

# PENGARUH PERUBAHAN SUDUT PENYALAN (*IGNITION TIME*) TERHADAP EMSISI GAS BUANG PADA MESIN SEPEDA MOTOR 4 (EMPAT) LANGKAH DENGAN BAHAN BAKAR LPG

Bambang Yuniarto

Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto SH, Kampus Tembalang, Semarang

E-mail : [bambangyun@yahoo.com](mailto:bambangyun@yahoo.com)

## Abstrak

Pertumbuhan jumlah kendaraan di Indonesia dewasa ini mengalami peningkatan yang cukup pesat terutama pada jenis kendaraan sepeda motor. Emisi gas buang dari kendaraan diperkirakan sekitar 80% CO, 60% HC and 40% NO<sub>x</sub> di atmosfer di hasilkan oleh kendaraan bermotor. Perbaikan kualitas udara membutuhkan perhatian khusus terhadap polusi yang dihasilkan oleh kendaraan jenis ini. Fokus pengujian kami adalah pada aplikasi bahan bakar alternatif, LPG. LPG mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan bensin, yaitu emisi yang lebih bersih dan angka oktan yang lebih tinggi.

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan perbandingan emisi gas buang antara mesin yang dijalankan dengan Bensin dan LPG dengan melakukan pengaturan waktu/sudut penyalaan. Dari hasil pengujian, bahwa dengan pengaturan pada sudut penyalaan 11°, 14 dan 17 sebelum TMA diketahui terjadi penurunan emisi CO sebesar 0,24% - 97,68% dan emisi HC sampai sebesar 97,5% volume.

**Keyword:** LPG, Converter kit, Exhaust emission, Ignition Timing.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor transportasi di Indonesia khususnya sepeda motor yang semakin hari semakin bertambah, membawa dampak terjadinya peningkatan polusi udara serta peningkatan konsumsi bahan bakar. Terlebih pada umumnya kendaraan bermotor di Indonesia mengkonsumsi bahan bakar minyak jenis premium untuk motor bensin dan solar untuk mesin diesel. Bui Van Ga, dkk. dari Environment Protection Research Center (EPRC) University of Danang dalam jurnalnya menyebutkan bahwa gas buang kendaraan bermotor merupakan sumber pencemaran udara yang cukup dominan, yaitu sebanyak 80% CO, 60% HC dan 40% NO<sub>x</sub>. Berbagai penelitian dilakukan untuk mengurangi polusi tersebut, diantaranya: motor/mobil listrik, fuel cell, optimasi kerja mesin, penggunaan "clean" fuel (seperti Hydrogen, Natural Gas NGV, LPG).

Pada pengujian ini akan dilakukan uji sepeda motor 4 langkah dengan menggunakan bahan bakar LPG sebagai alternatif uji coba sebagai pengganti premium. LPG (Liquid Petroleum Gas) merupakan unsur hidrokarbon yang berasal dari alam.

Komponennya didominasi oleh propana (C<sup>3</sup>H<sup>8</sup>) dan butana (C<sup>4</sup>H<sup>10</sup>), LPG juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C<sup>2</sup>H<sup>6</sup>)

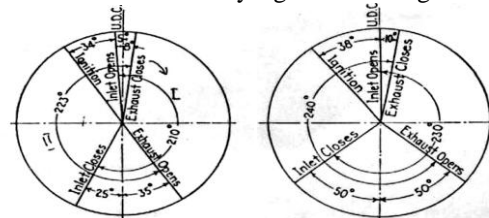
dan pentana (C<sup>5</sup>H<sup>12</sup>) Selain dapat menggunakan bahan bakar bensin, motor bensin juga dapat menggunakan bahan bakar gas. Namun unjuk kerja dari motor bensin menurun ketika menggunakan bahan bakar gas. Penurunan unjuk kerja ini karena mesin tersebut memang dirancang untuk bahan bakar 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 penyalaan pengapian sehingga waktu pengapiannya menjadi lebih tepat.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Sudut / saat penyalaan

