungan linear.

Pada putaran 1000 rpm mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 5,60 kg/h dan terus meningkat seiring dengan kenaikan putaran mesin, pada putaran 2750 rpm mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 12,60 kg/h.

Berdasarkan Gambar 3.3 dapat diketahui untuk grafik berwarna kuning/dengan penghemat bahan bakar solar meningkat dengan kecenderungan linear. Pada putaran 1000 rpm mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 5,178 kg/h dan terus meningkat seiring dengan kenaikan putaran mesin, pada putaran 2750 rpm mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 11,631 kg/h.

Secara keseluruhan pada Gambar 3.3 grafik laju konsumsi bahan bakar didapatkan kenaikan laju konsumsi seiring dengan kenaikan rpm. Hal ini dikarenakan semakin tinggi rpm maka semakin banyak penyemprotan bahan bakar yang dilakukan oleh pompa bahan bakar, sebagai contoh pada rpm 1500 terjadi 750 kali penyemprotan bahan bakar, sedangkan pada rpm 2500 terjadi 1250 kali penyemprotan bahan bakar.

Pada Gambar 3.3 grafik yang membandingkan antara penggunaan Elektrolizer HHO ataupun tanpa menggunakan Elektrolizer HHO terjadi perbedaan laju konsumsi bahan bakar, hal ini berhubungan dengan nilai kalor dari masing – masing bahan bakar. Pada pengujian tanpa penghemat bahan bakar, nilai kalor bahan bakar sebesar 42940 kJ/kg akan mengkonsumsi bahan bakar lebih banyak daripada dengan pemakaian alat penghemat bahan bakar (Elektrolizer HHO) dengan nilai kalor bahan bakar sebesar 43297 kJ/kg, dengan jam operasi yang sama. Pada variasi campuran, bahan bakar solar dengan gas HHO terjadi kenaikan nilai kalor, sehingga dengan nilai kalor yang semakin naik, berarti membutuhkan lebih sedikit bahan bakar untuk menghasilkan daya yang setara dengan bahan bakar solar.



Gambar 3.4. Grafik perbandingan AFR terhadap putaran mesin.

Laju konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh mesin uji lebih besar dari laju konsumsi bahan bakar yang sebenarnya, hal ini disebabkan karena kondisi dari mesin uji akibat faktor umur mesin, sehingga banyak part-part mesin mengalami keausan

baik itu dari piston, katup masuk, katup buang, pompa bahan bakar, ataupun nozzle tidak dapat menyemprot dengan sempurna, yang akan mengakibatkan campuran bahan bakar dan oksigen mempunyai perbandingan yang tidak tepat/pembakaran yang tidak sempurna.

Hal lain yang mempengaruhi nilai torsi adalah air/fuel ratio (AFR). Bila AFR mendekati sempurna atau AFR stoikiometri maka terjadi pembakaran yang sempurna, hasilnya torsi yang dihasilkan maksimal. Gambar 3.4 berikut ini adalah nilai AFR yang tercapai pada pengujian.

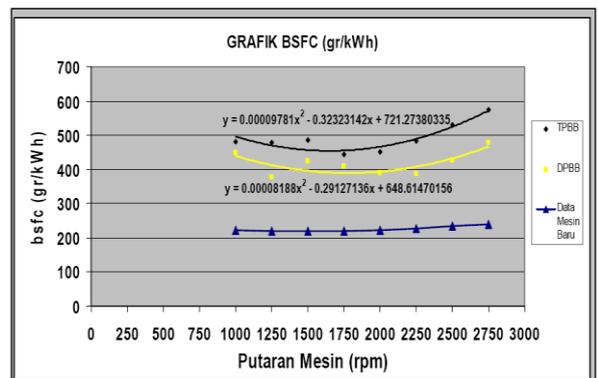
Melihat secara langsung pada Gambar 3.4 dapat diketahui untuk grafik berwarna hitam/tanpa penghemat bahan bakar solar, meningkat dengan kecenderungan linear. Nilai AFR terendah terjadi pada putaran 1000 rpm yang mencapai angka 20,817 dan nilai AFR tertinggi pada putaran 2750 rpm dengan angka sebesar 21,674.

Berdasarkan Gambar 3.4 dapat diketahui untuk grafik berwarna kuning/dengan penghemat bahan bakar solar meningkat dengan kecenderungan linear. Nilai AFR terendah terjadi pada putaran 1500 rpm yang mencapai angka 12,448 dan nilai AFR tertinggi pada putaran 2750 rpm dengan angka sebesar 16,088.

