

Perbaikan Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Etanol 85% Dan Premium 15% (E-85) Pada Motor Bensin Dengan Merubah Diameter Mainjet, Ignition Timing Dan Compression Ratio

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

Abstrak

Penggunaan campuran etanol pada premium dengan prosentase tinggi seperti E-85 mensyaratkan perubahan parameter setting motor dan modifikasi karena perbedaan properties kedua bahan bakar tersebut. Untuk mendapatkan unjuk kerja motor yang tinggi dan emisi gas buang yang rendah, penelitian E-85 dilakukan dengan menggabungkan perubahan diameter mainjet, ignition timing dan compression ratio yang optimum. Penggabungan parameter optimum dari diameter mainjet, ignition timing dan compression ratio mampu meningkatkan unjuk kerja motor dan menurunkan emisi gas buang dari motor bensin. Dibandingkan dengan premium, penggunaan E-85 pada kondisi optimum dapat meningkatkan daya sebesar 27% dan emisi CO dan HC masing-masing sebesar 23% dan 16% sedangkan bsfc masih lebih tinggi sebesar 9%.

Kata kunci : E-85, unjuk kerja, diameter mainjet, 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. Etanol digantikan oleh bahan bakar minyak karena harganya yang lebih murah, nilai kalor lebih tinggi serta mudah penggunaannya. Akhir-akhir ini penggunaan etanol baik secara murni maupun campuran lagi menjadi fokus penelitian untuk mencari bahan bakar alternatif untuk motor bensin. Etanol menjadi salah satu nominasi bahan bakar alternatif karena alasan: (1) dapat diproduksi dari bahan nabati dan bersifat renewable, (2) mempunyai nilai oktan yang tinggi, dan (3) bahan bakar beroksigenat sehingga akan membantu menghasilkan pembakaran yang sempurna dan (4) emisi gas buang yang rendah.

Indonesia sebagai salah satu penghasil minyak bumi di dunia tidak luput dari krisis minyak yang terjadi akhir-akhir ini. Selain harga minyak bumi yang terus meningkat, Indonesia juga dihadapkan pada persoalan meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak di satu sisi dan di sisi lain cadangan minyak Indonesia semakin menipis sehingga sekarang sudah menjadi “net impoter country”. Kondisi ini menguatkan pencarian bahan bakar alternatif menjadi semakin mendesak.

Penggunaan 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 oleh banyak negara seperti Brasil, USA, dan beberapa Negara Eropa, dan diikuti negara 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.

Penggunaan etanol murni atau E85 pada motor bensin (sering disebut Flexible Fuel Vehicles - FFV) seperti yang dilakukan di USA dan Brazil, 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]^{8,9,10} melakukan penelitian campuran

premium dan etanol dengan prosentase etanol (30% dan 85%) dan premium (70% dan 15%) dengan memvariasikan diameter main jet, ignition timing dan compression ratio. 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 ada 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* pada 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, acetaldehyde, 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, acetaldehyde 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 mendapatkan unjuk kerja tertinggi dan emisi gas buang terendah dengan menggabungkan parameter optimum dari diameter mainjet, *ignition timing* dan *compression ratio*.

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. Premium sebagai bahan bakar referensi diuji pada kondisi motor standar. Optimalisasi pengujian dilakukan sebagai berikut: (1) motor bensin diuji pada ukuran diameter mainjet yang memberikan unjuk kerja tertinggi sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu 1,05 mm⁽⁹⁾. Untuk pengecekan ulang maka diameter mainjet divariasikan satu titik diatas dan dibawah nilai diameter mainjet terbaik, (2) ukuran diameter mainjet yang memberikan unjuk kerja terbaik akan digunakan pada pengujian dengan variasi *ignition timing*, yaitu pada nilai ignition timing terbaik dari penelitian sebelumnya⁽¹⁰⁾ dan satu titik dibawah dan atasnya, (3) gabungan nilai diameter mainjet dan ignition

timing terbaik diuji lanjutan dengan *compression ratio* terbaik, yaitu 10,2⁽¹⁰⁾. Dari pengujian ini diharapkan akan didapat nilai unjuk kerja motor bensin yang optimal dengan bahan bakar E-85.

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 I. 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 – Tanjung Perak dan Laboratorium Lemigas Cepu.

