

## STUDI CAMPURAN ETANOL DAN GASOLINE SEBAGAI BAHAN BAKAR MOTOR BENSIN DI INDONESIA

*Atok Setiyawan<sup>\*)</sup> & Bambang Sugiarto<sup>\*\*)</sup>*

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik  
UNIVERSITAS INDONESIA

E-mail:atok.setiyawan@ui.ac.id;bangsugi@ui.ac.id

### ABSTRAK

*Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar motor bensin merupakan pilihan yang tak-terelakan karena harga minyak bumi terus meningkat dan etanol merupakan bahan bakar terbarukan dan ramah lingkungan. Untuk mengamankan penyediaan bahan bakar minyak dan energi di dalam negeri, pemerintah sudah berkomitmen untuk mengembangkan energi bio-fuel yang untuk sektor transportasi seperti yang tercantum dalam roadmap energi Indonesia 2005-2025. Meskipun penelitian bioetanol sudah banyak dilakukan oleh peneliti di luar negeri dan kisah sukses penggunaan etanol sudah dibukukan oleh Brazil, tetapi penelitian bioetanol di Indonesia sangat diperlukan dengan cakupan yang luas mulai dari penentuan spesifikasi bahan bakar, material komponen motor bensin dan setting parameter operasional serta modifikasi motor bensin untuk mendapat unjuk kerja tinggi dan emisi gas buang rendah .*

*Kata kunci : etanol, gasoline, motor bensin, unjuk kerja dan emisi gas buang.*

#### 1. Pendahuluan

Kebutuhan energi utamanya bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan perbaikan tingkat kesejahteraan masyarakat. Di pihak lain harga komoditi bahan bakar minyak (BBM) cenderung akan terus meningkat baik di tingkat nasional maupun global karena beberapa sebab utama, seperti: (1) tidak seimbang sisi permintaan dan pasokan, (2) cadangan minyak bumi yang semakin menipis dan merupakan sumber non-renewable, (3) sering kali ditunjang situasi politik global yang tidak kondusif.

Dalam perkembangannya, penggunaan etanol sebagai bahan bakar motor bensin sudah dilakukan sejak Henry Ford membuat mobil pada tahun 1896. Etanol ditinggalkan sebagai bahan bakar motor bensin setelah ditemukannya energy fossil berupa bahan bakar minyak (BBM) dengan harga lebih murah, nilai kalor tinggi dan mudah penggunaannya. Pada era 1970 pada saat terjadi krisis energi minyak, etanol mendapatkan perhatian lagi sebagai pengganti bahan bakar motor bensin, tetapi hal ini tidak berlangsung lama karena harga BBM turun kembali. Hanya Brazil yang tetap konsisten menggunakan etanol sampai saat ini karena ketersediaan di *local market* dan di pihak lain BBM harus impor .Pada tahun 1990-an ketika banyak negara menerapkan peraturan emisi yang ketat (regulated emission) maka etanol menjadi salah satu alternatif, baik digunakan sebagai campuran dengan *gasoline* maupun etanol murni. Bahkan dengan issue pengurangan emisi gas rumah kaca (unregulated emission) sesuai dengan protokol Kyoto, maka etanol semakin menjadi perhatian sebagai bahan bakar pada motor bensin kembali.

Indonesia sebagai salah satu produsen minyak bumi di dunia tidak terlepas dari kondisi krisis energi/BBM yang sekarang terjadi, dimana permintaan BBM di dalam negeri sudah melampaui produksi minyak bumi sehingga menjadi *net importer country*. Kebijakan pemerintah untuk pengembangan dan penggunaan energi yang berupa intensifikasi, konservasi dan diversifikasi semakin mendesak untuk diimplementasikan.

