

PERFORMANCE CAMPURAN BENSOL+PERTAMAX PRODUK PERTAMINA UNTUK ENGINE MOBIL FORMULA SAE TIM BIMASAKTI JTMI FT-UGM

Fauzun¹, Bagas Estu¹

¹Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

ABSTRACT

This research was carried out to obtain the mixture composition of Pertamax and Bensol produced by Pertamina that give the best performance for the otto engine particularly engine used by Bimasakti JTMI FT-UGM Team for The 9th Japan Student Formula SAE Competition on September 6-9th, 2011 in ECOPA. The performance mentioned is Torsion, Power, Specific Fuel Consumption (SFC), Air-Fuel Ratio (AFR) and mean effective pressure (bmep) as function of engine shaft rotation (rpm) for several variation of mixture composition of Pertamax and Bensol. This research used Engine Research and Test Bed GWE-80/100-HS-AV Datsun that available in the Energy Conversion Laboratorium – JTMI FT-UGM and Pertamax + Bensol mixture as fuel. The fuel was varied in the following compositions: 100% Pertamax + 0% Bensol, 95% Pertamax + 5% Bensol, 90% Pertamax + 10% Bensol, 85% Pertamax + 15% Bensol and 80% Pertamax + 10% Bensol. For each mixture composition was performed 5 variations of engine rotation (1400 rpm to 2800 rpm). And then the data of experiment result were calculated and made its graph. The graphs were analyzed to get relationship between fuel mixture composition and engine performance, and to obtain a mixture composition that produce the best performance. The results showed that all the compositions produced the engine power with different values, wherein mixture of 90% Pertamax + 10% Bensol delivered higher engine power than others for all the rpm. For all the compositions had the same tendency that increasing in the engine rotation caused the engine power to increase. This tendency also occurred on the specific fuel consumption (SFC), but the maximum SFC was obtained at Pertamax without mixed with Bensol. Although this composition would have a positive impact on one of the competition judging item: the economical fuel consumption, but by considering the kinds of event and the award criteria in the competition, mixture of 90% Pertamax + 10% Bensol is the optimum choice for fuel of The Bimasakti's SF SAE engine for the success of the team.

Keywords

Pertamax-Bensol, Engine Performance, 2011 Japan SF SAE Competition.

1. LATAR BELAKANG

Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (JTMI FT-UGM) dalam tekadnya mewujudkan visinya menjadi jurusan yang berkelas dunia dalam pendidikan dan riset telah melakukan serangkaian langkah strategis diantaranya mempromosikan kemampuan mahasiswanya di tataran dunia melalui keikutsertaan dalam kompetisi mahasiswa tingkat internasional yang relevan dengan core kompetensi JTMI. Kompetisi yang diikuti tersebut salah satunya adalah 9th Japan Student Formula SAE yang akan diselenggarakan pada 6-9 September 2011 di ECOPA Japan. Kompetisi ini adalah kompetisi tahunan yang diselenggarakan oleh Society of Automotive Engineer (SAE) yang tahun ini memasuki kali yang ke 9, dimana sampai dengan tahun 2010 lalu, Indonesia yang juga tercatat sebagai anggota SAE belum pernah mengirimkan wakilnya di ajang tersebut. Oleh karena itu keikutsertaan JTMI FT-UGM melalui tim Bimasakti ini menjadi wakil pertama dari Indonesia dan merupakan satu-satunya, sehingga perlu didukung dari sisi teknis maupun non teknis demi kesuksesan keikutsertaan ini.

Dari sisi teknis banyak hal yang harus diback up dengan riset untuk memenuhi persyaratan lomba maupun memaksimalkan pencapaian point saat event berlangsung, salah satunya adalah bagaimana memaksimalkan performance engine dengan bahan bakar yang dipersyaratkan. Dalam 2011 FSAE Rules, Article 9, Point Pertama dinyatakan bahwa: *“The basic fuel available at competitions in the Formula SAE Series is unleaded gasoline with an octane rating of 93 (R+M)/2 (approximately 98 RON)”*. Fuel dengan persyaratan tersebut tidak tersedia di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di sekitar kita, sedangkan import terkendala oleh jumlah maupun regulasi. Di sisi lain, kita membutuhkan bahan bakar tersebut di sini untuk keperluan pengetesan static maupun dynamics dari engine mobil formula yang akan digunakan.

Dari studi literatur dan studi spesifikasi bahan bakar yang kita lakukan, dimungkinkan memperoleh spesifikasi bahan bakar yang dipersyaratkan dengan melakukan pencampuran beberapa bahan bakar yang tersedia di pasaran (Premium, Pertamax, Bensol dll.). Campuran yang paling memungkinkan adalah Pertamax dengan Bensol, dengan komposisi tertentu persyaratan RON 98 dapat dicapai mengingat Pertamax memiliki RON 92 sedangkan Bensol memiliki RON 120 meskipun dari sisi *Lead Free* campuran tersebut belum memenuhi syarat. Tetapi setidaknya bahan bakar yg akan kita gunakan untuk *test drive* nanti sudah sesuai dengan spesifikasi utama. Bagaimanapun demi keberhasilan dalam test drive nanti, perlu melakukan serangkaian pengujian dengan engine test bed untuk mengetahui karakteristik atau performance bahan bakar campuran tersebut sebagai rujukan saat melakukan test drive mengingat informasi tersebut belum tersedia. Penelitian ini dilakukan untuk menggali informasi tersebut.

