

## Pemanfaatan Panas Ruang Bakar Untuk Menurunkan Viskositas Minyak Nabati Murni Pengganti Bahan Bakar Fosil Motor Diesel

Iman Kartolaksomo REKSOWARDOJO, Doan Khac DINH, Nana SURJANA  
Athol James KILGOUR, Wiranto ARISMUNANDAR

Laboratorium Motor Bakar dan Sistem Propulsi  
Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara  
Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesa 10 Bandung 40132  
Email: [iman@lmbps.ms.itb.ac.id](mailto:iman@lmbps.ms.itb.ac.id)

### Abstrak

Motor Diesel sebagai pembangkit daya sangat luas penggunaannya dan sejak awal dirancang menggunakan bahan bakar fosil (minyak solar). Sekarang muncul berbagai isu bahwa pemakaian bahan bakar fosil dapat mencemari udara, selain itu langka dan mahal, maka diperlukan energi alternatif pengganti yang bersifat terbarukan serta ramah lingkungan.

Beberapa minyak nabati berpotensi bisa menjadi pengganti solar, diantaranya; Kelapa Sawit, Kelapa dan Jarak Pagar. Minyak Nabati Murni (*Pure Plant Oil (PPO)*) adalah ekstraksi minyak tumbuhan yang telah diproses penghilangan fosfor dan penetralan asam. Kesulitan penggunaan PPO adalah viskositasnya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Maka sebelum digunakan viskositasnya harus diturunkan lebih dahulu, diantaranya dengan cara dipanaskan.

Berbagai sumber panas pada motor diesel bisa digunakan untuk memanaskan PPO, diantaranya dari gas buang, air pendingin atau komponen motor. Dalam penelitian ini, sumber panas berasal dari ruang bakar muka melalui *Change Over Valve (COV)* sebagai komponen dari motor diesel tipe Listeroid yang dimodifikasi menjadi pemanas PPO.

Dari hasil uji prestasi motor diesel tersebut dengan menggunakan ke tiga bahan bakar PPO diatas didapat pada beban rendah karakteristiknya serupa dengan bahan bakar minyak solar, ini bisa diamati melalui pemakaian bahan bakar spesifik (BSFC), Efisiensi termal BTE, emisi gas buang HC dan CO.

**Keywords:** Motor diesel, bahan bakar, minyak nabati murni, viskositas

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Pemanasan Global dan Pencemaran Udara

Secara umum pemanasan global didefinisikan sebagai meningkatnya suhu atmosfer bumi oleh gas rumah kaca akibat aktivitas manusia. Menurut United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), efek gas rumah kaca sebagian besar dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Pencemaran udara adalah penurunan kualitas lingkungan, berasal dari emisi kendaraan bermotor, industri, perkapalan, atau proses alami makhluk hidup. Bahan bakar fosil sebagai bahan bakar yang tidak terbarukan saat ini merupakan sumber energi utama bagi kehidupan manusia didunia. Tabel 1, menggambarkan perbandingan emisi polutan dari gas alam, minyak bumi, dan batu bara.

**Tabel 1: Fossil Fuel Emission Levels, Pounds per Billion Btu of Energy Input**

<i>Pollutant</i>	<i>Nat. Gas</i>	<i>Oil</i>	<i>Coal</i>
<i>Carbon Dioxide</i>	117,000	164,000	208,000
<i>Carbon Monoxide</i>	40	33	208
<i>Nitrogen Oxides</i>	92	448	457
<i>Sulfur Dioxide</i>	1	1,122	2,591
<i>Particulates</i>	7	84	2,744
<i>Mercury</i>	0.000	0.007	0.016

*Source: EIA - Natural Gas Issues and Trends 1998*

### 1.2. Bahan Bakar Fosil

Saat ini kebutuhan energi dunia yang berasal dari bahan bakar fosil semakin meningkat. Sedangkan cadangan minyak bumi diberbagai belahan bumi dari waktu ke waktu makin berkurang, konsekuensinya harga bahan bakar fosil terus meningkat..