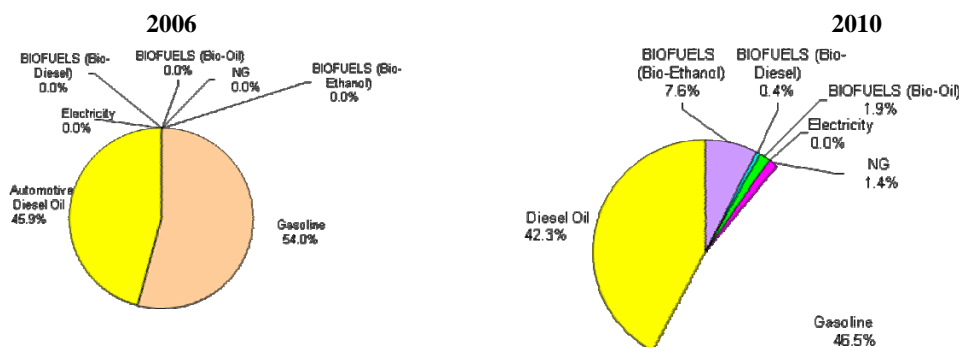
Makalah ini akan mengevaluasi dan meninjau berbagai aspek dari penggunaan etanol sebagai bahan bakar motor bensin untuk nantinya digunakan sebagai salah acuan pengembangan dan penelitian teknologi motor bensin di Indonesia.

## 2. Kebijakan Energi dan Penggunaan Etanol di Indonesia

Energi merupakan salah satu pendorong utama bagi pertumbuhan ekonomi Indonesia, sehingga masalah ketersediaan dan harga energi selalu menjadi issue yang krusial dan sensitif mengingat kondisi ke-energian di Indonesia sebagai berikut<sup>(14)</sup>: (1) konsumsi energi meningkat rata-rata sebesar 7% dengan pasokan dari BBM sekitar 54% dari bauran energi final, (2) intensitas dan elastisitas energi yang tinggi padahal energi per-kaiptra rendah (boros energi), (3) cadangan minyak bumi relatif tetap sebaliknya konsumsi terus meningkat, (4) ketergantungan terhadap impor minyak bumi akan membawa konsekuensi pada keamanan pasokan energi dalam negeri, (5) pengembangan energi baru dan terbarukan terkendala harga murah energi karena subsidi dan (6) pesatnya peningkatan penjualan kendaraan bermotor yang mengkonsumsi bahan bakar minyak.

Sesuai dengan Undang-Undang energi No. 30 Tahun 2007, maka pemerintah membuat kebijakan pengembangan dan penggunaan energi yang diarahkan kepada usaha-usaha sebagai berikut<sup>(14)</sup>: (a) mengembangkan eksplorasi produksi dan (b) konservasi energi (optimalisasi produksi) pada sisi penyediaan, (c) diversifikasi dan (d) energi efisiensi pada sisi pemanfaatan energi. Dalam mengimplementasikan kebijakan tersebut juga didorong harga energi ke arah harga keekonomian secara bertahap dengan mempertimbangkan faktor lingkungan.

Dari fakta konsumsi energi nasional utamanya bahan bakar minyak dan arah kebijakan energi nasional, maka sektor transportasi merupakan pengkonsumsi terbesar dari minyak bumi dan sampai saat ini sulit untuk melakukan diversifikasi energi karena desain motor bakar masih mengacu pada properties minyak bumi karena masih murah dan mudah pemanfaatannya. Gambar 1, menunjukkan arah, transformasi dan komitmen pemerintah untuk melaksanakan kebijakan diversifikasi di sektor transportasi dengan mengedepankan penggunaan biofuel: biodiesel dan bioetanol.



**Gambar 1: Transformasi penggunaan energi disektor transportasi dari 2006 ke 2010<sup>(5)</sup>**

Dari Gambar 1, tersebut terlihat bahwa dalam kurun waktu sekitar 3 tahun kedepan sektor transportasi diharapkan sudah mampu menyerap energi bio-diesel dan bio-ethanol masing-masing sebesar 0,4% dan 7,6% dari total konsumsi bahan bakar/energi. Dalam jangka yang lebih panjang, secara jelas pemerintah sudah menyiapkan *roadmap* pengembangan bahan bakar nabati (BBN) seperti tertera pada Tabel 1.

**Tabel 1, Roadmap Pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN) di Indonesia<sup>\*)</sup>**

Tahun	2005-1010	2011-2015	2016-2025
Bio-Etanol	5 % dari konsumsi 1,48 juta KL (74 ribu KL)	10 % dari konsumsi 2,78 juta KL (278 ribu KL)	15 % dari konsumsi 6,28 juta KL (942 ribu KL)
Bio-Diesel	10 % dari konsumsi 2,41 juta KL (241 ribu KL)	15 % dari konsumsi 4,52 juta KL (678 ribu KL)	20 % dari konsumsi 10,22 juta KL (2044 ribu KL)
Bio-Oil			
BioKerosine	1 juta KL	1,8 juta KL	4,07 juta KL
Bio-Nabati Murni untuk Pembangkit Listrik	0,4 juta KL	0,74 juta KL	1,69 juta KL
BioFuel	2 % dari konsumsi 5,29 juta KL (1.058 ribu KL)	3 % dari konsumsi 9,84 juta KL (2.844 ribu KL)	5 % dari konsumsi 22,26 juta KL (11.130 ribu KL)

\*) Catatan: diolah dari sumber no: 5.

