

# **PENGARUH *IGNITION TIMING* DAN *COMPRESSION RATIO* TERHADAP UNJUK KERJA DAN EMISI GAS BUANG MOTOR BENSIN BERBAHAN BAKAR CAMPURAN ETANOL 85% DAN PREMIUM 15% (E-85)**

**Atok Setiyawan**

*Laboratorium Bahan Bakar & Motor Pembakaran Dalam*

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri ITS*

*Kampus ITS, Sukolilo Surabaya, 60111*

*e-mail:atok\_s@me.its.ac.id;setiyawan\_a@yahoo.com*

## **ABSTRACT**

*Substitution fuel type or changing fuel specification of gasoline engine will alter setting parameters engine as well as modify it in order to minimize degradation of engine performance and increase of exhaust gas emission. Utilization of ethanol (85% by vol.)-gasoline (15% vol.) blend (E-85) for gasoline engine requires some engine modifications and setting parameters due to discrepancies of properties and characteristics between ethanol and gasoline. The aims of this research are to test and analyse fuel properties of ethanol, premium and E-85 and to investigate the effect of ignition timing and compression ratio on engine performance as well as exhaust gas emission. Ignition timing vary between 15° and 35° Before Top Dead Centre (BTDC) with 3° crank angles (CA) increments. Whereas variation of compression ratio consists of 9 (standart); 9,4; 9,85 and 10,2: 1. It is found that advancing ignition timing into 30° BTDC more effective to improve engine performance and reduce CO and HC emission compared to increasing compression ratio into 10,2:1.*

*Keywords : E-85, engine performance , ignition timing dan compression ratio.*

## **1. PENDAHULUAN**

Penggunaan etanol sebagai bahan bakar pada motor bensin (Otto) sudah dikenal sejak Henry Ford menciptakan kendaraan di tahun 1896. Setelah eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi mulai dilakukan oleh manusia maka bahan bakar minyak menjadi jenis bahan bakar pilihan dan utama pada kendaraan bermotor bensin (Otto). Meskipun bahan bakar minyak mendominasi penggunaan pada motor bensin, tetapi etanol menjadi alternatif lagi karena alasan sebagai berikut: (1)“octan booster” beroksigen sebagai pengganti Methyl Tersier Butil Eter (MTBE) - yang disinyalir berdampak buruk pada lingkungan, (2) menurunkan emisi gas buang, dan (3) mengurangi konsumsi bahan bakar minyak.

Indonesia sebagai salah satu penghasil minyak bumi di dunia tidak luput dari krisis minyak yang terjadi akhir-akhir ini. Indonesia sudah menjadi “*net impoter country*” sehingga pencarian bahan bakar alternatif menjadi semakin mendesak. Mengingat etanol dapat diproduksi dari produk pertanian (renewable) seperti jagung, tebu, bit, beras dll, maka etanol menjadi salah satu bahan bakar alternatif terbaik pada motor bensin.

Pada saat ini pemakaian etanol sebagai campuran bahan bakar bensin dengan kadar rendah (etanol 10% dan bensin 90% - E10 atau sering disebut gasohol) untuk bahan bakar pada motor

bensin sudah dilakukan dibanyak negara seperti Brasil, USA, dan beberapa Negara Eropa. Ada kecenderungan banyak negara mengikuti penggunaan gasohol seperti: Cina, Thailand, Indonesia, Jepang, India dll. Pemakaian E10 pada motor bensin tidak perlu dilakukan perubahan ataupun modifikasi pada motor – karena masih kompatibel dengan bahan bakar premium/bensin. Sedangkan pemakaian etanol murni (dedicated fuel) atau pencampuran etanol dengan bensin dalam prosentase besar masih dalam proses penelitian yang terus menerus karena dibutuhkan modifikasi tertentu.

Pengunaan E85 pada motor bensin (sering disebut Flexible Fuel Vehicles -FFV) seperti yang dilakukan di USA, akan memerlukan banyak perubahan *setting parameter* motor maupun modifikasi beberapa komponen ataupun penambahan peralatan pada motor bensin mengingat adanya perbedaan karakteristik/sifat-sifat fisik dan kimia yang signifikan antara etanol dan bensin/premium.