Dari keseluruhan pada Gambar 3.4 didapatkan nilai AFR meningkat seiring dengan kenaikan rpm. Pada rpm tinggi energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan torsi sangat kecil sehingga bahan bakar yang digunakan semakin sedikit. Pada penggunaan Elektrolizer HHO terjadi perbedaan nilai, hal ini dipengaruhi oleh nilai laju konsumsi bahan bakar.

#### b. Brake Specific Fuel Consumption (bsfc)

Nilai bsfc didapatkan dari massa bahan bakar dibagi dengan energi yang dihasilkan. Grafik dari bsfc pada Gambar 4.5 :



Gambar 3.5. Grafik perbandingan *break specific consumption (bsfc)* terhadap putaran mesin.

Pada Gambar 3.5 grafik berwarna biru (data mesin baru), terlihat hubungan antara bsfc dengan putaran mesin membentuk grafik parabolik, pada putaran 1000 rpm nilai bsfc yang dihasilkan besar 223 gr/kWh dan akan terus menurun mencapai titik bsfc

minimum pada putaran 1250 rpm dengan nilai *bsfc* sebesar 220 gr/kWh dan akan kembali naik hingga pada putaran 2750 rpm dengan nilai *bsfc* sebesar 240 gr/kWh.

Pada Gambar 3.5 kita dapat melihat bahwa pada grafik berwarna hitam/tanpa penghemat bahan bakar solar, terlihat hubungan antara *bsfc* dengan putaran mesin membentuk grafik parabolik, pada putaran 1000 rpm nilai *bsfc* yang dihasilkan besar 495,852 gr/kWh dan akan terus menurun mencapai titik *bsfc* minimum pada putaran 1750 rpm dengan nilai *bsfc* sebesar 455,162 gr/kWh dan akan kembali naik hingga pada putaran 2750 rpm dengan nilai *bsfc* sebesar 572,075 gr/kWh.

Pada Gambar 3.5 kita dapat melihat bahwa pada grafik berwarna kuning/dengan penghemat bahan bakar solar, terlihat hubungan antara *bsfc* dengan putaran mesin membentuk grafik parabolik, pada putaran 1000 rpm nilai *bsfc* yang dihasilkan besar 439,322 gr/kWh dan akan terus menurun mencapai titik *bsfc* minimum pada putaran 1750 rpm dengan nilai *bsfc* sebesar 389,647 gr/kWh dan akan kembali naik hingga pada putaran 2750 rpm dengan nilai *bsfc* sebesar 466,835 gr/kWh.

Dari keseluruhan pada Gambar 3.5 terlihat hubungan antara *bsfc* dengan putaran mesin membentuk grafik parabolik, pada putaran rendah nilai *bsfc* yang didapat besar dan akan terus menurun hingga titik minimum, kemudian setelah mencapai titik minimum akan kembali naik seiring dengan kenaikan rpm. Hal ini dikarenakan pada rpm tinggi massa bahan bakar yang disemprotkan banyak akan tetapi pada rpm tinggi daya yang dihasilkan turun, sehingga terjadi pemborosan atau pembakaran bahan bakar yang digunakan tidak efektif.

Pada perbandingan nilai *bsfc* antara tanpa atau dengan penggunaan penghemat bahan bakar, terlihat untuk penggunaan Elektrolizer HHO terjadi penurunan *bsfc*. Hal ini dikarenakan nilai kalor yang semakin naik, sehingga untuk membangkitkan energi per 1 kWh perlu lebih sedikit bahan bakar yang digunakan. Semakin kecil harga *bsfc* semakin bagus nilai ekonomis dari suatu bahan bakar.

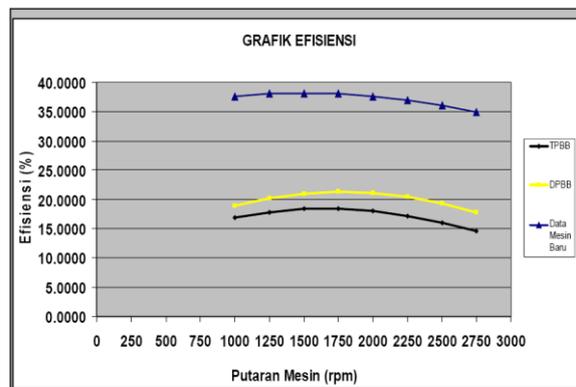
### c. Efisiensi Konversi Bahan Bakar

Effisiensi konversi bahan bakar yang tercapai diperlihatkan pada Gambar 3.6.

