

# PENGARUH KONSENTRASI ETANOL TERHADAP UNJUK KERJA DAN EMISI GAS BUANG MOTOR BENSIN PADA KONDISI IDLE DAN DENGAN STANDAR ECE 83-04

Prawoto\* dan Bagus Anang Nugroho\*\*

\* Pasca Sarjana Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasila

\*\* Peneliti BTMP-BPPT

## ABSTRACT

*This paper describes a study on the influence of ethanol concentration in premium-ethanol fuel blends on vehicle performance and exhaust gas emissions. The study is based on the vehicle test on chassis dynamometer. Exhaust gas emission was measured on idle condition and using ECE standard regulation No. 83-04. Three compositions were performed on the first step, which are 3%, 10% and 20% of volume. Performance and emission results were compared to the test results on the same vehicle fuelled with 100% premium and pertamax. The test results have shown that increasing concentration of ethanol will increase torque and power, reduce CO and HC emission, except on idle condition. 10% ethanol concentration have identical performance characteristic with the same vehicle fuelled with pertamax, with 60% less CO emission on idle condition and 30% less when using ECE 83-04 standard.*

**Key words :** bio fuel, ethanol, performance, exhaust gas emission, ECE 83-04.

## PENDAHULUAN

Pengertian bahan bakar *oxygenated* adalah bahan bakar dengan ikatan karbon-hidrogen-oksigen. Pada awalnya bahan bakar *oxygenated* digunakan untuk meningkatkan nilai oktan bahan bakar, sedang dewasa ini penggunaannya banyak dimanfaatkan untuk mengurangi polusi kendaraan terutama emisi CO. Penambahan etanol ke dalam premium telah diketahui efektif sebagai bahan pembentuk *oxygenated*. Penggunaan etanol ini dapat digunakan sebagai bahan substitusi/pengganti peningkat angka oktan seperti timbal, aromatik, *olefin/diolefin* dan komponen ringan seperti butana. Substitusi ini dilakukan mengingat bahan-bahan sebelumnya memiliki dampak yang merugikan contohnya timbal yang menurunkan intelegensia anak dan merusak katalitik converter; aromatik seperti *benzene* yang dapat menyebabkan kanker, *toluene* yang bersifat beracun atau *xylene* yang merupakan sumber utama pembentukan asap (*smog*). Efek merugikan

lain dari aromatik adalah karakteristiknya yang dapat mengurangi umur komponen sistem bahan bakar. Olefin dan diolefin adalah sumber dalam pembentukan asap, juga berkontribusi pada pembentukan getah (*gum*) dan deposit pada sistem injeksi dan saluran masuk (*intake*). Butana memiliki karakteristik penguapan yang tinggi (*volatile*) sehingga emisi evaporasinya tidak baik. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam penambahan etanol adalah volatilitasnya yang lebih tinggi dari premium. Pada pencampuran yang benar disesuaikan dengan kondisi lingkungan kerja, kombinasi dengan karakteristik sebagai peningkat angka oktan dapat memperbaiki kinerja mampu kemudi (*driveability*) kendaraan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Berbagai studi telah membuktikan bahwa penambahan etanol ke dalam premium akan mengurangi emisi partikel halus (PM<sub>2.5</sub>) yang langsung dikeluarkan oleh kendaraan dan kandungan oksigen dalam etanol mengakibatkan penurunan yang sangat signifikan terhadap emisi gas karbon monoksida (CO), setiap kenaikan 1% oksigen dalam bahan bakar akan menurunkan 2% sampai dengan 10% emisi CO<sup>[1]</sup>. Studi eksperimen yang dilakukan oleh Mayotte et al<sup>[2]</sup> menunjukkan bahwa penambahan etanol akan menurunkan *volatile organic compound* (VOC) dan CO gas buang lebih besar dibandingkan yang dihasilkan oleh penambahan MTBE dengan volume yang sama. Studi lain menunjukkan bahwa etanol sangat efektif untuk menurunkan deposit dalam ruang bakar ketika digunakan sebagai substitusi komponen aromatik<sup>[3]</sup>. Seperti kita ketahui bahwa pembentukan deposit dalam ruang bakar sangat berkaitan dengan pendidihan yang tinggi dari komponen aromatik di dalam bensin.