Penelitian penggunaan bahan bakar etanol murni (dedicated) maupun campuran dengan bensin (blending) telah menjadi perhatian peneliti di bidang motor bakar baik motor bensin maupun motor diesel, beberapa diantaranya adalah: Setiyawan [2005,2007] melakukan penelitian campuran premium dan etanol dengan prosentase etanol (30% dan 85%) dan premium (70% dan 15%) dengan memvariasikan diameter main jet. Setiyawan et.al. [2006] membandingkan campuran etanol dan premium (E30) dan MTBE (Pertamax Plus) sebagai octane booster, dimana hasilnya menunjukkan bahwa etanol mempunyai unjuk kerja lebih rendah tetapi mempunyai ketahanan knocking yang lebih tinggi dibandingkan MTBE. Halvorsen [1998] menguji E10 dan E-85 pada mobil cevrolet 3.1 liter susunan silinder V dengan sistem injeksi, mendapatkan hasil bahwa dengan menaikkan rasio kompresi dari 9,71 menjadi 10,32 daya yang dihasilkan sama seperti pemakaian E-10 tetapi terjadi kenaikan konsumsi bahan bakar sebesar 21,6%. Jeuland [2004], meneliti etanol murni pada motor bensin yang dilengkapi dengan turbocharger dan motor dimodifikasi pada sistem saluran bahan bakar, geometri silinder dan menaikkan rasio kompresi dari 9,5 menjadi 12,5. Pada beban penuh, torsi dan daya maksimum yang dihasilkan lebih besar 15% dibandingkan bahan bakar bensin.

Clark et. al. [2004] menguji E-85 dan dibandingkan dengan E-10 dan gasoline pada motor bensin stasioner dengan memodifikasi diameter main jet untuk mendapatkan campuran mendekati stokiometri dan mevariasikan ignition timing. Konsumsi bahan bakar E-85 meningkat 30%, emisi HC dan NOX menurun sedangkan CO tidak berubah secara signifikan dibandingkan gasoline. Verde [2002] membandingkan kinerja tiga bahan bakar yaitu gasoline RON 87, E-10 dan E-85, motor dimodifikasi pada bagian main jet dan ignition timing, hasilnya adalah efisiensi motor meningkat pada E-10 dan E-85 tetapi konsumsi E-85 bila dibandingkan gasoline. Huseyin, et.al. [2006] meneliti pengaruh bahan bakar campuran etanol-gasoline (E0, E10, E20, E40 dan E60) dengan variasi *compression ratio* terhadap torsi, bsfc dan emisi gas buang (CO dan HC). Hasan [2003] meneliti pengaruh campuran etanol (sampai dengan 25%) pada unleaded gasoline dengan hasil bahwa penambahan etanol sampai dengan 20%, terjadi kenaikan unjuk kerja motor dan penurunan emisi gas buang (CO dan HC). Penambahan etanol diatas 20% sebaliknya. Jia [2005] meneliti emisi gas buang (CO, HC dan THC: ethanol, acetaldyhade, aromatics, dll) pada sepeda motor 4 stroke-1 silinder berbahan E-10 yang diuji di chasis dynamometer sesuai dengan standar European Driving Cycle (ECE) dengan hasil terjadi penurunan CO, HC, acetaldyhade dan ethylene sedangkan NOx relatif tetap. Topgul, et.al. [2006] meneliti pengaruh campuran etanol dan unleaded gasoline (E0, E10, E20, E40 dan E60), *ignition timing* dan *compression ratio* terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang. Peningkatan torsi pada semua penambahan etanol terjadi pada *compression ratio* 10:1, penurunan CO terbesar (32%) terjadi ada E40 dan *compression ratio* 9:1 sedangkan penurunan HC terbesar (31%) terjadi pada E60 dan *compression ratio* 10:1.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi pengaruh variasi *ignition timing* dan *compression ratio* pada E85 pada pengujian *variable speed* terhadap unjuk kerja emisi gas buang motor bensin.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Uji Properties Bahan Bakar

Pengujian properties dari premium, etanol murni dan campuran etanol (85%) dan premium (15%) atau E-85 dilakukan di laboratorium: ITS, Unit Produksi Pelumas PT Pertamina Surabaya dan Lemigas Cepu. Properties bahan bakar yang diuji adalah yang berkaitan dengan karakteristik utama pembakaran yaitu: specific gravity, distilasi, nilai kalor dan *Research Octane Number* (RON) sesuai dengan standar ASTM.

