

## PEMANFAATAN BIODIESEL DAN BIOETANOL UNTUK TRANSPORTASI

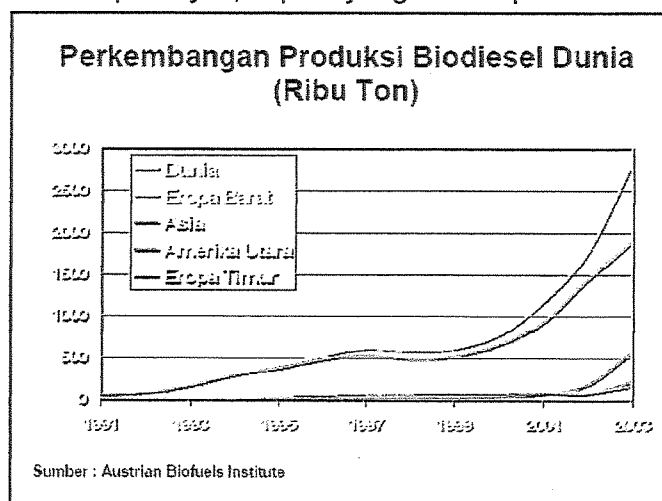
Dr. Iman K. Reksowardojo \*

\* Laboratorium Motor Bakar dan Sistem Propulsi, ITB

### I. Pendahuluan

Bahan bakar merupakan hal yang sangat penting untuk sarana transportasi. Syarat-syarat yang harus dipenuhi sebagai bahan bakar adalah keberadaannya yang tinggi (availability), harganya relatif murah, mudah dalam penanganannya, tinggi kandungan energi dalam satuan massa dan volume. Diperlukan bahan bakar cair untuk memenuhi 2 persyaratan terakhir, maka biodiesel & bioetanol memenuhi persyaratan tsb.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang digunakan sebagai pengganti solar. Dimulai pada 1994 – 1997, PT. Pertamina dan PPTMGB LEMIGAS; sudah memproduksi solar B30 dengan campuran biodiesel dari minyak sawit. Hal ini kemudian terhenti karena karena harga minyak solar murah. Dimulai lagi pada 2001 oleh berbagai pihak (ITB, BPPT, P2KS, FBI, dll.) hingga keluarnya: PERPERS 05/2006, Inpres 01/2006, SK Dirjen MIGAS No: 3675K/24/DJM/2006, SNI Biodiesel 04-7182-2006. Pada tanggal 20 Mei 2006, Pertamina telah meluncurkan biosolar hampir di seluruh SPBU di Jakarta. Pada tanggal 27 Juli 2006 Pertamina meluncurkan 5 SPBU Bio Solar di Surabaya. Jadi lebih dari 8 tahun dari segi teknis telah banyak hal dilakukan baik dari segi produksi maupun pemakaian oleh pelbagai pihak di Indonesia. Biodiesel sebagai bahan bakar menghasilkan CO<sub>2</sub> yang netral, efek rumah kaca yang rendah, *renewable*, dan berasal dari komoditas pertanian. Sedangkan untuk perkembangan biodiesel di dunia pun sudah cukup banyak, seperti yang terlihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Perkembangan produksi biodiesel di dunia

## II. Riset & Pengembangan Biodiesel di Bidang Otomotif

Penelitian dan pengembangan biodiesel di bidang otomotif telah banyak dilakukan oleh banyak pihak, seperti ITB, BPPT, LRPI, ESDM, dll. Pengujian yang sudah pernah dilakukan adalah uji jalan (*road test*) dan uji dalam laboratorium (*bench test*). Pada saat *road test*, biodiesel yang digunakan adalah 10% (B10). Dari hasil pengujian, suara mesin yang digunakan menjadi lebih halus, tarikannya ringan dan asap yang dihasilkan lebih berkurang, dan hingga saat ini tidak terjadi masalah pada kendaraan uji. Yang perlu diperhatikan dalam pemakaian ini adalah harus dilakukan penggantian filter bahan bakar setelah 1-2 minggu pemakaian biodiesel. Kendaraan yang digunakan untuk pengujian dapat dilihat pada Gambar 20. Pengujian ini telah dilakukan sejauh  $\pm 2200$  km (Medan-Jakarta).



Gambar 20. Kendaraan untuk pengujian biodiesel di ITB

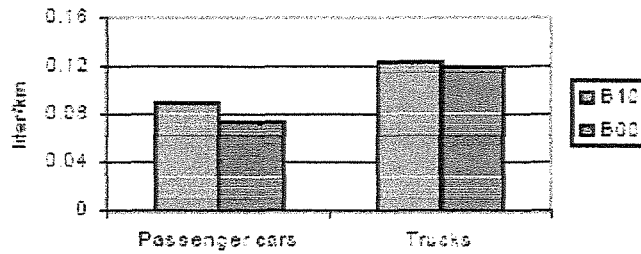


Gambar 21. Kendaraan untuk pengujian biodiesel oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit dan ITB

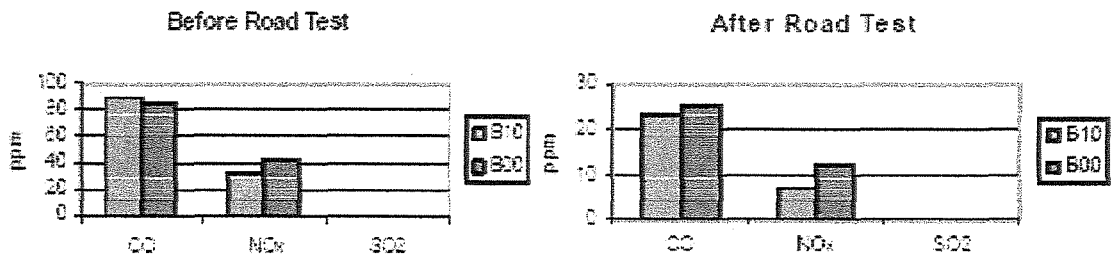
Hal-hal yang harus diperhatikan untuk *road test* adalah sebagai berikut :

1. Persiapan kendaraan uji
  - Membersihkan dan memeriksa sistem bahan bakar
  - Mengganti filter bahan bakar
  - Mengganti pelumas.
2. Pembuangan gas emisi : CO, NOx, SO<sub>2</sub>
3. Konsumsi bahan bakar
4. Kondisi pelumas : viskositas, TBH, pemakaian logam
5. Kondisi sistem injeksi bahan bakar
  - Tekanan injeksi
  - Volume injeksi
  - Pola penyemprotan

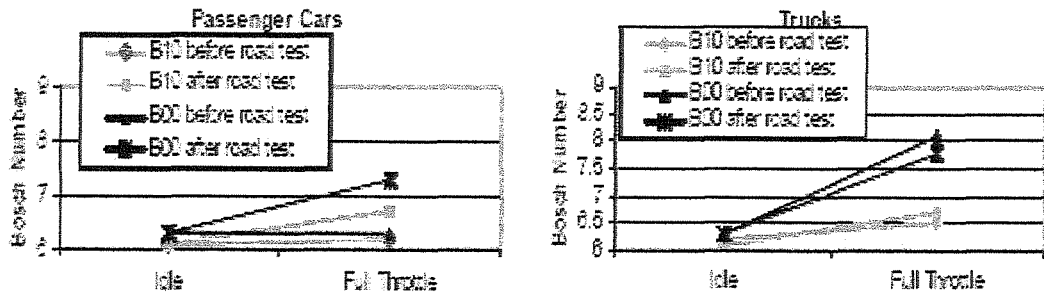
Berdasarkan pengujian ini, diperoleh data bahwa konsumsi bahan bakar kendaraan dengan bahan bakar B10 sedikit lebih banyak daripada kendaraan dengan bahan bakar B00. Akan tetapi, kendaraan dengan bahan bakar B10 menghasilkan emisi gas yang lebih rendah. Kondisi pelumas pada kendaraan B10 tidak jauh berubah jika dibandingkan dengan kendaraan B00.



Gambar 22. Perbandingan konsumsi mesin dengan bahan bakar B10 dan B00



Gambar 23. Perbandingan emisi gas yang dikeluarkan sebelum dan sesudah road test



Gambar 24. Soot emissions pada mobil penumpang dan truck

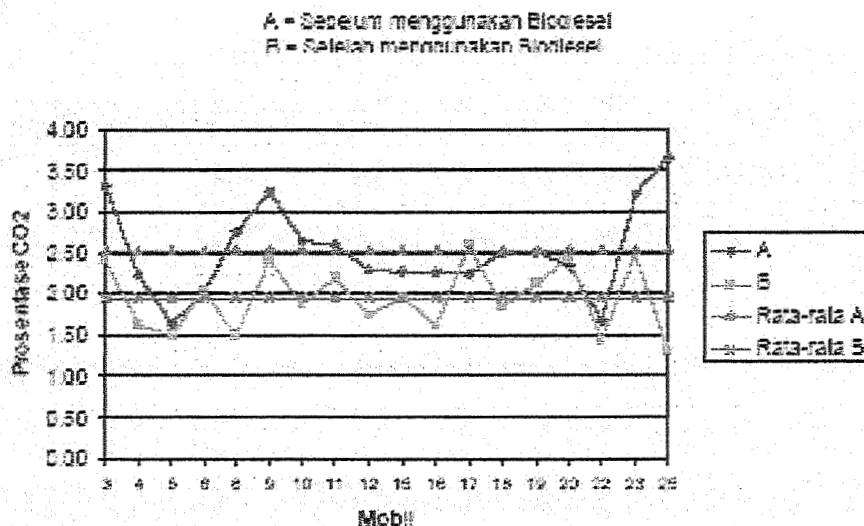
Pengujian biodiesel juga dilakukan oleh Departemen ESDM dan ITB (B10). Pengujian dilakukan dengan menggunakan 26 jenis mobil dalam jangka waktu 6 bulan. Sebelum dan sesudah penggunaan B10 dilakukan pengecekan terhadap kondisi fisik mesin dan kendaraan, serta pengukuran emisi gas buang (CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>, asap). Mobil-mobil yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 31.