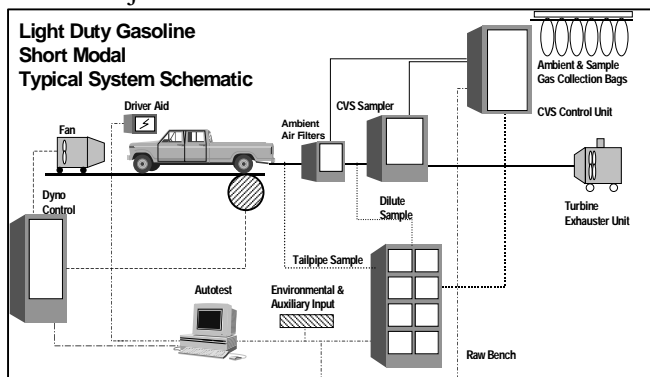
Studi awal penggunaan 10% etanol dalam premium ini (selanjutnya disebut BE10 atau E10 saja) dilakukan atas kerjasama Balai Besar Teknologi Pati (B2TP)-BPPT Lampung sebagai produsen etanol dan Balai Termodinamika, Motor dan Propulsi (BTMP)-BPPT Serpong sebagai laboratorium pengujian. Tujuan dari studi ini adalah pemetaan karakteristik BE10 dibandingkan dengan premium dan pertamax. Sebagai langkah awal sebelum membuat perbandingan karakteristik BE10, studi dilakukan dengan pemetaan karakteristik penggunaan campuran premium-etanol dengan berbagai komposisi, yaitu 3%, 10% dan 20%.

### Alat Dan Metoda

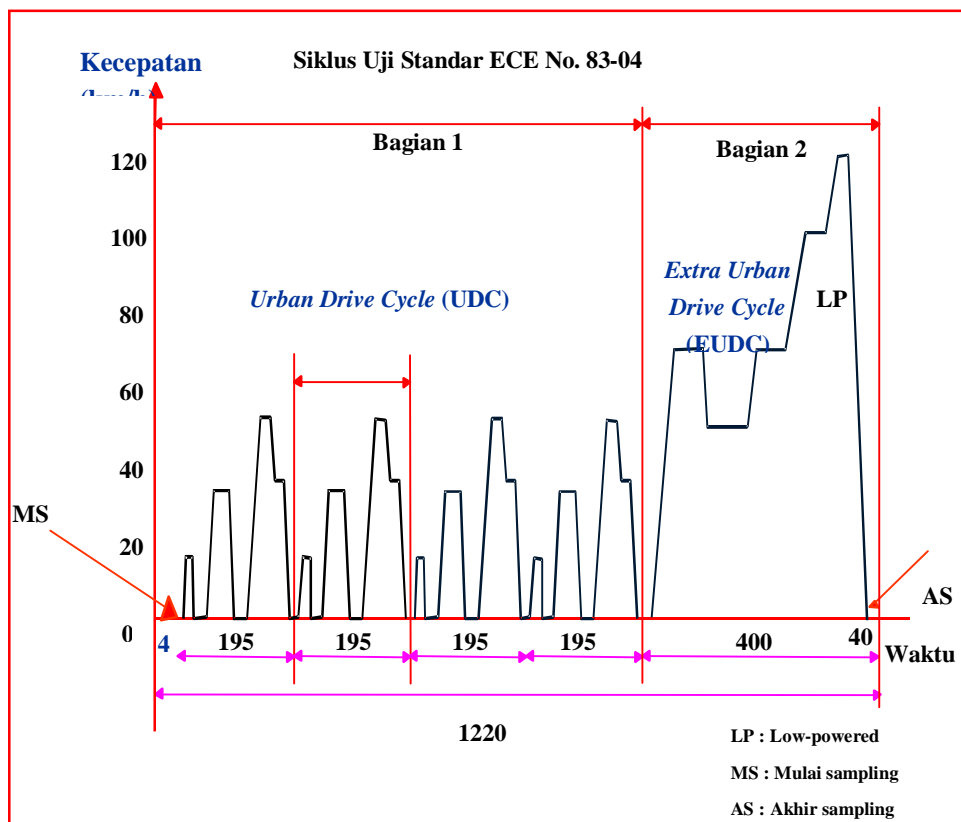
#### Alat Uji

Alat uji meliputi kendaraan, bangku uji (*chassis dynamometer*) (selanjutnya disingkat CD) dan sistem pengambilan sampel serta analisis gas buang. Dalam pengujian ini sebagian besar pengujian menggunakan kendaraan Toyota Kijang LGX 1,8 liter tahun 1997 dengan lima jenis bahan bakar berbeda, yaitu: premium, premium+etanol 3%, premium+etanol 10%, premium+etanol 20% dan pertamax. Rangkaian alat uji secara skematis dan siklus pengujian emisi

dengan metode ECE R 83-04 ditunjukkan dalam Gambar 1 dan Gambar 2. Pengujian kendaraan ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 1. Skema pengujian unjuk kerja dan emisi gas buang dg chassis dynamometer



Gambar 2. Siklus uji emisi dengan standar UN-ECE No. 83-04<sup>[6]</sup>.