### 3. Penggunaan Etanol Sebagai bahan Bakar Motor Bensin

Etanol telah digunakan pada motor bakar torak sejak awal penemuan motor bensin, sebelum beralih ke bahan bakar minyak. Etanol kembali digunakan sebagai campuran pada bahan bakar bensin secara masif di Brazil sejak krisis minyak I tahun 1970-an. Sejak itu Brazil tetap konsisten meneliti dan mengembangkan motor bensin yang sesuai dengan penggunaan etanol hingga prosentase mencapai 22-25%, 85% (Flexible Fuel Vehicles – FFV) dan 100% (neat alcohol).

Tabel 2, memberikan sebagian data dari negara-negara yang sudah menggunakan etanol sebagai campuran bahan bakar pada motor bensin. Indonesia lewat PT Pertamina baru mengenalkan produk bahan bakar *biopremium* dan *biopertamax* di tahun 2006 dengan jangkauan yang sangat terbatas di beberapa kota besar di pulau Jawa saja, seperti: Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya, Denpasar dan Malang.

**Tabel 2, Penggunaan etanol di beberapa negara<sup>(8)</sup>**

Negara	Gasohol	Volume (L/thn)	Keterangan
Brazil	E20 s/d E25	~ 14 milyar (total)	program Proalcool, sejak 1975, produsen & pengguna terbesar
AS	E10, E85	> 6 milyar	sejak 1978
Colombia	E10	1 milyar (2006)	sejak 2001
Australia	E10, E20	60 juta	penyajalan sejak 1992
Swedia	E5	50 juta	sejak 2000
India	E5	1,3 milyar	wajib sejak 2003
Thailand	E10	60 juta	sejak 2002, berencana ekspor
Jepang	E3 & E10	total 7,8 milyar	(pasar potensial), belum diwajibkan
Cina	E10	1,48 milyar	(pasar potensial)
Indonesia *)	E-3 (BioPremium)	± 4,2 juta	Agust-06
	E-3 (BioPertamax)	± 4,3 juta	Des-06

\*)Pertamina<sup>(17)</sup>

### 4. Properties Etanol Dan Campuran Etanol Gasoline

Kesuksesan masalah diversifikasi energi/bahan bakar di motor bensin sangat tergantung pada kemiripan properties bahan bakar substitusi (ethanol) dengan bahan bakar referensi (gasoline) mengingat desain motor bensin masih merujuk pada properties gasoline. Pensubstitusian ataupun pencampuran bahan bakar gasoline dengan etanol akan mempengaruhi unjuk kerja dan emisi gas buang - tergantung sejauh mana pencampuran tersebut merubah properties penting dari bahan bakar referensi. Tabel 3, memberikan gambaran jenis properties yang diuji dan besaran nilai dari properties yang diuji dari peneliti yang mengembangkan bahan bakar bio-etanol dan menguji di motor bensin dengan berbagai jenis tipe teknologi.

Dari Tabel 3, terlihat bahwa sekitar 33 jenis properties yang diuji oleh peneliti untuk mengevaluasi perubahan kinerja, emisi gas buang, lubrikasi dan kompatibilitas komponen dari motor bensin terhadap penggunaan bahan bakar campuran etanol dan gasoline dengan berbagai prosentase volume.

