

# Pengaruh Perubahan Pemajuan Waktu Penyalaan Terhadap Motor Dual Fuel (Bensin-BBG)

Philip Kristanto, Willyanto

Dosen Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Djoko Wahyudi

Alumnus Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

## Abstrak

Selain dapat menggunakan bahan bakar bensin, motor bensin juga dapat menggunakan bahan bakar gas. Namun unjuk kerja dari motor bensin menurun ketika menggunakan bahan bakar gas. Penurunan unjuk kerja ini karena mesin tersebut memang dirancang untuk bahan bakar bensin, kecuali kalau mesin itu memang dirancang untuk berbahan bakar gas. Penurunan unjuk kerja motor ini disebabkan oleh adanya perbedaan karakteristik penyalaan dari kedua bahan bakar tersebut.

Salah satu cara untuk meningkatkan unjuk kerja dari motor bensin yang menggunakan bahan bakar gas adalah dengan mengatur pemajuan penyalaan secara elektronik sehingga waktu pengapiannya menjadi lebih tepat.

Kata kunci: kontrol otomatis, BBG, sudut pengapian.

## Abstract

*A Fuel gasoline engine can also use gas fuel beside gasoline. Nevertheless, if this gasoline engine uses gas fuel, the performance of the engine will decrease, because the engine is designed for gasoline as its fuel. This performance reduction is caused by the different characteristics of the two fuels.*

*One way to improve the performance of a gasoline engine that used gas fuel by controlling the firing time with electronic controller to make the firing time more accurate.*

*Keywords: Automatic Control, Gas Fuel, Flash Angle.*

## 1. Pendahuluan

Dewasa ini industri kendaraan bermotor telah berkembang pesat. Sebagian besar dari kendaraan bermotor tersebut menggunakan bahan bakar minyak sebagai sumber energi penggerak. Akibat penggunaan bahan bakar minyak yang cukup besar ini persediaan minyak bumi semakin menipis.

Bahan bakar gas adalah gas bumi yang mempunyai cadangan cukup besar di Indonesia dan banyak ditemukan disemua tempat pengeboran minyak baik di daratan maupun dilepas pantai. Dengan adanya pemanfaatan bahan bakar gas diharapkan masalah kebutuhan energi serta pencemaran energi dapat teratasi.

Yang menjadi masalah disini yaitu karakteristik antara bahan bakar bensin dan bahan bakar gas tidak sama. Jika bahan bakar gas digunakan pada motor bakar *dual-fuel* akibatnya unjuk kerja dari motor bakar tersebut menjadi menurun karena desain motor bakar *dual-fuel* untuk bahan bakar bensin bukan bahan bakar gas. Mengingat kecepatan pembakaran bahan bakar gas lebih lambat dari bensin, maka salah satu cara untuk memperbaikinya adalah dengan melakukan modifikasi pada *centrifugal advance* serta *vacuum advance*, dengan tujuan memperbaiki sudut pengapian yaitu dengan mempercepat saat penyalaan sehingga unjuk kerja dari motor meningkat.

Penelitian yang pernah dilakukan yaitu dengan cara memodifikasi pegas yang terdapat pada *centrifugal advance* dan *vacuum advance* dengan merencanakan konstanta pegasnya. Untuk motor bakar *dual-fuel*, hal ini sulit dilakukan pada saat motor sedang berjalan. Cara lain yang dapat dilakukan untuk

---

**Catatan** : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2001. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 3 Nomor 2 Oktober 2001.

mempercepat saat penyalaan adalah dengan memutar *distributor* untuk membantu *centrifugal advance* dan *vacuum advance* untuk memajukan saat penyalaan.

Untuk itu maka dalam penelitian ini akan dibahas perbandingan unjuk kerja motor Daihatsu CB-23 yang menggunakan bahan bakar gas dengan pemasangan *Electronic Control Module* (ECM) dan tanpa menggunakan ECM dengan bahan bakar bensin sebagai pembandingan.