Berbagai upaya dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya kelangkaan sumber energi bahan bakar tersebut, melalui himbauan penghematan atau mengelola energi lain menggantikan energi fosil. Konsep penggunaan bahan bakar dari minyak nabati sudah dimulai sejak tahun 1895 oleh Dr. Rudolf Christian Karl Diesel (Jerman, 1858-1913) [Gerhard Knothe dkk, 2005].

### 1.3. Pure Plant Oil (PPO)

Ekstraksi adalah cara untuk mengeluarkan minyak nabati dari bagian tertentu pada tumbuhan, minyak yang dihasilkan disebut *crude vegetable oil* (CVO). Minyak nabati murni (*Pure Plant Oil /PPO*) adalah merupakan CVO yang sudah melalui proses penghilangan getah (*degumming*) dan netralisasi (deasidifikasi) penghilangan asam lemak bebas. PPO yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tumbuhan; (1) Jarak pagar (*Pure Jatropha Curcas*

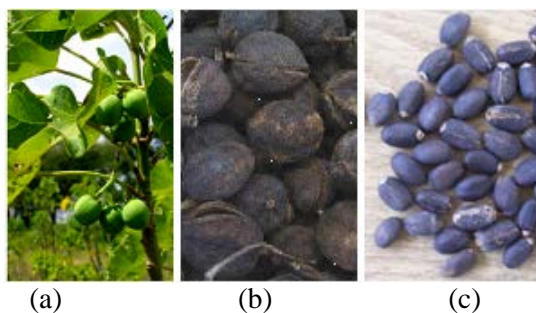
*Oil*), (2) Kelapa (*Pure Coconut Oil*), (3) Kelapa Sawit (*Pure Palm Oil*) [Iman K. Reksowardojo dkk, 2009]. PPO dapat digunakan sebagai bahan bakar bilamana viskositasnya terlebih dulu diturunkan sebelum diinjeksikan kedalam ruang bakar (salah satunya dengan cara dipanaskan) [Soni Solistia Wirawan, 2009]. Dari hasil pengujian diketahui bahwa minyak Solar mempunyai viskositas kinematik 3.555 cSt pada temperatur 40°C. Pada temperatur yang sama viskositas minyak jarak pagar adalah 37.296 cSt, minyak kelapa sawit 37.74 cSt, dan minyak kelapa 27.972 cSt. Jadi viskositas kinematik PPO jauh lebih tinggi dibandingkan dengan minyak solar. Penggunaan PPO tanpa pemanasan, akan menimbulkan gangguan pada operasi motor, antara lain; tidak mampu mengabutkan bahan bakar dengan baik dan mengakibatkan deposit pada ruang bakar. Karakteristik sifat bahan bakar solar dan minyak nabati murni lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.

**Table 2. Karakteristik Minyak Solar dibandingkan dengan Minyak Nabati Murni (PPO)**  
[Beer Bahadur Kashyap, 2009]

Sifat Bahan Bakar	Jenis Bahan Bakar/Minyak			
	Solar	Jarak pagar	Kelapa sawit	Kelapa
<i>Specific Energy</i> (MJ/kg)	45.343	39.071	38	35.8
<i>Density</i> (kg/m <sup>3</sup> )	838.268 - 841.732	918	910	915
<i>Cetane Number</i>	40-55	23	38 - 40	60 - 70
<i>Kinematic Viscosity</i> (cSt, 40°C)	2.17 - 2.71	34.68 - 37.27	32	27
<i>Flash Point</i> (°C)	68 - 74	225-233	219	200 - 285

### 1.4. Jarak Pagar (*Jatropha Curcas*)

Jarak pagar (Gambar 1) bukanlah tanaman bahan pangan, memiliki sedikit fungsi dan pemakaiannya terbatas, sehingga tidak terjadi persaingan dengan pangan. Pohon ini mampu tumbuh pada lahan kritis, memiliki usia produktif relatif panjang. Kandungan minyak biji jarak pagar berkisar antara 30% - 50% [M. Syauqi S. A., 2011].



**Gambar 1.**

(a) Pohon jarak pagar, (b) Buah kering, (c) Biji jarak [Peter Beerens, 2007].