2. RUMUSAN MASALAH

Bagaimana performance campuran beberapa fuel yang tersedia di pasaran (Pertamax dan Bensol) untuk beberapa komposisi sebagai pendekatan dari fuel yang dipersyaratkan 2011 SF SAE competition pada mesin bensin 4 tak seperti yang digunakan pada mobil Tim Bimasakti JTMI FT-UGM?

3. TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui performance berbagai komposisi campuran pertamax dan bensol pada mesin bensin 4 tak (Daya, Torsi, SFC, AFR dan bmep) untuk berbagai putaran mesin.
2. Mendapatkan komposisi campuran pertamax dan bensol yang optimum untuk keperluan kompetisi SF SAE 2011.

4. TINJAUAN PUSTAKA

- Pertamax adalah BBM produksi Pertamina; bebas timbal, RON 92 (95 untuk pertamax plus), bisa menerima tekanan lebih tinggi dan cocok untuk mesin-mesin dengan teknologi setara EFI.
- Bensol (Avgas) BBM produksi Pertamina; untuk mobil racing dg rasio kompresi pada mesin > 11 (tinggi), RON sekitar 120 dan *high lead content*.

5. LANDASAN TEORI

Mesin bensin sering pula disebut “*spark ignition engine*”, maksudnya bahwa mesin ini memerlukan percikan bunga api (spark) untuk mengawali pembakaran pada silinder, karena itulah memerlukan busi atau *spark plug*. Bunga api dipercikan ke dalam ruang bakar beberapa derajat sebelum titik mati atas (TMA), sehingga terjadi kenaikan energi kalor dalam ruang bakar. Energi tersebut diubah menjadi energi mekanik untuk menggerakkan poros engkol. Ada beberapa hal yang mempengaruhi unjuk kerja mesin bensin, yaitu antara lain perbandingan besarnya kompresi, tingkat homogenitas campuran bahan bakar dengan udara, oktan bensin sebagai bahan bakar, dan tekanan udara masuk ruang bakar. Semakin besar perbandingan udara maka mesin akan semakin efisien, akan tetapi semakin besar perbandingan kompresi akan timbul knocking pada mesin. Untuk memperbaiki campuran bahan bakar dengan udara maka aliran udara akan turbulen, sehingga diharapkan tingkat homogenitas campuran akan lebih baik.

Mesin bensin 4 tak menjalani 4 langkah dalam setiap siklusnya seperti ditunjukkan pada Gambar 1, antara lain:

1. Langkah Isap.

Campuran udara dan bahan bakar dihisap kedalam silinder/ruangbakar. Piston bergerak menuju titik mati bawah (TMB). Katup isap terbuka dan katup buang tertutup.

2. Langkah Kompresi.

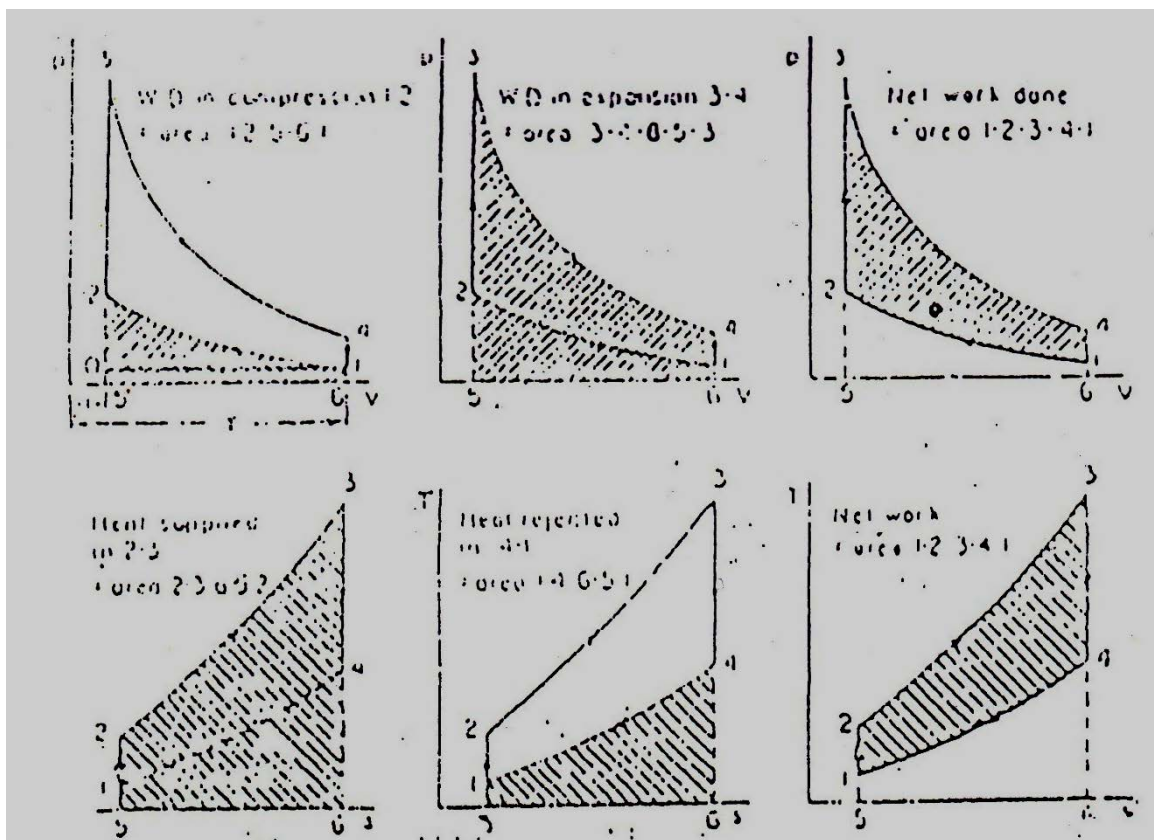
Kedua katup tertutup. Piston bergerak menuju titik mati atas(TMA). Sesaat sebelum piston mencapai TMA, bunga api dari busi dipercikkan dan bahan mulai terbakar, sehingga terjadi proses pemasukan panas.