## 2. Alat Percobaan

“Daihatsu”, Automotive Petrol Engine, Four

Stroke:	
Tipe Motor	: CB – 23
Silinder	: 3 in – line
Bore X Stroke	: 76 X 73
Compression ratio	: 9,5 : 1
Compression pressure	: 12,5 kg/cm <sup>2</sup> (350 rpm)
Max output	: 38 kW/ 5600 rpm
Max torque	: 75,5 Nm/ 3200 rpm
Idling speed	: 850 ± 50 rpm
Sistem penyalaan	:
Tegangan	: 12v
Type	: Battery ignition system
Waktu penyalaan	: BTDC 5° ± 2°
Urutan penyalaan	: 1-2-3
Type distributor	: Convensional type
Type braker	: Contact point type
Dynamometer	
Merk	: zollner/ 3n19a
Mx performance	: 120 kW
Max speed	: 7500 rpm
Max torque	: 525 nm
Pengatur beban	: sluice gate
Jumlah impeler	: 1
Arah pengaturan rem	: 1 arah
Suhu air inlet min.	: 2,5 bar (20°c)
	3,0 bar (30°c)
	2,5 bar (40°c)
Panjang tuas teoritis	: 0,9549 m

## 3. Teori Dasar

### 3.1 Komposisi BBG

Pada dasarnya komposisi BBG adalah metana (CH<sub>4</sub>). Berbeda dengan LNG ( gas bumi yang dicairkan) ataupun LPG (dimana komponen utamanya Propana dan butana), BBG yang dimasud disini adalah *Compressed Natural Gas* (CNG) merupakan gas yang bertekanan.

### 3.2 Keuntungan dan Kerugian BBG

Bahan bakar gas merupakan bahan bakar yang bersih. Bila pengaturan campuran

udaranya baik maka hasil pembakarannya tidak menimbulkan asap hitam dan tidak berbau. Mengingat BBG sudah berada dalam fase gas maka dengan mudah dapat bercampur dengan udara dalam ruang bakar dan dapat memberikan pembakaran yang lebih sempurna dibandingkan bahan bakar minyak (BBM).

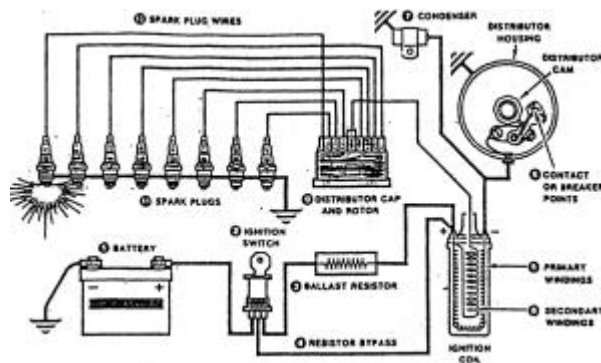
BBG mempunyai nilai oktan yang lebih tinggi dibanding dengan BBM yaitu 120-130. Dengan tingginya angka oktan tersebut maka pada ratio kompresi yang lebih tinggi tidak akan terjadi *knocking*.

Titik nyala dari BBG adalah 650°C sehingga kecepatan pembakaran BBG dibanding bensin menjadi lambat sehingga sudut pengapian harus dimajukan dan juga *conversion kit* menjadi lebih mahal.

### 3.3 Sistem Penyalaan Konvensional

Dalam sistem penyalaan konvensional terdapat dua sirkuit yang terpisah yaitu sirkuit primer dan sirkuit sekunder. Sirkuit primer merupakan sirkuit dengan tegangan rendah, yaitu input yang berasal dari accu 12 V sedang sirkuit sekunder merupakan sirkuit dengan tegangan tinggi dengan output tegangan 5 – 50 kW.