**Tabel 3, Properties etanol, gasoline dan pencampuran yang digunakan oleh beberapa peneliti**

No.	Properties	Unit	Fikret Yüksel <sup>(6)</sup>		Kenneth <sup>(15)</sup>		Topgu <sup>(21)</sup>	E10	E60	Perkin <sup>1)</sup>	Weng-Dong Heish <sup>(22)</sup>			Jeland <sup>(13)</sup>		Setiyawan <sup>(19)</sup>
			Ethanol	Gasoline	RFG	E-85	ED			E85	ED	E5	E30	Ethanol	Gasoline	E85
1	Formula		C2H5OH	C4 to C12												
2	Berat molekul		46,07	100-105										46,07	102,5	
3	MTBE	Vol%			11	1,65										
4	Lead	g/L									<0,0025	<0,0025	<0,0025			
5	Carbon	wt %			13,6	13,2				57,92	86,6	87,7	86	52,2	86,5	
6	Hydrogen	wt %			84,4	56,7				13,2	13,3	12,2	13,9	13,1	13,5	
7	Oxygen	wt %			2	30,1				29,06				34,7	0	
8	Sulphur	ppm			36	5	1200	1700	3200		61	59	45			
9	Densitas (15/15 C)	Kg/m3	0,79	0,69-0,79	N/A	N/A	764,9	768	789,5		757,5	759,1	768,2	794	735-760	801
10	Specific gravity (15/15 C)		106-110	91	0,741	0,784										0,801
11	Panas laten Penguapan	KJ/kg												854	289	
12	Titik beku	C	-114	-40												
13	Titik didih	C	78	27-225												
14	Tekanan uap	kPa at 38 C	15,9	48-103	47,2	42,4	57,6	66,7	57,4	42,7	53,7	59,3	56,8			54,6
15	Panas spesifik	KJ/kg/K	2,4	2												
16	Viskositas	mPa s at 20 C	1,19	0,37-0,44												
17	Nilai kalor bawah	MJ/L	21,1	30-33	31,2	22,65	33,6	32,4	26,37	17,89	32,27	30,8	27,92	21,285	32,02	15,562
18	Titik nyala	C	13	-43												
19	Temperatur nyala sendiri	C	423	257												
20	Distilation (10-90%Vol)	C			57-146	73-78					54,5-167,3	49,7-167,7	54,8-159,3	78,4	30-190	63-73,9
21	Distilation (70-180 C)	Vol%														
22	Batas mampu terbakar	Vol %														
23	Bawah		4,3	1,4												
24	Atas		19	7,6												
25	Stokiometeri A/F		9	14,7			14,7	14,13	11,28					8,95	14,4	
26	Angka Oktana															
27	RON		108,6	88-100	96,9	109,7 (est)	86,4	87,4	92,7		95,4	96,7	102,4	111	95	> 111
28	MON		89,7	80-90	87,9	93,9 (est)	98,8	99,9	102,8					92	85	
29	Residu	ml (Vol%)									(1,7)	(1,5)	(1,5)			0,55
30	Kandungan air	wt %								0,4						
31	Washed gum	(mg/100ml)									0,2	0,2	0,2			
32	Unwashed gum	(mg/100ml)									18,8	18,6	14,4			
33	Corrosivity (3 h at 50 C)	ASTM D130									1a	1a	1a			

<sup>1)</sup> Bahan bakar E-85 yang dijual di USA oleh Perkin Energy Co.

## 5. Perubahan Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Dengan Etanol

### 5.1 Perubahan Unjuk Kerja

Setiap perubahan spesifikasi dan properties bahan bakar untuk motor besin akan merubah kinerja motor bensin, seperti: daya, torsi, konsumsi bahan bakar (bsfc), efisiensi, *driveability*, cold start ability, tingkat korosivitas dan emisi gas buang. Penelitian di motor bensin dengan bahan bakar campuran etanol dan gasoline tidak terlepas pada topik tersebut diatas.

Mengingat terjadinya perubahan properties dari campuran etanol dan gasoline, maka untuk mendapatkan kinerja lebih baik dari gasoline dengan emisi gas buang lebih rendah, banyak peneliti melakukan perubahan baik pada setting parameter opearsional maupun modifikasi terhadap motor bensin. Tabel 4, memberikan beberapa gambaran penelitian bio-etanol dengan berbagai variasi properties dan prosentase campuran etanol-gasoline, tipe dan tingkat teknologi motor uji dan parameter opearsional dan hasil yang didapat terhadap unjuk kerja sebagian besar berupa torsi dan ataupun bsfc.

Dari tabel 4, terlihat bahwa hasil kinerja dari motor dengan bio-etanol sangat bervariasi tergantung pada tipe/teknologi motor uji, modifikasi dan perubahan setting parameter operasional serta tidak kalah pentingnya adalah properties bahan bakar campuran.