### 1.5. Kelapa (Kopra)

Buah kelapa dimanfaatkan untuk keperluan pangan.

Daging buah kelapa merupakan bagian yang memiliki kandungan minyak tertinggi, 60% - 70% [M. Syauqi S. A., 2011]. Ketersediaannya melimpah, tumbuh hampir diberbagai tempat diseluruh wilayah Indonesia.

### 1.6. Kelapa Sawit (*Palm*)

Buah kelapa sawit mengandung minyak sekitar 46% - 54% [M. Syauqi S. A., 2011]. Minyak kelapa sawit (*Palm Oil*) sangat memungkinkan digunakan sebagai bahan bakar. Keunggulan *Palm Oil* sebagai bahan bakar motor diesel adalah kandungan asam lemak jenuhnya tinggi sehingga mempunyai angka setana yang tinggi pula.

## 2. Instalasi dan Prosedur Percobaan

### 2.1 Motor Diesel untuk Eksperimental

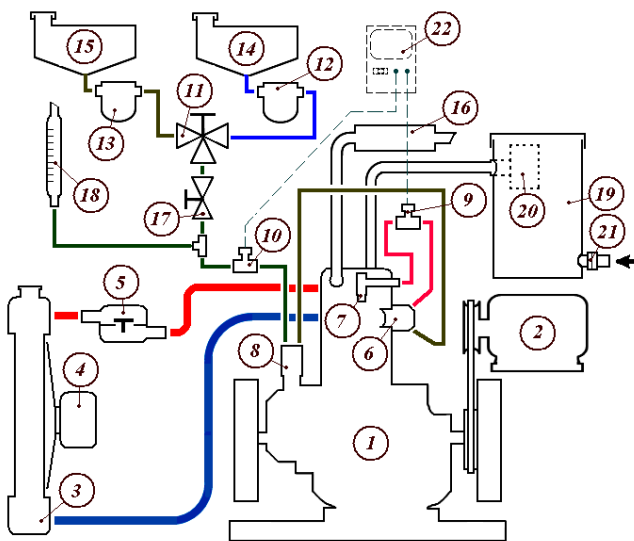
Motor diesel yang digunakan dalam pengujian ini adalah jenis serbaguna, tipe *Listeroid* (Gambar 2). dipakai untuk berbagai kegunaan; pengairan, penggilingan padi, pembangkit tenaga listrik, dan lainnya. Spesifikasi motor dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Spesifikasi Motor Diesel Tipe Listeroid		
Daya maksimum	:	6/4.4 hp/kW
Torsi maksimum	:	64.67 Nm
Putaran maksimum	:	650 rpm
Volume motor	:	1.432 liter
Dia. Silinder x Langkah	:	114.3 x 139.7 mm
Jumlah silinder/Langkah	:	1/4
Perbandingan kompresi	:	1:18
Model pembakaran	:	IDI
Sistem pendingin	:	Air bertekanan
Lapangan penggunaan	:	Industri/Pertanian

Gambar 2. Foto dan spesifikasi motor diesel untuk eksperimental [M/S. Power Engineering Corporation]

2.2 Instalasi Pengujian



Nama Bagian:

- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 1. Motor              | 12. Saringan solar |
| 2. Generator          | 13. Saringan PPO   |
| 3. Radiator           | 14. Tanki solar    |
| 4. Kipas pendingin    | 15. Tanki PPO      |
| 5. Termostat          | 16. Peredam        |
| 6. Pemanas (COV)      | 17. Katup sumbat   |
| 7. Injektor           | 18. Gelas ukur     |
| 8. Pompa injeksi      | 19. Ruang plenum   |
| 9. Termokopel panas   | 20. Saringan udara |
| 10. Termokopel dingin | 21. Pelat orifis   |
| 11. Katup tiga arah   | 22. Pengukur suhu  |

Gambar 3. Skema instalasi pengujian

2.3 Modifikasi COV (Change Over Valve)

Banyak literatur memberi gagasan yang berkaitan dengan pemilihan sistem pemanas bahan bakar motor diesel. Pada Tabel 3, ada tiga alternatif sumber panas yang bisa digunakan untuk memanaskan PPO:

Table 3. Sumber Panas

Alternatif Sumber Panas	Temperatur	
	Temp. Rata-rata Sumber	Kemampuan Memanaskan PPO hingga
1. Air Pendingin	100°C	<75°C )*
2. Gas Buang	600°C	<70°C )**
3. Ruang Bakar	900°C	>85°C )***

)\* [Warabut Rapipan, 2004].  
 )\*\* [C. Permana dkk., 2008].  
 )\*\*\* [Penelitian di ITB, 2011].

