

# PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN BAKAR BIOETANOL TERHADAP EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR MESIN BENSIN (*OTTO*) PADA SIKLUS URBAN (UC) DAN EKSTRA URBAN (EUC)

## THE EFFECT OF USING BIO-ETHANOL FUEL TO VEHICLE'S EMISSIONS ON GASOLINE VEHICLES DURING URBAN AND EXTRA URBAN CYCLES

Puji Lestari<sup>1)</sup>, Iman Reksowardojo<sup>2)</sup>, Prawoto<sup>3)</sup>, Nicholas Simanjuntak<sup>4)</sup>, Marshal<sup>5)</sup>  
<sup>1, 2, 4, 5)</sup>Departemen Teknik Lingkungan dan Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung,  
<sup>3)</sup>Balai Termodinamika Motor Bakar dan Propulsi (BTMP)  
email: pujilest@indo.net.id

### Abstrak

Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang digunakan untuk bahan bakar campuran dengan bensin karena memiliki bilangan oktan, kandungan oksigen, nilai kalor, *volatility*, dan panas laten yang lebih tinggi. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar bioetanol pada emisi gas buang kendaraan bermotor dan konsumsi bahan bakar pada kendaraan dengan sistem karburator dan *Fuel Injection*. Bioetanol yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari tetes tebu yang diolah melalui proses fermentasi dan destilasi dua tingkat. Komposisi bahan bakar pada pengujian ini adalah 100% bensin (BE 0), 5% fraksi volume bioetanol dalam campuran (BE 5) dan 10% volume bioetanol dalam campuran (BE 10). Metode pengujian dilakukan sesuai dengan metode standar EURO 2 dan pengujian dilakukan pada kondisi kendaraan bergerak (*dynamic state*) dengan menggunakan Chasis Dynamometer. Kondisi siklus urban dan ekstra urban diberlakukan dalam penelitian ini. Parameter yang diukur dalam pengujian meliputi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), NO<sub>x</sub> + HC, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), partikulat serta konsumsi bahan bakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemakaian *blended fuel* bioetanol ini dapat meningkatkan bilangan oktan (RON) dari bahan bakar dari 90 hingga 122.3 untuk BE 0 dan BE 10. Pemakaian bahan bakar campuran bensin-bioetanol juga meningkatkan efisiensi pembakaran yang juga dapat menurunkan konsumsi bahan bakar untuk setiap 100 km jarak tempuh. Pemakaian bioetanol ini juga dapat menurunkan emisi Partikulat, CO dan juga CO<sub>2</sub>. Pengaruh penurunan emisi ini dapat secara jelas terlihat pada kendaraan dengan teknologi karburator

**Kata kunci:** bioetanol, mesin karburator, fuel injection, siklus urban, siklus ekstra urban, emisi

### Abstract

Bio-ethanol is one of fuel alternatives which has several advantages when compared to gasoline. Bio-ethanol has recently been used for blended fuel because of the impact to the emission and engine performance (fuel consumption). It has low emission due to oxygenated fuel as well as high octane number, heat value, and volatility. In this study Bio-ethanol from sugar cane was used in the experiments. For this study, cars with Carburetor and Fuel Injection systems were tested using a chassis dynamometer and run according to the Euro 2 standard which has two cycles, urban cycles and extra urban cycles. Each car was tested three times using different type of blended fuels which were BE 0 (0% of bio-ethanol), BE 5 (5% bio-ethanol) and BE 10 (10% bio-ethanol). The results of the experiments show that emission concentration at Urban Cycle higher than Extra Urban Cycle. Blended fuel with bio-ethanol could reduce emission of Particulate, CO and CO<sub>2</sub>. Using blended fuel (bio-ethanol-gasoline) also could reduce fuel consumption for both types of cars. The emission reduction can be observed clearly for vehicle with carburetor technology.