**Tabel 4, Perubahan Torsi dan Bsfc pada penggunaan etanol hasil dari beberapa Peneliti.**

No.	Peneliti	Parameter Uji	Jenis motor	Etanol (%vol.)	Torsi	Bsfc
1	Fikret <sup>(6)</sup>	n	CR 8,1, 4-cyl, 4-stroke, Carb.	E30-E60	-10,9	+ 16,5
2	Guerieri <sup>(7)</sup>	N/A	N/A	E40		- 15
3	Cowart	N/A	N/A	E85	+ 4	
4	Huseyin <sup>(11)</sup>	CR IT, WOT	1 cyl, 4-stroke, Inj, SOCH	E10-E60	+ 0,4 - + 1	+ 2,5 - +21,4
5	Huseyin <sup>(10)</sup>	CR MBT, n, WOT	1 cyl, 4-stroke, Inj, SOCH	E10-E60	+ 2,6 - 4,1	0 - + 21,2
6	Bang-Quan He <sup>(2)</sup>	n	CR 8,2, MPI, FI	E10 / E30		+ 5,6 / + 11,3
7	Al-Hasan <sup>(1)</sup>	n	CR 9,2, Carb., 4 cyl, 4-stroke	E2,5 - E25		-2,4
8	We-Dong Hseih <sup>(22)</sup>	n, T.V.O.	CR 9,5, MPI	E5 - E30	0 - +4	
9	Topgul <sup>(21)</sup>	CR IT, WOT	1 cyl, 4-stroke, Inj, SOCH	E10-E60	+ 1,9	+ 14,9
10	Chan-wei Wu <sup>(4)</sup>	λ, T.V.O., n	4 cyl, MPI, DOCH	E5-E30	+6,5	
11	Setiyawan <sup>(19)</sup>	n,Ø mainjet, CR IT, WOT	1-cyl, 4-stroke, Carb.	E-85		+ 9

Catatan: nilai torsi dan bsfc merupakan harga rata-rata semua data pengujian dengan beragam variasi parameter uji.

### 5.2 Perubahan Emisi Gas Buang

Perubahan bahan bakar dan kondisi (setting parameter operasional dan modifikasi) motor bensin akan berdampak pada emisi gas buang yang dihasilkan. Emisi yang diatur oleh Perundang-undangan (regulated emission), seperti CO, HC dan NOx sangat dipengaruhi oleh kondisi motor sedangkan properties etanol yang beroksigenat akan lebih menyempurnakan pembakaran di ruang bakar. Seperti terlihat pada Tabel 5, hasil emisi CO, HC dan NOx sangat bervariasi karena gabungan faktor-faktor yang mempengaruhinya: yaitu gabungan dari kondisi dan parameter uji, jenis motor uji, prosentase volume etanol dan properties bahan bakar dasar dari gasoline dan etanol.

**Tabel 5, Perubahan emisi gas buang CO, HC dan NOx (Regulated emission) pada penggunaan etanol hasil dari beberapa Peneliti**

No.	Peneliti	Kondisi & Parameter uji	Jenis motor uji	Etanol (%vol.)	Regulated Emission		
					CO	HC	NOx
1	Fikret <sup>(6)</sup>	n	CR 8,1, 4-cyl, 4-stroke, Carb.	E30-E60	-80	-50	
2	Kenneth <sup>(15)</sup>	FTP emission Test	CR 8,8, MPI, V-6	E85	-18	-21	-28
3	Guerieri <sup>(7)</sup>	N/A	N/A	E40	-50	-30	
4	Bang-Quan He <sup>(2)</sup>	n	CR 8,2, MPI, FI	E10 / E30	- 5,2 / - 4,45	- 9,8 / - 23,1	N.S
5	Al-Hasan <sup>(1)</sup>	n	CR 9,2, Carb., 4 cyl, 4-stroke	E2,5 - E25	-46,5	-24,3	
6	Ceviz <sup>(3)</sup>	λ	CR 9,2, Carb.	E5 - E20	-30	-20,2	
7	We-Dong Heis <sup>(22)</sup>	n, T.V.O.	CR 9,5, MPI	E5 - E30	- 10 - (-90)	- 20 - (-80)	
8	Ja Le-Wei <sup>(12)</sup>	European Driv Cyl	CR 9:1, Carb.	E10	-8,4	-14,2	-8,6
9	Topgul <sup>(21)</sup>	CR IT, WOT	1 cyl, 4-stroke, Inj, SOCH	E10-E60	+ 5,2	-6,4	
10	Chan-wei Wu <sup>(4)</sup>	λ, T.V.O., n	4 cyl, MPI, DOCH	E5-E30	- 2,5	-7	
11	Setiyawan <sup>(19)</sup>	n,Ø mainjet, CR IT, WOT	1-cyl, 4-stroke, Carb.	E-85	-23	-16	