Pada Gambar 3.6 grafik berwarna biru (data mesin baru), terlihat hubungan antara Brake fuel conversion efficiency ( $\eta^{fb}$ ) dengan putaran mesin membentuk grafik parabolik, pada putaran 1000 rpm efisiensi yang didapatkan sebesar 37,59%, dan terus naik pada putaran mesin 1250 rpm dengan efisiensi sebesar 38,06 %, sedangkan setelah putaran 1250 rpm efisiensi turun hingga pada putaran 2750 rpm dengan efisiensi sebesar 34,88%.

Pada Gambar 3.6 grafik berwarna hitam/tanpa penghemat bahan bakar solar, terlihat hubungan antara

*brake fuel conversion efficiency* ( $\eta^{fb}$ ) dengan putaran mesin membentuk grafik parabolik, pada putaran 1000 rpm efisiensi yang didapatkan sebesar 16,90 %, dan terus naik pada putaran 1750 rpm dengan efisiensi sebesar 18,42 %, sedangkan setelah putaran 1750 rpm efisiensi turun hingga pada putaran 2750 rpm dengan efisiensi sebesar 14,66%.



Gambar 3.6. Kurva perbandingan efisiensi konversi bahan bakar terhadap putaran mesin

Pada Gambar 3.6 grafik berwarna kuning/dengan penghemat bahan bakar solar, terlihat hubungan antara Brake fuel conversion efficiency ( $\eta^{fb}$ ) dengan putaran mesin membentuk grafik parabolik, pada putaran 1000 rpm efisiensi yang didapatkan sebesar 18,93%, dan terus naik pada putaran 1750 rpm dengan efisiensi sebesar 21,34%, sedangkan setelah putaran 1750 rpm efisiensi turun hingga pada putaran 2750 rpm dengan efisiensi sebesar 17,81%.

Dari keseluruhan pada Gambar 3.6 terlihat hubungan antara Brake fuel conversion efficiency ( $\eta^{fb}$ ) dengan putaran mesin membentuk grafik parabolik. Pada dasarnya Brake fuel conversion efficiency ( $\eta^{fb}$ ) menunjukkan besarnya perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh suatu mesin dalam satu siklus terhadap jumlah energi bahan bakar yang disuplai per siklus yang dapat dilepaskan dalam suatu proses pembakaran.

$$\eta_f = \frac{3600}{bsfc \cdot Q_{HV}}$$

Dari persamaan diatas diketahui bahwa nilai efisiensi sangat dipengaruhi oleh nilai *brake specific fuel consumption* (*bsfc*) yang didapatkan, karena itu apabila harga *bsfc* nya semakin kecil maka harga efisiensinya semakin besar.

Effisiensi konversi bahan bakar yang tercapai pada pengujian dibawah 25%, hal ini dikarenakan tidak semua bahan bakar digunakan untuk beban pengereman, tetapi untuk beban-beban yang lain seperti beban inersia dari part mesin, beban pompa bahan bakar dan air radiator, beban gesekan pada piston, serta hilangnya sebagian kalor karena pendinginan air radiator dan oli.

Hal-hal yang mempengaruhi nilai efisiensi konversi bahan bakar adalah daya yang dihasilkan, laju massa bahan bakar, nilai kalor yang terkandung dalam bahan bakar. Hal-hal inilah yang menyebabkan perbedaan efisiensi konversi bahan bakar.

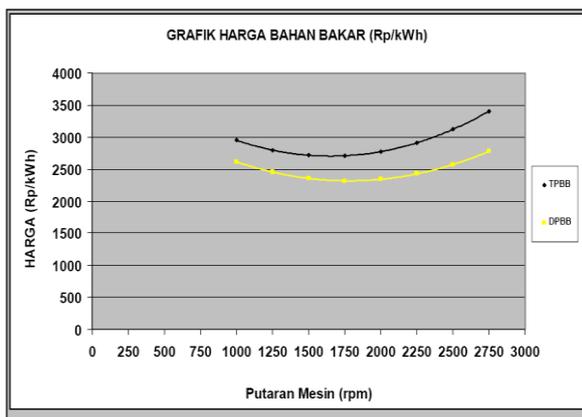
### 3.2 Nilai Ekonomis

Hal yang penting dalam mencari energi alternatif adalah nilai ekonomis. Penggunaan bahan bakar alternatif apakah akan mengalami suatu penghematan atau hanya akan menambah biaya saja. Dari beberapa variasi Pada penggunaan Elektrolizer HHO didapatkan nilai ekonomis sebagai berikut. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 3.1:

Tabel 3.1. Penghematan pemakaian Elektrolizer HHO dilihat dari nilai *sfc* dan nilai Rp/kWh