Tabel 29. Jenis kendaraan uji untuk biodiesel

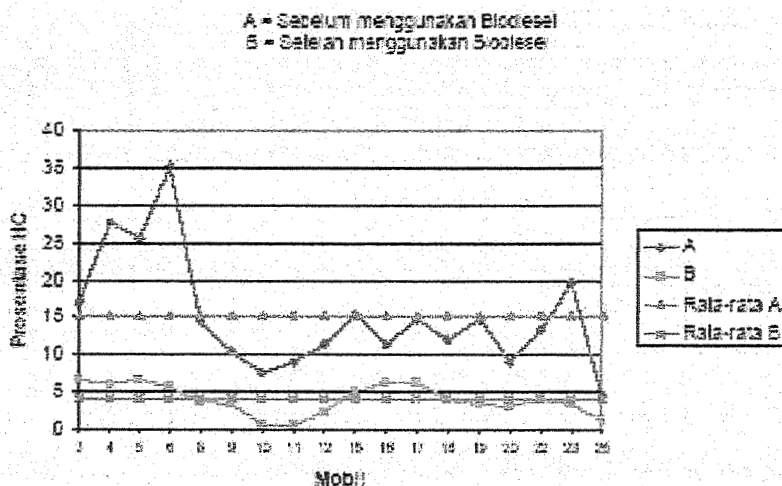
Jenis Mobil	No. Polisi	Lokasi
Bus Toyota DYNA 1998	B 7958 EQ	Irjan ESDM
Bus Mitsubishi Cok Diesel 100 PS 2004	B 7212 MQ	Pusdiklat EKTL
Bus DAMRI Bandara-Gambir 3869/2004 (Euro 2)	B 7306 IS	Bandara Soekarno-Hatta
Toyota Kijang Diesel 1997	B 7054 EQ	Dirjen LPE
Bus Toyota 2003	B 7117 PQ	Dirjen LPE
Toyota Kijang Diesel 2000	D 1858 FC	ITB
Mitsubhisi Kuda 2003	D 1135 GO	ITB
Isuzu Panther 1995	B 2920 HQ	Irjan ESDM
Mini Bus Toyota DYNA 1998	B 7939 EQ	Dirjen GSM
Mini Bus Toyota DYNA 1998	B 7940 EQ	Dirjen GSM
Bus DAMRI Bandara-Bekasi 3718	B 7917 EQ	Bandara Soekarno-Hatta
Bus DAMRI Bandara-Kp. Rambutan 3735/2003	B 7990 XA	Bandara Soekarno-Hatta
Bus DAMRI Bandara-Rawa mangun 3728/2002	B 7134 EQ	Bandara Soekarno-Hatta
Bus DAMRI Bandara-Blok M 3727	B 7497 EQ	Bandara Soekarno-Hatta
Bus DAMRI Bandara-Bogor 3755	B 7667 XA	Bandara Soekarno-Hatta
Bus Mitsubishi Cok 120 PS 1997	B 7484 XE	LEMIGAS
Bus Isuzu 120 PS 1999	B 7301 DB	LEMIGAS
Bus Isuzu 120 PS 1999	B 7307 DB	LEMIGAS
Daihatsu TAFT 1987	B 1047 DK	Dirjen LPE
Toyota Kijang Diesel 1997	B 1560 HQ	Dirjen LPE
Isuzu Troopac 2,3 L 1982	B 2841 OI	Dirjen LPE
Daihatsu TAFT 1982	D 1080 OZ	ITB
Bus DAMRI Bandara-Indramayu 3161/1997	D 7833 AA	Pool DAMRI Bandung
Bus DAMRI Bandara-Bandung 3355/1997	D 7797 AA	Pool DAMRI Bandung
Bus DAMRI Bandara-Bandung 1628/1985	D 7956 AC	Pool DAMRI Bandung
Bus DAMRI Bandara-Bandung 1581/1996	B 7689 AA	Pool DAMRI Bandung

Hasil pengujian terhadap emisi gas buang (CO<sub>2</sub>) menunjukkan bahwa 94% kendaraan mengalami penurunan dan 6% diantaranya mengalami kenaikan. Penurunan terbesar yaitu sebesar 2,35% dan kenaikan terbesar sebanyak 0,36%. Data selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 25. Untuk pengujian gas buang HC, terbukti bahwa terjadi penurunan pada semua kendaraan uji. Penurunan terbesar yaitu sebesar 29,67%. Data selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 26. Dan berdasarkan hasil pengujian terhadap emisi gas O<sub>2</sub>, sebanyak 22% kendaraan mengalami penurunan dan 78% mengalami kenaikan

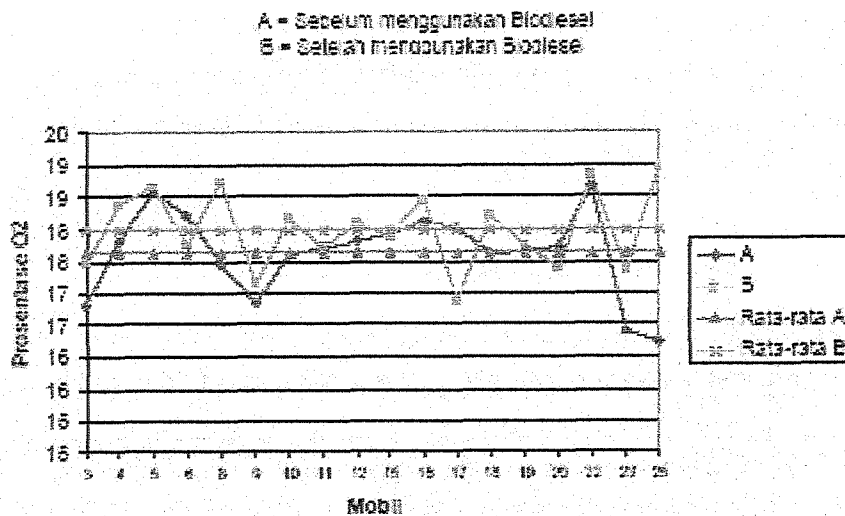
(Gambar 27). Penurunan terbesar adalah sebanyak 1,12%, sedangkan kenaikan terbesar sebanyak 2,74%. Asap yang dikeluarkan juga mengalami penurunan pada 95% kendaraan dan 5% lainnya mengalami kenaikan. Penurunan terbesar adalah 48,52% dan kenaikan terbesar sebanyak 2,64% (Gambar 28).



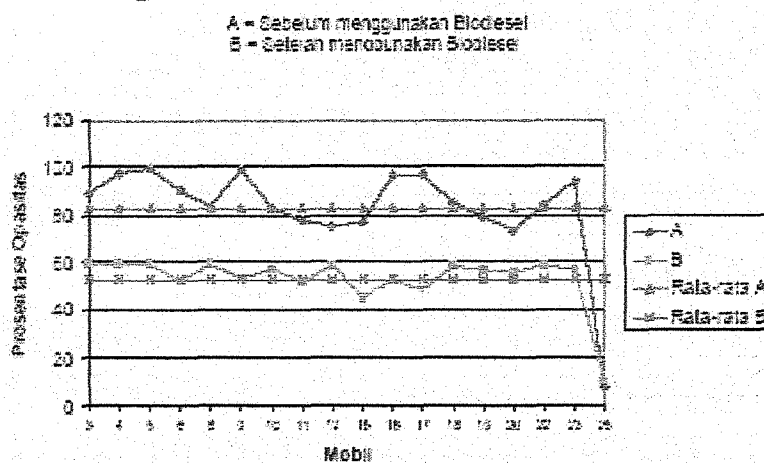
Gambar 25. Pengukuran emisi gas buang (CO<sub>2</sub>) pada 26 kendaraan uji



Gambar 26. Pengukuran emisi gas buang (HC) pada 26 kendaraan uji



Gambar 27. Pengukuran emisi gas buang ( $O_2$ ) pada 26 kendaraan uji



Gambar 28. Pengukuran emisi gas buang (asap) pada 26 kendaraan uji

Pengecekan kondisi fisik mesin dan kendaraan

- Pada beberapa kendaraan, saringan bahan bakar (filter solar) lebih boros penggunaannya. Hal ini disebabkan oleh sifat biodiesel yang mempunyai sifat melarutkan (dissolved). Biodiesel yang terkandung di dalam bahan bakar dapat melarutkan kotoran-kotoran yang terdapat di dalam saluran bahan bakar. Kelamaan kotoran itu akan terjebak di saringan bahan bakar dan selanjutnya dapat mengakibatkan suplai bahan bakar ke pompa injeksi terganggu. Namun ada juga beberapa kendaraan yang tidak mengalami

keluhan saringan bahan bakar. Hal ini mungkin terjadi apabila saluran bahan bakar kendaraan tersebut memang sudah bersih sebelumnya.

- Oli mesin kendaraan yang telah dan atau masih menggunakan campuran bahan bakar biodiesel dan minyak solar terlihat lebih tidak pekat dibandingkan dengan kendaraan-kendaraan yang sudah menggunakan minyak solar murni atau ketika semua kendaraan tersebut masih menggunakan minyak solar murni.

ITB juga telah melakukan pengujian biodiesel di laboratorium (bench test). Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin stasioner. Spesifikasi mesin uji dan spesifikasi biodiesel dapat dilihat pada Tabel 32 dan 33.

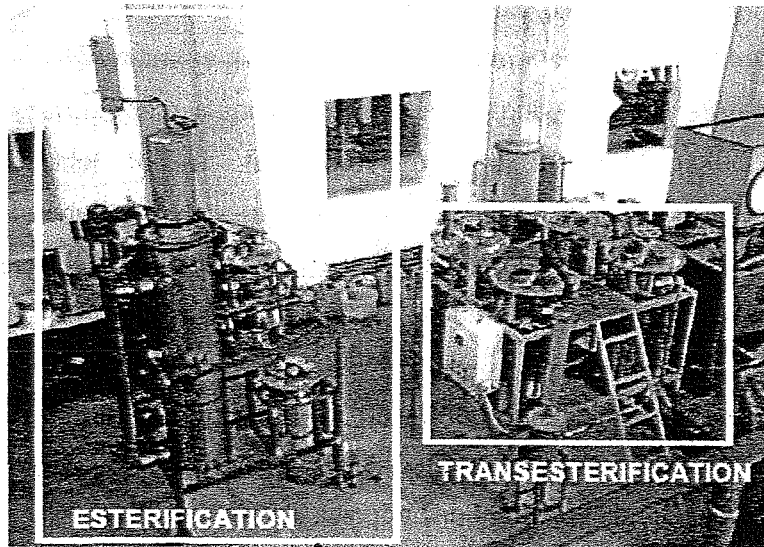
Tabel 32. Spesifikasi mesin uji stasioner

Engine Type	Direct Injection
Bore (mm) x Stroke (mm)	95 x 115
Cubic Capacity (cc)	815
Compression Ratio	20 : 1
Maximum Power (HP/rpm)	14 / 2000
Rated Power	12 / 2000
No of Cylinder	1
Fuel Injection Pump	Bosch in line
Fuel Injector Type	Bosch multihole
Aspiration	Natural
Cooling System	Water