Gambar 3. Pengujian kendaraan dengan *chassis dynamometer*.

Alat uji dan alat ukur utama yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

1. Dinamometer dengan *Single Roll Chassis Dynamometer 48 inch diameter*.
2. Sistem pengukuran aliran dengan *Constant Volume Sampling – Critical Flow Venturi*.
3. *Non-Dispersive Infra Red Analyzer* untuk analisa gas CO & CO<sub>2</sub>.
4. *Chemiluminescent Analyzer* untuk analisa gas NO<sub>x</sub>.
5. *Flame Ionization Detector Analyzer* untuk analisa gas HC, dan
6. *Paramagnetic Analyzer* untuk analisa gas O<sub>2</sub>.
7. Sistem akuisisi data secara otomatis *Autotest*.
8. Alat ukur emisi portable Teknotest SPX Corp EGA 2000 untuk pengukuran emisi gas buang dalam kondisi idle, meliputi HC, CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, □, temperatur oli dan putaran mesin.

Pengujian meliputi dua aspek yaitu pengujian unjuk kerja (gaya traksi, daya dan pemakaian bahan bakar) fungsi kecepatan, dan pengujian emisi gas buang meliputi CO, HC dan NO<sub>x</sub>. Pengujian untuk kendaraan dengan mesin yang mempunyai perbandingan kompresi lebih tinggi dilakukan dengan menggunakan kendaraan Honda Jaz 1500 cc. Pengujian terakhir terutama untuk mengetahui pengaruh penambahan etanol terhadap emisi gas buang dengan standar uji ECE R 83-04.

### **Prosedur Pengujian**

Pengujian dilakukan pada kendaraan uji dengan menggunakan standard 80/1269 EEC untuk uji unjuk kerja, standard SNI untuk uji emisi dalam keadaan idle dan standard UN-ECE 83-04 untuk uji emisi gas buang dengan siklus uji emisi. Prinsip pengujian adalah sebagai berikut:

- Kondisi lingkungan uji selama pengujian dilakukan diatur pada temperature  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan tekanan  $100\text{ kPa} \pm 10\text{ kPa}$ .
- Pengujian diusahakan selalu dilakukan pada posisi gigi transmisi dengan rasio mendekati satu. Pengujian dapat dilakukan pada posisi gigi lain untuk kendaraan jenis *automatic*.
- Pengujian dilakukan pada kondisi mesin kendaraan telah mencapai temperatur kerja (*hot test*).
- Pengujian unjuk kerja dilakukan pada kondisi pedal gas terinjak penuh.
- Data diambil saat kendaraan telah mencapai kecepatan konstan selama sekurang-kurangnya lima detik setelah kecepatan yang diinginkan tercapai.
- Kecepatan kendaraan dianggap konstan bila tidak menyimpang lebih dari  $\pm 0.05\text{ km/jam}$ .
- Untuk uji emisi sesuai standard UN-ECE 83-04, kendaraan dikonsisikan sesuai prosedur yang ditentukan <sup>(6,8)</sup>.

### Metode Perhitungan

- Perhitungan daya, P [kW]

$$P_{corr} = P_{meass} \times CF \quad (1)$$

- Perhitungan gaya traksi, F [N]

$$F = F_{meass} \times CF \quad (2)$$

dengan:

$P_{corr}$  dan  $F_{corr}$  adalah daya dan gaya traksi setelah dikoreksi.

$P_{meass}$  dan  $F_{meass}$  adalah daya dan gaya traksi yang diberikan oleh casis dinamometer.

CF adalah faktor koreksi pengaruh lingkungan yang diberikan oleh persamaan berikut:

$$CF = \left( \frac{99}{P_s} \right) \left( \frac{T}{298} \right)^{0,5} \quad (3)$$

dengan :

$P_s$  adalah tekanan jenuh dalam (kPa); T adalah temperatur lingkungan (K).

- Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

$$SFC = \frac{FC * \rho}{P_{corr}} \quad (4)$$

dengan :

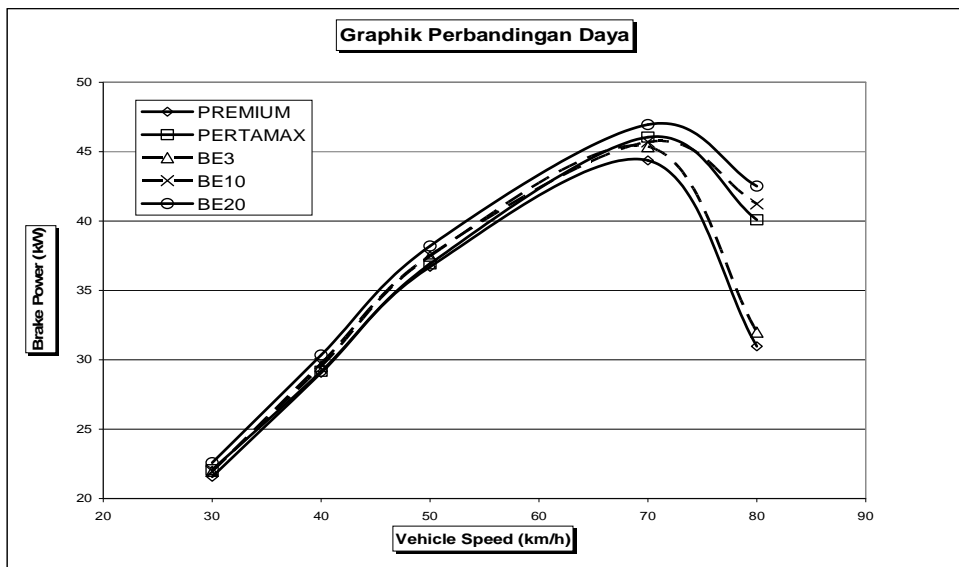
FC adalah laju aliran bahan bakar masuk ruang bakar [l/hr]

$\rho$  adalah densitas bahan bakar [kg/dm<sup>3</sup>]

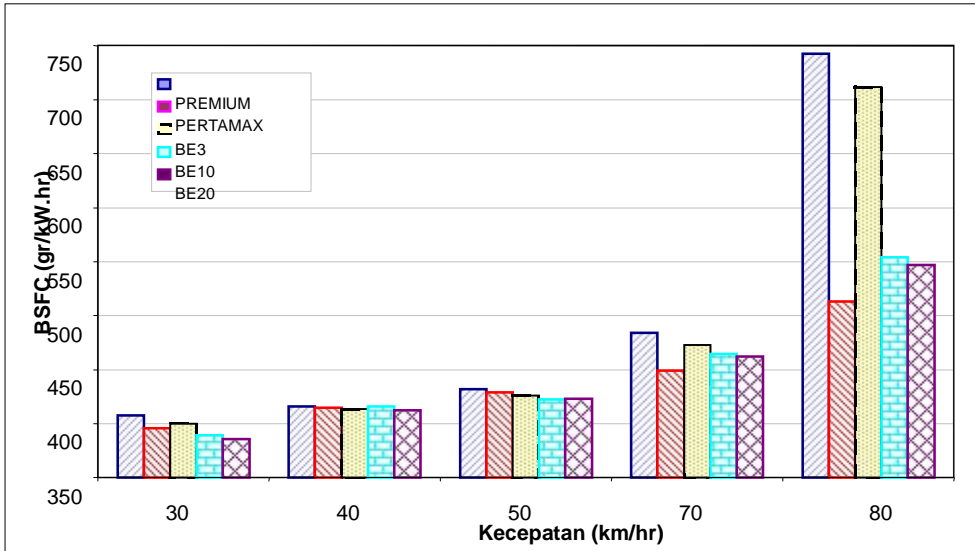
## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### Uji Unjuk Kerja

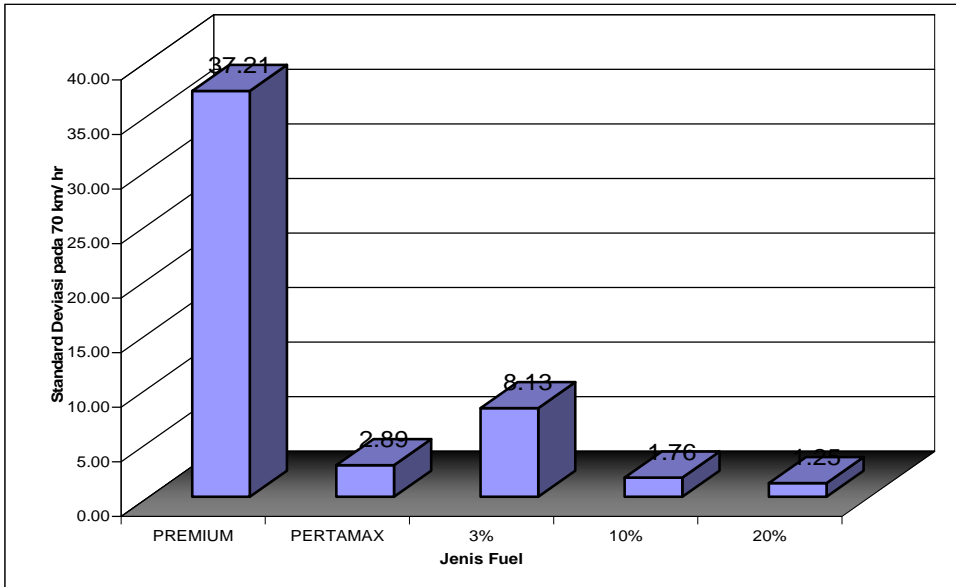
Hasil uji unjuk kerja kendaraan diberikan pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 9. Gambar 4 menunjukkan perbandingan daya mesin pada berbagai kecepatan kendaraan untuk berbagai jenis campuran bahan bakar. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa semakin besar penambahan volume etanol ke dalam premium akan semakin meningkatkan daya keluaran mesin. Campuran 10% volume etanol akan meningkatkan daya mesin hingga menyamai daya yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar pertamax.