Rpm	sfc TPBB Solar	sfc DPBB solar	Rp/kWh TPBB solar	Rp/kWh DPBB solar	% hemat
2750	572.0755	466.836	3405.2114	2778.7855	18.40
2500	524.5078	432.1863	3122.0700	2572.5375	17.60
2250	489.1662	407.7716	2911.7038	2427.2122	16.64
2000	466.0510	393.5920	2774.1120	2342.8094	15.55
1750	455.1619	389.6473	2709.2973	2319.3293	14.39
1500	456.4992	395.9377	2717.257	2356.7718	13.27
1250	470.0627	412.4630	2797.9920	2455.1369	12.25
1000	495.8524	439.2233	2951.5023	2614.4247	11.42

Dari Tabel 4.3 penghematan dapat ditentukan dari dua variabel yaitu *sfc* dan harga bahan bakar per kWh. Dari data diatas didapatkan bahwa terjadi penghematan dari segi *sfc* sedangkan dari segi harga bakar per kWh terjadi penghematan yang nilainya sama dengan penghematan dari segi *sfc*. Grafik harga bahan bakar per kWh terhadap putaran mesin yang tercapai dapat dilihat pada Gambar 3.7:



Gambar 3.7. Grafik harga bahan bakar terhadap putaran mesin

Pada Gambar 3.7 grafik harga per kWh diperoleh dari hasil perkalian *bsfc* dengan harga bahan bakar per satu liter. Harga per-liter dari solar adalah Rp. 5000,00. Dari kurva tersebut didapatkan penghematan biaya, biaya termurah didapatkan pada penggunaan Elektrolizer HHO.

### 3.3 Pengoperasian mesin

- o Pada starting awal mesin untuk penggunaan Elektrolizer HHO sedikit susah. Hal ini dipengaruhi oleh Elektrolizer HHO membutuhkan arus listrik sebesar 2-2,3 volt dari aki.
- o Pengecekan saringan bahan bakar harus dilakukan, hal ini dikarenakan manakala ada kandungan air sedimen dalam bahan bakar.

### KESIMPULAN

1. Prestasi mesin yang didapat dari pengujian menggunakan penghemat bahan bakar Elektrolizer HHO antara lain :
  - a. Nilai torsi dan daya mengalami kenaikan, hal ini dipengaruhi oleh nilai kalor yang terkandung dalam bahan bakar.
  - b. Nilai brake specific fuel consumption (*bsfc*) mengalami penurunan, hal ini dipengaruhi juga oleh nilai kalor bahan bakar, semakin tinggi nilai kalor maka semakin sedikit massa bahan bakar yang digunakan untuk membangkitkan energi.
  - c. Terjadi kenaikan efisiensi yang disebabkan karena nilai *bsfc*.
2. Terjadi penghematan konsumsi bahan bakar. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan *bsfc*. Pada penggunaan Elektrolizer HHO terjadi penghematan 11 %-19 %

### SARAN

1. Perlu adanya pengujian efek penggunaan Elektrolizer HHO terhadap emisi gas buang, komponen mesin diesel.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut yang mendukung mengenai percampuran nilai kalor antara gas HHO dan nilai kalor solar.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar Wiranto, "Penggerak Mula Motor Bakar Torak", ITB Bandung, 1973.
2. Ferguson, Colin R., "Internal Combustion Engine", John Wiley & Sons Inc., Singapore, 1985.
3. Gillespie, Thomas D, "Fundamental of Vehicle Dynamics " 3<sup>rd</sup> Printing, Society of Automotive Engineers Inc, Warrendale. 1994
4. Heywood, John B. "Internal Combustion Engine Fundamentals", Mc Graw Hill Book Company, Singapore, 1988.
5. Hidayatullah, Poempida dan Mustari F, "Rahasia Bahan Bakar Air", penerbit Ufuk Press, Jakarta, 2008.
6. Jurnal pdf "Half Water Half Gas Handbook by Howard Hauk"

7. Maleev, V. L., Priambodo, Bambang. "Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
8. Turns, Stevheen R., "An Introduction to Combustion", Mc Graw Hill, Singapore, 2000
9. Walisiewicz, Marek, " *Energi Alternatif* ", Erlangga, Jakarta, 2003
10. Wulan, "*Bahan Bakar Dan Pembakaran*", Program Studi Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Jakarta, 2002.
11. [www.beritaiptek.com](http://www.beritaiptek.com)
12. [www.land-and-sea.com](http://www.land-and-sea.com)
13. [www.lipi.go.id](http://www.lipi.go.id)
14. [www.pertamina.com](http://www.pertamina.com)
15. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)