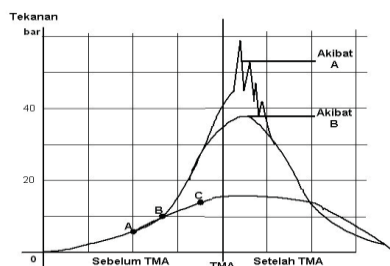
Sudut pengapian dapat diartikan sebagai waktu dimana loncatan bunga api terjadi di busi atau dengan kata lain sebagai saat awal pembakaran. Spark timing diset untuk dapat menghasilkan torsi maksimum (MBT, maximum brake torque) berdasarkan perhitungan terhadap kondisi operasi mesin, yang meliputi standar emisi mesin dan kecenderungan terjadinya ketukan (knocking). Dalam perancangan sebuah mesin, sudut pengapian yang optimum mempertimbangkan beberapa variable diantaranya kecepatan mesin, tekanan inlet manifold dan campuran bahan bakar dan udara yang masuk ruang bakar.



**Gambar 2.1.** Diagram Katup Motor Bensin Empat Langkah Low Speed (a) dan High Speed (b) [Obert, 1950]

Bila saat pengapian dimajukan terlalu jauh (lihat gambar 2.9 titik A) maka tekanan pembakaran

maksimum akan tercapai sebelum 100 sesudah TMA. Karena tekanan di dalam silinder akan menjadi lebih tinggi dari pada pembakaran dengan waktu yang tepat, pembakaran campuran udara bahan bakar yang spontan akan terjadi dan akhirnya akan terjadi knocking atau detonasi. Knocking merupakan ledakan yang menghasilkan gelombang kejutan berupa suara ketukan karena naiknya tekanan yang besar dan kuat yang terjadi pada akhir pembakaran. Knocking yang berlebihan akan mengakibatkan katup, busi dan torak terbakar.



**Gambar 2.2.** Posisi saat pengapian

Saat pengapian yang terlalu maju juga bisa menyebabkan suhu mesin menjadi terlalu tinggi. Sedangkan bila saat pengapian dimundurkan terlalu jauh (lihat gambar 2.9. titik C) maka tekanan pembakaran maksimum akan terjadi setelah 100 setelah TMA (saat dimana torak telah turun cukup jauh). Bila dibandingkan dengan pengapian yang waktunya tepat (gambar 2.9. titik B), maka tekanan di dalam silinder agak rendah sehingga output mesin menurun, dan masalah pemborosan bahan bakar dan lainnya akan terjadi. Saat pengapian yang tepat dapat menghasilkan tekanan pembakaran yang optimal. Motor bakar dengan bahan bakar gas LPG mempunyai karakteristik yang berbeda dalam hal proses pembakaran yang disebabkan oleh perbedaan nilai AFR relative ( $\lambda$ ) dari bahan bakar tersebut, yaitu perambatan nyala antara bahan bakar bensin dan LPG dapat dibandingkan dengan melihat kondisi AFR relatifnya ( $\lambda$ ). Perambatan nyala LPG akan lebih cepat dari pada bensin apabila kondisi  $\lambda > 1$  atau campuran miskin. Tetapi apabila  $\lambda < 1$  atau campuran bahan bakar kaya maka perambatan nyala dari bensin lebih cepat dari LPG. (KSME International Journal, VoL 16 No. 7, pp. 935~ 941, 2002).

## 2.2. Sudut penyalaan dan emisi gas buang

Emisi gas buang dapat didefinisikan sebagai gas yang diemisikan oleh kendaraan bermotor. Gas sisa yang dikeluarkan oleh system pembuangan kendaraan bermotor merupakan sumber utama emisi, tetapi sebenarnya ada sumber lain yaitu evaporasi sistem bahan bakar, dan emisi dari dalam tangki bahan bakar. Bahan bakar sendiri terdiri dari beberapa senyawa hidrokarbon yang jika terjadi pembakaran sempurna dengan oksigen akan menghasilkan karbon dioksida