Tabel I, 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

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 dijual oleh Perkin Energy Company, USA 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.

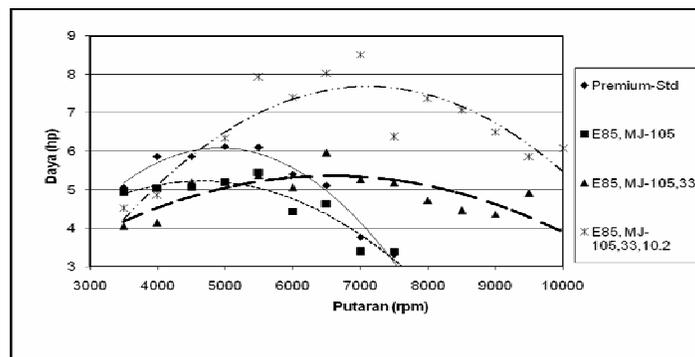
Pengujian distilasi menunjukkan bahwa titik penguapan awal (initial boiling point/IBP) premium lebih rendah dibandingkan dengan E-85 dan etanol. Pengujian ini hampir identik dengan RVP dimana hasil pengujian akan dapat digunakan untuk memprediksi tingkat kemudahan penguapan dari bahan bakar. Mengingat 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

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

Gambar 1, menunjukkan perubahan daya motor bensin terhadap perubahan putaran untuk premium dan E-85 dengan perubahan parameter optimum (diameter mainjet, *ignition timing* dan *compression ratio*). Dari pengujian ulang terhadap diameter mainjet optimum didapatkan harga 1,05 mm, sama seperti pengujian parameter tunggal⁽⁹⁾. Dengan diameter mainjet 1,05 mm, daya rata-rata yang dihasilkan motor sebesar 4,61 Hp atau lebih rendah 11% dibandingkan dengan premium. Perbaikan daya motor dapat diperoleh dengan merubah/memajukan *ignition timing* dari 15° BTDC (standar) menjadi 33° BTDC sehingga rata-rata daya meningkat menjadi 4,91 Hp atau 6% dibawah premium. Peningkatan rata-rata daya dan daya maksimum tercapai dengan penggabungan parameter uji sebelumnya dengan *compression ratio* menjadi 10,2:1. Pada kondisi optimum ini daya rata-rata yang dihasilkan adalah sebesar 6,6 Hp atau meningkat sebesar 27% dibandingkan dengan premium.

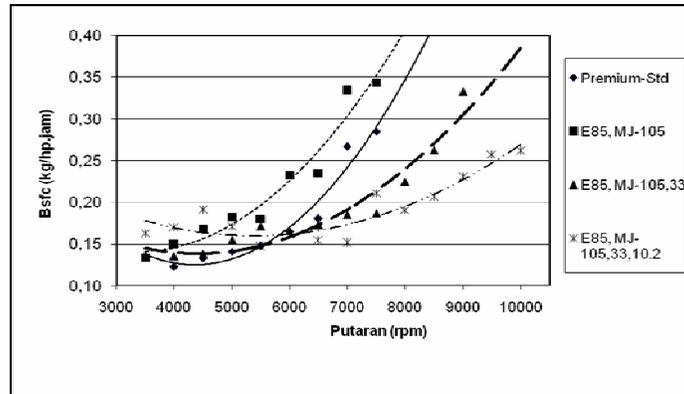
Penggabungan perubahan parameter didapatkan dari penelitian sebelumnya terhadap parameter tunggal berupa diameter mainjet, *ignition timing* dan *compression ratio*^(9,10). Dengan parameter gabungan yang optimum tersebut diameter mainjet merubah rasio campuran udara dan bahan bakar mendekati stokiometri, sedangkan *ignition timing* dan *compression ratio* dirubah karena peningkatan angka oktana dari E-85.