3. Langkah Ekspansi.

Selama pembakaran, sejumlah energi dibebaskan, sehingga suhu dan tekanan di dalam silinder naik dengan cepat. Setelah mencapai TMA, piston akan didorong oleh gas bertekanan tinggi ini menuju TMB. Tenaga mekanis ini diteruskan ke poros engkol. Saat sebelum TMB, katup buang terbuka, gas hasil pembakaran mengalir keluar dan tekanan didalam silinder turun dengan cepat.

4. Langkah Pembuangan

Piston bergerak menuju titik mati atas mendorong gas di dalam silinder ke saluran buang.



Gambar 1 Proses proses (langkah) dalam ruang bakar mesin bensin 4 tak

Efisiensi

Efisiensi total mesin (η) dinyatakan dalam persamaan

$$\eta = \frac{W}{l_{cv}}$$

dengan :

W : daya keluaran tiap satuan massa bahan bakar.

l_{cv} : nilai kalor pembakaran rendah (lower caloric value)

Cara lain untuk menunjukan tingkat ekonomis suatu mesin adalah dengan besaran yang disebut konsumsi bahan bakar spesifik (specific fuel consumption, SFC). Besaran ini menyatakan konsumsi bahan bakar tiap satuan daya yang dihasilkan, misal dalam gr bahan bakar per kWh daya output.

Efisiensi total diatas dalam bentuk lain yaitu :

$$\eta = \eta_i \cdot \eta_m$$

dengan :

η_i : *Indicated thermal efficiency*, 25-30% untuk mesin bensin

η_m : efisiensi mekanis, kira kira 80-()% untuk beban penuh.

Efisiensi thermal teoritis tergantung pada perbandingan kompresi :

$$\eta_T = 1 - \frac{1}{(r_v)^{k-1}}$$

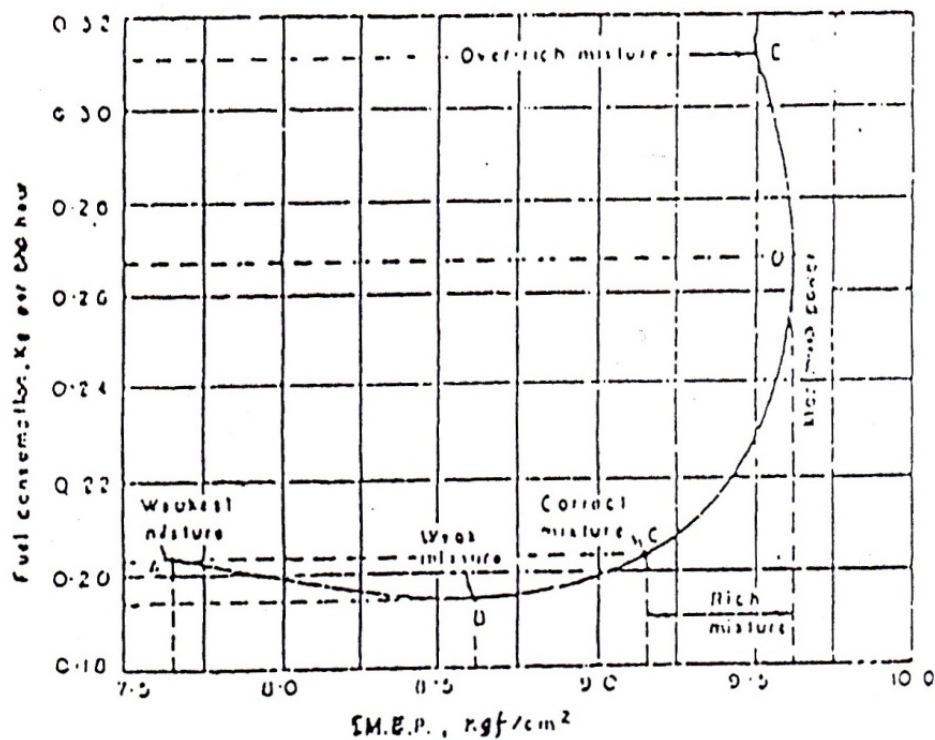
dengan :

r_v : perbandingan kompresi

$k = c_p/c_v$

Pengaruh kepekatan campuran bahan bakar-udara

Perbandingan bahan bakar - udara (*Air Fuel Ratio* = AFR) untuk mesin bensin berkisar 7 : 1 (pekat) sampai dengan 18 : 1 (encer). Unjuk kerja mesin tergantung pada kondisi campuran ini dan ditunjukkan oleh besarnya daya yang dikeluarkan mesin, irit atau tidaknya pemakaian bahan bakar, dan tingkat polusi yang dihasilkan mesin. Pengaturan kondisi campuran dilakukan di karburator.