### 2.2 Uji Unjuk Kerja Pada Chasis Dynamometer

Pengujian unjuk kerja bahan bakar premium dan E-85 dilakukan pada *chassis water brake dynamometer* dengan motor uji adalah motor empat langkah merk Honda Grand 100 cc, yang memiliki spesifikasi: sistem pengapian CDI, kompresi rasio 9, dan *ignition point* standar sebesar 15° BTDC. Kondisi motor uji dalam keadaan standar pada setting bahan bakar standar yaitu premium (referensi) dan E-85 kondisi motor standar. Pengujian dilakukan pada bukaan katup 75% (widely open throttle) dengan variasi ignition timing mulai dari 15° BTDC (standar) naik sebesar 3° CA sampai 35° BTDC dan *compression ratio* bervariasi dari 9:1 (standar) naik sekitar 4 point sampai maksimum 10,2:1.

## 3. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Uji Properties Bahan Bakar Premium, Etanol dan E-85

Data hasil pengujian bahan bakar yaitu premium, etanol dan campuran premium (15%) dan etanol (85%) – E-85 disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2, Hasil pengujian properties bahan bakar.

Jenis Pengujian	Unit	Premium	Etanol	E-85
SG		0.7391	0.8129	0.8011
Nilai Kalor	Kkal/kg	10674.6	4275.8	4640
RON	-	88.1	± 108	> 111
RVP	kPa	5.59	2.35	5.46
Distilasi:				
IBP	°C	35.2	67.25	43.5
10%	°C	55	67.9	63
20%	°C	62.5	68	-
30%	°C	70.45	68.15	-
40%	°C	79.5	68.65	-
50%	°C	92.25	69	66
60%	°C	109.95	69.8	-
70%	°C	125.95	70.05	-
80%	°C	146	71.5	-
90%	°C	167.75	73.5	73.9
EP	°C	196.5	97	96.25
Residu	ml	1.2	0.2	0.55

Pengujian properties bahan bakar premium, etanol dan E-85 dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Motor Pembakaran Dalam Jurusan Teknik Mesin FTI ITS, Laboratorium Pelumas Pertamina UPMS V – Tanjung Perak dan Laboratorium Lemigas Cepu.

Specific Gravity (SG) dari E-85 adalah sebesar 0,8011 dimana harga tersebut berada diantara harga SG bahan bakar pembentuknya yaitu etanol sebesar 0,8129 dan premium yang sebesar 0,7391. Harga SG akan berakibat pada jumlah ataupun berat bahan bakar yang masuk kedalam silinder ruang bakar dimana dengan volume sapu (swept volume) dan efisiensi volumetris yang sama maka bahan bakar yang mempunyai SG lebih besar akan memperbesar jumlah massa/berat bahan bakar yang dibakar di dalam silinder ruang bakar.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kalor dari E-85 hanya sekitar 43% dari premium. Bila dibandingkan dengan E-85 yang dihasilkan oleh Perkin Energy Company, USA (Tabel 3.1) yang sebesar 5480 kkal/kg, maka E-85 yang digunakan pada percobaan lebih kecil sekitar 15%. Hal ini diakibatkan oleh perbedaan nilai kalor pembentuk E-85 yaitu premium dan etanol. Etanol yang digunakan adalah etanol yang tersedia dipasaran dengan kemurnian sebesar 96% (hydrated alcohol).

Pengujian Research Octane Number (RON) dilaksanakan di Laboratorium LEMIGAS Cepu. Hasil pengujian di Laboratorium LEMIGAS Cepu menunjukkan hasil RON diatas angka 111 ini artinya bahwa pada saat dilakukan pengujian, hingga mencapai angka RON 111, mesin Coordinating Research Fuel (CFR) belum menunjukkan adanya tendensi untuk knocking. Laboratorium Cepu tidak berani meneruskan pengujian bahan bakar E-85 sampai adanya indikasi knocking karena faktor keamanan dari mesin CFR.

Reid Vapour Pressure etanol hanya kurang dari separuhnya dari premium. Sedangkan untuk E-85 hanya turun sedikit dibandingkan dengan premium yaitu sekitar 5,5 ini berarti bahwa untuk kemudahan start dengan bahan bakar E-85 seharusnya tidak ada perbedaan dengan premium atau E-85 tidak akan sulit dilakukan start awal pada saat motor masih dingin. Hal ini akan berbeda dengan bahan bakar etanol murni dimana dimungkinkan akan terjadi kesulitan start awal pada kondisi masih dingin karena kesulitan menguap dari etanol pada kondisi atmosferik.