Dalam penelitian ini, sumber panas yang digunakan adalah sumber panas yang berasal dari panas pembakaran dalam ruang bakar.

Artinya pada motor diesel ini kita memanfaatkan COV (*Change Over Valve*) untuk dimodifikasi menjadi *Heater Plug*, dimana panasnya diambil dari ruang bakar motor (Gambar 4).

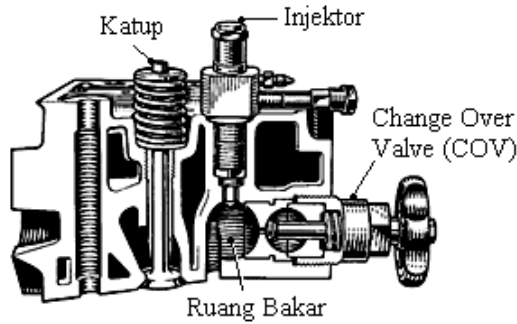
Motor diesel tipe *Listeroid* umumnya dilengkapi dengan COV (Gambar 5a) suatu alat yang berfungsi untuk mengatur nisbah kompresi agar lebih mudah dihidupkan ketika udara dingin.

Alasan memodifikasi COV (bawaan motor diesel jenis *Listeroid*) ini menjadi *Heater Plug* (Gambar 5b) adalah:

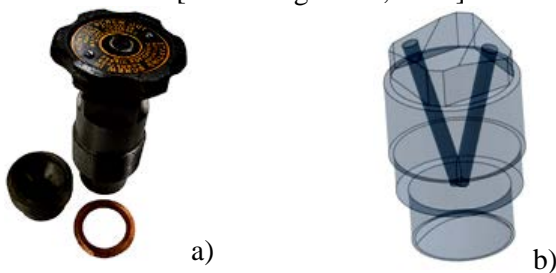
- Temperatur sumber sangat tinggi, berasal dari hasil proses pembakaran. Mampu memanaskan PPO hingga mencapai >85°C. Merupakan yang tertinggi diantara dua alternatif lainnya (Air Pendingin atau Gas Buang).

- *Heater Plug* bisa dibuat dibengkel pemesinan sederhana dan murah.
- Tidak memerlukan baja kualifikasi khusus, cukup baja untuk konstruksi umum.

Kini motor diesel tipe *Listeroid* cenderung diproduksi untuk dioperasikan di wilayah beriklim panas. Maka alat COV ini tidak digunakan, namun pabrikan masih tetap mempertahankan keberadaannya.



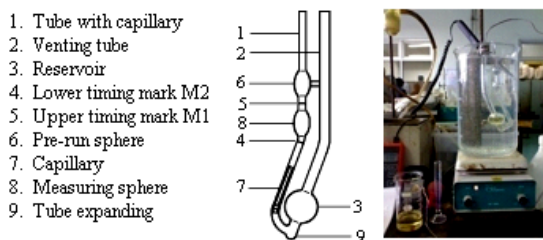
Gambar 4. COV pada kepala silinder motor [M. Basinger dkk, 2010]



Gambar 5. (a) COV, (b) Heater plug.

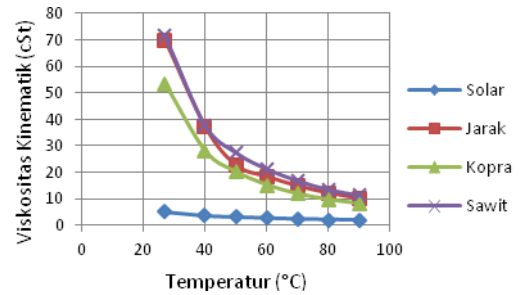
**2.4 Pengujian Viskositas Bahan bakar Uji**

Bahan bakar yang menjadi bahan penelitian adalah; (1) Minyak Solar, (2) Minyak Nabati Murni Jarak Pagar, (3) Minyak Nabati Murni Kelapa Sawit dan (4) Minyak Nabati Murni Kelapa.