Gambar 2 Fuel loop test result

Pengaruh AFR terhadap daya dan konsumsi bahan bakar spesifik dapat diketahui dalam percobaan pada putaran tetap, dengan jalan mengatur AFR menggunakan sebuah katub jarum pada karburator yang khusus dibuat untuk itu. Percobaan untuk memperoleh grafik ini disebut *Fuel Loop Test*. Gambar 2 menunjukkan grafik hasil dari suatu *fuel loop test*.

Titik (D) menunjukkan daya maksimum yang dapat dicapai dan titik (B) menunjukkan titik kerja dimana pemakaian bahan bakar paling irit. Titik yang optimum terletak diantara kedua titik tersebut.

Berikut ini adalah rumus-rumus untuk menghitung parameter-parameter penting digunakan untuk mengetahui performance mesin bensin dengan bahan bakar tertentu:

1. Torsi (T) dan daya mesin(P)

$$T = m.g.l \quad (Nm)$$

dan,

$$P = \frac{2.\pi.n.T}{60000} \quad (kW)$$

dimana :

m : massa yang terukur pada dinamometer (kg)

g : percepatan gravitasi (kg/m^2)

l : panjang lengan dinamometer (m)

n : putaran mesin (rpm)

2. Brake mean effective pressure (bmep)

Bmep merupakan besaran yang menyatakan tenaga output mesin tiap satuan volume silinder,

$$bmep = \frac{60P \cdot z}{V \cdot n} \quad (\text{kPa})$$

dimana :

V : volume langkah total silinder (m^3)

$Z = 2$ untuk mesin 4 tak, 1 mesin 2 tak

3. Massa aliran udara masuk (Gs)

$$Gs = \alpha \cdot \epsilon \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \sqrt{2 \cdot g \cdot \rho_a \cdot \Delta p} \quad (\text{kg/s})$$

dimana :

α : koefisien aliran melalui nosel bulat (0,822)

ϵ : koefisien untuk fluida incompressible

d : diameter nosel bulat (0,048)

Δp : perbedaan tekanan udara melalui nosel (mmHg)

ρ_a : massa jenis udara basah pada suhu kamar (kg/m^3)

$$\rho_a = \rho_n \cdot \frac{P_a - \phi P_s}{760} \cdot \frac{273}{273 + \theta_a} + \phi \cdot \rho_w \quad (\text{kg/m}^3)$$

dimana :

ρ_n : massa jenis udara kering pada suhu kamar dan pada tekan absolut 760 mmHg ($1,293 \text{ kg/m}^3$)

P_a : tekanan udara atmosfer yang diukur dalam pengujian (mmHg)

P_s : tekanan uap air jenuh pada suhu pengujian θ_a °C (mmHg)

ρ_w : massa jenis uap pada suhu pengujian θ_a °C (kg/m^3)

θ_a : suhu udara ruang/kamar (°C)

ϕ : kelembaban relatif yang diukur dalam pengujian

k : perbandingan kalor spesifik udara (1,4)

Koefisien dari fluida incompressible ke fluida compressible (ε),

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{k}{k-1} \frac{13,59.P_a}{\Delta p} \left\{ \left(\frac{13,59.P_a - \Delta p}{13,59.P_a} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{13,59.P_a - \Delta p}{13,59.P_a} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right\}}$$

Nilai G_s di atas berlaku hanya jika bilangan Reynolds (Rd) ≥ 7400 maka besarnya G_s dicek dengan persamaan :

$$Rd = \frac{u \cdot d}{\nu}$$

dimana : u : kecepatan rata-rata melalui nosel bulat,

$$u = \frac{4G_s}{\rho_a \pi d^2} \quad (m/s)$$

Maka :

$$Rd = \frac{4G_s}{\rho_a \nu \pi d}$$

dimana :

ν : viskositas kinematik udara yang dihisap melalui nosel bulat (m^2/s) tabel 2

4. Efisiensi pengisian/charging bakar (η_c)

$$\eta_c = \frac{G_s \cdot 60}{\rho_a \cdot \nu \cdot n}$$

5. Air fuel ratio (AFR)

Konsumsi bahan bakar,

$$m_f = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \rho_{bb} \quad (kg/jam)$$

$$AFR = \frac{G_s \cdot 3600}{m_f}$$

dimana :

b : volume buret yang dipakai pengujian (cc)

t : waktu yang digunakan untuk pengosongan buret (detik)

ρ_{bb} : massa jenis bahan bakar (kg/l)

6. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

$$SFC = \frac{m_f}{P} \quad \left(\frac{kg}{kW \cdot jam} \right)$$

7. Laju massa gas buang (Gg)

$$G_g = G_s + \frac{m_f}{3600} \quad (kg/s)$$

8. Kehilangan energi melalui gas buang

$$Q_g = G_g \cdot c_{p(gas)} \cdot (\theta_{g \text{ out}} - \theta_{g \text{ in}}) 4,184 \quad (kW)$$

dimana :

$c_{p(gas)}$: panas jenis pada tekanan konstan gas hasil pembakaran berdasarkan suhu gas buang dan udara lebih (kcal/kg °C).