Tabel 33. Spesifikasi bahan bakar yang digunakan

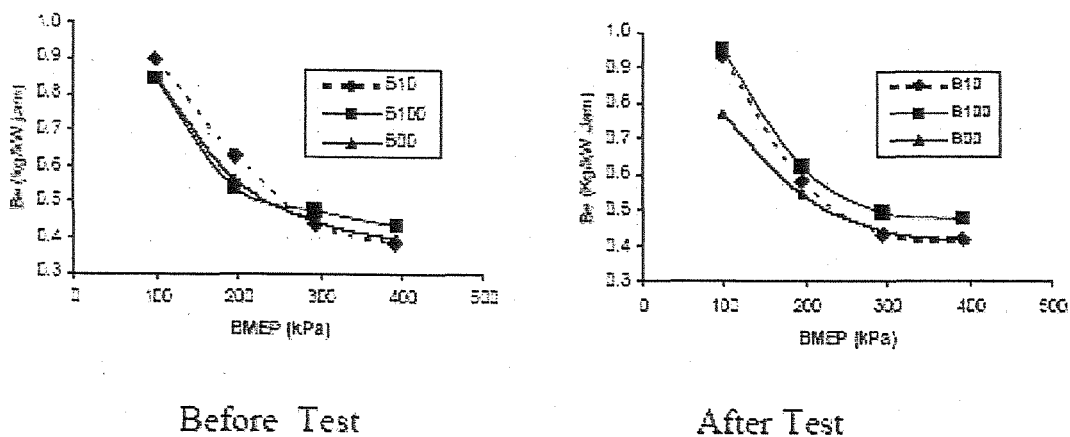
Parameters	Limit	Petrodiesel	B10	B100
Specific gravity 40 °C (mg/ml)	0.850 – 0.890	0.830	0.833	0.863
Kinematic viscosity 40 °C (mm <sup>2</sup> /s (cSt))	2.5 – 3.0	4.44	5.09	5.16
LHV (kJ/kg)	-	40297	39143.7	36784
Saponification value (mg KOH/mg)	-	-	-	209.7
Acid value (mg-KOH/g)	Max. 0.6	-	-	0.064
Free glycerol % <sub>w</sub>	Max. 0.02	-	-	0.007
Total glycerol % <sub>w</sub>	Max. 0.24	-	-	0.17
Ester content % <sub>w</sub>	Min. 95.5	-	-	97.88



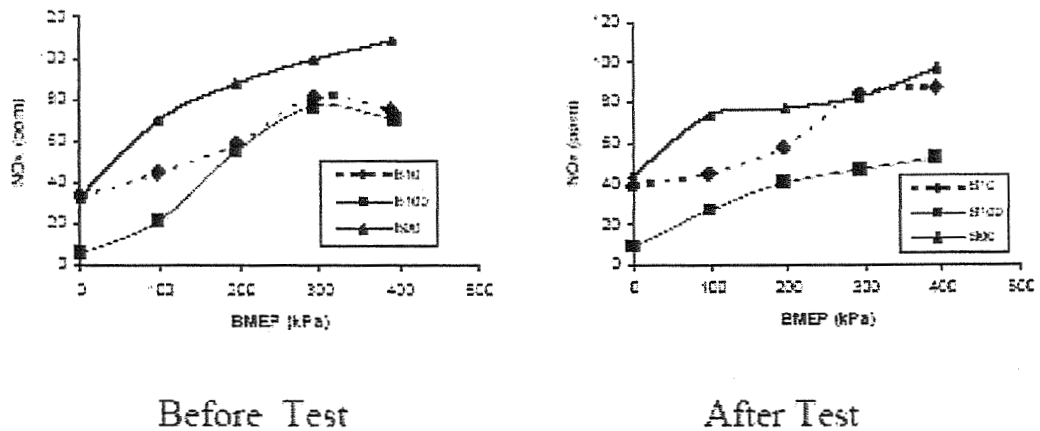


Gambar 29. Biodiesel pilot plant di ITB

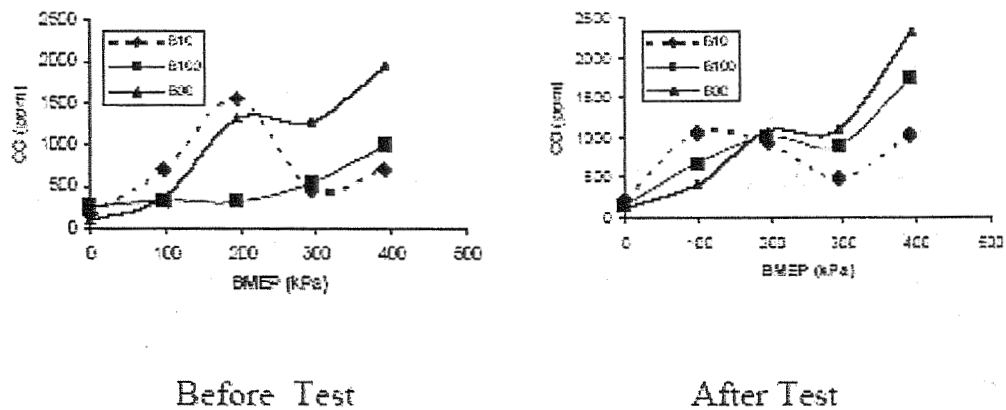
Pada prinsipnya, pengujian dilakukan dengan menggunakan prosedur CEC F-23-A-01, tetapi mesin uji yang dipakai bukanlah Peugeot PSA XUD9A/L 1.9 liter 4 silinder injeksi tidak langsung. Semua komponen mesin yang ada, seperti pengisap pompa injeksi, injector, piston dan piston ring, diganti dengan komponen yang baru. Sebelum uji jalan dilakukan, perlu dilakukan uji "break-in" selama 1 jam menggunakan komponen yang lama, kecuali piston baru dan piston ring. Uji performa dan uji emisi juga perlu dilakukan setiap kali selesai uji "break-in" dan setelah 17 jam pengujian. Sebelum dan setelah pengujian juga perlu dilakukan penimbangan, pengukuran dimensi dan dokumentasi.



Gambar 30. Grafik brake specific fuel consumption (BSFC)



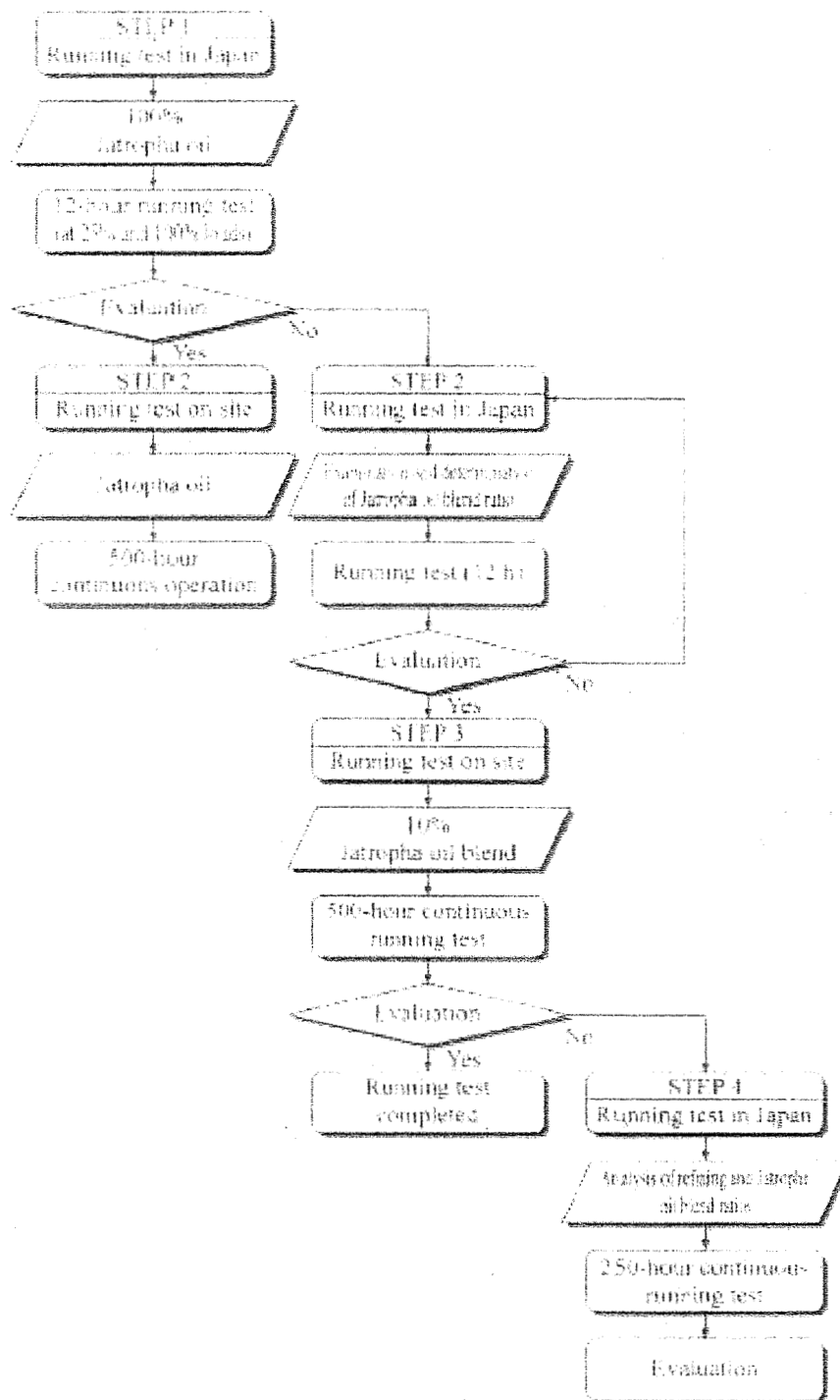
Gambar 31. Grafik pengukuran emisi gas Nox sebelum dan sesudah pengujian



Gambar 32. Grafik pengukuran emisi gas CO sebelum dan sesudah pengujian

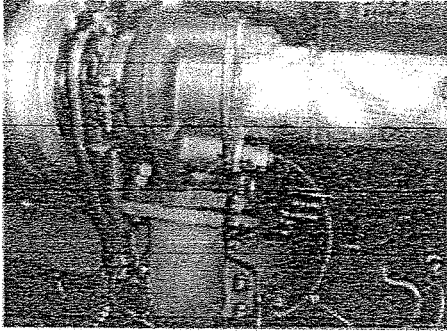
Berdasarkan hasil pengukuran ini, dapat disimpulkan bahwa pada umumnya tidak terjadi perubahan performa dan pengeluaran emisi gas sebelum dan sesudah pemakaian B00, B10 dan B100. Biaya yang diperlukan untuk mesin pembakaran diesel dengan bahan bakar biodiesel dan campurannya relatif lebih rendah dibandingkan dengan solar dari minyak bumi. Jika biodiesel dihasilkan sesuai dengan standar FBIS01-03(SNI 04-7182-2006), maka perubahan performa, pengeluaran emisi gas dan pengaruh penggunaan biodiesel dan campurannya dengan solar bisa diabaikan.