Sistem penyalaan konvensional terdiri dari *accu switch* penyalu, *Resistor Ballast*, *Resistor bypass*, *coil*, *breaker point*, *condenser*, kumparan sekunder koil, cap distributor dan rotor, kabel busi, busi, *distributor housing*.

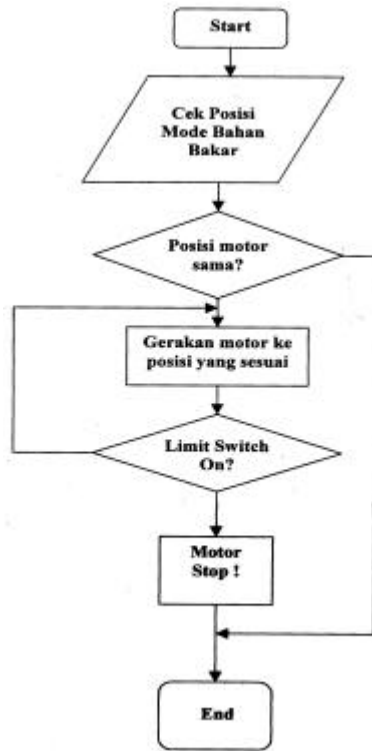


Gambar 1. Sistem Penyalaan Konvensional

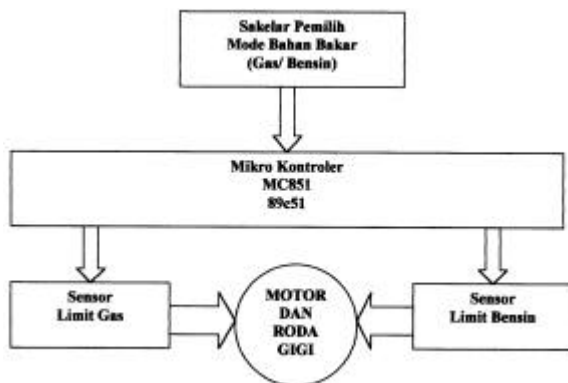
### 3.4 Prinsip Kerja Kontroller

Sistem yang dipakai untuk mengatur sudut pengapian menggunakan *Electronic Control Module* (ECM). Motor listrik untuk memutar distributor dan sepasang *limit switch* yang akan membantu ECM. Apabila saklar pemilih bahan bakar berada pada posisi bahan bakar bensin, ECM akan melakukan diagnosa posisi distributor apakah pada posisi yang benar (14° sebelum TMA melalui sinyal yang diberikan

limit switch). Hal ini berlaku juga apabila saklar pemilih bahan bakar berada pada posisi BBG. Bahasa program yang digunakan pada ECM disini adalah MCS-51TM buatan Intel, sedangkan IC yang digunakan adalah Type IC-W78E51 (8031 dengan internal PEROM 4 KB) buatan WINBOND. Diagram alir dan blok diagram dari sistem kontrol ini dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Kontrol



Gambar 3. Blok Diagram Pemilihan Bahan Bakar

### 3.5 Daya Motor

Besarnya daya motor merupakan fungsi dari torsi yang terukur oleh dinamometer dan besar putaran poros motor yang dinyatakan dengan menggunakan persamaan:

$$BHP = \frac{2 \times P \times N_d \times P \times R}{60} \text{ watt}$$

atau dapat juga dinyatakan dengan hasil kalibrasi dinamometer :

$$BHP = \frac{N_d \times P \times R}{10000} \text{ kwatt}$$

dimana:

BHP = Brake Horse Power (HP)

P = Gaya yang terbaca pada dinamometer (N)

R = Panjang lengan dinamometer = 0,9549m

N<sub>d</sub> = Putaran motor (rpm)

### 3.6 Torsi

Torsi yang dihasilkan oleh motor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Torsi} = P \times R$$

dimana: P = gaya aksi dinamometer (N)