**Key words:** bio-ethanol, carburetor, fuel injection, urban cycle, extra urban cycle, emission

### 1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan sumber pencemar utama di kota besar di Indonesia. Studi di Bandung dan Jakarta (Lestari *et al.*, 2003) menunjukkan bahwa

penyumbang terbesar polutan CO, HC dan NO<sub>x</sub> adalah sektor transportasi. Salah satu penyebab utamanya adalah pemakaian bahan bakar minyak dan kualitas yang rendah. Untuk mengatasi masalah tersebut, bahan bakar alternatif yang mulai dikem-

bangkan di Indonesia merupakan solusi untuk menurunkan emisi gas buang. Di Indonesia terdapat berbagai sumber energi terbarukan yang melimpah, seperti biodiesel dari tanaman jarak pagar, kelapa sawit maupun kedelai, bioetanol dari biomassa, tebu, jagung, dan lain-lain, yang bisa digunakan sebagai campuran atau pengganti bensin maupun solar (Sutanto, 2006). Penggunaan bioetanol dapat dicampur bensin dengan berbagai komposisi dalam bentuk *anhydrous ethanol* (Perry, 1984).

Mesin berbahan bakar alkohol akan memiliki unjuk kerja lebih tinggi atau minimal sama dengan yang berbahan bakar bensin. Hal ini disebabkan etanol memiliki bilangan oktan lebih tinggi, sehingga memungkinkan penggunaan rasio kompresi lebih tinggi pada mesin Otto. Korelasi efisiensi dengan rasio kompresi berimplikasi pada fakta bahwa mesin Otto berbahan bakar etanol (sebagian atau seluruhnya) memiliki efisiensi lebih tinggi dari mesin berbahan bakar bensin (Duncan, 2002).

Pemakaian etanol murni secara langsung pada mesin bensin akan sulit karena memerlukan banyak modifikasi. Pada temperatur rendah etanol akan mudah terbakar, sehingga dengan etanol murni mesin akan sulit pada awal penyalanya. Pencampuran bensin dengan etanol akan memudahkan *starting* pada temperatur rendah. Sifat etanol yang korosif dapat merusak komponen mesin seperti aluminium, karet, timah, plastik dan sebagainya. Mencampur etanol dengan bensin akan menghasilkan gasohol. Komposisi campuran etanol dan bensin dapat bervariasi. Keuntungannya adalah etanol cenderung akan menaikkan bilangan oktan dan mengurangi emisi CO<sub>2</sub>. Berdasarkan penelitian B2TP BPPT, gasohol dengan porsi bioetanol hingga 20% bisa langsung digunakan pada mesin otomotif tanpa menimbulkan masalah teknis dan ramah lingkungan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan bahan bakar bioetanol terhadap emisi gas buang kendaraan motor bensin (mesin Otto) dengan sistem karburator dan sistem injeksi (Heywood, 1989).

Pencampuran bahan bakar dengan udara terjadi karena bahan bakar terisap masuk atau disemprotkan ke dalam arus udara segar yang masuk ke dalam karburator. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan api listrik yang menyalakan campuran bahan bakar dan udara segar. Karena itu motor bensin cenderung dinamai *Spark-Ignition Engine* (Arismunandar, 2005). Pada sistem injeksi, bahan bakar

langsung disemprotkan ke dalam ruang bakar. Pada sistem ini digunakan sebuah unit kontrol yang mengatur jumlah bahan bakar yang dimasukkan secara otomatis, sehingga dalam sistem ini biasanya pembakaran akan lebih baik (Garret, 1991).

## 2. METODOLOGI

### Metode Uji Emisi

#### Jenis Kendaraan

Jenis kendaraan yang diuji adalah Toyota Kijang LSX 2004 dengan sistem pembakaran karburator dan Toyota Innova 2006 dengan sistem injeksi (*Electrical Fuel Injection*). Spesifikasi kendaraan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Kendaraan

Spesifikasi	Karburator	Fuel Injection (VVT-i)
Merek	Toyota Kijang LSX	Toyota Kijang Innova V
Tahun pembuatan	2000	2006
Berat	2130 kg	2240 kg
Model	Minibus	Minibus
Transmisi	Manual	Manual
Isi silinder	1781 cc	1998 cc
Bahan Bakar	Bensin	Bensin
Nomor Mesin	7KO703036	1TR6329610

#### Jenis Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah campuran bensin dengan bioetanol. Bioetanol yang digunakan terbuat dari tetes tebu, dari PT. Molindo Raya Industrial Malang. Bensin yang digunakan berasal dari SPBU di Jalan Dipati Ukur, Bandung.