III. Pengembangan sistem pembangkit listrik terdistribusi skala kecil  
 menggunakan minyak jarak pagar di Indonesia

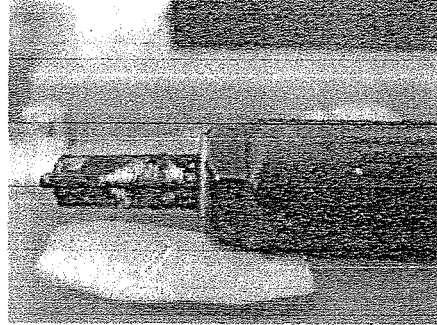


Gambar 33. Skema pengujian menggunakan minyak jarak pagar

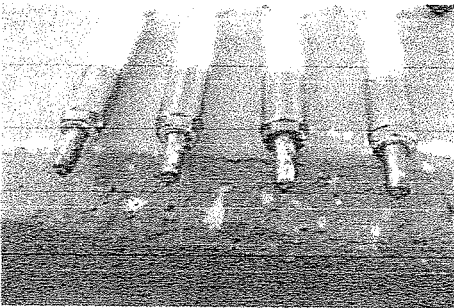
Langkah 1. Generator diesel dioperasikan pada muatan 25% dan 100% selama 12 jam menggunakan 100% minyak jarak pagar.



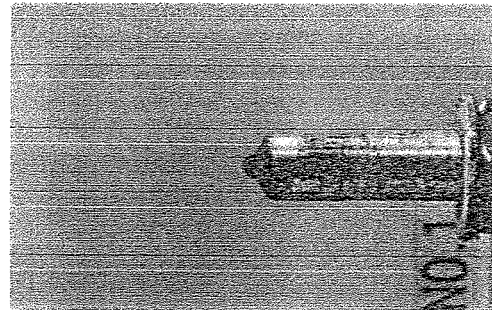
Leakage of un-burn fuel oil from exhaust gas flange (25% loads)



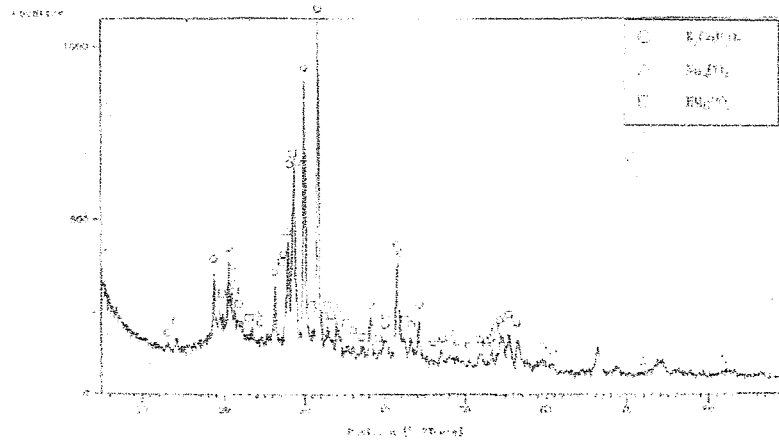
Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle (25% loads)



Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 12 hour operation (100% loads)

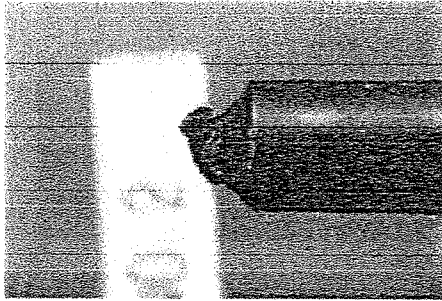


Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 750 hour operation with light oil

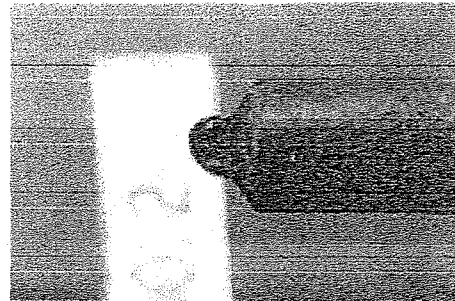


IR analysis of fuel residue formed on the tip of the fuel injection nozzle

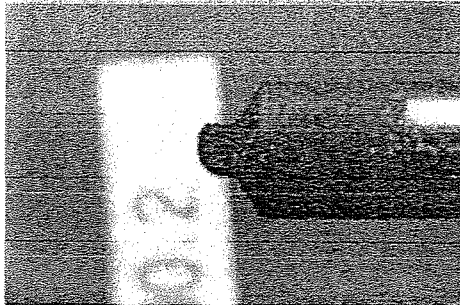
**Langkah 2.** Generator diesel digerakkan dengan muatan 100% untuk menganalisis kemungkinan pengoperasian menggunakan campuran minyak jarak dengan solar dan untuk menentukan perbandingan pencampuran yang tepat (10%, 20%, 30%, atau 50% minyak jarak pagar).



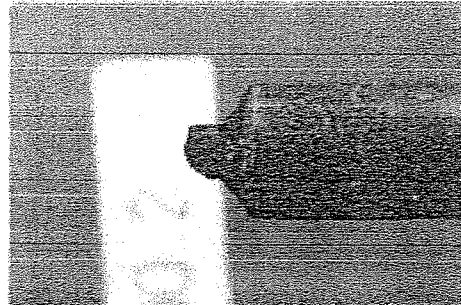
Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 12 hour operation (Jatropha oil (10%))



Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 12 hour operation (Jatropha oil (20%))



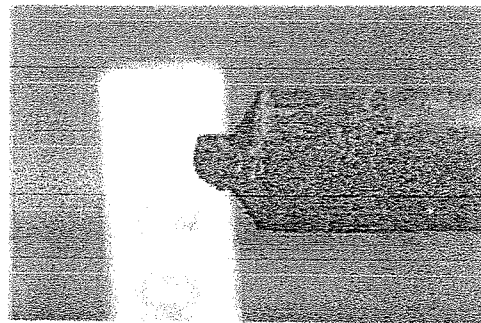
Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 12 hour operation (Jatropha oil (30%))



Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 12 hour operation (Jatropha oil (40%))

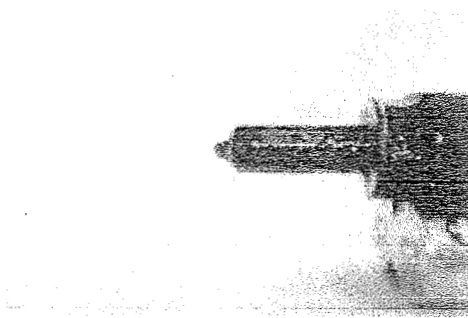


Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 720 hour operation with light oil

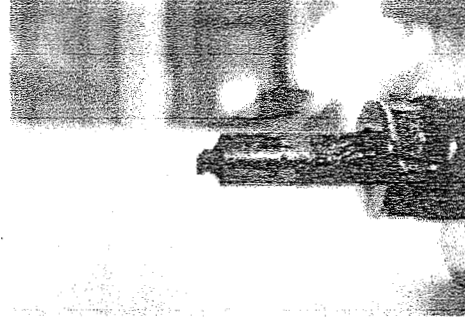


Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 12 hour operation (Jatropha oil (50%))

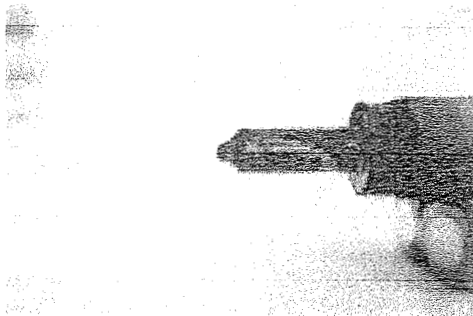
**Langkah 3.** Generator diesel dioperasikan dengan muatan 100% selama 500 jam secara terus menerus di ITB, menggunakan 10% minyak jarak dan 90% solar.



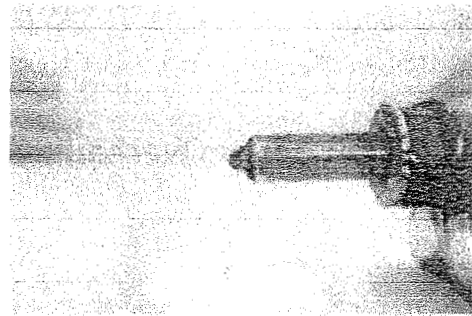
Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 24 hour operation



Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 42 hour operation



Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 66 hour operation



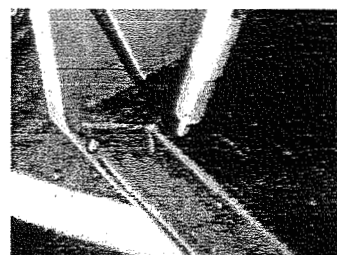
Amount of residue formed on the tip of the fuel injection nozzle after 102 hour operation

### Spray inspections



#### Dripping

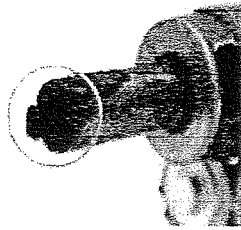
Nozzle No. 2 before cleaning, after 112 hours, at hour 362



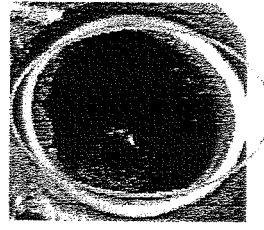
#### Better

Nozzle No. 2 after cleaning, after 112 hours, at hour 362

### 500 hour overhaul



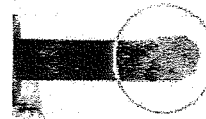
No 4 with 375 h run time



Valve seat No 1

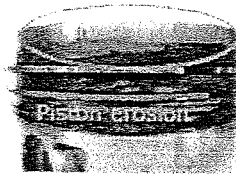


Intake Valve No 4



Glow plug No 4

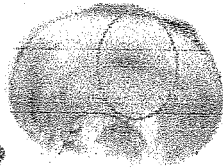
### 500 hours Overhaul



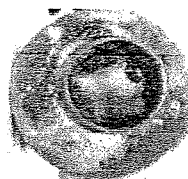
Piston No 3



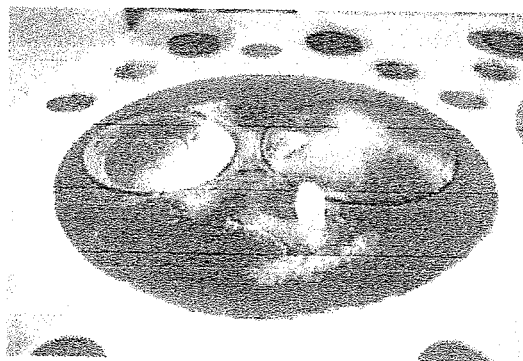
Piston No 3



Liner No 4

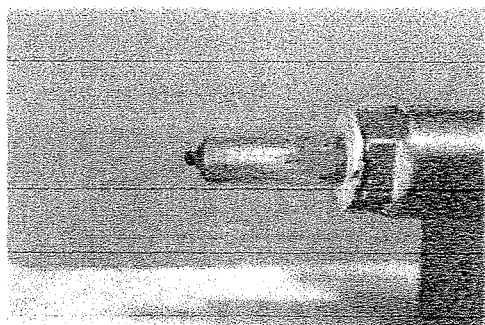


Piston Head No 2

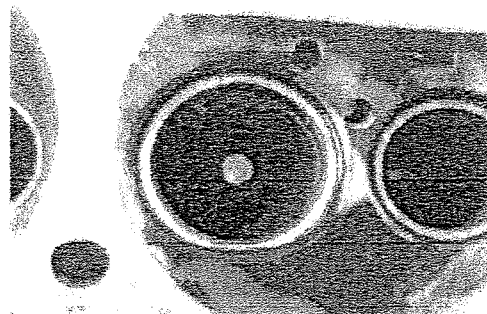


Fuel residue on valve head after 500 hour operation

Langkah 4. Menggunakan bahan bakar campuran solar dan minyak jarak (1,5%) yang sudah mengalami proses degumming, pengoperasian generator dilakukan selama 250 jam secara terus menerus.