### 3.7 Tekanan Efektif Rata-Rata

Tekanan efektif rata-rata (*Brake Mean Effective Pressure*) yang merupakan tekanan rata-rata yang bekerja pada piston selama langkah kerja dapat dihitung berdasarkan rumus:

$$Bmep = \frac{0,45 \times N \times Z}{A \times L \times i \times N_d}$$

dimana :

N = tenaga kuda poros (HP)

A = luas penampang torak (m<sup>2</sup>)

L = panjang langkah torak (m)

i = jumlah silinder

N<sub>d</sub> = putaran motor (rpm)

Z = jumlah putaran poros engkol menyelesaikan satu siklus kerja

### 3.8 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*specific fuel consumption*)

*Specific Fuel Consumption* adalah jumlah pemakaian bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor yang menghasilkan daya satu dk selama satu jam. Sfc dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Sfc = \frac{3600 \times M_b}{BHP \times t} \left( \frac{\text{kg.bahan bakar}}{\text{Hp.jam}} \right)$$

dimana :

Sfc = *specific fuel consumption*

M<sub>b</sub> = massa bahan bakar yang dikonsumsi (kg) selama t (detik)

BHP= daya yang dihasilkan motor (HP)

T = waktu yang dibutuhkan oleh motor untuk mengkonsumsi bahan bakar sebanyak M<sub>b</sub> kg (detik)

### 4. Prosedur Percobaan

Prosedur yang digunakan dalam pengambilan data pada putaran berubah adalah sebagai berikut:

1. Menghidupkan motor pada putaran *idle*.
2. Mengatur sudut pengapian motor dengan *timing light* sedemikian rupa sehingga didapatkan beban tertinggi pada dinamometer. Untuk percobaan ini didapatkan sudut 14°(untuk bensin), 20°(untuk BBG) dan dicoba 14°(untuk BBG).
3. Menghidupkan pompa air dinamometer lalu membuka kran pemasukan air ke dinamometer agar tekanan air masuk sebesar  $2,5 \pm 0,5$  bar dengan posisi pengereman 0% dan putaran motor *idle*.
4. Menaikkan putaran motor sampai 4000 rpm dengan kondisi tanpa beban (0%) dan melakukan pencatatan setelah keseimbangan tercapai.
5. Memberikan beban pada motor dengan meningkatkan pembebanan supaya didapatkan putaran motor sebesar 4500 rpm, 4000 rpm, 3500 rpm, 3000 rpm, 2500 rpm, 2000 rpm, 1500 rpm, 1000 rpm, 500 rpm. Mencatat perubahan beban pada dinamometer, kelembaban udara, temperatur dalam ruang, temperatur air radiator, tekanan pelumas, tekanan udara yang keluar dari kompresor, waktu konsumsi bahan bakar tiap 50 cc.
6. Membebaskan beban dengan mengembalikan posisi pembebanan ke 0% setelah percobaan selesai.
7. Mengulang langkah 2 sampai 6 sebanyak dua kali, setelah kondisi awal percobaan yang pertama sehingga didapatkan tiga data percobaan.

### 5. Data Percobaan

**Tabel 1. Tabel Data Percobaan untuk Sudut Pengapian 14 Drajat sebelum TMA Berbahan Bakar Gas (Beban Berubah Putaran Berubah)**

Putaran (rpm)	Gaya (N)	Torsi (N.m)	BHP (HP)	bmp (kgf/cm <sup>2</sup> )	P-oli (bar)	T-mesin (°C)
3000	35,833	34,21725	13,76029	4,155159	4,7	49,3333
2800	39,333	37,5594	14,09736	4,561011	4,6	50
2600	42,167	40,26495	14,03336	4,889559	4,5	52,6667
2400	44,5	42,49305	13,67069	5,160127	4,4	55
2200	46,333	44,2437	13,04774	5,372717	4,3	56,3333
2000	47,5	45,35775	12,16025	5,508001	4,2	57
1800	49	46,7901	11,28984	5,681938	4,2	58
1600	47	44,8803	9,625802	5,450022	4	60,6667
1400	42,333	40,4241	7,586292	4,908885	3,9	64
1200	40	38,196	6,144129	4,638317	3,8	68