Adapun komposisi campuran bahan bakar yang digunakan adalah: (a) Bensin murni (BE 0), (b) 5% fraksi bioetanol dalam campuran bensin-bioetanol (BE 5), (c) 10% fraksi bioetanol dalam campuran bensin-bioetanol (BE 10).

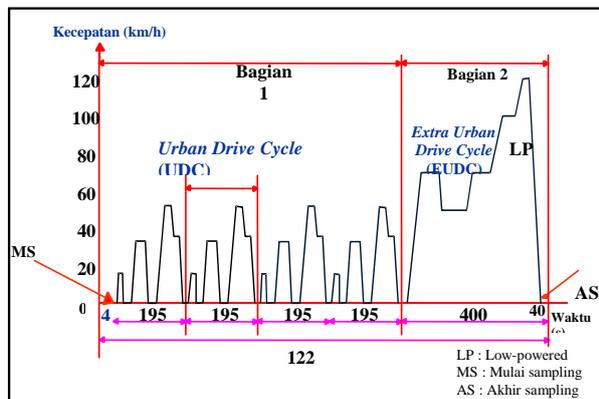
#### Pengukuran Emisi

Kendaraan diuji dengan menggunakan *Single Roll Chassis Dynamometer 18 inch* di Laboratorium Balai Termodinamika Motor Bakar dan Propulsi (BTMP), BPPT, Serpong. Pengujian dilakukan dengan metode uji ECE No 83-04 (SM/III/EKB/1), Euro 2. Pada uji ini, kendaraan dijalankan sesuai siklus pengujian emisi dengan metode ECE R 83-04. Pengujian ini terdiri dari dua siklus yaitu: *Urban Drive Cycle* (UDC) dengan empat siklus dan *Extra Urban Drive Cycle* (EUDC) dengan satu siklus. Siklus pengujian emisi dengan metode ECE R 83-04 ditampilkan dalam Gambar 1. Ringkasan siklus uji ditampilkan pada Tabel 2. Setiap kendaraan diuji menggunakan tiga jenis bahan bakar yang berbeda yang diurutkan sesuai urutan tesnya, yaitu: BE0, BE5, dan BE10.

Emisi gas buang diukur dengan alat seperti *Constant Volume Sampling-Critical Flow Venturi*, *Non-Dispersive Infra Red Analyzer (NDIR)* untuk analisis CO dan CO<sub>2</sub>, *Chemiluminescent Analyzer* untuk analisis NO<sub>x</sub>, dan *Flame Ionization Detector Analyzer* untuk analisis hidrokarbon (HC). Ambang batas yang dipergunakan berdasarkan KepMen Lingkungan Hidup No. 141/2003 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru dan yang sedang diproduksi.

**Tabel 2.** Karakteristik Siklus Urban (UC) dan Extra Urban (EUC)

Karakteristik	Unit	Siklus UC	Siklus EUC
Jarak	km	4x1.013 = 4.052	6.955
Waktu	detik	4x195 = 780	400
Kecepatan Rata-rata	km/jam	18,7	62.6
Kecepatan Maksimum	km/jam	50	128



**Gambar 1.** Siklus Uji Emisi dengan Standar UNECE No.83-04

**Metode Analisis**

**Analisis Emisi Gas**

Emisi gas buang diukur dengan gas analyzer yang diketahui hasilnya tidak lebih dari 20 menit setelah *test cycle*. Emisi gas yang terbaca merupakan satuan konsentrasi (ppm, % volume).