Pengujian distilasi menunjukkan bahwa titik penguapan awal (initial boiling point/IBP) premium lebih rendah dibandingkan dengan E-85 dan etanol. Pengujian ini hampir identik dengan RVP dimana hasil pengujian akan dapat digunakan untuk memprediksi tingkat kemudahan penguapan dari bahan bakar. Mengingat premium merupakan campuran dari beragam hidrokarbon dari fraksi ringan sampai sedang, maka temperatur penguapan akan berubah sesuai dengan fraksinya. Pengujian distilasi premium dimulai dari temperatur 35°C dan berakhir pada temperatur 196,5°C

Hal ini sangat berbeda dengan etanol yang tersusun dari unsur yang relatif homogen sehingga temperatur distilasi dimulai dari 67,3 °C dan berakhir pada temperatur 97 °C. Sedangkan E-85 mempunyai temperatur awal penguapan lebih rendah dibandingkan dengan etanol tetapi masih lebih tinggi dibandingkan dengan premium yaitu 43,5 °C dan berakhir sama seperti pada etanol yaitu 96,25 °C. Distilasi 50% E-85 lebih rendah dibandingkan dengan premium ini mengartikan bahwa E-85 akan memberikan unjuk kerja yang bagus pada operasional motor yang konstan pada beban sedang.

Kotoran/residu yang ditinggalkan oleh premium lebih besar (1,2 ml) bila dibandingkan dengan E-85 atau etanol dimana masing-masing menghasilkan residu sebesar 0,55 dan 0,2 ml. Jumlah kandungan residu yang terdapat dalam bahan bakar akan mempengaruhi tingkat kekotoran dari sisa pembakaran yang kemungkinan bisa tertinggal di dalam ruang bakar.

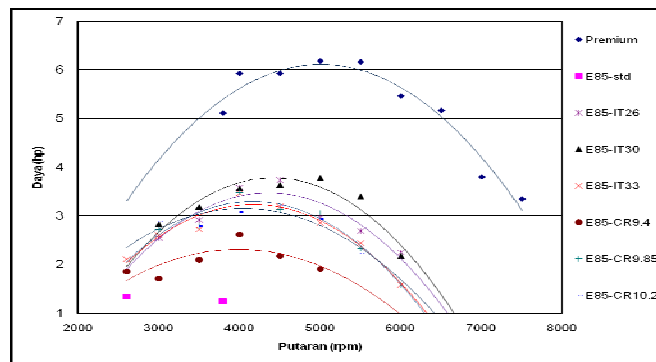
### 3.2 Uji Unjuk Kerja Motor Bensin

Data-data hasil pengujian unjuk kerja motor bensin standar dengan bahan bakar premium dan E-85 maupun E-85 dengan variasi *ignition timing* dan *compression ratio* berbeda dipresentasikan dalam bentuk grafik-grafik dibawah ini. Mengingat variasi *ignition timing* cukup banyak variasinya, maka hanya ditampilkan 3 hasil terbaik.

Gambar 1, menunjukkan perubahan daya motor bensin terhadap perubahan putaran untuk kondisi standar dengan bahan bakar premium dan E-85, maupun E-85 dengan variasi *ignition timing* dan *compression ratio*. Daya maksimum yang dihasilkan motor bensin standar sebesar 6,1 Hp pada putaran 5000 rpm. Motor bensin berbahan bakar E-85 dengan kondisi standar tidak dapat beroperasi secara stabil meskipun sudah di-"chock" untuk memperkecil pasokan udara pembakaran. Pada kondisi ini daya yang dihasilkan hanya sebesar rata-rata 1,3 Hp. Dengan modifikasi memperbesar diameter mainjet, motor dapat beroperasi stabil dan *choke* dapat dibebaskan karena perbesaran diameter mainjet maka jumlah bahan bakar akan meningkat sedangkan jumlah udara pembakaran relatif tetap sehingga perbandingan jumlah udara-bahan bakar mendekati stokiometri [Atok,2007].