Gambar 6. Menguji viskositas kinematik

Sebelumnya viskositas keempat minyak diatas tadi diuji pada temperatur bervariasi (Gambar 6), pada rentang pengujian 27°C hingga 90°C. Viskositas kinematik diukur menggunakan *Capillary Viscometer (Cannon-Fenske Routine Viscometer)*. Hasil pengujian PPO dan minyak solar nampak pada sajian grafik dibawah ini:



Gambar 9. Viskositas kinematik Solardan PPO.

Grafik diatas (Gambar 9) mengilustrasikan pengaruh temperatur terhadap viskositas kinematik ( $\nu$ ) minyak solar dan PPO yang diuji. Dapat disimpulkan bahwa viskositas PPO dan minyak solar menurun seiring dengan meningkatnya temperatur. Pada temperatur antara 85°C hingga 120°C viskositas PPO telah mendekati viskositas minyak solar.

**2.5 Prosedur percobaan**

Motor diesel dihidupkan menggunakan bahan bakar minyak solar, diatur pada putaran *idle* 500 rpm. Motor dibiarkan hidup pada putaran tersebut selama ± 20 menit hingga temperatur kerja tercapai. Saat pengujian putaran motor diatur pada 650 rpm, konstan. Setelah tercapai, melalui katup tiga arah, pindahkan bahan bakar motor dari minyak solar ke PPO. Sebelum motor dimatikan, pindahkanlah katup tiga arah dari PPO ke minyak solar kembali. Hal ini perlu dilakukan setiap akan mematikan motor, agar sisa PPO akan dibilas dengan minyak solar sehingga saat menghidupkan kembali tidak akan menemui kesulitan. Selain itu pembilasan akan membersihkan sisa-sisa kotoran pada sistem injeksi dan pada saringan bahan bakar. Variabel pada pengujian ini adalah; temperatur masuk/keluaran minyak solar, BSFC, BTE, HC, dan CO. Pengujian dilakukan beberapa kali.

**3. Hasil dan Diskusi**

**3.1 Pengujian Temperatur Minyak**

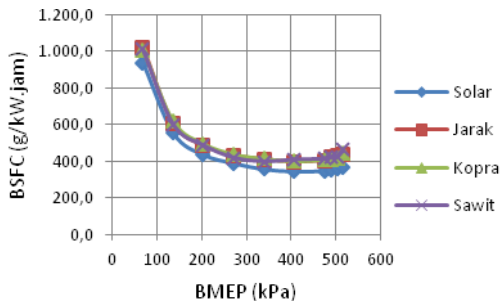
Temperatur awal minyak yang masuk kedalam alat pemanas *Heater Plug* ±50°C (lebih tinggi dari udara luar dan dipengaruhi oleh kondisi temperatur kerja motor). Setelah melewati *Heater plug* temperatur keluarannya lebih tinggi hingga mencapai >85°C. Hal ini disebabkan oleh tingginya temperatur ruang bakar, yang kemudian dipindahkan ke PPO ketika melewati saluran dalam *Heater plug*. Temperatur akan meningkat seiring dengan pertambahan beban pada motor. Pada temperatur tersebut motor dapat beroperasi dengan baik..

**3.2 Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)**

BSFC merupakan rasio antara konsumsi bahan bakar dan daya efektif yang diwakili dengan parameter BMEP. Terjadi kecenderungan penurunan BSFC



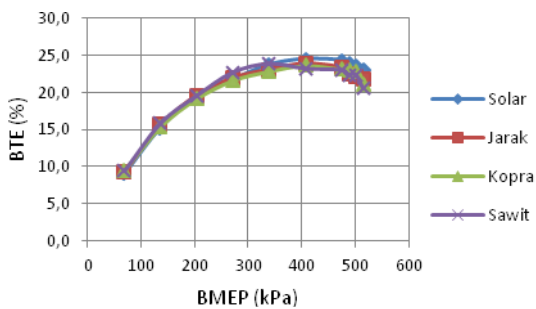
hingga BMEP 400 kPa setelah itu terjadi peningkatan kembali. Dapat dilihat pengaruh nilai kalor solar yang lebih tinggi dibandingkan ketiga minyak nabati murni memberikan BSFC yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena minyak nabati murni merupakan bahan bakar yang mengandung oksigen.