Masa emisi gas buang yang dihasilkan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$mi = Vmix \times \rho_i \times kH \times Ci \times 10^{-6} (g / test)$$

Massa emisi gas buang (gr/km) dinyatakan sebagai:

$$Mi = \frac{mi}{d} (g / km)$$

Konsentrasi gas terkoreksi sesuai persamaan berikut:

$$C_{i_i} = C_s - C_b \left( 1 - \frac{1}{DF} \right)$$

dimana,  $DF = \frac{13.4}{CO_2 + (CO + THC) \times 10e^{-4}}$

Keterangan:

*Mi* : massa emisi gas polutan *i* dalam gram/km

*mi* : massa emisi gas polutan *i* dalam g/test

*Vmix* : Volume dari gas buang yang terencerkan, dinyatakan dalam liter per test dan dikoreksi terhadap standar temperatur dan tekanan (273,2 K dan 101,33 kPa)

$\rho_i$  : densitas dari gas polutan *i* yang dinyatakan dalam satuan gram per liter temperatur dan tekanan normal (273,2 °K dan 101,33 kPa)

*kH* : Faktor koreksi untuk kelembaban yang khusus digunakan untuk menghitung massa koreksi emisi gas buang nitrogen oksida (HC dan CO nilai *kH* = 1)

*Ci* : konsentrasi dari gas polutan *i* dalam gas buang yang terencerkan (*Cs*) yang dinyatakan dalam ppm dan dikoreksi dengan jumlah gas polutan *i* yang terdapat pada udara pengencer (*Cb*).

*D* : jarak yang ditempuh selama pengetesan dalam km

**Analisis Partikulat**

Analisis partikulat sebelum dan setelah *test cycle* dilakukan dengan metode gravimetri. Dari selisihnya diperoleh berat partikulat yang terkumpul pada media filter. Sedangkan emisi dalam gram/km diperoleh dengan membagi masa partikulat dengan jarak (*d*) yang ditempuh oleh kendaraan selama uji.

**Penghitungan Konsumsi Bahan Bakar**

Penentuan konsumsi bahan bakar pada kendaraan uji dengan *chassis dynamometer* menggunakan siklus (Gambar 2). Penentuan dilakukan berdasarkan neraca karbon dari hasil emisi gas buang. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin:

$$FC = (0.1155 / D) \times [(0,866 \times HC) + (0,429 \times CO) + (0,273 \times CO_2)]$$

keterangan:

*FC* = konsumsi bahan bakar dalam l/100 km

*HC* = emisi HC dalam gram/km

*CO* = emisi CO dalam gram/km

*CO<sub>2</sub>* = emisi CO<sub>2</sub> dalam gram/km

*D* = densitas bahan bakar pada suhu 15°C

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Emisi Gas Buang**

Emisi gas buang kendaraan bermotor yang diukur adalah partikulat, CO, HC, NO<sub>x</sub>, dan CO<sub>2</sub>. Hasil pengukuran siklus urban dan ekstra urban baik kendaraan dengan sistem Karburator maupun Injeksi ditampilkan pada Tabel 3-6.

**Tabel 3.** Emisi Gas Buang Kendaraan untuk Sistem Karburator Pada Siklus Urban (UC)

Bahan Bakar	Emisi Gas Terukur (gram/km)					Partikulat (gram/km)
	CO	HC	NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	
BE 0	77.992	7.591	1.058	8.649	217.914	0.0414
BE 5	76.571	9.734	1.175	10.910	212.073	0.0387
BE 10	71.831	9.715	1.336	11.051	211.692	0.0263

Secara umum didapatkan pengaruh bahan bakar bioetanol cukup besar untuk kendaraan bersistem karburator. Penggunaan bahan bakar campuran bensin-etanol dapat menurunkan emisi partikulat,

CO dan CO<sub>2</sub>. Emisi CO pada kendaraan dengan sistem karburator menurun cukup signifikan.