$\theta_{g \text{ in}}$: suhu udara masuk (°C)

$\theta_{g \text{ out}}$: suhu udara keluar (°C)

$$\eta_g = \frac{Q_g}{Q_f} \times 100 \quad (\%)$$

dimana :

η_g : kehilangan energi melalui gas buang

Q_g : energi dalam gas buang

Q_f : kalor ekivalendari konsumsi bahan bakar

$$Q_f = H \cdot m_f \cdot \frac{4,184}{3600} \quad (kW)$$

dimana : H : nilai kalor bahan bakar (kcal/kg)

9. Kehilangan energi melalui air pendingin

$$Q_w = G_w \cdot c_{p(w)} \cdot \frac{(\theta_{w \text{ out}} - \theta_{w \text{ in}}) 4,184}{3600} \quad (kW)$$

dimana :

G_w : konsumsi air pendingin (kg/jam)

$C_{p(w)}$: panas jenis air pada tekanan konstan ((kcal/kg °C))

$\theta_{w \text{ in}}$: suhu air pendingin masuk (°C)

$\theta_{w \text{ out}}$: suhu air pendingin keluar (°C)

$$\eta_w = \frac{Q_w}{Q_f} \times 100 \quad (\%)$$

10. Brake thermal efficiency

$$\eta_s = \frac{P_o}{Q_f} \times 100 = \frac{P K}{Q_f} \times 100 \quad (\%)$$

$$K = \frac{749}{P_a - \varphi P_s} \sqrt{\frac{273 + \theta_a}{293}} \quad (\%)$$

Dimana :

K : faktor koreksi untuk torsi dan daya ke kondisi standar ($p = 760 \text{ mmHg}$, $T = 20^\circ\text{C}$,
humidity = 65%)

$P = P \times K$ = daya mesin yang sebenarnya.

11. Kehilangan energi karena gesekan

$$\eta_{frie} = 100 - \eta_g - \eta_w - \eta_c \quad (\%)$$

$$P_{frie} = \frac{Q_f \times \eta_{frie}}{100} \quad (kW)$$

12. Daya indikasi (P_i)

$$P_i = P_o + P_{frie} \quad (kW)$$

Efisiensi thermal indikasi (η_i) :

$$\eta_i = \frac{P_i}{Q_f} \times 100 \quad (\%)$$

13. Efisiensi mekanis (η_m)

$$\eta_m = \frac{P_o}{P_i} \times 100 \quad (\%)$$

6. PELAKSANAAN PENELITIAN

Peralatan Dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengujian ini adalah menggunakan Engine Research and Test Bed GWE-80/100-HS-AV merk Datsun berbahan bakar bensin dengan spesifikasi (lihat Gambar 1.3):

Perbandingan kompresi	: 8,2:1
Pendingin	: air
Diameter silinder	: 78 mm
Panjang langkah piston	: 82 mm
Jumlah silinder	: 4

Dan beberapa alat ukur lain :

- a. Termometer
- b. Manometer
- c. Throttle control
- d. Gelas ukur fuel
- e. Tangki mixer
- f. Flow meter
- g. Stopwatch
- h. Higrometer
- i. Barometer
- j. Buret



Gambar 3. *Engine Research and Test Bed GWE-80/100-HS-AV Datsun*

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Pertamax produk PT.Pertamina
- b. Bensol/avtur bahan bakar pesawat terbang