Gambar 4. Grafik daya terhadap kecepatan kendaraan untuk berbagai bahan bakar



Gambar 5. Perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

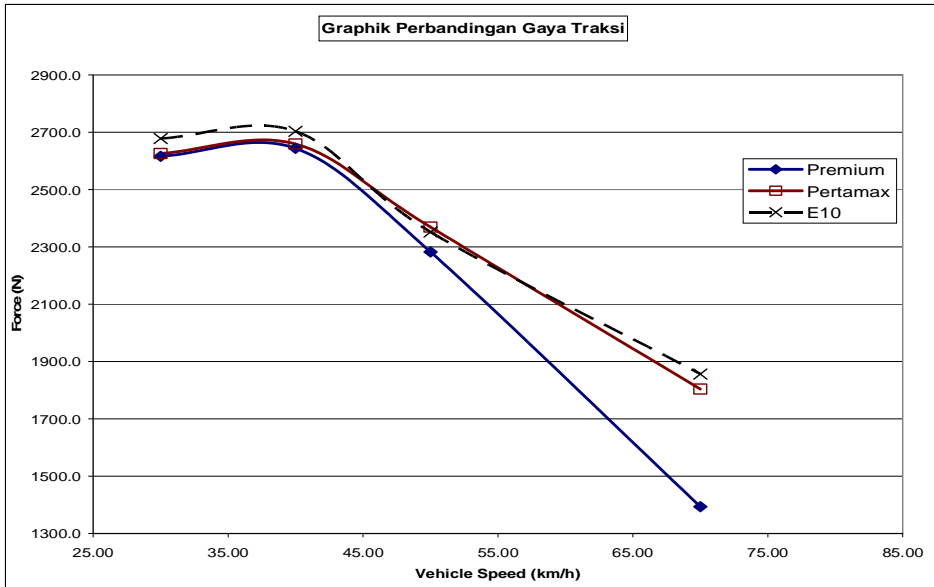


Gambar 6. Perbandingan standard deviasi

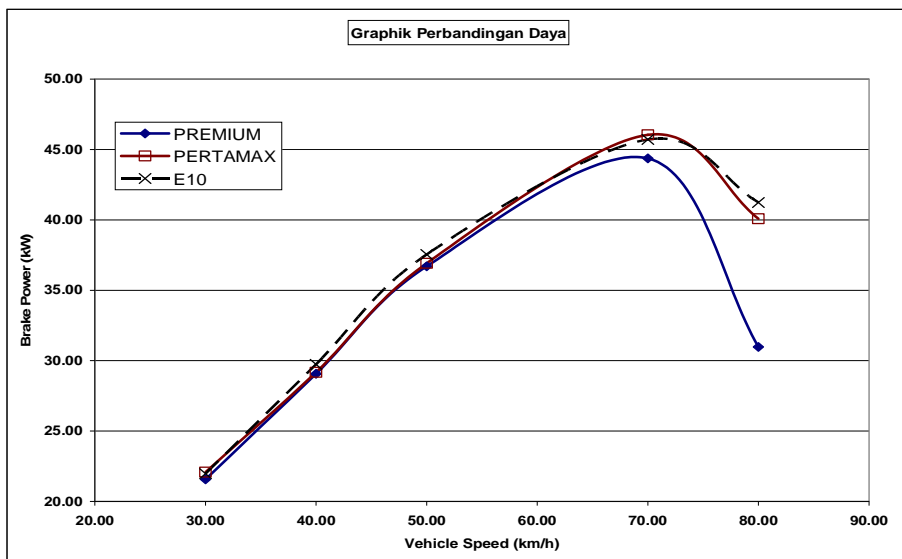
Gambar 5 menunjukkan trend penurunan nilai SFC dengan penambahan etanol pada seluruh tingkat kecepatan pengujian. Trend tampak makin tajam pada putaran tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan etanol menyebabkan pembakaran makin efisien, karena etanol murni lebih cepat terbakar dibanding premium murni, sehingga penambahan etanol dapat mempersingkat proses pembakaran yang terjadi. Analisa kestabilan dengan membandingkan standar deviasi pada kecepatan 70 km/jam diberikan pada Gambar 6. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa semakin bertambah prosentase etanol dalam premium, semakin stabil mampu kemudi (*driveability*) suatu kendaraan. Kita mengetahui bahwa mampu kemudi berkaitan dengan daya yang dihasilkan oleh mesin kendaraan tersebut. Semakin stabil daya keluaran mesin (*smooth*) berarti semakin baik proses pembakaran yang terjadi. Salah satu faktor ketidak stabilan proses pembakaran adalah detonasi (*knocking*), yang salah satu penyebab utamanya adalah bilangan oktan bahan bakar yang terlalu rendah. Dari hasil uji yang didapat tersebut jelas mengindikasikan bahwa etanol berfungsi sebagai peningkat bilangan oktan (*octane booster*). Makin tinggi bilangan oktan suatu bahan bakar, maka makin tahan bahan bakar untuk tidak terbakar sendiri yang pada akhirnya dapat meningkatkan kestabilan proses pembakaran untuk memperoleh daya yang lebih stabil.