**Tabel 4.** Emisi Gas Buang Kendaraan Sistem Karburator Pada Siklus Ekstra Urban (EUC)

Bahan Bakar	Emisi Gas Terukur (gram/km)					Partikulat (gram/km)
	CO	HC	NOx	HC+NOx	CO <sub>2</sub>	
BE 0	31.272	4.331	1.771	6.102	193.129	0.0254
BE 5	27.805	3.116	1.999	5.116	191.134	0.0231
BE 10	24.228	4.434	2.608	7.043	186.773	0.0223

**Tabel 5.** Emisi Gas Buang Kendaraan Sistem Efi Pada Siklus Urban (UC)

Bahan Bakar	Emisi Gas Terukur (gram/km)					Partikulat (gram/km)
	CO	HC	NOx	HC+NOx	CO <sub>2</sub>	
BE 0	5.117	2.005	1.701	3.706	238.972	0.0381
BE 5	4.837	2.021	1.681	3.701	237.031	0.0079
BE 10	4.860	2.358	1.918	4.276	237.577	0.0134

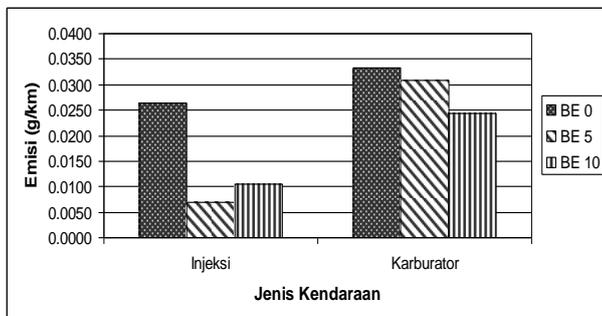
**Tabel 6.** Emisi Gas Buang Kendaraan Sistem Efi Pada Siklus Ekstra Urban (EUC)

Bahan Bakar	Emisi Gas Terukur (gram/km)					Partikulat (gram/km)
	CO	HC	NOx	HC+NOx	CO <sub>2</sub>	
BE 0	3.044	0.658	2.539	3.197	164.427	0.0148
BE 5	2.836	0.666	2.480	3.146	163.490	0.0061
BE 10	2.250	0.692	2.745	3.417	164.461	0.0076

Jika dibandingkan dengan kondisi *Urban Cycles* maka emisi pada *Extra Urban Cycles* jauh lebih rendah untuk semua jenis polutan baik pada kendaraan dengan sistem karburator maupun dengan sistem injeksi. Hal ini bisa dipahami bahwa kecepatan kendaraan mempunyai pengaruh yang besar terhadap emisi gas buangnya.

**Partikulat**

Hasil uji emisi (Tabel 3-6) mengindikasikan lebih tingginya konsentrasi partikulat pada siklus urban dari siklus ekstra urban. Hal ini disebabkan partikulat lebih banyak dihasilkan pada saat mesin mulai dinyalakan dan temperaturnya masih dingin, serta pembakaran belum sempurna. Pada saat siklus urban mesin masih relatif dingin, dan kecepatan masih rendah.



**Gambar 2.** Emisi Partikulat Pada Siklus Kombinasi

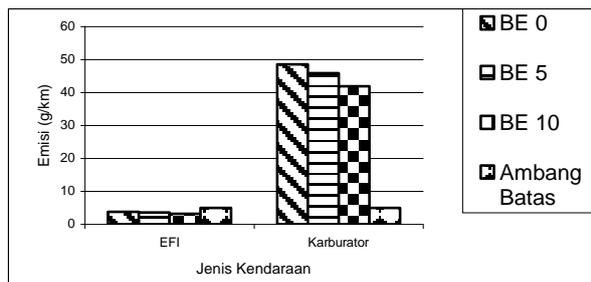
Sedangkan pada saat siklus ekstra urban kondisi mesin sudah stabil, dan putaran torsi serta kecepatan sudah lebih tinggi. Hasil uji emisi partikulat pada kondisi siklus kombinasi yaitu gabungan dari siklus urban dan ekstra urban menunjukkan penurunan yang cukup besar. Pada kendaraan bersistem karburator, penggunaan bioetanol, baik BE5 maupun BE10, dapat menurunkan emisi partikulat masing-masing sebesar 8% dan 27%. Sedangkan untuk kendaraan EFI penurunannya juga sangat besar (Gambar 2).