Amount of residue formed on the tip of the fuel injector nozzle after 250 hour operation



Fuel residue on the nozzle after 250 hour operation

Bahan bakar yang digunakan pada pengujian ini memiliki spesifikasi seperti terlihat pada Tabel 34.

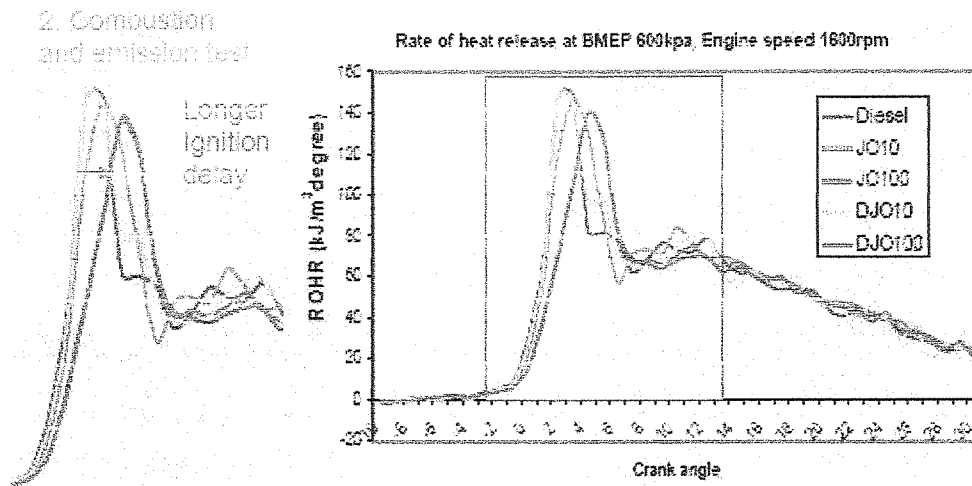
Tabel 34. Spesifikasi bahan bakar

Properties	Diesel	JO10	JO10 <sup>a</sup>	JO100	DJO10 <sup>b</sup>	DJO100	EN 14214
Density (kg/l)	0.8253	0.8333	0.8328	0.898	0.8328	0.9005	0.860-0.90
Flash point, °C	70	167	-	266	-	254	>101
Acid Number	0.01	0.02	-	0.02	0.01	0.01	<0.1
Acid Value	0.13	0.13	-	0.13	0.13	0.13	<0.1
Iodine Number	-	52	-	56.13	-	61.56	<120
Cloud Value (mg/100 ml)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.1
Sulfur (%w/w)	0.307	0.269	0.2765	0.0024	0.2765	0.0026	<0.0010
Phosphorus (mg/kg)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01

JO : Jatropha Curcas oil      DJO : Degummed Jatropha Curcas oil

\* Biodiesel standard      <sup>a</sup> = interpolated data      <sup>b</sup> = Cetane index



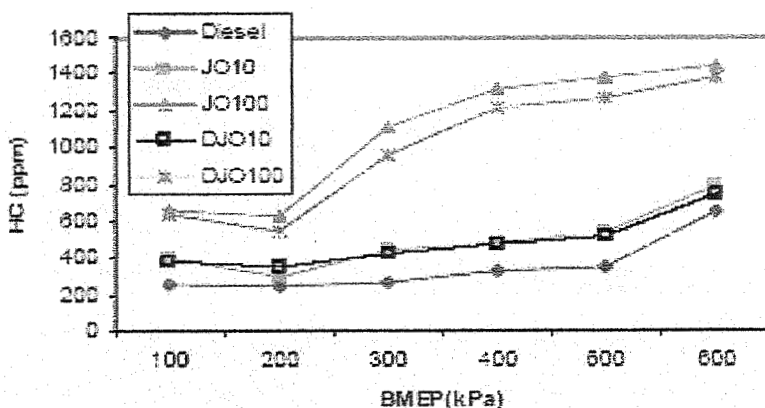


Gambar 34. Laju pengeluaran panas pada BMEP 600 kpa dan kecepatan mesin 1600 rpm

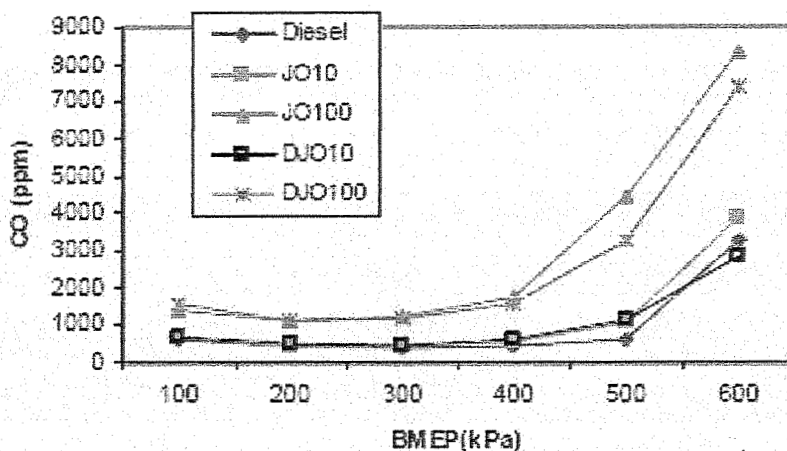
Untuk aspek pembakaran, DJO10 dan JO10 memiliki tingkat panas yang sama sebagai pengganti solar. Perbedaan temperatur pembakaran tidak ditemukan. Tapi untuk JO100 dan DJO100, ditemukan penundaan pembakaran dan penurunan tingkat panas. Ini disebabkan karena minyak jarak pagar memiliki bilangan cetane dan LHV yang lebih rendah dibandingkan solar (Gambar 34).

Penggunaan minyak jarak pagar bisa meningkatkan emisi gas HC. Peningkatan ini disebabkan karena viskositas minyak jarak yang tinggi yang mempengaruhi proses atomisasi dan pembakaran yang tidak sempurna. Berdasarkan pengujian, peningkatan emisi HC yang terjadi pada penggunaan JO10 dan DJO10 adalah 29,31% dan 28,42%, sedangkan peningkatan pada penggunaan JO100 dan DJO100 adalah sebesar 66,94% dan 63,97% (Gambar 35).

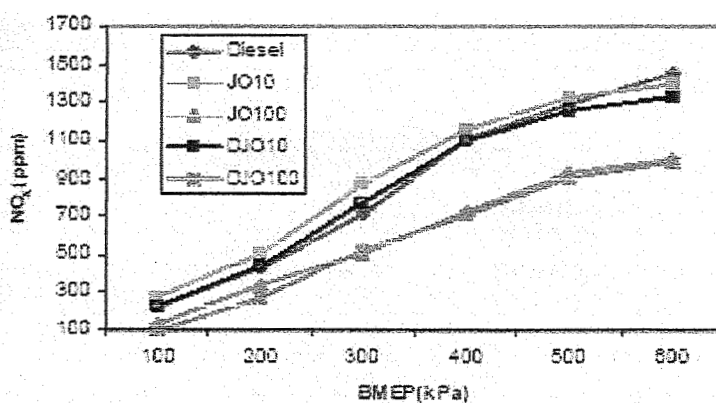
Penurunan temperatur dan tekanan pembakaran JO10 dan DJO10 dapat menyebabkan penurunan emisi gas NO<sub>x</sub>. Penggunaan JO100 dan DJO100 secara signifikan telah menurunkan emisi NO<sub>x</sub>. Berdasarkan data rata-rata, penggunaan JO10 menurunkan emisi gas NO<sub>x</sub> sebanyak 9,38% dan 59,4%, 53,9% for JO100, DJO100, dan penggunaan DJO10 meningkatkan emisi gas NO<sub>x</sub> sebanyak 0,44% (Gambar 37).



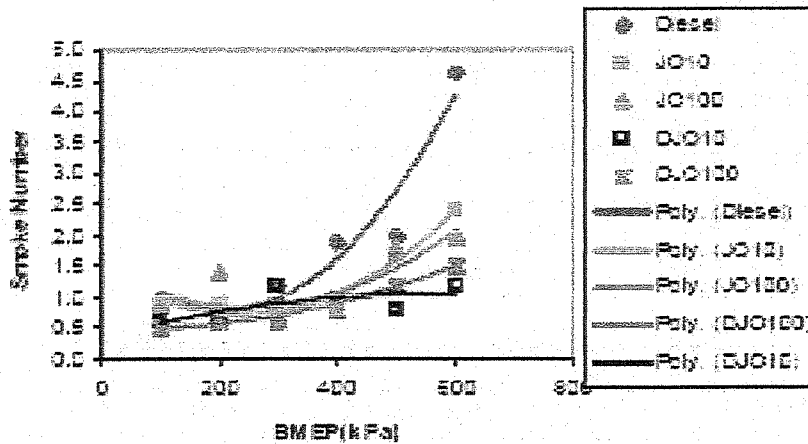
Gambar 35. Pengukuran emisi HC pada mesin dengan kecepatan 1600 rpm



Gambar 36. Pengukuran emisi CO pada mesin dengan kecepatan 1600 rpm

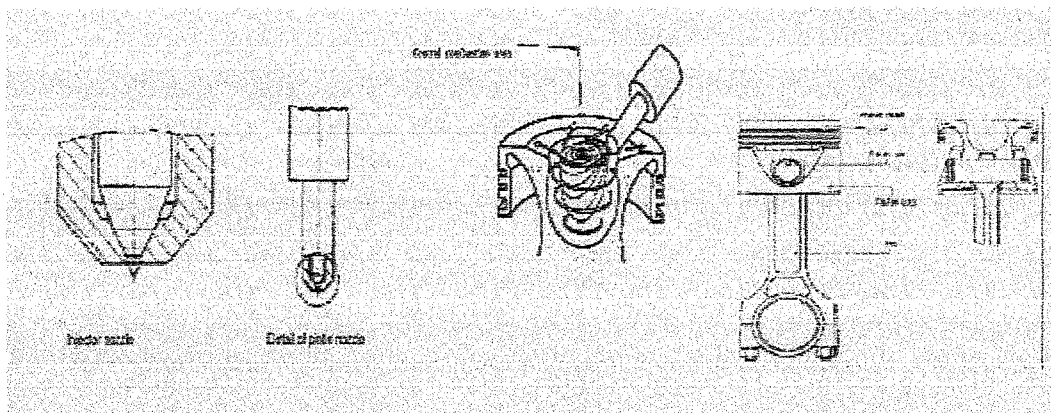


Gambar 37. Pengukuran emisi NOx pada mesin dengan kecepatan 1600 rpm

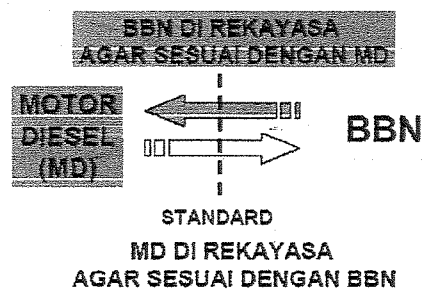


Gambar 38. Pengukuran bilangan asap pada mesin dengan kecepatan 1600 rpm

Motor diesel yang dirancang khusus untuk bahan bakar nabati mentah dapat dilihat pada Gambar 39. Dasar pemikiran pemakaian biodiesel pada motor diesel dapat dilihat pada Gambar 40.