Sedangkan emisi gas buang yang tidak diatur dan ditetapkan oleh Undang-Undang Lingkungan, seperti CO<sub>2</sub>, formaldehide, acetaldehide, aromatic, butadine, benzene, toluene, xylene, VOC, dll selalu menjadi perhatian para peneliti lingkungan. Seperti terlihat pad Tabel 6, hanya beberapa peneliti yang melakukan pengukuran emisi jenis ini. Secara alamiah dapat diprediksikan bahwa emisi aromatic, butadine akan turun, hal ini terkait langsung dengan material yang terkandung dalam gasoline. Sebaliknya emisi golongan aldehyde akan naik secara signifikan karena material yang dikandung oleh etanol.

**Tabel 6, Perubahan emisi gas buang CO<sub>2</sub>, VOC, Formaldehide dan Acetaldehide (Unregulated emission)**

No.	Peneliti	Kondisi & Parameter uji	Jenis motor uji	Etanol (% vol.)	Unregulated Emission			
					CO <sub>2</sub>	VOC	Formaldehyde	Acetaldehide
1	Fikret <sup>(6)</sup>	n	CR 8,1, 4-cyl, 4-stroke, Carb.	E30-E60	+ 20	-1,5		
2	Kenneth <sup>(15)</sup>	FTP emission Test	CR 8,8, MPI, V-6	E85	-6,5	-1,5	+ 20	+ 1949
3	Guerien <sup>(7)</sup>	N/A	N/A	E40				
4	Bang-Quan He <sup>(2)</sup>	n	CR 8,2, MPI, EFI	E10 / E30				+ 70 / +350
5	Al-Hasan <sup>(1)</sup>	n	CR 9,2, Carb., 4 cyl, 4-stroke	E2,5 - E25	+ 7,5			
6	Ceviz <sup>(3)</sup>	λ	CR 9,2, Carb.	E5 - E20				
7	We-Dong Heis <sup>(22)</sup>	n, T.V.O.	CR 9,5, MPI	E5 - E30	+ 5 - + 25			
8	Ja Le-Wei <sup>(12)</sup>	European Driv Cycl	CR 9:1, Carb.	E10				
9	Topgul <sup>(21)</sup>	CR IT, WOT	1 cyl, 4-stroke, Inj, SOOH	E10-E60				
10	Chan-wei Wu <sup>(4)</sup>	λ, T.V.O., n	4 cyl, MPI, DOCH	E5-E30				

## 6. Adaptasi/Modifikasi Motor Bensin Terhadap Penggunaan Etanol Prosentase Tinggi

Perubahan bahan bakar yang digunakan pada motor bensin dari gasoline murni dengan campuran etanol-gasoline dilakukan evaluasi secara komprehensif, tidak saja hanya pada unjuk kerja dan emisi gas buang. Berdasarkan penelitian yang dilakukan banyak peneliti di berbagai belahan dunia, diyakini bahwa pencampuran etanol kurang dari 10% (E10) ke dalam gasoline tidak memberikan dampak yang merusak pada motor bensin. Sehingga penggunaan E10 dapat langsung digunakan dan kompatibel dengan gasoline meskipun ada sedikit perubahan unjuk kerja dan emisi gas buang. Sebagian besar peneliti memberikan dukungan data bahwa E10 memberikan perbaikan yang signifikan pada unjuk kerja dan emsisi gas buang, meskipun beberapa tidak.

Sedangkan pencampuran etanol lebih besar dari 10% volume kedalam gasoline, perlu dilakukan modifikasi beberapa bagian pada motor bensin. Tabel 7 dibawah ini, secara umum memberikan petunjuk bagian-bagian yang perlu mendapatkan perhatian dan modifikasi seperlunya bila menggunakan bahan bakar campuran etanol lebih dari 10 volume pada gasoline. Tabel tersebut dibuat berdasarkan penelitian dan pengalaman negara Brazil.