Gambar 1. Daya terhadap Putaran dan parameter optimum

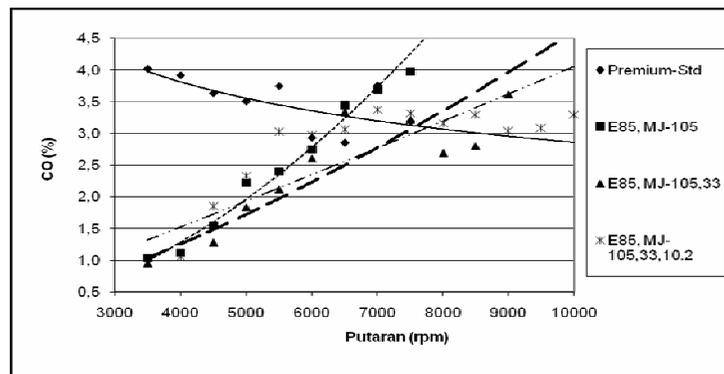
Gambar 2, menunjukkan hubungan konsumsi bahan bakar spesifik (Bsfc) terhadap perubahan putaran motor pada premium dan E-85 pada evolusi perubahan parameter berupa diameter mainjet, *ignition timing* dan *compression ratio*. Perbesaran diameter mainjet motor mengakibatkan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik (bsfc) secara signifikan. Pada diameter mainjet 1,05 mm bsfc E-85 dapat diturunkan menjadi 0,22 kg/Hp.jam dari sebelumnya sebesar 0,8 kg/Hp.jam (kondisi standar)^(9,10). Penggabungan parameter optimum diameter mainjet dengan *ignition timing* dan *compression ratio* menurunkan bsfc menjadi hanya 0,19 kg/Hp.jam atau 8% lebih tinggi dibandingkan dengan premium. Kenaikkan *compression ratio* dari 9:1 ke 10,2:1 tidak merubah bsfc secara

signifikan – sama seperti pada gabungan uji diameter mainjet dan *ignition ratio*, tetapi daya yang dihasilkan jauh lebih besar (Gambar 1).



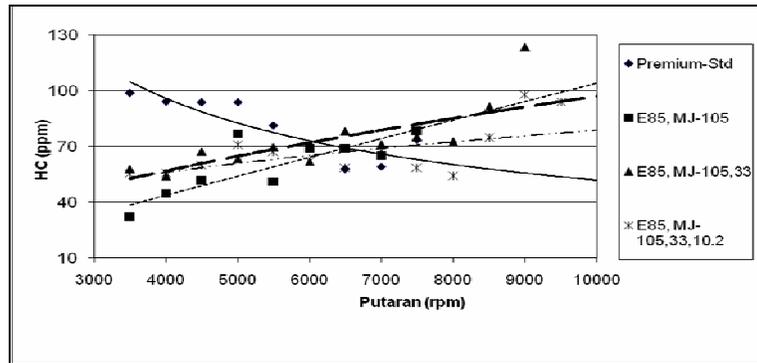
Gambar 2. Bsfc terhadap Putaran dan parameter optimum

E-85 sebagai bahan bakar beroksigenat dapat menurunkan emisi CO secara signifikan. Pada diameter mainjet 1,05 mm, rata-rata emisi CO turun menjadi 2,5% dari 3,5% ketika menggunakan premium atau lebih rendah 30% (Gambar 3). Perubahan *ignition timing* juga berdampak pada penurunan emisi CO meskipun tidak secara signifikan, yaitu turun menjadi 2,4%. Sebaliknya dengan menaikkan *compression ratio* emisi CO justru berkecenderungan meningkat menjadi rata-rata sebesar 2,7%. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Huseyin⁽⁴⁾. Kenaikkan emisi CO pada *compression ratio* yang tinggi dimungkinkan karena kurangnya pasokan udara sehingga campuran udara dan bahan bakar menjadi kaya – bila dibandingkan dengan *compression ratio* yang lebih rendah - dan pembakaran menjadi kurang sempurna (Gambar 5).



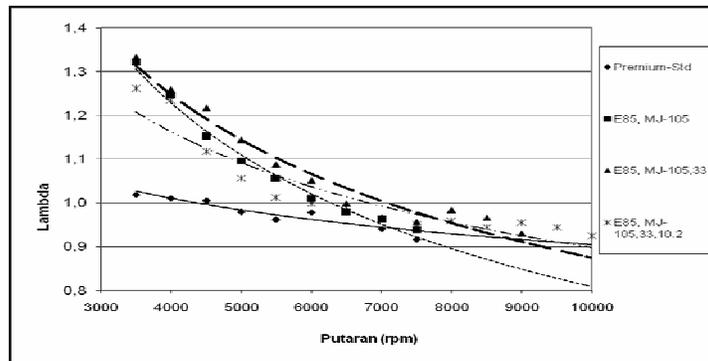
Gambar 3. Emisi CO terhadap Putaran dan parameter optimum