**Emisi Karbon Monoksida (CO)**

Emisi CO pada siklus urban jauh lebih tinggi dibandingkan siklus ekstra urban. Hal ini menunjukkan bahwa pembakaran pada siklus ekstra urban dengan kecepatan (laju) yang lebih tinggi akan lebih sempurna dibandingkan dengan siklus urban. Karena pada siklus urban masih banyak terjadi percepatan dan perlambatan yang tiba-tiba dan mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna. Jika dilihat dari pengaruh komposisi bahan bakar, semakin besar fraksi bioetanol, semakin kecil emisi CO yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena bioetanol memiliki kandungan oksigen yang dapat membantu penyempurnaan pembakaran bahan bakar sehingga dapat menurunkan emisi CO.

Sementara itu emisi pada siklus kombinasi (*Combined cycle*) yang menggambarkan rata-rata emisi untuk siklus urban dan ekstra urban ditunjukkan pada Gambar 3. Pada prinsipnya, pemakaian bioetanol terbukti dapat menurunkan emisi CO untuk kedua jenis kendaraan. Untuk kendaraan dengan sistem karburator, polutan CO mengalami penurunan baik pada BE 5 maupun BE 10, masing-masing 3 dan 7 gram/km. Reduksi emisi CO mencapai 6% dan 14%. Sementara pada kendaraan dengan sistem injeksi, emisi CO menurun sebesar 0,3 dan 0,6 gram/km, masing-masing untuk BE5 dan BE10. Meskipun penurunannya kecil, tapi persentasenya cukup besar, yaitu 6 dan 15%.

Pada dasarnya emisi kendaraan dengan sistem injeksi ini sudah jauh lebih rendah dan sudah lebih baik dibandingkan dengan sistem karburator. Jika dibandingkan dengan ambang batas yang ditetapkan Pemerintah, emisi kendaraan bersistem injeksi dapat memenuhi nilai ambang batas. Sedangkan emisi untuk sistem karburator masih melampaui nilai ambang batas.



**Gambar 3.** Emisi CO Pada Siklus Kombinasi Kendaraan Sistem Injeksi dan Karburator

### Emisi HC + NO<sub>x</sub>

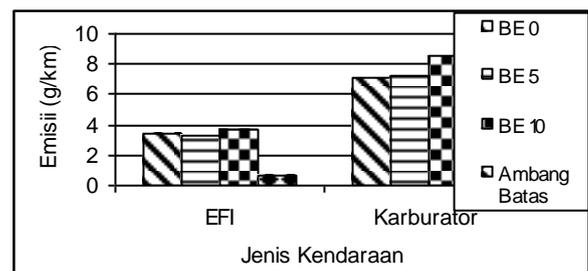
Berdasarkan KepMen Lingkungan Hidup No. 141/2003, tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang, emisi HC+NO<sub>x</sub> menjadi salah satu parameter polutan yang perlu diukur. Emisi HC + NO<sub>x</sub> merupakan penjumlahan emisi HC dengan NO<sub>x</sub>. Hasil uji emisi HC+NO<sub>x</sub> pada siklus urban dan ekstra urban dapat dilihat juga pada Tabel 3-6. Untuk kendaraan dengan sistem karburator, pada siklus urban terjadi peningkatan emisi sebesar 26,14% untuk BE 5 dan sebesar 27,77% untuk BE 10. Sedangkan pada siklus ekstra urban terjadi penurunan emisi sebesar 16,16% untuk BE 5. namun untuk BE 10 terjadi peningkatan emisi sebesar 15,42%. Sementara itu untuk jenis kendaraan dengan sistem Injeksi, pada siklus urban terjadi penurunan emisi HC+NO<sub>x</sub> sebesar 0,12% untuk BE 5, namun untuk BE 10 terjadi peningkatan sebesar 15,39%. Pada siklus ekstra urban tingkat emisi turun sebesar 1,61% untuk BE 5, naik sebesar 7,50% untuk BE 10.