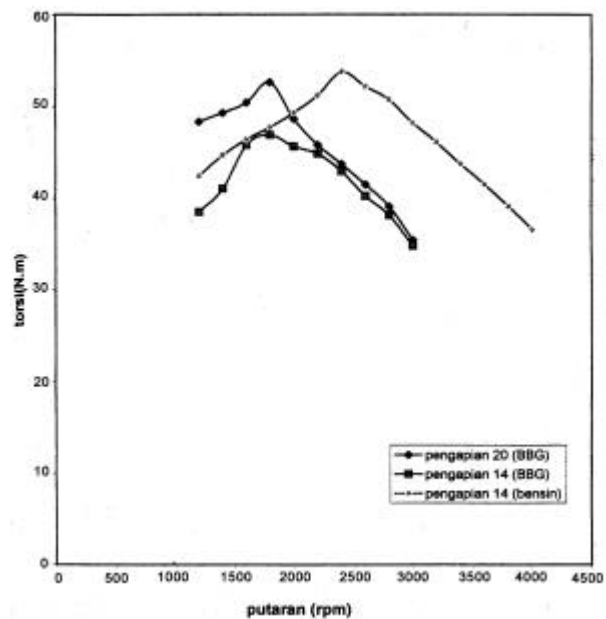
**Tabel 2. Tabel Percobaan untuk Sudut Pengapian 20 Drajat sebelum TMA Berbahan Bakar Gas (Beban Berubah putaran Berubah)**

Putaran (rpm)	Gaya (N)	Torsi (N.m)	BHP (HP)	bmp (kgf/cm <sup>2</sup> )	P-oli (bar)	T-mesin (°C)
3000	36,833	35,17215	14,81233	4,472842	4,7	55
2800	40,833	38,99175	15,32618	4,95858	4,5	54,6667
2600	42,833	40,90155	14,92851	5,201449	4,4	55,3333
2400	45,167	43,12965	14,53083	5,484797	4,2	56
2200	48,167	45,99435	14,20465	5,849101	4,2	57,6667
2000	52	49,6548	13,94102	6,3146	4,1	59,6667
1800	56	53,4744	13,51206	6,800338	4	61
1600	53,5	51,08715	11,47453	6,496752	3,9	62
1400	52,5	50,13225	9,852547	6,375317	3,8	64
1200	50	47,745	8,042895	6,071731	3,4	67

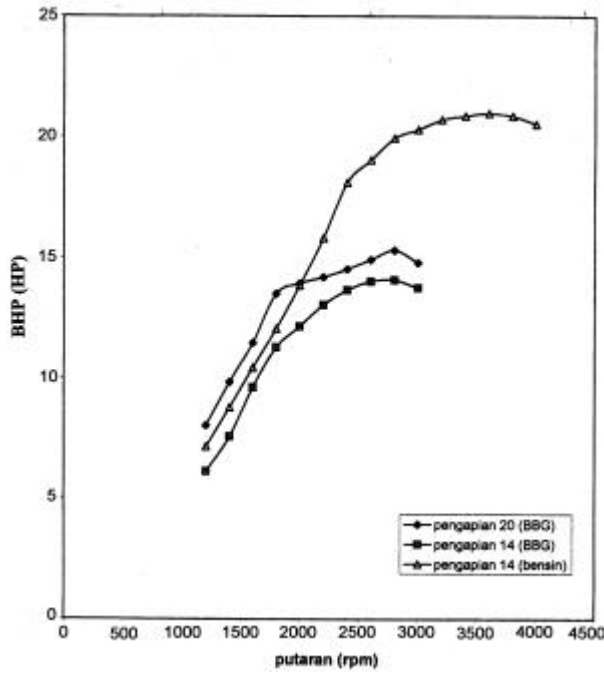
**Tabel 3. Tabel Data Percobaan untuk Sudut Pengapian 14 Drajat sebelum TMA Berbahan Bakar Bensin (Bahan Berubah Putaran Berubah)**