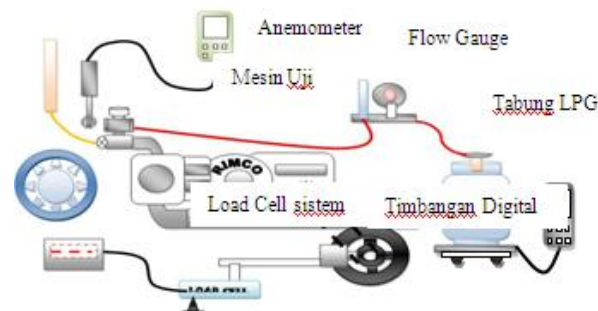
(CO<sub>2</sub>) Dan (H<sub>2</sub>O) yang tidak berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Tetapi pada kondisi yang sebenarnya, pembakaran sempurna pada mesin sulit didapatkan, sehingga dihasilkan gas-gas sisa pembakaran yang berbahaya dan beracun seperti CO, CO<sub>2</sub>, HC dan sebagainya.

Udara yang dibutuhkan untuk pembakaran dalam ruang bakar diambil dari udara bebas, dimana pada udara bebas mengandung 78% nitrogen, sehingga pada gas buang mengandung polutan NO<sub>x</sub>. Sebenarnya pada temperatur rendah, nitrogen tidak bereaksi dengan oksigen sehingga polutan NO<sub>x</sub> tidak dihasilkan oleh reaksi pembakaran, tetapi pada temperatur lebih dari 18000C, nitrogen akan bereaksi dengan oksigen pada saat pembakaran sehingga menghasilkan polutan NO<sub>x</sub>. [Mathur, 1980]

Sedangkan untuk polutan karbon monoksida (CO) dapat dihasilkan oleh reaksi pembakaran jika terjadi adanya temperatur yang rendah pada sekeliling dinding silinder (quenching) dan ketidak seimbangan campuran antara udara dengan bahan bakar dalam ruang bakar. Dengan adanya temperatur yang rendah di sekitar dinding silinder maka pembakaran sulit terjadi karena api sulit mencapai ke dinding silinder.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Alat dan mesin uji



**Gambar 3.1.** Skema perangkat uji mesin *bi-fuel*

Mesin yang digunakan dalam pengujian ini adalah mesin sepeda motor 4 tak dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

Merk	: RIMCO
Jumlah silinder	: 1 buah
Diameter silinder	
dan langkah	: 50x 49,5 mm
Volume langkah	: 100 CC
Kompresi ratio	: 8,8 : 1
Daya maksimum	: 7,5 Hp / 7.000 rpm
Torsi maksimum	: 0,77 Kg <sub>m</sub> / 5.000 rpm
Tekanan kompresi	: 10,5 Kg/cm <sup>2</sup> / 400 rpm
Putaran <i>idle</i> mesin	: 1950 rpm
Sitem pengapian	: CDI

Dalam operasionalnya, mesin ini telah mengalami perbesaran diameter silinder (over size) 0,25 mm.

Untuk gambar converterkit pada karburator sebagai berikut:



**Gambar 3.2.** Converter kit

Modifikasi dilakukan dengan cara membuat mekanisme pengatur laju gas yang pergerakannya sama dengan pergerakan katup throttle karburator, serta membuat lubang baru untuk pemasukan gas pada karburator. Akan tetapi mekanisme pengatur laju gas tersebut belum dapat berfungsi dengan baik, sehingga dalam pengujian ini untuk mengatur laju gas LPG yang masuk ke ruang bakar dilakukan dengan menggunakan kran secara manual. Agar lebih aman dan baik mekanisme pemasukan gasnya, digunakan katup membran yang bekerja berdasarkan kevakuman pada intake manifold, jadi gas LPG baru akan mengalir saat mesin dihidupkan (ada isapan/vakum di intake manifold), dan akan berhenti mengalir jika mesin mati.

### 3. 2. Langkah Pengujian

Setelah semua peralatan uji dalam kondisi siap untuk digunakan, maka dapat dilakukan langkah pengujian. Pengujian diawali dengan menggunakan bahan bakar bensin pada kondisi saat penyalan standart (14° sebelum TMA).