Gambar 39. Motor diesel elsbett "Duothermic combustion system"



Gambar 40. Dasar pemikiran pemakaian biodiesel pada motor diesel

#### IV. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar

Tabel 35. Penggunaan gasohol di berbagai negara

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	penjualan 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)

- Tahun 2003, sudah 13 negara memakai gasohol sebagai bahan bakar sah mobil bensin.
- Rekomendasi World Wide Fuel Charter (WWFC) Dec 2002 membolehkan bensin mengandung s/d 2.7%-b oksigen (dari oksigenat), yang berarti bahwa industri mobil dan motor bakar dunia siap melayani penggunaan E7.5.

Tabel 36. Perbandingan spesifikasi etanol fuel grade

Sifat	Unit, min/max	Spesifikasi						
		AS	Brazil	Swedia <sup>1)</sup>	Polandia	Thailand <sup>2)</sup>	India	Australia <sup>3)</sup>
Kadar Etanol	%-vit,min	92.1(setelah denaturasi)	99.3 (tanpa denaturasi)	99.8 (tanpa denaturasi)	99.6 (tanpa denaturasi)	99.5 (tanpa denaturasi)	99.5 (tanpa denaturasi)	99.0 (pra-denaturasi) 94.0 (setelah denaturasi)
Rapat massa	g/m L,max		0.7915 (20 °C)	0.79			0.7961 (15.6 °C)	
Kadar metanol	%-vit,max	0.5		21 mg/L	0.2	0.010%-W	300mg/L	0.1
Non-volatile matter	mg/100ml,max					0.001%-W		2.5
Getah (gom), dicuci	mg/100ml,max	5						
Kadar air	%-w,max	1%-v	0.4	0.3	0.4			1%-v
Kadar denaturasi (hidrokarbon)	%-vit,min %-vit,max	1.96 4.76	3					1** 5
Ion klorida	mg/L,max	40	-		40			
Tembaga (Cu)	mg/kg,max	0.1	0.07		0.1		0.1	0.1
Keasaman sebagai CH <sub>3</sub> COOH	mg/L,max	0.007%-w	30	0.0025%-w	30	0.002%-w	30	0.007%-w
pHe		6.5-9.0						6.5-9.0
Tampakan		Jernih dan terang	Jernih dan terang	Jernih dan terang	Jernih dan terang	Jernih dan terang	Jernih dan terang	Jernih dan terang
Sulfur	mg/kg,max	10 ppm†						50
Fosfor	mg/L		-					0.5
Sisa	%-w,max		-	10 mg/L			0.005	

penguapan							
Aldehid sebagai	mg/L,max			0.0025%-w	200		60
CH <sup>2</sup> CHO							
Konduktivitas	μS/m,max		500				300

\* Standar etanol terdenaturasi di California (sebagai tambahan untuk ASTM D-4806)

- 1) Spesifikasi oleh Sekab (svensk Etanolkemi AB), pemasok bioetanol dari Sweden's Domsjo Fabriker. Swedia saat ini belum mempunyai standar nasional etanol untuk bahan bakar.
- 2) Spesifikasi ini berbeda dengan spesifikasi yang disepakati oleh perusahaan etanol komersial dan tiap perusahaan minyak. Spesifikasi tersebut dapat belaku untuk etanol absolut atau terdenaturasi.
- 3) Spesifikasi di Australia tersebut masih merupakan usulan standar pada akhir tahun 2005

Tabel 37. Usulan rancangan standar spesifikasi etanol untuk bahan bakar di Indonesia

Sifat	Unit, min/max	Spesifikasi	Metode Uji ASTM
Kadar etanol	%-v, min	99.0 (pra-denaturasi) 94.0 (setelah denaturasi)	D 5501
Kadar metanol	%-v, max	0,5	
Kadar air	%-v, max	1 (setelah denaturasi)	E 203
Kadar denaturan	%-v, min %-v, max	2** 5	
Tembaga (Cu)	mg/kg, max	0,1	D 1688
Keasaman sebagai CH <sub>3</sub> COOH	mg/L, max	30	D 1613
Tampakan		Jernih dan terang	
Ion klorida	mg/L, max	40	D 512
Kandungan belerang (S)	Mg/L, max	50	ASTM D-2622
Getah (gom), dicuci	mg/100 ml,max	5,0	D 381

### Pengujian gasohol di Indonesia

Pada tahun 1980 pernah dibentuk empat team (Team Empat Bahan Bakar Alkohol) yang terdiri: Bidang Pertanian dan Agronomi, Bidang Teknik Produksi, Bidang Ekonomi dan Bidang Transmigrasi dan Sosial. Team empat bahan bakar alkohol tersebut melibatkan :

- (1) Institut Perguruan Tinggi yang meliputi ITB, IPB, UNHAS, dan UNIBRAW;
- (2) Institusi Pemerintah, yang meliputi Departemen Transmigrasi, Sekretariat Negara, BPPT, Lemigas, Departemen Pertanian, Departemen Pekerjaan Umum, Departemen Perindustrian, LPPH, dan BP3G;
- (3) Swasta yaitu PT.ASEN Pabuaran.

Dalam kerangka kerjasama tersebut, pada kurun waktu antara 1981-1986 BBPT bekerja sama dengan Universitas Indonesia, Universitas Brawijaya dan LEMIGAS pernah mengadakan serangkaian uji coba teknis pemanfaatan gasohol sebagai bahan bakar alternatif. Berbagai Uji Coba Teknis yang pernah dilakukan.

PT ELNUSA PETROFIN juga telah melakukan pengujian Gasohol E8, E10, E13 (untuk mendapatkan angka oktan dan harga jual). Formulasi Gasohol E10 dipergunakan dalam test drive for Diplomatic BMW. Gasohol E10 digunakan untuk mobil direksi Charoon Phokpand. Pengujian secara langsung di jalan mengitari tol dalam kota Jakarta oleh Majalah Otomotif menggunakan E10 dengan kendaraan uji Mitsubishi Kuda, variabel uji : tenaga, akselerasi, konsumsi bahan bakar dan uji emisi gas buang.

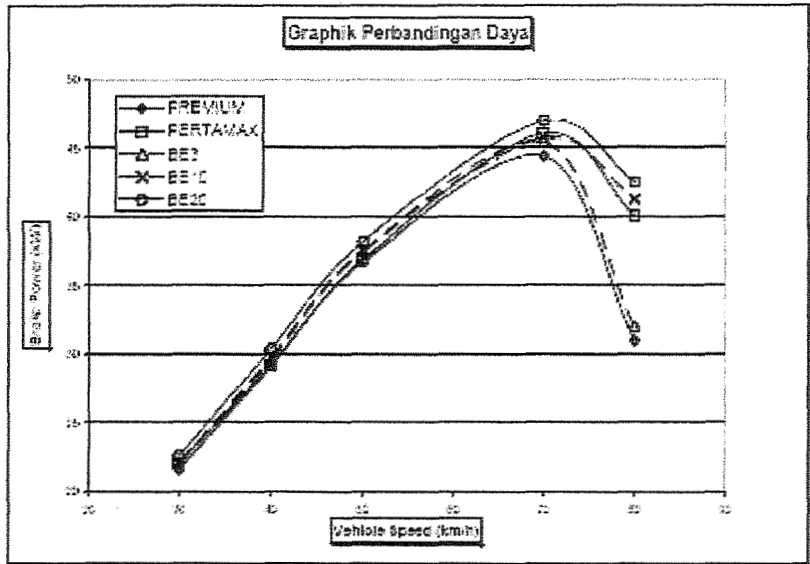
Uji coba tahun 2004 – 2005 oleh BPPT meliputi pengujian Gasohol E10 anhydrous ethanol ( FGE) dan pengujian dua aspek :

1. Uji unjuk kerja : daya, dan pemakaian bahan bakar
2. Pengujian emisi gas buang

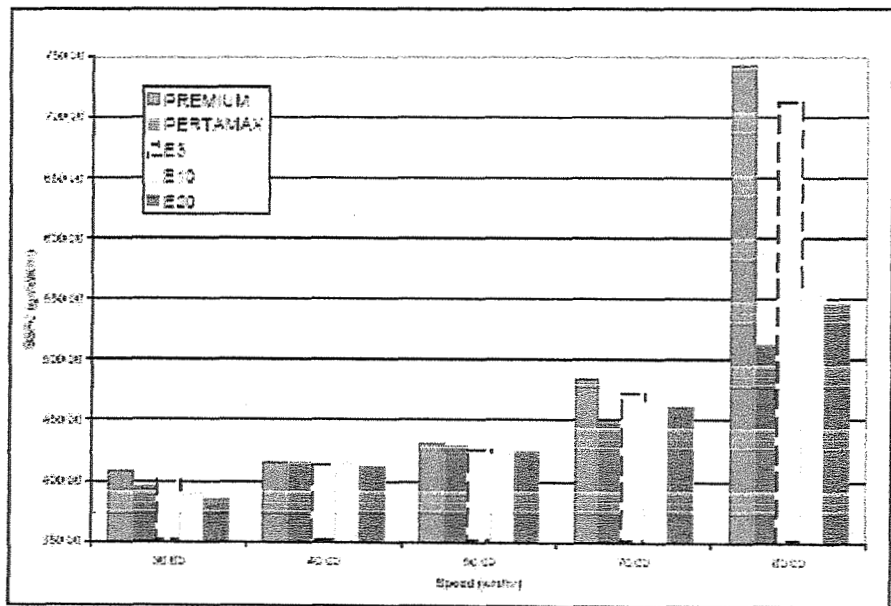
Tabel 38. Karakteristik bahan bakar yang digunakan dalam pengujian bioethanol

No.	Parameter	FGE	Gasohol E10	Gasohol E20	Premium
1.	Angka oktan	100**)			87
2.	Specific gravity 60/60°F	0,794	0,7545	0,7580	0,7524
3.	Kadar gum, mg/100 ml	5,0	3,2	6,4	1,8
4.	TEL content, ml/gal		1,09	0,90	1,22
5.	Sulfur, % berat	34,7			0
6.	Nilai kalor, kJ/kg	27000			43000
7.	Udara/bahan bakar	9,0			14,7