Seperti disebutkan di atas bahwa penambahan 10% volume etanol akan meningkatkan unjuk kerja kendaraan setara dengan unjuk kerja menggunakan bahan bakar pertamax. Untuk mengetahui karakteristik lebih rinci dilakukan studi lebih spesifik terhadap campuran premium dan 10% etanol. Hasil uji diberikan pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 9. Dari Gambar 7 dan Gambar 8 terlihat bahwa gaya traksi dan daya yang dihasilkan pada roda kendaraan untuk campuran premium+10% etanol identik dengan gaya traksi dan daya yang dihasilkan oleh kendaraan yang sama dengan bahan bakar pertamax, bahkan untuk kecepatan rendah sedikit lebih baik. Namun pemakaian bahan bakar spesifiknya lebih besar untuk kecepatan yang tinggi (> 60 km/jam), tetapi masih lebih kecil dibandingkan pemakaian bahan bakar spesifik dengan menggunakan premium 100% untuk seluruh rentang kecepatan (Gambar 9).

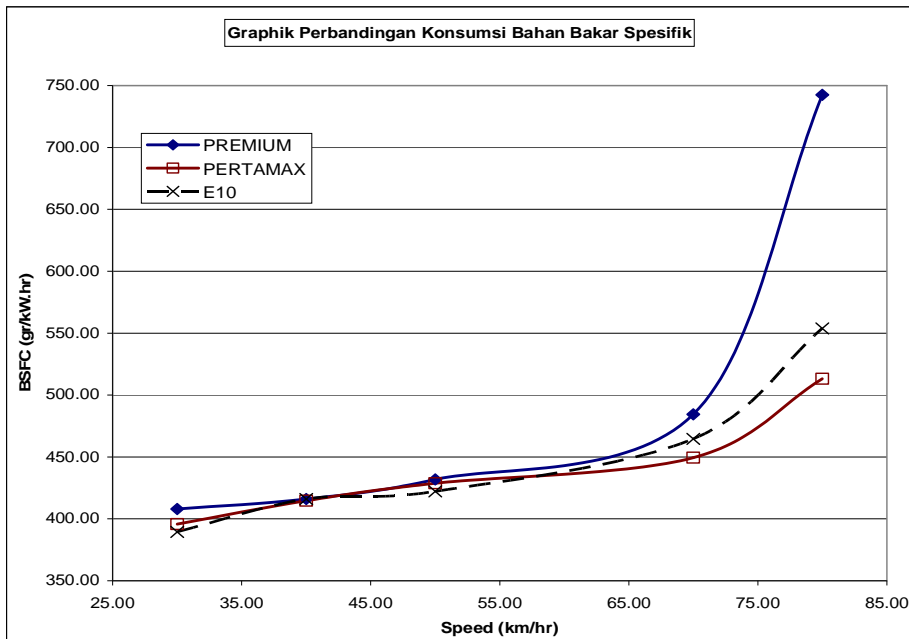




Gambar 7. Grafik perbandingan gaya traksi terhadap kecepatan kendaraan untuk premium, BE-10 dan pertamax.



Gambar 8. Grafik perbandingan daya terhadap kecepatan kendaraan untuk premium, BE-10 dan pertamax.