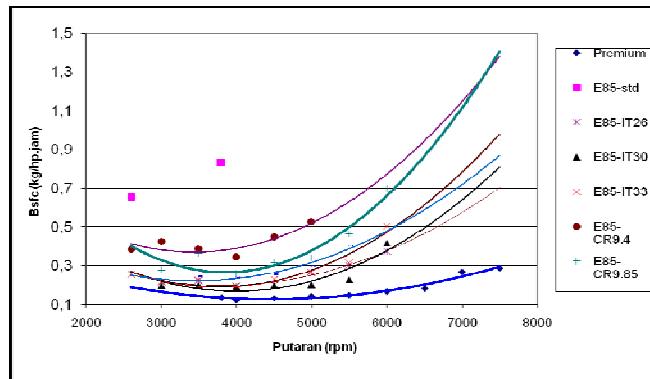
Pada variasi *ignition timing* dan *compression ratio* diameter mainjet tetap pada kondisi standar untuk mengetahui tingkat sensitivitas perbaikan unjuk kerja dan emisi gas buang pada berbagai modifikasi motor dan perubahan setting parameter motor. Pemajuan *ignition timing* memberikan perbaikan pada unjuk kerja motor demikian juga dengan putaran motor dapat ditingkatkan secara signifikan. Rata-rata daya tertinggi yang dihasilkan adalah pada *ignition timing* 30° BTDC sebesar 3,2 Hp turun 38% dibandingkan dengan premium tetapi naik sebesar hampir 150% untuk E-85 kondisi standar.

Pada Gambar 1, seperti halnya dengan pemajuan *ignition timing* bahwa menaikkan *compressi ratio* juga memberikan perbaikan pada daya yang dihasilkan oleh motor meskipun tidak sebesar yang dihasilkan oleh *ignition timing*. Pada *compression ratio* tertinggi 10,2:1, rata-rata daya yang dihasilkan sebesar 2,9 Hp atau 45% lebih rendah dibandingkan premium tetapi naik sekitar 55% dibandingkan dengan E-85 kondisi standar. Pengaruh menaikkan *compression ratio* terhadap daya belum maksimal karena keterbatasan konstruksi silinder piston dari motor.



Gambar 1. Daya terhadap Putaran pada berbagai variasi *Ignition Timing* dan *Compression Ratio*

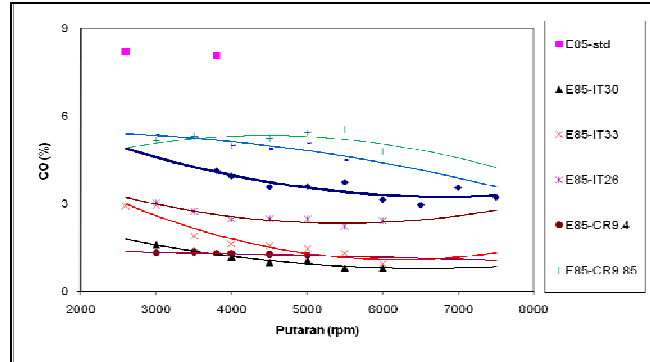
Gambar 2, menunjukkan hubungan konsumsi bahan bakar spesifik (Bsfc) terhadap perubahan putaran motor, variasi *ignition timing* dan *compression ratio*. Konsumsi premium untuk menghasilkan energi 1 hp.jam lebih kecil dibandingkan dengan E-85 karena kandungan energi E-85 hanya sebesar 44% dari premium. Sehingga untuk menghasilkan daya yang sama dengan bahan bakar premium, maka diperlukan pasokan jumlah E-85 yang lebih besar. Rata-rata bsfc premium adalah 1,8 kg/hp.jam sedangkan untuk E-85 kondisi standar mencapai 0,74 kg/hp.jam atau lebih dari 4 kali lipatnya. Dengan memajukan *ignition timing* menjadi 30° BTDC, bsfc dapat diturunkan menjadi hanya 0,23 kg/hp.jam atau lebih besar 32% dibandingkan premium. Demikian juga halnya dengan meningkatkan *compression ratio* menjadi 10,2:1 terjadi penurunan bsfc menjadi 0,28 kg/hp.jam atau lebih besar 57% dibandingkan dengan premium.