Demikian juga pada siklus kombinasi emisi baik NO<sub>x</sub> maupun HC tidak mengalami penurunan baik pada BE5 atau BE10 untuk kedua jenis kendaraan (Gambar 4). NO<sub>x</sub> terbentuk jika ada proses pembakaran dengan oksigen dari udara. Proses pembakaran yang lebih baik tidak akan menurunkan emisi NO<sub>x</sub>. Selanjutnya emisi HC biasanya disebabkan karena penguapan sehingga kondisi temperatur akan lebih berpengaruh dibandingkan dengan kondisi bahan bakar (Duncan, 2002). Penggunaan bioetanol pada penelitian ini belum dapat mengurangi tingkat emisi HC+NO<sub>x</sub> untuk kedua jenis kendaraan.

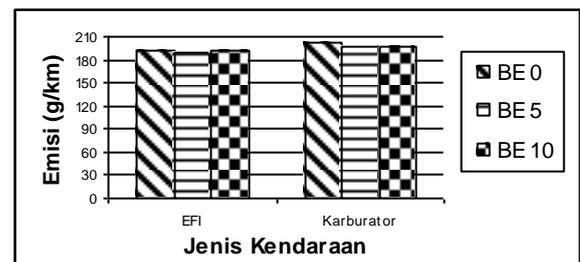
### Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Parameter CO<sub>2</sub> yang merupakan salah satu GHGs mengalami penurunan untuk kedua jenis kendaraan. Hasil dari pengukuran emisi CO<sub>2</sub> pada siklus urban lebih tinggi dibandingkan dengan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada siklus ekstra urban. Hal ini

dipengaruhi oleh kecepatan rata-rata dan putaran torsi yang lebih ideal pada saat siklus ekstra urban dibandingkan dengan siklus urban. Pada kendaraan dengan sistem Karburator, penggunaan campuran bahan bakar bioetanol dapat menurunkan tingkat emisi CO<sub>2</sub> sebesar antara 1-4% pada BE5 dan BE10 baik untuk siklus urban maupun ekstra urban. Sedangkan untuk kendaraan dengan sistem injeksi penurunannya hanya mencapai 1%. Jika kita lihat pada siklus kombinasi, maka penurunannya tidak signifikan seperti pada Gambar 5.



**Gambar 4.** Emisi HC+NO<sub>x</sub> Pada Siklus Kombinasi untuk Kendaraan Sistem Injeksi dan Karburator



**Gambar 5.** Emisi CO<sub>2</sub> Pada Siklus Kombinasi untuk Kendaraan Sistem Injeksi dan Karburator

### Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar pada masing masing siklus dan variasi bahan bakar dapat dihitung dari hasil uji emisi yang dilakukan. Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 7.

Secara umum konsumsi bahan bakar pada siklus urban lebih tinggi dibandingkan dengan pada saat siklus ekstra urban. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh nilai oktan (*RON*), putaran torsi, temperatur mesin, kecepatan, dan percepatan/perlambatan. Pada siklus urban kecepatan relatif rendah dan masih banyak terjadi perlambatan, dan percepatan. Pada siklus ekstra urban kecepatan sudah tinggi dan putaran torsi sudah stabil. Pengaruh penggunaan bahan bakar bioetanol terhadap konsumsi bahan bakar juga jelas

terlihat pada siklus kombinasi untuk kedua jenis kendaraan (Tabel 8). Secara umum semakin tinggi fraksi bioetanol semakin sedikit konsumsi bahan bakar. Hal ini disebabkan karena nilai bilangan oktan semakin meningkat jika fraksi bioetanol dalam bahan bakar semakin tinggi. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa penggunaan bioetanol dapat berpengaruh dalam pengurangan konsumsi bahan bakar terutama untuk kendaraan dengan sistem karburator dan untuk kendaraan sistem injeksi pengaruh penurunannya tidak begitu besar.