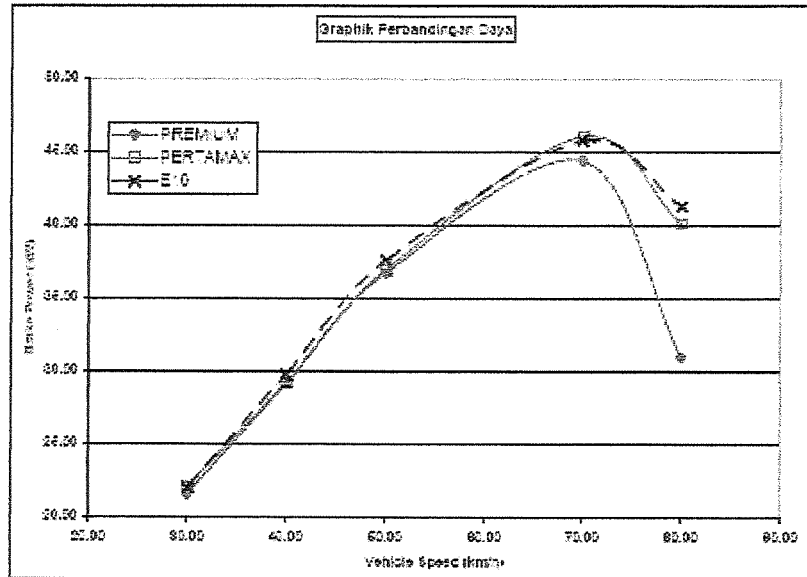
) Data dari hasil pengujian laboratorium dan aplikasi PPTMGB  
 \*\*) Pengujian FGE produk BPPT di PT Elnusa menunjukkan angka oktan 110-118



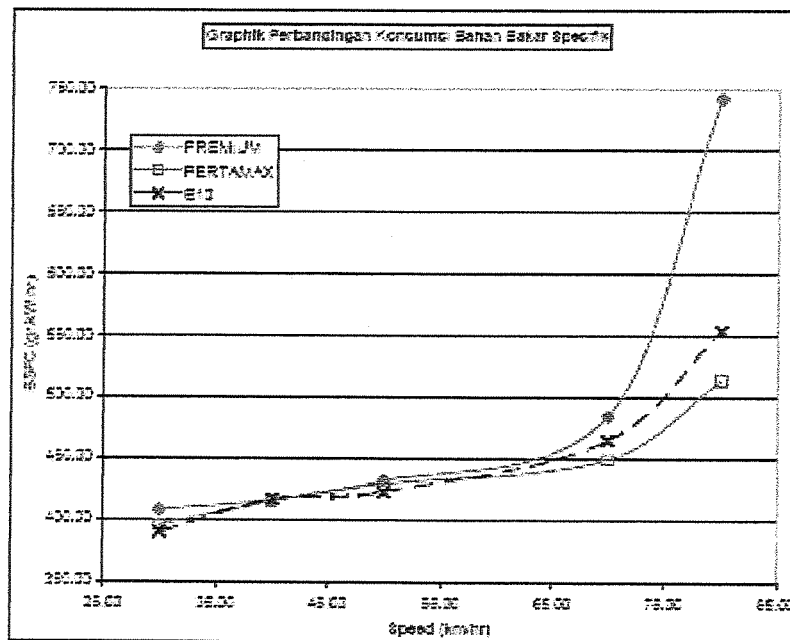
Gambar 41. Hasil pengujian perbandingan daya mesin pada berbagai kecepatan



Gambar 42. Perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik



Gambar 43. Perbandingan grafik terhadap kecepatan kendaraan untuk Premium, E10 dan Pertamina



Gambar 44. Grafik pemakaian bahan bakar spesifik terhadap kecepatan kendaraan untuk Premium, E10 dan Pertamina



Tabel 39. Hasil uji emisi Premium dan E10 dengan Honda Jazz

Hasil Uji Emisi Mobil Honda Jazz			
Metode Uji: Uji ECE 15-44 (EURO II)			
Parameter	Premium	E10	EURO II Limit
CO	0,53	1,86	2,2
HC	0,14	0,07	-
NOx	0,01	0,14	-
HC + NOx	0,15	0,21	0,5

No	Akselerasi	Premium	Gasohol E 10
1	0 - 100 km/jam	19,01 detik	17,16 detik
2	40 - 80 km/jam	8,08 detik	7,46 detik
3	0 - 402 meter	21,02 detik	20,49 detik

Hasil Uji Konsumsi BBM	
Premium	Gasohol E 10
1 - 12,76 (liter - km)	1 - 12,17 (liter - km)

Hasil Uji Tenaga	
Premium	Gasohol E 10
66,1 HP/5500 rpm	92,3 HP/5500 rpm

Gambar 45. Hasil pengujian penggunaan etanol sebagai bahan bakar

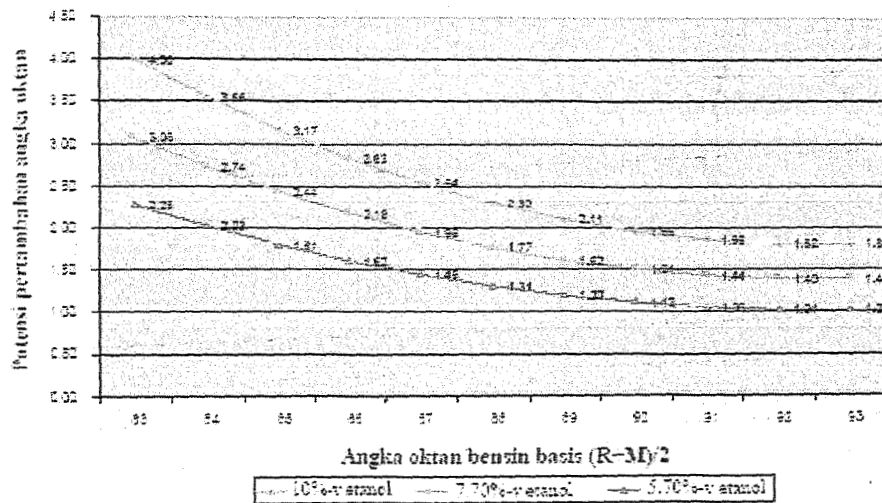
Tabel 40. Hasil uji emisi premium dan gasohol E10

No	Emisi	Premium	Gasohol E 10
1	CO	6,97 %	5,81 %
2	CO <sub>2</sub>	10,1 %	10,9 %
3	HC	394 ppm	338 ppm
4	O <sub>2</sub>	0,74 %	0,69 %
5	Lambda	0,827	0,862

Tabel 41. Karakteristik etanol sebagai bahan bakar kendaraan

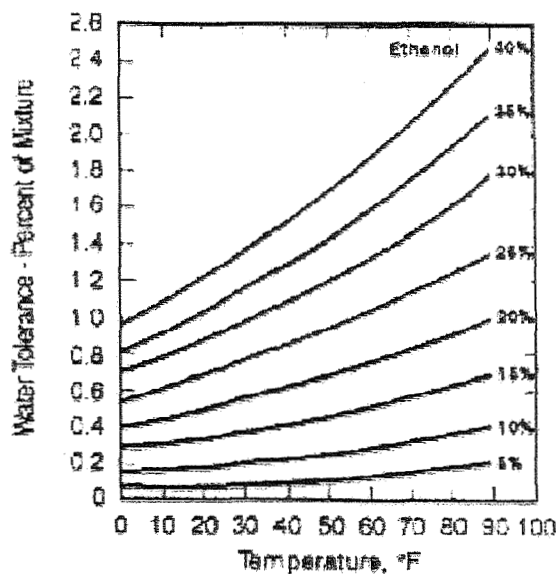
Karakteristik		Bensin (100%)	Campuran bensin- etanol (23% v/v)	BB Etanol murni
Stoikiometri udara - bahan bakar		14,5 : 1	12,7 : 1	9,0 : 1
Kerapatan massa (20 °C) (kg m <sup>-3</sup> )		± 770	± 780	± 810
Kalor pembakaran (kcal / kg)		± 10.300	± 9.600	± 6.100
Angka oktan	MON	80 - 83	80 - 83	88 - 90
	RON	90 - 96	90 - 96	105 - 108
	(MON+RON)/2	≥ 87	≥ 90	≥ 95
Tekanan uap		55 - 70	55 - 70	sangat rendah
Polaritas molekuler		rendah	-	tinggi
Tingkat korosi pada logam		referens	Agak tinggi	tinggi
Kesesuaian dengan bahan plastik		referens	bagus (kecuali dengan poliamida)	bagus (kecuali dengan poliamida)
Pembentukan gom		referens	tinggi	tidak terbentuk
Pembubuh anti oksidan & deterjen		diperlukan	diperlukan	tidak diperlukan

Sumber: Joseph, Jr. (2004) dengan sedikit modifikasi



Sumber: Szwarc (2004) dari Williams Biofuels

Gambar 46. Penambahan nilai oktan gasohol



Gambar 47. Daya tahan campuran etanol/bensin terhadap air (Bolt, 1980)

Beberapa pertimbangan umum penggunaan etanol pada kendaraan \* :

- Korosi bahan logam
- Serangan bahan kimia pada bahan plastik
- Kandungan energi molekuler yang rendah
- Nisbah udara/bahan bakar untuk pembakaran yang berbeda
- Tekanan uap yang rendah

\* Terutama pada penggunaan etanol di atas 10%-vol yang membutuhkan modifikasi mesin khusus. Salah satu solusinya: penggunaan kendaraan *Flex-fuel*. Kendaraan ini sudah digunakan di Brazil (sejak thn 2003) dan Amerika Serikat, dirancang khusus untuk bisa mengakomodasi gasohol, E85, atau campuran alkohol-premium lainnya (tergantung pd tingkat kesediaan & harga bahan bakar)

Tabel 42. Modifikasi yang diperlukan pada mesin Otto

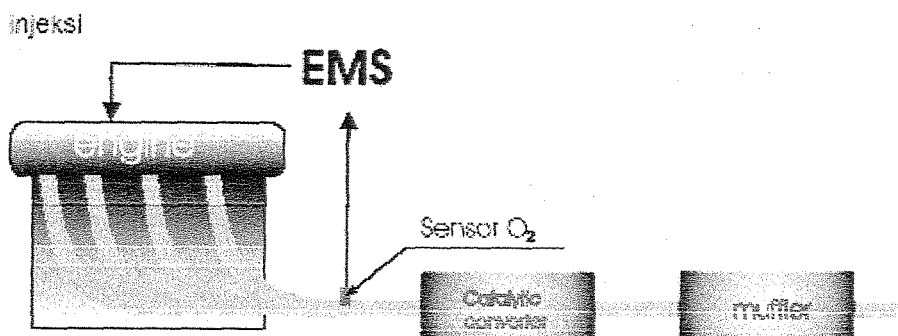
Kadar etanol dlm bahan bakar (BB)	Karbulator	Injeksi BB	Pompa BB	Melal lekak BB	Saringan BB	Sistem penyediaan	Sistem pengapian	Tangki BB	Catalytic converter	Mesin dasar	Oil mesin	Intake manifold	Sistem pembuangan	Cold start system
≤ 5%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5 - 10%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10 - 25%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
25 - 85%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
≥ 85%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ tidak perlu modifikasi ■ mungkin perlu modifikasi [Sumber: Joseph, Jr. (2005)]