Gambar 9. Grafik pemakaian bahan bakar spesifik terhadap kecepatan kendaraan untuk premium, BE-10 dan pertamax.

### Uji Emisi Gas Buang

Hasil uji emisi pada keadaan stasioner (idle) diberikan pada Tabel 1. Berdasar tabel tersebut diketahui bahwa penambahan etanol dalam premium akan memperbesar nilai lamda yang berarti kondisi campuran semakin miskin. Hal ini menunjukkan kemampuan etanol dalam beroperasi pada kondisi campuran miskin. Emisi CO akan turun secara signifikan dengan penambahan etanol. Semakin besar prosentasi etanol semakin besar penurunan CO. Penambahan 10% etanol akan menurunkan emisi CO hingga 70% baik pada kondisi idle maupun pada kondisi idle putaran tinggi (*high idle*-2500 rpm).

Emisi HC memberikan kecenderungan semakin besar dengan bertambahnya etanol, penambahan 10% etanol akan menaikkan emisi HC sekitar 10% pada kondisi idle dan 25% pada kondisi idle putaran tinggi. Tetapi hal ini dapat dengan mudah dicarikan solusi dengan memanfaatkan kemampuannya dalam beroperasi pada kondisi campuran miskin antara lain dengan peningkatan kompresi, memperbesar turbulensi, atau meningkatkan energi penyalaan dari busi. Tabel 2 memberikan perbandingan hasil uji emisi pada kendaraan Honda Jaz yang menggunakan mesin dengan perbandingan kompresi lebih tinggi dibandingkan Toyota Kijang. Pengujian mengacu pada standard UN-ECE 83-04 dengan kesalahan relatif kecepatan seperti diberikan pada Gambar 10. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa penambahan 10% etanol akan menurunkan emisi CO hingga lebih

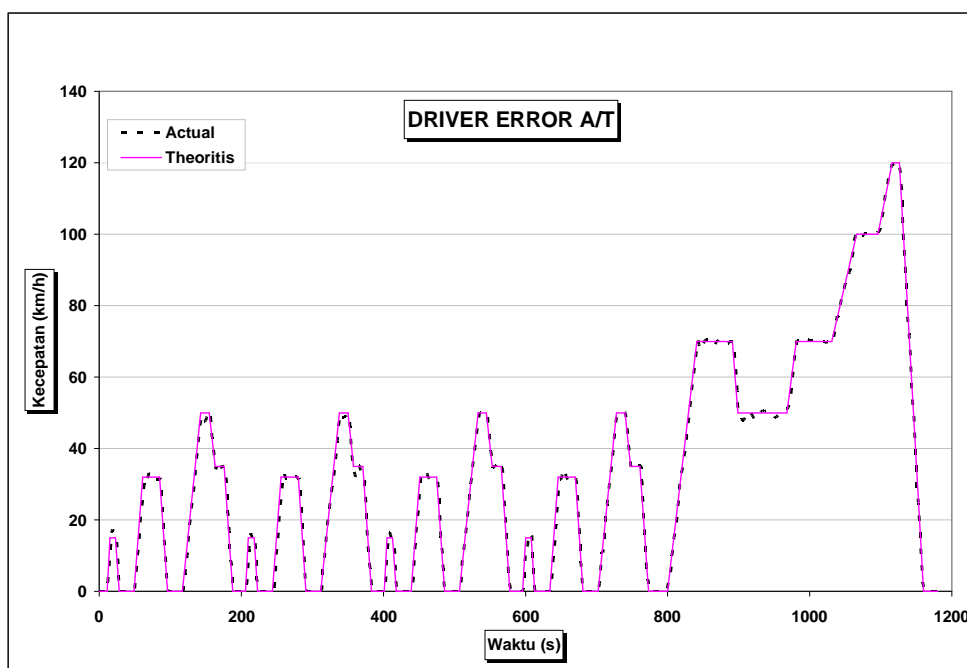
dari 30% dan penurunan HC 50% dibandingkan premium 100%, namun menaikkan NO<sub>x</sub> sekitar 40%. Kenaikan NO<sub>x</sub> ini sangat wajar mengingat penambahan etanol akan memperbaiki proses pembakaran dan menaikkan temperatur gas dalam ruang bakar, yang berakibat meningkatnya pembentukan NO<sub>x</sub>