Penurunan emisi HC juga terjadi pada penggunaan E-85 pada motor bensin (Gambar 4). Pada diameter mainjet 1,05 mm emisi HC dapat diturunkan dari rata-rata 80 ppm (premium) menjadi rata-rata 59,5 ppm atau turun sebesar 30%. Sedangkan perubahan *ignition timing* menjadi 33° BTDC justru menaikkan emisi HC menjadi 73,7% - hal ini bisa diakibatkan oleh temperatur pembakaran yang lebih rendah dibandingkan dengan pengujian diameter mainjet 10,5 dan *ignition timing* standar sebelumnya (Gambar 6). Dengan meningkatkan *compression ratio* menjadi 10,2:1 emisi HC dapat diturunkan menjadi 67% atau lebih rendah 16% dibandingkan premium.



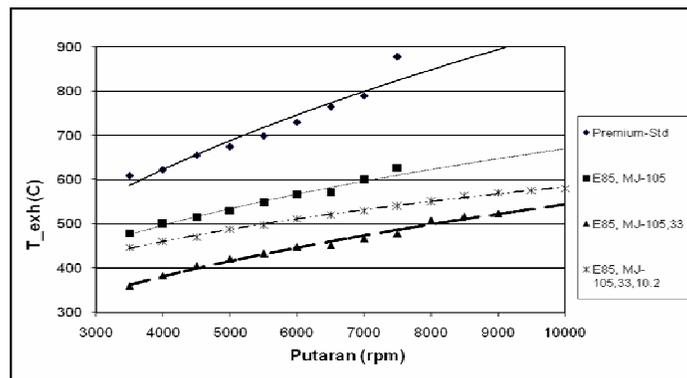
Gambar 4. Emisi HC terhadap Putaran dan parameter optimum

Pada pengujian ini digunakan motor bensin dengan carburator sehingga karakteristik campuran udara dan bahan bakar tidak dapat sepenuhnya dikendalikan dan berubah sesuai perubahan putaran motor. Rasio campuran udara-bahan bakar aktual (A/F)_{aktual} dan stokiometri (A/F)_{stok} atau sering disebut λ pada pengujian premium dan E-85 ditunjukkan pada Gambar 5. Rata-rata λ pada pengujian premium adalah 0,98 (sedikit kaya) sedangkan untuk E-85 cenderung sedikit miskin yaitu antara 1,02 sampai dengan 1,08. Campuran yang sedikit miskin ini memberikan keuntungan pada rendahnya emisi CO dan perbaikan efisiensi motor.



Gambar 5. λ terhadap Putaran dan parameter optimum

Pembakaran E-85 menghasilkan temperatur pembakaran yang lebih rendah dibandingkan dengan premium karena rendahnya nilai kalor dari etanol (Gambar 6). Temperatur pembakaran yang rendah akan memberikan peningkatan kontribusi dari emisi HC yang dihasilkan oleh motor bensin, hal ini dapat dilihat pada bahasan emisi HC (Gambar 4).



Gambar 6. Temperatur gas buang terhadap Putaran dan parameter optimum

4. KESIMPULAN

Penggabungan parameter optimum dari diameter mainjet, *ignition timing* dan *compression ratio* mampu meningkatkan unjuk kerja dan menurunkan emisi gas buang dari motor bensin. Dibandingkan dengan premium, penggunaan E-85 pada kondisi optimum dapat meningkatkan daya sebesar 27% dan emisi CO dan HC menurun masing-masing sebesar 23% dan 16% sedangkan bsfc masih lebih tinggi sebesar 9% dibandingkan dengan premium.

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 dan Pimpinan dan staf Laboratorium Pelumas Pertamina Tanjung Perak Surabaya atas diperkenankannya melakukan pengujian.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Al-Hasan M [2003], "Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and sexhaust 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 Fulled 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 etanol 85%dan premium 15% dengan variasi diameter mainjet" *Seminar Nasional Teknik Mesin dan Industri III, Universitas Tarumanagara, Jakarta.*
10. Setiyawan, Atok [2007], " 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)" *Seminar Nasional Teknik, Kopertis Wilayah V, Yogyakarta.*
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.*