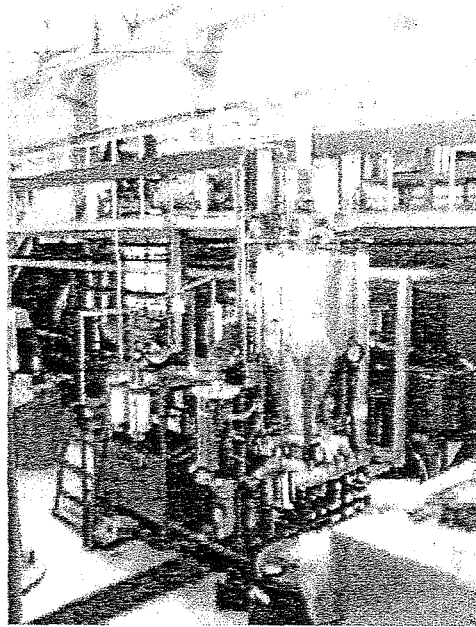
Motor Bensin Berbahan Bakar Luwes (Flex Fuel Vehicle) merupakan motor bensin yang dirancang khusus mampu mengkonsumsi bahan bakar bensin, gasohol maupun etanol dan dapat menyesuaikan pengapian dan injeksi secara otomatis.

Prinsip Kerja Motor Bensin Berbahan Bakar Luwes

- Sensor O<sub>2</sub> pada saluran buang akan memberi sinyal pada Engine Management System (EMS)/ Electronic Control Unit (ECU)
- EMS akan menghitung kadar etanol yang terdapat pada tangki bahan bakar
- Hasil perhitungan ini akan menjadi masukan bagi kalibrasi pengapian dan injeksi



Gambar 48. Prinsip kerja motor bensin berbahan bakar luwes



Gambar 49. Bioethanol pilot plant di ITB

Spesifikasi BBM yang diperdagangkan di dalam negeri

- Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi telah melakukan revisi terhadap spesifikasi BBM jenis BENSIN yang diperdagangkan di dalam negeri melalui Keputusan No. 3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006;
- Dengan adanya perubahan spesifikasi BBM ini, maka biodiesel & bioetanol diperbolehkan untuk ditambahkan kepada BBM (dengan ketentuan jenis dan spesifikasi biodiesel & bioetanol mengacu SNI & ASTM).

Dasar Pemikiran (Fakta)

Sebuah Motor Bakar dirancang (*design*) dan dibuat dengan parameter-parameter rancangan tertentu:

- Aplikasi (otomotif, industri pembangkit listrik, dll.)
- Kondisi operasi (putaran rendah, putaran menengah dan putaran tinggi)
- Emisi gas buang (EURO, US EPA, , dll.)
- Dimensi (kecil, menengah dan besar)
- Jenis bahan bakar (ADO [Automotive Diesel Oil], IDO [Industrial Diesel Oil], MFO [Marine Diesel Oil], SVO [Straight Vegetable Oil], dll.)

Dasar Pemikiran (Masalah)

Apabila sebuah Motor Bakar dirancang untuk sebuah parameter rancangan tertentu dan digunakan diluar rancangan semula (*Off Design*), maka keluaran (*Output*) dari Motor Bakar juga tidak sesuai dengan rancangan semula (unjuk kerja, emisi, umur, dll.).

Dasar Pemikiran (Solusi)

Apabila sebuah Motor Bakar digunakan diluar rancangan semula (*Off Design*), maka untuk memperoleh keluaran (*Output*) yang sesuai dengan rancangan semula atau mendekati, diperlukan adaptasi/konversi dari Motor Bakar atau parameter-parameter rancangan yang di adaptasi.

## Daftar Pustaka

Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi No : 3675 K/24/DJM/2006, *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Solar yang Dipasarkan di Dalam Negri*, Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi, 2006.

ACEA, Alliannce, EMA, JAMA, *World Wide Fuel Charter 2002 (WWFC 2002)*, ACEA, Alliannce, EMA, JAMA, 2002.

Reksowardojo, I.K., Nguyen Ngoc Dung, Tran Quang Tuyen, Rey Sopheak, Rodjonegoro T.P., Soerawidjaja, T.S., Ogawa H., *The Performance and Exhaust Emission of a Diesel Engine Using Biodiesel Fuel from Crude Palm Oil (CPO) and Refined Bleach Deodorized Palm Oil (RBDPO)*, Proceiding in FISITA 2006 World Automotive Congress, Yokohama, October, 2006.

Reksowardojo, I.K., *The Application of Jatropha Curcas L. (Physics Nuts) FAME and Its Crude/Degummed Oil on Diesel Engines*, Proceeding in ASIA BIOFUELS 2006, Beijing, October, 2006.

Reksowardojo Iman Kartolaksono, Nguyen Ngoc Dung, Pham Xuan Mai, Ogawa Hideyuki, Tran Quang Tuyen, REY Sopheak, Budy Kusuma, *The Influence Of Using Biodiesel Fuel From Physic Nuts Oil On A Direct Injection Diesel*, Proceeding The 5th International Conference on Automotive Technology for Vietnam (ICAT-2005), 2005, Hanoi-Vietnam, October , 2005.

I. K. Reksowardojo, Shofwatuzaki, D. Darnoko ,T. P. Brodjonegoro, T. H. Soerawidjaja, I. Syaharuddin, W. Arismunandar, *Biodiesel Fuel from Refined Bleach Deodorized Palm Oil (RBDPO) on an Direct Injection (DI) Diesel Engine for Electric Generator and Vehicles*, Proceeding The 13<sup>th</sup> International Pacific Conference on Automotive Engineering, 2005, Gyeongju-Korea, August , 2005.

I. K. Reksowardojo, R.P. Buddy Kusuma , I. Made Mahendra ,T. P. Brodjonegoro, T. H. Soerawidjaja, I. Syaharuddin, W. Arismunandar, *The Effect of Biodiesel Fuel from Physic Nut (Jatropha Curcas) On an Direct Injection (DI) Diesel Engine* , Proceeding The 13th International Pacific Conference on Automotive Engineering, 2005, Gyeongju-Korea, August , 2005.

Reksowardojo, I.K., Hanif, I. H. Al Afghani, M.R. Hidayat, T.P. Brodjonegoro, Soerawidjaja, T.S., W. Arismunandar, *The Performance and Exhaust Emission of a Diesel Engine Using Biodiesel Fuel from Crude Palm Oil (CPO) and Refined Bleach Deodorized Palm Oil (RBDPO)*, Proceeding in FISITA 2004 World Automotive Congress, Barcelona, May, 2004.

Reksowardojo, I.K., Hanif, Rachman, T.P. Brodjonegoro, Soerawidjaja, T.S., W. Arismunandar, *The Study of Diesel Engine Using Biodiesel Fuel from Crude Palm Oil (CPO)*, Japan Society Automotive Engineers Annual Conggres 2004, Yokohama, Japan, May, 2004.

Reksowardojo, I.K., Nurudin, T.P. Brodjonegoro, Soerawidjaja, T.S., R.G. Dewi, I. Syaharuddin, W. Arismunandar, *The Effect of Biodiesel Fuel from Refined Bleached Deodorized Palm Oil (RBDPO) on an Direct Injection (DI) Diesel Engine*, Proceeding in 2th National Seminar on Indonesia Automotive Design, Pasundan University, Bandung, February, 2004. (in Indonesian)

Reksowardojo, I.K., Haryanto, T.P. Brodjonegoro, Soerawidjaja, T.S., R.G. Dewi, I. Syaharuddin, W. Arismunandar, *The Effect of Biodiesel Fuel from Refined Bleached Deodorized Palm Oil (RBDPO) on an Indirect Injection (IDI) Diesel Engine*, Proceeding in International Workshop on Biomass and Clean Fossil Fuel Power Plant Technology: Sustainable Energy Development and CDM, Energy Technology Lab. BPPT, Jakarta, January, 2004.

Reksowardojo, I.K., Hanif, I. H. Al Afghani, Rahman, T.P. Brodjonegoro, Soerawidjaja, T.S., W. Arismunandar, *The Application of Crude Palm Oil (CPO) and Refined Bleached Deodorized Palm Oil (RBDPO) as Biodiesel Fuel for Diesel Engine Alternative Fuel*, Proceeding in 2th National Seminar on Mechanical Engineering, Andalas University, Padang, Desember, 2003. (in Indonesian)

Reksowardojo, I.K., A. Setyawan, B. Sudarwanto I. Syaharuddin, *The Experimental Study on Two Stroke Gasoline Engine with Mechanical Direct Injection Fuel into Combustion Chamber*, Proceeding in National Seminar on Engineering and Application of Mechanical Engineering in Industry 2, Institut Teknologi Nasional, Bandung, September, 2003. (in Indonesian)

Reksowardojo, I.K., Soerawidjaja, T.S., I. Syaharuddin, *The Potential Biodiesel Fuel as Substitution Fuel of Diesel Fuel in Indonesia*, Keynote Speech in National Seminar, Mataram University, Mataram, August, 2003. (in Indonesian) 15. Soerawidjaja, T.S., Tahar A., Reksowardojo I. K., Brodjonegoro, T.P., *The Challenges of The Development of Biodiesel Fuel in Indonesia and the Roadmap Development.*, Discussion on Development of National Policy on Development Biodiesel Fuel in Indonesia , LAPI ITB, Bandung, August 2003. (in Indonesia)

Reksowardojo, I.K., *The Challenge of Engine Systems in Indonesia in The Present and Futures*, Keynote Speech in National Seminar on Mechanical Engineering, Pasundan University, Bandung, July, 2003. (in Indonesian)

Reksowardojo, I.K., Hariyanto A., Handoko F.A., Zainuri T., Bachrun R.K., Arismunandar W., N. Miyamoto, *Electronically Controlled Acceleration System of CNG Conversion Kit for Gasoline Engines*, Proceeding The 12th International Pacific Conference on Automotive Engineering, 2003, Bangkok-Thailand, April , 2003.

Reksowardojo, I.K., A. Setyawan, B. Sudarwanto I. Syaharuddin, *The Experimental Study on Two Stroke Gasoline Engine with Mechanical Direct Injection Fuel into Combustion Chamber*, Journal of Mechanical Engineering ITB, Bandung, Vol. 18, No.1 April, 2003. (in Indonesian)

Iman K. Reksowardojo, Oetomo Tri Winarno, Bogie Soedjatmiko, Adil Jamali, *Natural Gas in Indonesia*, The ASEAN-New Zealand Workshop on Gas Application Technologies, Bangkok, February, 2003