Pengujian dengan bahan bakar LPG sedikit berbeda dengan pengujian bahan bakar bensin, yaitu pada pengaturan putaran mesinnya. Setelah semua peralatannya siap, kran bensin pada karburator ditutup, tabung LPG diletakkan di atas timbangan dan lain-lain. Pengujian dilakukan menggunakan bahan bakar LPG pada posisi Sudut pengapian 14° sebelum TMA (posisi standart) dan dilanjutkan dengan bahan bakar LPG pada tiga posisi sudut pengapian, yaitu:

- ⇒ Sudut pengapian 11° sebelum TMA
- ⇒ Sudut pengapian 14° sebelum TMA (posisi standart)
- ⇒ Sudut pengapian 17° sebelum TMA

maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

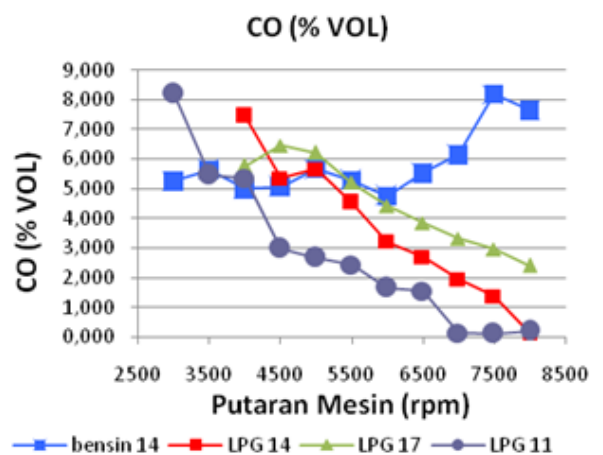
1. Membuka kran pengatur laju LPG pada bukaan yang telah ditetapkan sebelumnya melalui uji coba awal untuk putaran stasioner.
2. Menghidupkan mesin dan mengatur bukaan throttle gas agar diperoleh putaran yang stabil.

3. Memasukkan persneling/transmisi pada posisi gigi 4, dan mulai membuka *throttle* gas dan mengatur kran pengatur LPG secara bersamaan untuk mencapai putaran 8.000 rpm.
4. Mengukur dan mencatat parameter-parameter yaitu kecepatan udara melewati karburator, waktu konsumsi bensin dan beban pengereman yang tampil di display digital (pada kondisi ini adalah nol karena belum dilakukan pengereman).
5. Mengatur kuat pengereman terhadap piringan sampai diperoleh putaran 7.500 rpm, kemudian catat parameter-parameter tersebut di atas. Demikian seterusnya sampai pada putaran 3.000 rpm, yang mana pengukuran dan pengambilan data dilakukan pada setiap penurunan putaran 500 rpm.
6. Mematikan mesin setelah *steady* sekitar 1 menit.

Setiap akan mengawali prosedur pengujian kembali, dilakukan pemeriksaan dan pengecekan ulang pada setiap bagian alat uji dan alat ukur.

## 4. DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Perbandingan Emisi CO Terhadap Putaran Mesin



**Gambar 4.1.** Grafik Perbandingan Emisi CO Bahan Bakar Premium 14° (standart), LPG 14° (standart), LPG 17° (maju) dan LPG 11° (mundur).

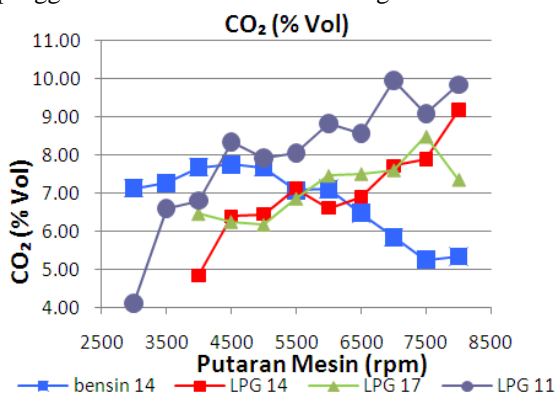
Dari grafik perbandingan kadar CO diatas dapat dilihat bahwa kadar CO yang dihasilkan oleh mesin dengan bahan bakar LPG dengan memvariasi sudut penyalaan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan putaran mesin. Ini terlihat pada sudut penyalaan pengapian mundur pada putaran 7500 rpm kadar CO-nya turun hingga 0,110 % Sedangkan pada bahan bakar Premium tidak terjadi penurunan yang signifikan, bahkan pada putaran tinggi cenderung mengalami kenaikan kadar CO-nya. Dengan memvariasi sudut penyalaan terlihat bahwa sudut penyalaan pengapian mundur pada LPG lebih bagus dibandingkan dengan sudut penyalaan standart bensin atau maju, dan apabila semakin sedikit nilai CO-nya maka menandakan pembakaran mendekati sempurna dimana pembakaran sempurna adalah tidak adanya