Putaran (rpm)	Gaya (N)	Torsi (N.m)	BHP (HP)	bmp (kgf/cm <sup>2</sup> )	P-oli (bar)	T-mesin (°C)
4000	38,33	36,6045	20,55407	4,654994	5,5	47
3800	41	39,1509	20,88472	4,978819	5,3	52
3600	43,5	41,53815	20,99196	5,282406	5,1	60
3400	45,83	43,76625	20,88919	5,565753	4,9	64
3200	48,33	46,1535	20,7328	5,86934	4,8	66
3000	50,5	48,2245	20,30831	6,132448	4,6	70
2800	53,17	50,76885	19,95532	6,456274	4,5	73
2600	54,67	52,2012	19,05273	6,638426	4,3	77
2400	56,33	53,7927	18,12332	6,840817	4,1333	81,333
2200	53,67	51,2463	15,82663	6,516991	4,0667	79,667
2000	51,67	49,3365	13,85165	6,274122	3,9333	79,667
1800	50	47,745	12,06434	6,071731	3,7333	76
1600	48,67	46,4718	10,43789	5,909818	3,4667	72
1400	46,83	44,72115	8,789097	5,687188	3,4	70
1200	44,5	42,49305	7,158177	5,40384	3	69

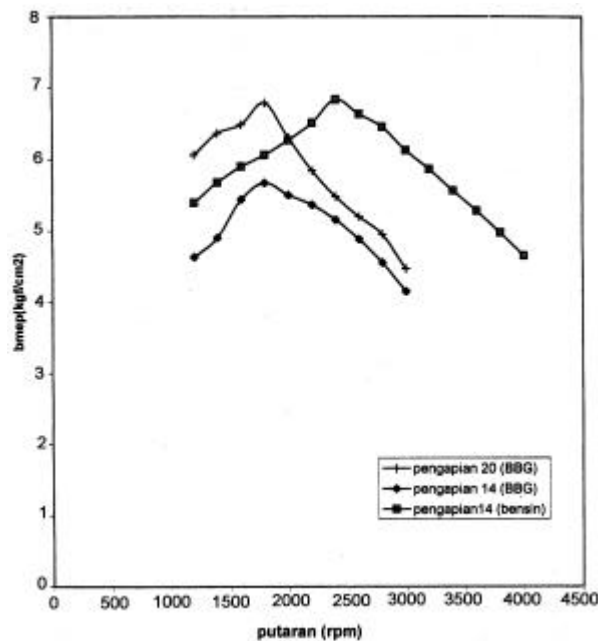
### 6. Analisa Hasil Percobaan



Gambar 4. Torsi Fungsi Putaran



Gambar 5. BHP Fungsi Putaran



Gambar 6. BMEP Fungsi Putaran

Hasil yang didapat menunjukkan bahwa dengan merubah sudut pengapian dapat meningkatkan performanse pada motor berbahan bakar BBG baik pada beban 0%, 2,5%, 5%, 7.5% maupun 10%. Bahkan terlihat pada pembebanan 10%, dengan menggunakan sudut pengapian standar (14° sebelum TMA) motor hanya dapat mencapai 2400 rpm, sedangkan menggunakan sudut pengapian 20° sebelum TMA motor dapat mencapai 2600 rpm. Hal ini

terlihat bahwa dengan pembebanan yang cukup besar dibutuhkan pemajuan sudut pengapian yang cukup besar agar bahan bakar dapat habis terbakar tepat pada waktunya dan menghasilkan daya yang maksimum. Apabila tidak dilakukan pemutaran pada distributor untuk memajukan sudut penyalaan, kerja centrifugal advance tidak dapat memenuhi kebutuhan, karena pegas yang terdapat pada *centrifugal advance* didesain untuk motor bensin bukan untuk bahan bakar gas.