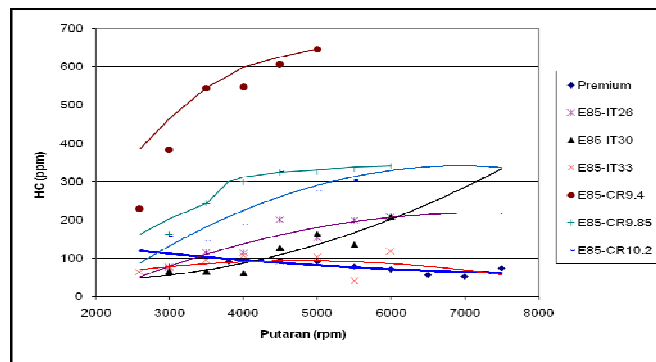
Gambar 2. Bsfc terhadap Putaran pada berbagai variasi *Ignition Timing* dan *Compression Ratio*

Kadar emisi CO didalam gas buang sangat dipengaruhi oleh perbandingan jumlah udara pembakaran dan bahan bakar. Emisi CO yang ada dalam gas buang juga menjadi salah satu indikasi kesempurnaan pembakaran di dalam ruang bakar. Rata-rata emisi CO yang dihasilkan oleh premium sebesar 3,5%, sedangkan untuk E-85 kondisi standar adalah sebesar 8,1% atau meningkat hampir 1,5 kali lipat dari premium (Gambar 3). Pemajuan *ignition timing* memberikan dampak penurunan emisi CO secara signifikan. Pada *ignition timing* terbaik (30° BTDC) rata-rata emisi CO yang dihasilkan oleh motor hanya sebesar 1,1% atau turun sebesar 68% dibandingkan dengan premium.

Peningkatan *compression ratio* cenderung memperbesar emisi CO yang dihasilkan oleh motor. Rata-rata emisi CO meningkat dari hanya 1,2% pada 9,4: 1 menjadi sekitar 5% pada *compression ratio* 9,83 dan 10,2:1, hasil peningkatan emisi CO terhadap kenaikan *compression ratio* sama seperti yang dilaporkan oleh Huseyin [2006]<sup>4</sup>. Peningkatan emisi Co pada *compression ratio* yang tinggi disebabkan oleh semakin kayanya campuran bahan bakar (etanol dan premium) dan udara (Gambar 5). Kekayaan campuran pada *compression ratio* tinggi tidak lain disebabkan oleh berkurangnya pasokan udara karena semakin mengecilnya perbedaan tekanan antara udara atmosfer dan di ruang silinder.



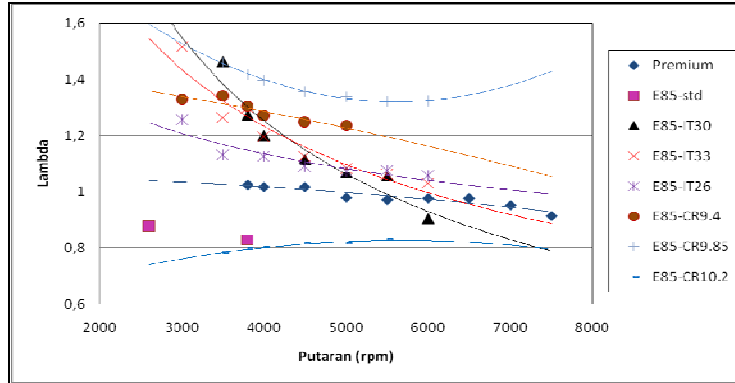
Gambar 3. Emisi CO terhadap Putaran pada berbagai variasi *Ignition Timing* dan *Compression Ratio*



Gambar 4. Emisi HC terhadap Putaran pada berbagai variasi *Ignition Timing* dan *Compression Ratio*

Gambar 4, menunjukkan hubungan antara perubahan kandungan HC di dalam gas buang terhadap kenaikan putaran motor dan variasi *ignition timing* dan *compression ratio*. Pada kondisi standar, premium menghasilkan emisi HC rata-rata sebesar 78 ppm, sedangkan untuk E-85 mencapai nilai 1640 ppm (tidak digambarkan pada Gambar 4). Pemajuan *ignition timing* dan peningkatan *compression ratio* tidak mampu menurunkan kadar emisi HC motor dibandingkan premium.

Rata-rata emisi terendah dengan E-85 dicapai pada *ignition timing* 33° BTDC sebesar 87 ppm (10% lebih tinggi dari premium), sedangkan untuk *compression ratio* dicapai pada 10,2:1 dengan nilai rata-rata sebesar 234 ppm (meningkat 2 kali lipat dari premium).