nilai CO pada proses pembakaran. Seiring dengan penambahan beban (dalam hal ini penurunan putaran mesin) emisi CO akan mengalami peningkatan pada bahan bakar LPG dan mengalami penurunan pada bahan bakar Premium. Pada bahan bakar LPG peningkatan kadar CO seiring dengan penurunan putaran mesin disebabkan karena campuran (udara dan bahan bakar) bertambah kaya. Hal ini dikarenakan suplai LPG sendiri memiliki tekanan di atas tekanan lingkungan, sehingga meskipun intensitas hisapan turun, suplai LPG tetap mengalir karena tekanannya sendiri.

Dari Grafik diatas juga dapat terlihat bahwa untuk putaran mesin tinggi, Emisi CO yang dihasilkan oleh bahan bakar LPG dari semua sudut penyalaan pengapian (maju atau mundur) jauh lebih rendah dari pada emisi CO yang dihasilkan oleh bahan bakar Premium standart.

#### 4.2. Perbandingan Emisi CO<sub>2</sub> Terhadap Putaran Mesin

Dari grafik 4.2 terlihat bahwa pada penggunaan bahan bakar Premium penyalaan standart kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan cenderung mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan beban seiring (dalam hal ini penurunan putaran mesin), sedangkan, pada penggunaan bahan bakar LPG dengan variasi



**Gambar 4.2.** Grafik Perbandingan Emisi CO<sub>2</sub> Bahan Bakar Premium 14<sup>0</sup> (standart), LPG 14<sup>0</sup> (standart), LPG 17<sup>0</sup> (maju) dan LPG 11<sup>0</sup> (mundur).

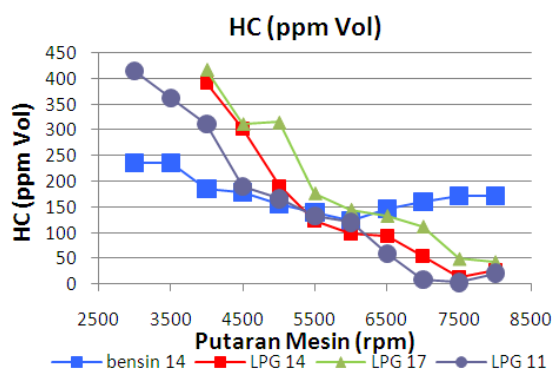
sudut pengapian kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan seiring dengan peningkatan beban (dalam hal ini penurunan putaran mesin) ini terlihat pada sudut pengapian mundur pada putaran 3000 rpm nilai CO<sub>2</sub>-nya mencapai 4,12 %.

Hal ini disebabkan pada saat peningkatan beban, campuran bahan bakar LPG semakin kaya sehingga pembakaran semakin tidak sempurna. Hal ini sesuai dengan hasil emisi CO bahan bakar LPG yang memperlihatkan semakin besar beban maka emisi CO akan semakin besar dikarenakan pembakaran semakin tidak sempurna.

Kadar CO<sub>2</sub> dalam gas buang menunjukkan tingkat efisiensi reaksi pembakaran suatu motor bakar, atau dikatakan semakin besar CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan dari mesin berarti kualitas pembakaran semakin baik, angka idealnya untuk CO<sub>2</sub> harus diatas 12%. Sehingga dari grafik diatas dapat diketahui pada putaran mesin tinggi, efisiensi pembakaran dari bahan bakar LPG lebih baik dari pada bahan bakar Premium, tetapi sebaliknya pada putaran mesin rendah efisiensi pembakaran dari bahan bakar Premium lebih baik dari pada bahan bakar LPG.