Pada grafik percobaan beban berubah putaran berubah terlihat bahwa torsi dan bmep maksimum terletak pada putaran 1800 rpm sedangkan BHP terletak pada putaran 2800 rpm. Pada putaran sebelum 2000 rpm, torsi, BHP, dan bmep yang dihasilkan oleh pembakaran BBG dengan sudut pengapian 20% sebelum TMA lebih besar bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar bensin. Hal ini disebabkan karena kecepatan pembakaran BBG lebih lambat dari pada bensin dan pada putaran sebelum 2000 rpm BBG dapat terbakar sempurna, sedangkan semakin tinggi rpm dibutuhkan kecepatan pembakaran yang semakin cepat. Disini komponen untuk pemajuan penyalaan fungsi rpm didisain untuk motor bensin, jadi kemampuan untuk menyesuaikan terbatas.

Dari percobaan yang telah dilakukan dengan menggunakan BBG dengan sudut pengapian 14° sebelum TMA mesin tidak dapat distart tanpa menyemprotkan bensin kedalam karburator terlebih dahulu, sedangkan sudut pengapian 20° sebelum TMA mesin dapat langsung distart. Hal ini menunjukkan bahwa sudut pengapian sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja motor bakar.

## 7. Kesimpulan dan Saran

- Sudut pengapian optimal mesin DAIHATSU CB-23 dengan menggunakan bahan bakar bensin adalah 14° sebelum TMA.
- Penggunaan ECM dapat meningkatkan unjuk kerja motor bensin yang menggunakan bahan bakas gas.
- Dengan BBG torsi maksimum dan BHP maksimum dapat dicapai pada kecepatan yang lebih rendah. Disamping itu dengan bahan bakar BBG menggunakan ECM unjuk kerja motor lebih baik pada putaran sebelum 2000 rpm bila dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar bensin. Selain itu penggunaan BBG, torsi dan bmep maksimum dicapai pada putaran 1800 rpm

sedangkan BHP maksimum dicapai pada putaran 2800 rpm. Dengan menggunakan bahan bakar bensin torsi dan bmep maksimum dicapai pada putaran 2400 rpm sedangkan BHP maksimum dicapai pada putaran 3600 rpm. Hal ini disebabkan karena karakteristik kedua bahan bakar diatas adalah berbeda.

- Dengan penambahan ECM perlu adanya setting ulang besar sudut pengapian.

### Daftar Pustaka

1. Arismunandar, Wiranto. *Motor Bakar Torak*, ed IV. Bandung : ITB, 1994.
2. Arends, B.P.M and H. Berenschot. *Motor Bensin*. Jakarta : Erlangga, 1992.
3. Course, William.H. *Automotive Elecrical Equipment*, 4<sup>th</sup> ed. New York : McGraw – Hill Book Co, Inc, 1959.
4. Heywood, Jhon.B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Singapore : Mcgraw – Hill Book Co, Inc, 1989.
5. Kristanto, Pihlip. *Buku Pedoman Praktikum Motor Bakar*. Surabaya : U.K. PETRA.
6. Maleev, M.L. *Internal Combustion Engine*, 2<sup>nd</sup> ed. Singapore : McGraw – Hill Book Co, Inc, 1973.
7. Santini, Al. *Automotive Electrical and Electronics*. New York : Delmar Purlishers Inc, 1998.
8. Tirtoatmodjo, Rahardjo, *Penggerak Mula*, ed 1. Surabaya : CV. Citra Media, 2000.
9. Wijaya, Barata. *Perencanaan Pegas Centrifugal Advance Dari Daiharsu CB-23 Jika Menggunakan Bahan Bakar Gas*. Surabaya: Universitas Kristen Petra, 1996.