Prosedur Penelitian

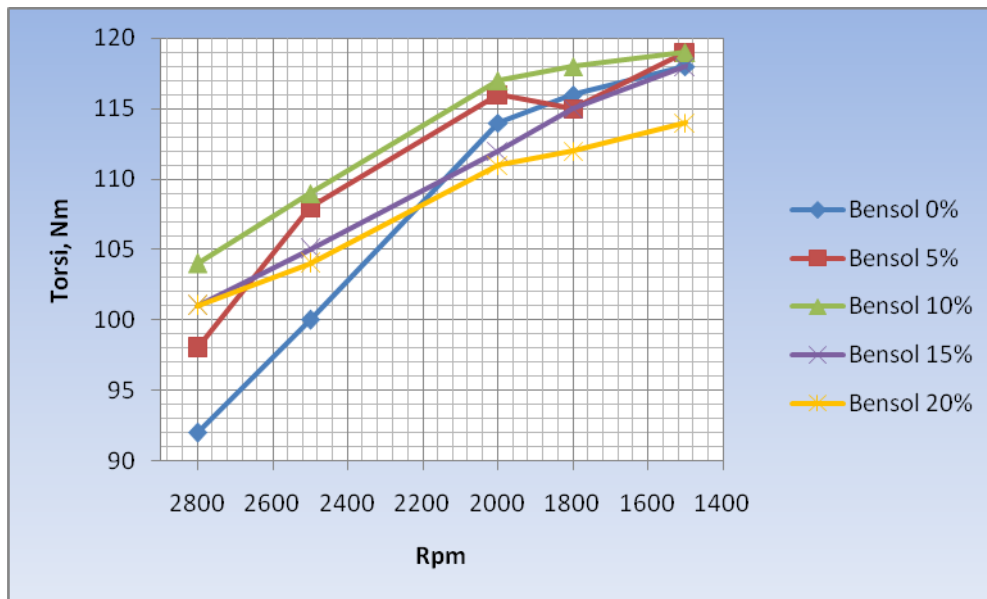
Urutan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Lakukan pencampuran Pertamax dan Bensol dengan komposisi (berbasis volume) 100% Pertamax, 95% Pertamax + 5% Bensol, 90% Pertamax + 10% Bensol, 85% Pertamax + 15% Bensol, dan 80% Pertamax + 20% Bensol.
2. Lakukan pengujian untuk tiap komposisi diatas.
3. Masukkan bahan bakar untuk komposisi 100% Pertamax.
4. Hidupkan mesin uji dan tunggu sesaat hingga mesin steady.
5. Setelah mesin steady atur rpm mesin sesuai dengan variasi yang diinginkan dengan cara mengatur dinamometer dan throttle.
6. Setelah itu lakukan pengamatan dan pencatatan semua alat ukur yang ada untuk variasi rpm(2800, 2500, 2000, 1800, dan 1500) yang telah diatur.
7. Matikan mesin lakukan pengosongan tangki bahan bakar.
8. Lakukan langkah 3 untuk komposisi berikutnya.
9. Data – data hasil pembacaan alat ukur dikumpulkan dan siap diolah untuk mencapai tujuan penelitian ini.

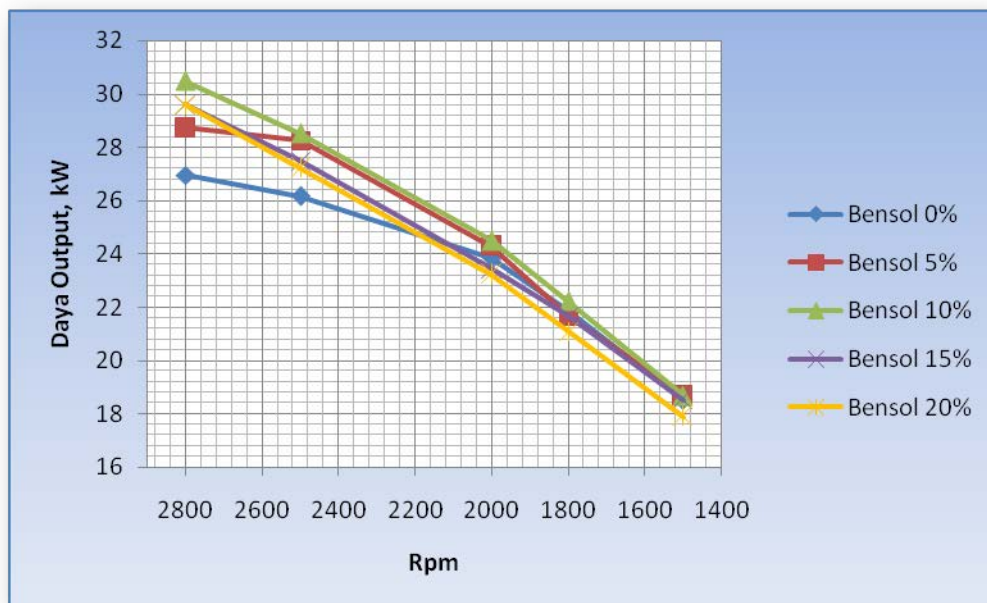
7. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

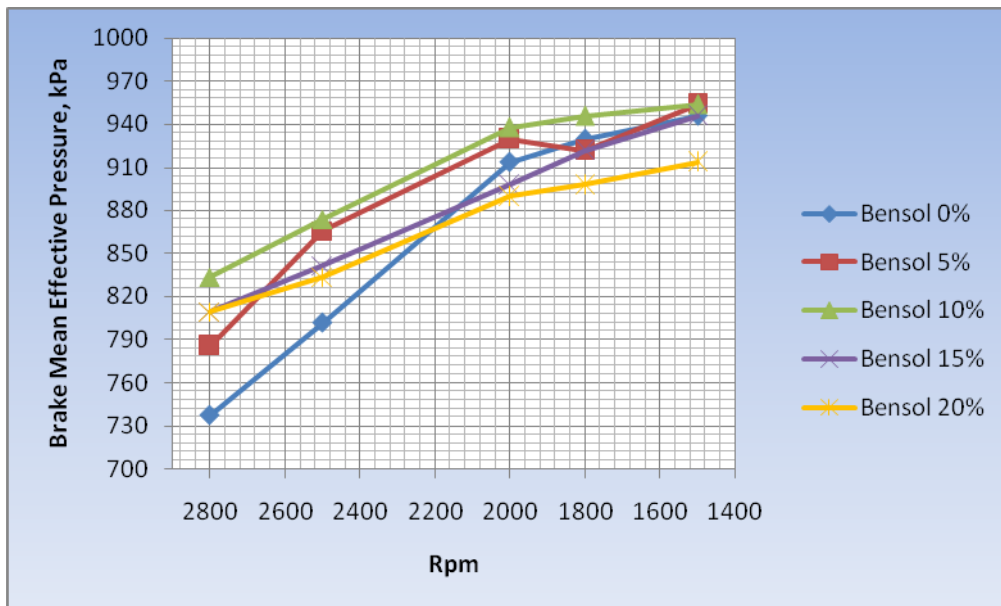
Setelah data hasil percobaan dilakukan perhitungan maka diperoleh hasil perhitungan yang dipaparkan dalam grafik-grafik berikut:



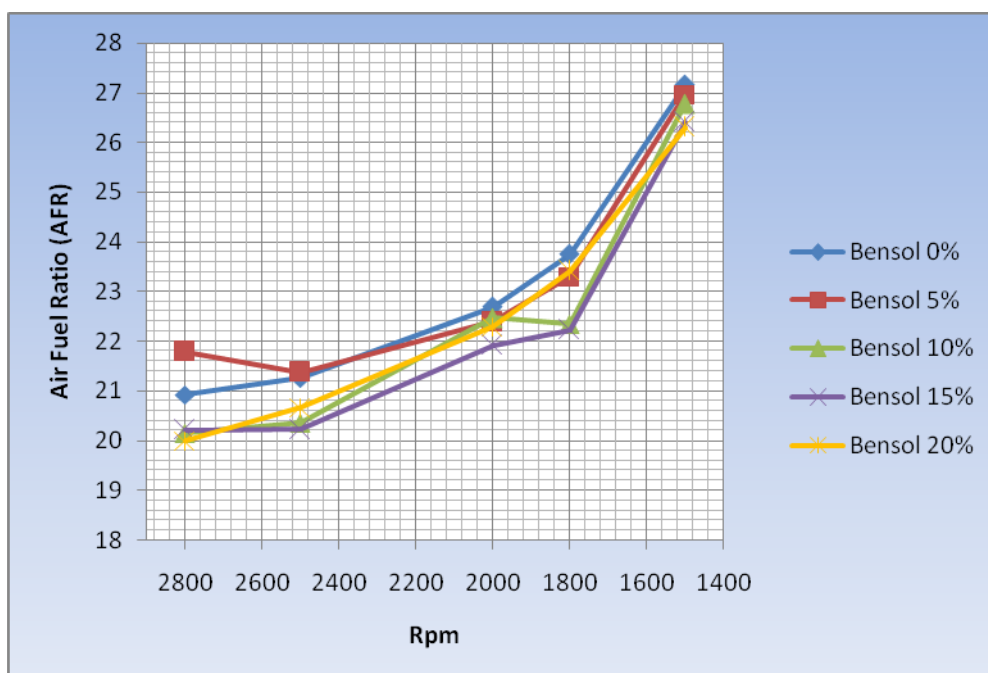
Gambar 4 Diagram Rpm Vs Torsi Untuk Berbagai Komposisi Campuran Pertamax + Bensol



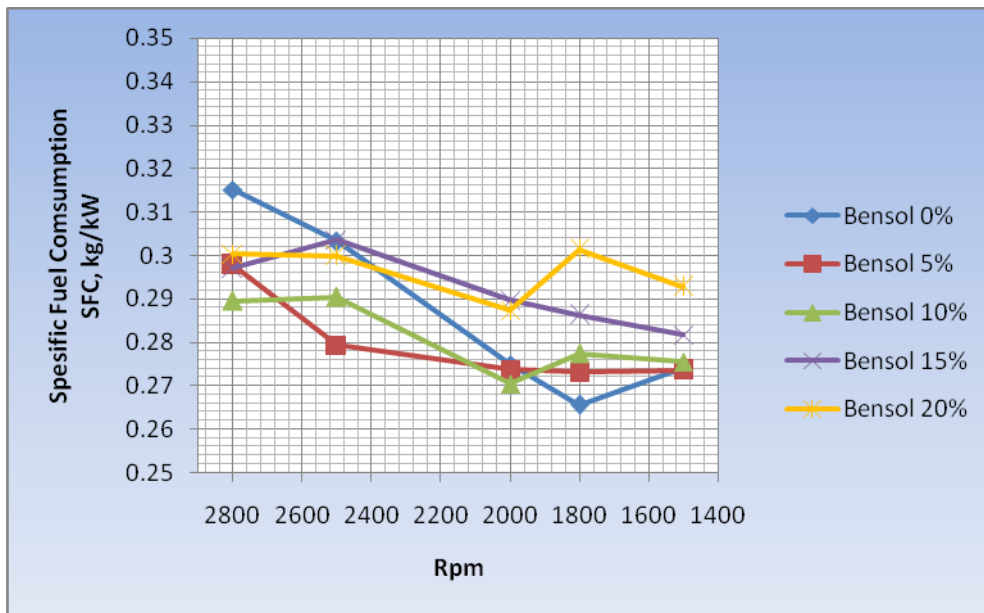
Gambar 5 Diagram Rpm Vs Daya Output Untuk Berbagai Komposisi Campuran Pertamax + Bensol