Walaupun emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan lebih tinggi, CO<sub>2</sub> relatif lebih rendah kadar racunnya dari pada emisi CO, karena emisi CO<sub>2</sub> dapat diserap oleh tumbuh-tumbuhan untuk proses fotosintesa, sehingga tidak mengkhawatirkan bagi manusia.

#### 4.3. Perbandingan Emisi HC Terhadap Putaran Mesin



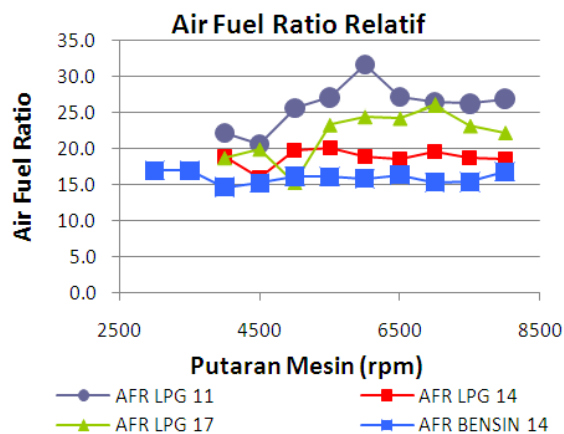
**Gambar 4.3.** Grafik Perbandingan Emisi HC Bahan Bakar Premium 14<sup>0</sup> (standart), LPG 14<sup>0</sup> (standart), LPG 17<sup>0</sup> (maju) dan LPG 11<sup>0</sup> (mundur).

Dari grafik diatas terlihat bahwa pada penggunaan bahan bakar Premium standart kadar HC yang dihasilkan cenderung mengalami peningkatan yang tidak terlalu besar seiring dengan peningkatan beban seiring (dalam hal ini penurunan putaran mesin), sedangkan pada penggunaan bahan bakar LPG dari semua sudut pengapian kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan cenderung mengalami peningkatan yang cukup besar diatas 300 ppm seiring dengan peningkatan beban (dalam hal ini penurunan putaran mesin).

Hal ini disebabkan pada penggunaan bahan bakar LPG, penambahan beban (penurunan putaran mesin) membuat campuran bahan bakar bertambah kaya sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna dan semakin besar bahan bakar yang tidak ikut terbakar, tapi apabila putaran mesin naik (dalam hal ini penurunan beban) nilai HC yang dihasilkan bahan bakar LPG dari semua sudut pengapian mengalami penurunan dibandingkan pada bahan bakar premium standart dan apabila nilai HC kecil maka pembakaran menjadi sempurna.



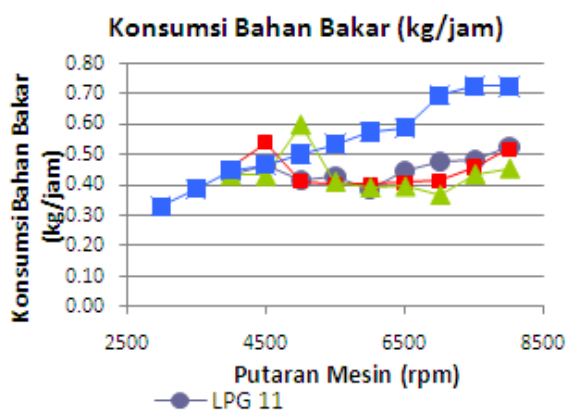
#### 4.5. Perbandingan Nilai Lambda Terhadap Putaran Mesin



**Gambar 4.5.** Grafik Perbandingan Emisi lambda Bahan Bakar Premium 14<sup>0</sup> (standart), LPG 14<sup>0</sup> (standart), LPG 17<sup>0</sup> (maju) dan LPG 11<sup>0</sup>(mundur).

Dari grafik diatas terlihat bahwa pada putaran tinggi diatas 5500 rpm nilai Lambda dari bahan bakar LPG semua sudut pengapian lebih tinggi dari bahan bakar Premium standart. Hal ini menunjukkan bahwa campuran udara-bahan bakar dari LPG lebih miskin dari pada bahan bakar Premium standart. Akan tetapi pada putaran rendah dibawah 5000 rpm campuran udara-bahan bakar dari LPG lebih kaya dibandingkan dengan bahan bakar Premium. Hal ini menunjukkan bahwa bahan bakar LPG semua sudut pengapian pada rpm tinggi lebih miskin dibandingkan dengan bahan bakar premium standart.