Gambar 5. A/F terhadap Putaran pada berbagai variasi *Ignition Timing* dan *Compression Ratio*

Dengan merubah *ignition timing* dan *compression ratio* menyebabkan terjadinya perubahan  $\lambda$  menuju ke campuran yang mendekati stokiometri (Gambar 5). Pada *ignition timing* 30° BTDC campuran udara dan bahan bakar ( $\lambda$ ) cukup mendekati campuran stokiometri yaitu 1,15, sebaliknya meskipun pada *compression ratio* tertinggi (10,2:1) memberikan rata-rata daya terbesar ternyata campuran udara dan bahan bakar ( $\lambda$ ) terlalu kaya yaitu rata-rata sebesar 0,81. Hal ini yang menyebabkan tingginya emisi gas buang yang dihasilkan oleh motor bensin pada *compression ratio* 10,2:1.

#### 4. KESIMPULAN

Pemajuan *ignition timing* dan peningkatan *compression ratio* dapat meningkatkan unjuk kerja motor bensin berbahan bakar E-85 bila dibandingkan dengan kondisi standar, meskipun masih dibawah unjuk kerja premium. *Ignition timing* terbaik dicapai pada 30° BTDC sedangkan *compression ratio* tercapai pada kondisi maksimum, yaitu 10,2:1. Berdasarkan variasi *ignition timing* dan *compression ratio* yang diteliti, hasil penelitian menunjukkan bahwa menentukan *ignition timing* yang tepat dapat memberikan perbaikan unjuk kerja motor bensin secara signifikan dibandingkan dengan *compression ratio*.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Tim E-85 yang terdiri dari Zainal, Faizal, Satya dan Gunawan yang dengan penuh semangat dan kerja keras untuk membantu penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional atas pembiayaan penelitian ini melalui dana Penelitian Dosen Muda - tahun anggaran 2007.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Al-Hasan M [2003], "Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions" *Journal of Energy Conversion and Management* (44) 1547-61, Pergamon.
2. Clark, Chris, Yanrong Zhang dan Khesav Varde [2004], "Investigation of Combustion and Emission from Gasoline-Ethanol Fuled Engie, Project Report, University of Michigan, USA.

3. Halvorsen, Ken, C. [1998], "The Necessary Component of A Dedicated Ethanol Vehicle", Mater Thesis, University of Nebraska, USA.
4. Huseyin Serdar Yucesu, Tolga Topgiul, et.al. [2006], "Effect of ethanol-gasoline blends on engine performance and exhaust emissions on different compression ratio, Journal of Applied Thermal Engineering (26) 2272-8, Elsevier.
5. K. Owen, T. Coley. [1995], Automotive Fuels Reference Book, 2nd edition, SAE International, Warrendale, USA.
6. Jeuland, N., et.al. [2004], "Potentiality of Ethanol As Fuel For Dedicated Engine", Oil and Gas Technology Journal, Vol. 59, No.6, pp.559-570, Institut Frances du Petrole.
7. Jia Li-Wei, Mei-Qing Shen, et.al. [2005], "Influence of ethanol-gasoline n\blended fuel on emission characteristics from a four-stroke motor cycle engine", Journal of Hazardous Materials (A123), 29-34, Elsevier.
8. Setiyawan, Atok [2005], "Pengaruh Diameter Main Jet Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Cetus Berbahan Bakar Campuran Premium Dan Etanol", Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Dan Industri I, Universitas Tarumanegara, Jakarta.
9. Setiyawan, Atok [2007], "Uji Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Campuran Etanol 85% Dan Premium 15% Dengan Variasi Diameter Mainjet" Seminar Nasional Teknik Mesin dan Industri, Universitas Tarumanegara, Jakarta.
10. Setiyawan, Atok [2007], " Uji unjuk kerja dan emisi gas buang motor bensin berbahan bakar etanol 85%dan premium 15% dengan variasi diameter mainjet" Seminar Nasional Teknik Mesin dan Industri III, Universitas Tarumanegara.
11. Topgul Tolga, Huseyin Serdar Yucesu, et.al [2006], "The effects of ethanol-unleade gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions", Journal of Renewable Energy (31), 2534-42, Elsevier.
12. Varde, Keshav [2002], "Control of Exhaust Emissions from Small Engine Using E-10 and E-85 Fuels", Final Report, Department of Mechanical Engineering, University of Michigan-Dearborn, USA.