Gambar 6 Diagram Rpm Vs bmep Berbagai Komposisi Campuran Pertamax Plus + Bensol



Gambar 7 Diagram Rpm Vs AFR Berbagai Komposisi Campuran Pertamax Plus + Bensol



Gambar 8 Diagram Rpm Vs SFC Berbagai Komposisi Campuran Pertamax Plus + Bensol

Pembahasan

Dari grafik Rpm versus Torsi terlihat bahwa semua komposisi mempunyai kecenderungan yang sama, yaitu penurunan putaran mesin akan diiringi dengan peningkatan Torsi, kecenderungan ini juga dijumpai pada Rpm vs bmep. Ketidakkonsistenan dijumpai untuk campuran 95% Pertamax Plus + 5% Bensol saat putaran mesin diturunkan dari 2000 ke 1800 rpm, kemungkinan hal ini disebabkan oleh kesalahan pembacaan alat ukur karena secara teoritis, untuk laju suplai bahan bakar dan udara yang sama, torsi akan berbanding terbalik dengan putaran mesin.

Grafik Rpm versus Daya output menunjukkan bahwa semua komposisi mempunyai kecenderungan yang sama, yaitu penurunan putaran mesin akan berakibat penurunan daya output mesin dimana daya output terbesar disemua putaran mesin dijumpai pada campuran 90% Pertamax plus + 10% Bensol. Berdasarkan specific heat kedua bahan bakar, mestinya penambahan bensol akan menurunkan daya output mesin karena specific heat campuran akan berkurang (note: Pertamax plus 46 MJ/kg, Bensol 42.8 MJ/kg). Tetapi faktor lain spt: rasio tekanan mesin, jumlah suplai udara dll juga menjadi penentu besarnya daya output ini, sehingga menjadi logis manakala peningkatan kadar bensol tidak sepenuhnya berimplikasi pada penurunan daya output.

Grafik Rpm versus AFR memperlihatkan bahwa semua komposisi mempunyai kecenderungan yang sama, yaitu penurunan putaran mesin akan diiringi dengan peningkatan AFR. Ketidakkonsistenan dijumpai untuk campuran 95% Pertamax Plus + 5% Bensol saat putaran mesin

diturunkan dari 2800 ke 2500 rpm, kemungkinan hal ini disebabkan oleh kesalahan pembacaan alat ukur karena mestinya penurunan putaran mesin akan mengurangi keterlambatan suplai udara yang berakibat peningkatan AFR.

Grafik Rpm vs SFC menunjukkan ketidakkonsistenan kecenderungan untuk semua komposisi dimana penurunan putaran mesin tidak sepenuhnya berakibat menurunkan SFC, ketidakkonsistenan ini terjadi pada penurunan putaran yang berbeda-beda untuk tiap variasi komposisi campuran. SFC tertinggi terjadi pada 100% Pertamina plus saat putaran mesin 2800 rpm, sedangkan SFC terendah juga terjadi pada 100% Pertamina plus saat putaran mesin 1800 rpm.

Event penting dalam kompetisi 10th Japan SF SAE yang sangat menentukan kemenangan peserta adalah dynamic event, pada event ini tiap kendaraan diharuskan melakukan acceleration (75 points), skid pad (50 points), autocross (150 points), fuel economic (100 points) dan endurance (300 points). Dari kelima macam dynamic events tersebut, kecuali fuel consumption semuanya mengandalkan power yang maksimal dengan total point 575 points (85%) sehingga komposisi campuran dan putaran mesin optimum adalah komposisi campuran dan putaran mesin yang menghasilkan daya output maksimum.

8. KESIMPULAN

1. Untuk semua komposisi campuran Pertamina plus dan Bensol, penurunan putaran mesin cenderung akan meningkatkan Torsi, bmep dan AFR mesin dan cenderung meningkatkan Daya output.
2. Untuk semua komposisi campuran, ketidakkonsistenan kecenderungan terjadi pada putaran mesin versus SFC.
3. Campuran 90% Pertamina plus dan 10% Bensol merupakan campuran yang paling optimal untuk fuel mobil formula tim Bimasakti saat test drive untuk persiapan 9th Japan SF SAE Competition.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W., 2002, Penggerak Mula: Motor Bakar Torak, Edisi kelima, Cetakan pertama, Penerbit ITB, Bandung.
- Benson, R.S., 1997, Advanced Engineering Thermodynamics, Second Edition, Pergamon Press.
- Cengel, Y.A., Boles, M.A., 1989, Thermodynamics An Engineering Approach, International Edition, Mc Graw-Hill Book Company.
- Laboratorium Konversi Energi, 2004, Petunjuk Praktikum Motor Bakar, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Maleev, V.V., 1964, Internal Combustion Engine, Second Edition, International Student Edition, McGraw-Hill International Book Company Inc., Tokyo.

SAE International, 2011, 2011 Formula SAE Rules, Printed in USA.