## 7. Diskusi Penggunaan Bio-etanol di Indonesia

Indonesia sudah memulai menggunakan bio-fuel: biodiesel, biopremium dan biopertamax sebagai bahan bakar motor bakar. Kondisi terakhir dimana harga minyak bumi melambung dan sudah melampaui harga USD 90 akan mendorong pemakaian biofuel semakin meningkat karena harga etanol menjadi kompetitif dengan gasoline. Selama ini harga etanol (anhydrous) masih lebih tinggi dibandingkan dengan gasoline (apalagi yang bersubsidi), sehingga penetrasi pasar bahan bakar bio-etanol sangat lambat. Hanya Brazil yang dapat memproduksi etanol dengan harga yang sangat murah dari tebu, yaitu sebesar USD 26/barrel dibandingkan dengan negara lain seperti Amerika, Eropa bahkan mungkin Indonesia dengan harga sekitar USD 59/barrel<sup>(20)</sup>.

Komitmen pemerintah untuk menggunakan bahan bakar terbarukan (renewable energy) untuk menggantikan bahan bakar fosil perlu segera untuk mendapatkan respon dari peneliti di bidang energi, otomotif, material dan bahan bakar guna mengantisipasi segala kemungkinan dampak pemakaian etanol pada motor bensin.

Penelitian tersebut sudah mendesak mengingat teknologi motor bensin yang sekarang beroperasi di Indonesia sangat beragam dan bervariasi, bisa jadi komponen otomotif yang sudah dibuat oleh pabrikan dalam negeri tidak sesuai dengan properties etanol yang lebih korosif dan merusak beberapa material elastomer dan plastik tertentu. Penelitian bio-etanol tidak secepat-gempita bio-diesel yang mendapatkan perhatian lebih besar akhir-akhir ini.

Dengan membandingkan roadmap energi biofuel yang dibuat pemerintah (Tabel 1) dan konsumsi bioetanol yang dijual oleh PT Pertamina (Tabel 2), maka tingkat konsumsi bioetanol di Indonesia masih sebesar 5,68%, masih sangat jauh dari dari target tahun 2010.

**Tabel 7 , Adaptasi/Modifikasi Pada Motor Bensin di Brazil untuk E22 dan E85<sup>18)</sup>.**

System	Part Change
Air-Fuel Feed	Electronic fuel injectors: must use stainless steel and modify the design to improve fuel "spray" and throughput. Manufacturers calibrate the system to the fuel, to ensure the proper air-to-fuel ratio and an appropriate Lambda sensor working range. Carburetors: must treat or otherwise protect aluminum or zinc alloy surfaces.
Fuel Handling System	Fuel pumps: must protect internal surfaces and seal connectors; a different metal may be required. Fuel pressure regulators: must protect internal surfaces; internal diaphragm may need to be up-graded. Fuel filter: must protect internal surfaces and use an appropriate adhesive for the filter element. Fuel tank: if metallic, must protect (coat) the internal surface. If plastic, may need to line the interior to reduce permeation. Fuel lines and rails: may need to coat steel parts with nickel to prevent corrosion or replace with stainless steel. Fuel line quick connects: must replace plain steel with stainless steel. Hoses and seals: "o-ring" seals and hoses require resistant materials.
Emission Controls	Vapor control canister: may need to increase the size of the canister and recalibrate it for the expected purge air flow rate. Catalyst: may need to adjust the kind and amount of catalyst and wash coating.
Powertrain	Ignition System: must recalibrate ignition advance control. Engine: should use a higher compression ratio for proper operation; new camshaft profile and phase; and new materials for the intake and exhaust valves and valve seats. Intake manifold: must be able to deliver air at a higher temperature; requires a new profile and must have a smoother surface to increase air flow. Exhaust pipe: must protect (coat) the internal surfaces and ensure design can handle a higher amount of vapor.
Other	Fuel filler door paint: must change paint formula used on plastic fuel filler door to avoid loss of paint adhesion. Motor oil: may require reformulation and/or a new additive package. All parts that might be exposed to the fuel: avoid polyamide 6.6 (nylon), aluminum, and various zinc alloys. If these materials are used, their surfaces must be treated or otherwise protected. Vehicle suspension: may need to modify to accommodate a higher vehicle weight Cold start system (for E85 or above): may require an auxiliary start system with its own temperature sensor, gasoline reservoir, extra fuel injector, and fuel pump; also, the vehicle battery must have a higher capacity.