Tabel 1. Emisi gas buang pada kondisi idle untuk berbagai campuran bahan bakar

<b>EMISI (idle)</b>					
<b>PUTARAN</b>	<b>PREMIUM</b>	<b>PERTAMAX</b>	<b>E3</b>	<b>E10</b>	<b>E20</b>
<b>PUTARAN (RPM)</b>	790	790	770	740	770
<b>CO (%)</b>	4.51	3.82	1.35	1.38	0.76
<b>CO2 (%)</b>	11.80	12.20	12.80	13.00	12.20
<b>HC (ppm)</b>	953.00	811.00	1272.00	1078.00	1870.00
<b>O2 (%)</b>	0.89	0.91	2.11	1.68	3.70
<b>LAMBDA</b>	0.88	0.90	1.01	0.99	1.08
<b>T engine (deg C)</b>	84.00	82.00	81.00	84.00	80.00
<b>T amb (deg C)</b>	30.00	32.00	33.00	31.80	32.30
<b>EMISI (idle putaran tinggi) 2500 rpm</b>					
<b>PUTARAN</b>	<b>PREMIUM</b>	<b>PERTAMAX</b>	<b>E3</b>	<b>E10</b>	<b>E20</b>
<b>PUTARAN (RPM)</b>	2500	2500	2500	2500	2500
<b>CO (%)</b>	3.66	2.85	2.44	1.04	0.76
<b>CO2 (%)</b>	12.60	13.00	13.20	14.00	13.70
<b>HC (ppm)</b>	372.00	351.00	390.00	514.00	673.00
<b>O2 (%)</b>	0.59	0.45	0.60	0.76	1.23
<b>LAMBDA</b>	0.91	0.93	0.94	0.98	1.01
<b>T engine (deg C)</b>	88.00	87.00	88.00	87.00	87.00
<b>T amb (deg C)</b>	30.00	32.00	33.00	31.80	32.30

Tabel 2. Hasil uji emisi premium dan BE-10.

<b>Hasil Uji Emisi Mobil Honda Jaz</b> <b>Metode Uji: UN-ECE 83-04 (EURO II)</b>			
Parameter	Premium	BE-10	EURO 2 Limit
CO	5.53	3.66	2.2
HC	0.14	0.07	-
NO <sub>x</sub>	0.10	0.14	-
HC + NO <sub>x</sub>	0.15	0.21	0.5



Gambar 9. Grafik siklus uji sebenarnya dan siklus teoritis (ECE 83-04).

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian penggunaan etanol sebagai campuran bahan bakar premium dapat diambil beberapa kesimpulan umum sebagai berikut:

1. Peningkatan daya keluar proporsional dengan penambahan volume etanol ke dalam premium.
2. Etanol berfungsi sebagai peningkat angka oktan, mampu meningkatkan efisiensi proses pembakaran dan meningkatkan *driveability* kendaraan.
3. Keunggulan penambahan etanol pada premium terutama pada kecepatan tinggi atau putaran tinggi.
4. Penambahan etanol akan menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah dibanding emisi premium 100% terutama emisi CO, baik pada kondisi idle maupun dengan siklus uji (beban), dan emisi HC turun hingga 50% pada siklus uji ECE 83-04.
5. Pencampuran BE10 (10% Ethanol dalam premium) memberikan kinerja (daya maupun gaya traksi) mendekati kinerja pertamax, dengan emisi CO lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gary Z. W. and Smog R., *Air Quality and Ethanol in Gasoline*, 9<sup>th</sup> Annual National Ethanol Conference, 2004.
- Mayotte, S. C., C.E. Lindhjem, V. Rao and M.S. Sklar, *Reformulated Gasoline Effects on Exhaust Emissions: Phase I: Initial Investigation on Oxygenate, Volatility, Distillation and Sulfur Effects*, SAE Paper No. 941973, 1994.
- Bitting, W. H., G.P. Firmstone and C.T. Keller, *Effect of Combustion Chamber Deposits on Tailpipe Emissions*, SAE Paper No. 940345, 1994.
- Heywood, J. B., *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill Publishing Company, 1988.
- EEC standard 80/ 1269.
- UN-ECE 83-04 Regulations, 2000.
- SNI. No. 09-2765-1992.
- Prawoto dan Haryo P.W., *Pengaruh Berbagai Jenis Bahan Bakar Pada Emisi Gas Buang Motor Bensin Dengan Driving Cycle ECE 15-04*, Jurnal Termodinamika dan Fluida, No. 14 Desember 2003.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, NO. 141 Tahun 2003 *Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Tipe Baru dan Kendaraan Yang Sedang Diproduksi*, Kementerian Lingkungan Hidup, 2003.
- Prawoto dan Bagus Anang Nugroho, *Unjuk Kerja Gasohol E-10 Pada Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Bensin Dibandingkan Dengan Premium dan Pertamax*, Seminar Mendukung Keberlanjutan Bahan Bakar Otomotif di Masa Depan Dengan Gasohol, Jakarta, 2005.