**Tabel 7.** Konsumsi Bahan Bakar Pada Urban dan Extra Urban Cycles

Bahan Bakar	RON*	Sistem Injeksi (l/100km)		Karburator (l/100km)	
		UDC	EUDC	UDC	EUDC
BE 0	90	10.635	7.190	15.301	10.745
BE 5	99.9	10.510	7.116	15.204	10.242
BE 10	122.3	10.545	7.102	14.831	10.085

Keterangan: \*) Analisis dilakukan di Petrolab Jakarta, 2007

**Tabel 8.** Konsumsi Bahan Bakar Pada Siklus Kombinasi (*Combined Cycles*)

Jenis Bahan Bakar	Konsumsi Bahan Bakar (l/100 km)	
	Injeksi	Karburator
BE0	8.46	12.43
BE5	8.36	11.98
BE10	8.36	11.77

#### 4. KESIMPULAN

Penggunaan bahan bakar bioetanol dengan pencampuran BE5 dan BE10 mampu menurunkan emisi partikulat dan CO pada kendaraan dengan sistem karburator dan injeksi. Penggunaan bahan bakar bioetanol dapat menurunkan emisi GHGs khususnya CO<sub>2</sub> pada kedua jenis kendaraan sebesar 1-4%. Penggunaan bahan bakar bioetanol dapat menurunkan konsumsi bahan bakar untuk kedua jenis kendaraan. Penggunaan bahan bakar campuran bensin-bioetanol mempunyai pengaruh yang besar dalam menurunkan emisi dan meningkatkan kinerja mesin, khususnya untuk kendaraan dengan sistem karburator.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai LPPM ITB dan Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA) melalui Asian Regional Research Program on Environmental Technology (ARRPET), yang dikoordinasi AIT Bangkok. Ucapan terimakasih disampaikan juga untuk Balai Termodinamika, Motor Bakar dan Propulsi (BTMP) Serpong, Pelaksana kegiatan Radisti Ayu, Ferry dan Pak Anang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Surat KepMen Lingkungan Hidup Nomor: 141 Tahun 2003 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Kendaraan Bermotor yang sedang Diproduksi.
- Anonymous, E.C.E. Regulation Number 83 Year 2004 About Emission of Pollutants.
- Arismunandar, W. (2005). **Penggerak Mula: Motor Bakar Torak**, Edisi ke-5. Penerbit ITB, Bandung.
- BTMP, BPPT. (2007). **Laporan Pengujian Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Menggunakan Bahan Bakar Bioetanol Teknik Lingkungan ITB**, Serpong.
- Duncan, J. (2002) **Blending Ethanol into Petrol, An Overview, Energy Efficiency and Conservation Authority**.
- Garrett, T.K. (1991). **Automotive Fuels and Fuel System**, Volume 1: Gasoline. Pentech Press, London.
- Heywood, B. John. (1988). **Internal Combustion Fundamentals**. McGraw-Hill, Inc., Singapore.
- Lestari, P., Praharsa, M., Siagian, W.U., dan Tahar, A, (2003). **Study on Source Inventory for Pollutant CO, NO<sub>x</sub>, HC and SPM in Bandung**. BAQ, Manila.
- Lestari, P., Reksowardojo, I., Damitri, N., Wibawa, G dan Brojonegoro, P.T, (2006). **The Effect of Using Bio-diesel Fuel to Vehicle's Emission and Engine Performance for Cars with Different Fuel System Technologies**, BAQ Yogyakarta.
- Perry, R.H dan Green, D., (1984). **Perry's Chemical Engineers' Handbook**, Sixth Edition, Mc.Graw Hill Publishing Company, New York,
- Prakash, C, (1998). **Use of Higher Than 10 Volume Percent Ethanol/Gasoline Blends In Gasoline Powered Vehicles**, Transportation Systems Branch Air Pollution Prevention Directorate Environment, Canada.
- Sutanto, I. (2006). **Bioethanol Prospect in Indonesia**, Kementrian Ristek Indonesia.