#### 4.6. Perbandingan Kebutuhan Bahan Bakar Terhadap Putaran Mesin



**Gambar 4.6.** Grafik Perbandingan konsumsi bahan bakar Premium 14<sup>0</sup> (standart), LPG 14<sup>0</sup> (standart), LPG 17<sup>0</sup> (maju) dan LPG 11<sup>0</sup>(mundur).

Pada dasarnya putaran mesin merupakan efek dari pembakaran di ruang bakar. Ketika bukaan katup throttle semakin lebar, maka udara dan juga bahan bakar akan lebih banyak terhisap masuk ke ruang

bakar. Namun dalam pengujian ini, bukaan katup throttle dalam keadaan tetap, sedangkan penurunan putaran dilakukan dengan menambah pengereman. Dengan putaran yang turun, maka intensitas hisapan campuran udara-bahan bakar ke dalam ruang bakar (langkah isap) menjadi turun, sehingga konsumsi udara dan bahan bakar menjadi turun juga. Akan tetapi agak berbeda untuk LPG, yaitu konsumsinya tidak banyak mengalami perubahan. Hal ini dikarenakan suplai LPG sendiri memiliki tekanan di atas tekanan lingkungan, sehingga meskipun intensitas hisapan turun, suplai LPG tetap mengalir karena tekanannya sendiri.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian mesin sepeda motor terhadap emisi gas buang yang dihasilkan untuk dua jenis bahan bakar yaitu bensin dan LPG dengan merubah sudut penyalaan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Perbandingan emisi pada sudut penyalaan LPG 14<sup>0</sup> BTDC, LPG 17<sup>0</sup> BTDC, dan LPG 11<sup>0</sup> BTDC dengan premium 14<sup>0</sup> BTDC sebagai acuan ternyata lebih baik pada pengapian LPG 11<sup>0</sup> BTDC, dengan nilai 0,110% - 8,201% volume untuk CO dan 3 - 414 ppm untuk HC dan mengalami penurunan tingkat emisi sebesar 0,24% - 97,68% untuk CO dan 97,5% untuk HC di bandingkan dengan bahan premium 14<sup>0</sup> BTDC.
- Secara umum Penggunaan bahan bakar LPG sebagai pengganti bahan bakar dinilai layak dilihat dari aspek emisi gas buang yang dihasilkan.

### 5.2 Saran

Karena belum didapatkan produk konverter yang siap pakai dipasaran, maka diperlukan pengembangan tentang converter kit dan mekanisme pendukungnya pada sepeda motor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arends, BPM, H Berenschot, "*Motor Bensin*", Erlangga, Jakarta, 1980.
- Arismunandar, Wiranto, "*Penggerak Mula Motor Bakar Torak*", Edisi Keempat, ITB Bandung, 1998.
- Çelikten, İsmet, dkk, "*The Effects of Hydrogen Enriched LPG on Engine Performance and Exhaust Emission in A Spark Ignition Engine*", Gazi University, 2007.
- JPD, Direktorat, "*Kajian Dampak Penggunaan LPG Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terhadap Mesin Kendaraan Bermotor dan Lingkungan*", Departemen Perhubungan, Jakarta, 2007.
- KSME International Journal*, VoL 16 No. 7, pp. 935~ 941, 2002)
- Obert, Edward F, "*Internal Cumbustion Engines Analysis & Practice*", Internal Text Book Company, Pennsylvania, Great Britain, 1950.

7. Saraf, R.R., dkk, "*Comparative Emission Analysis of Gasoline/LPG Automotive Bifuel Engine*", ECEE, 2009.
8. Van Ga, BUI, dkk., "*Application of LPG on Motorcycles and Small Sized Bus*", EPRC, University of Danang, 2004.
9. ..., "*Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Gas Jenis LPG...*", <http://www.migasesdm.com/>, 2009.