## 8. Kesimpulan

Penggunaan bioetanol untuk motor bensin di Indonesia merupakan pilihan yang tidak dapat terelakan karena: harga minyak bumi yang sangat tinggi, ketergantungan penyediaan bahan bakar minyak dari import sangat mengganggu keamanan penyediaan BMM di dalam negeri serta usaha untuk menurunkan emisi gas buang dan membuka lapangan usaha dalam penyediaan etanol. Komitmen dan kebijakan pemerintah dalam mengembangkan biofuel sudah tertuang dalam UU Energi No. 30 tahun 2007 dan roadmap energi sampai dengan tahun 2025.

Meskipun banyak informasi penelitian yang sudah tersedia dari penelitian di luar negeri tetapi dengan spesifikasi bahan bakar, iklim dan teknologi motor bensin yang berbeda antar negara maka perlu dilakukan penelitian yang intensif di Indonesia.

## 9. 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. Bang-Quan He, Jian-Xiin Wang [2003], " A study on emission characteristics of an EFI engine with ethanol blended gasoline fuels", Atmospheric Environment Vol. 37, pp. 949-957, Elsevier.
3. Ceviz M.A dan , F. Yuksel [2005], " Effets of ethanol-unleaded gasoline blends on cyclic variability and emissions in an SI engine", Applied Thermal Engineering Vol. 25, pp. 917-925, Elsevier.

4. Chan-Wei Wu, Rong-Hong Chen [2004], "The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline-blended fuels", *Atmospheric Environment* Vol.38, pp. 1703-1710, Elsevier.
5. Evita H. Legowo [2007], "Key Success Factors for Indonesian Biofuel Development", German-Indonesian Symposium on Renewable Energy, Jakarta.
6. Fikret Yuksel, Bedri Yuksel [2004], "The use of ethanol-gasoline blend as a fuel in SI engine", *Renewable Energy* Vol. 29, pp. 1181-1191, Elsevier.
7. Guerriero, Caffrey and Rao [1995], "Investigation into vehicle exhaust emission of high percentage ethanol blends", SAE paper 950777.
8. Gusrizal [2007], "Biofuels Demand and Market Prospect" German-Indonesian Symposium on Renewable Energy, Jakarta.
9. Hsieh Wei-Dong, Rong-Hong Chen, et.al. [2002], "Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels", *Atmospheric Environment* (36), pp. 403-410, Pergamon.
10. 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.
11. Huseyin Serdar Yucesu, Adnan Sozen, et.al., [2007], "Comparative study of mathematical and experimental analysis of spark ignition engine performance used ethanol-gasoline blend fuel", *Applied Thermal Engineering* Vol. 27, pp. 358-368, Elsevier.
12. Jia, Li-Wei, Mei-Qing Shen et.al. [2005], "Influence of ethanol-gasoline blended fuel on emission characteristics from a four stroke motorcycle engine", *Journal of Hazardous Materials* Vol.123, pp. 29-35, Elsevier.
13. 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.
14. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral [2006], "Kebijakan Energi Nasional", Rakornas Tentang Revitalisasi Pendidikan, Bio Energi dan Penanganan Bencana Alam, Agustus, Jakarta.
15. Kenneth, J.K., et.al. [1996], "Federal test procedure emissions test result from ethanol variable-fuel vehicle chevrolet luminas", SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting, Dearborn, MI.
16. Jia Li-Wei, Mei-Qing Shen, et.al. [2005], "Influence of ethanol-gasoline blended fuel on emission characteristics from a four-stroke motor cycle engine", *Journal of Hazardous Materials* (A123), 29-34, Elsevier.
17. Pertamina [2006], "Perkembangan Pemasaran dan Harga Bahan Bakar Nabati.
18. Sahu Ranajit [2007], "Technical paper on the introduction of the greater than E-10 gasoline blends"- akses internet terakhir Juli 2007.
19. Setiyawan, Atok [2007], "Perbaikan unjuk kerja dan emisi gas buang bahan bakar etanol 85% dan premium 15% (E85) pada motor bensin dengan merubah diameter mainjet, ignition timing dan compression ratio", Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin 6, UNSYIAH, Banda Aceh.
20. Tim Nasional Pengembangan BBN [2007], "Bahan Bakar Nabati", Eka Tjipta Foundation Penebar Swadaya.
21. Topgul Tolga, Huseyin Serdar Yucesu, et.al [2006], "The effects of ethanol-unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions", *Journal of Renewable Energy* (31), 2534-42, Elsevier.
22. Wei-Dong Hsieh, Rong-Hong Chen [2002], "Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels", *Atmospheric Environment* Vol.36, pp. 403-410, Elsevier.