Gambar 12. BSFC vs BMEP

3.3 Brake Thermal Efficiency (BTE)

BTE suatu motor adalah merupakan kemampuan memanfaatkan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar menjadi kerja mekanis. Panas yang dibangkitkan dapat dihitung melalui banyaknya konsumsi bahan bakar. Sedangkan besar kerja mekanis dapat diketahui dari daya mesin yang diukur. Dalam grafik nampak, seiring dengan peningkatan beban maka efisiensi juga meningkat, hingga akhirnya turun akibat pasokan udara yang tidak memenuhi untuk proses pembakaran yang sempurna. Terlihat bahwa dengan bahan bakar minyak nabati murni hanya terjadi sedikit penurunan yang kecil apabila dibandingkan dengan bahan bakar solar. Hal ini menunjukkan bahwa motor diesel dapat berfungsi dengan baik dengan ketiga bahan bakar minyak nabati murni.



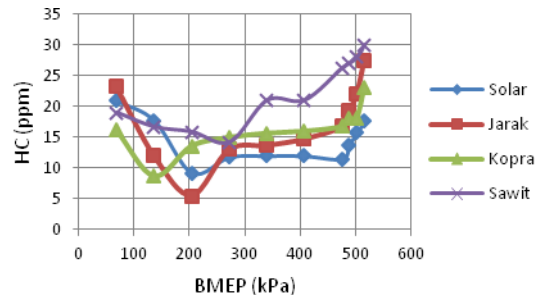
Gambar 13. BTE vs BMEP

3.4 Emisi Hydro Carbon (HC)

Emisi HC dihasilkan dari; *flame quenching* pada dinding silinder, campuran kaya, dan atomisasi bahan bakar yang buruk (viskositas bahan bakar yang terlalu tinggi).

Pada beban BMEP lebih kecil dari ±150 kPa emisi

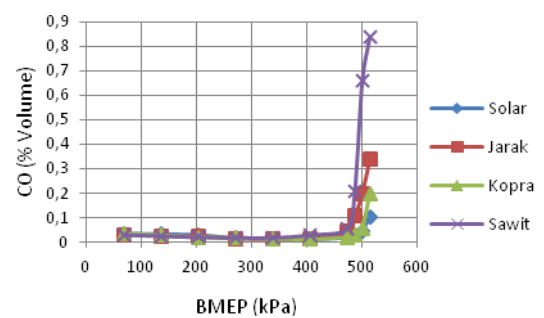
HC dari minyak nabati murni lebih rendah dari solar, namun pada BMEP > 250 kPa, emisi HC dari solar yang paling rendah. Bila dibandingkan dengan PPO yang lainnya Kelapa (Kopra) tetap yang terendah, hal ini kemungkinan disebabkan oleh viskositas yang terendah diantara PPO yang lain.



Gambar 14. Emisi HC vs BMEP

3.5 Emisi Carbon Monoxide (CO)

Hingga beban BMEP ±350 kPa persentase emisi CO untuk PPO dan Solar berimpit dan menurun sedikit kebawah. Hal ini disebabkan pada beban tersebut udara yang dimampatkan masih cukup untuk menghasilkan pembakaran yang lengkap. Namun saat beban yang diberikan >350 kPa terjadi lonjakan CO, hal ini diakibatkan oleh terjadi kurang pasokan udara dengan bertambahnya masukan bahan bakar untuk mengimbangi naiknya beban. Pada beban terbesar terlihat kecenderungan yang sama antara emisi CO dengan emisi HC yaitu semakin rendah viskositas bahan bakar akan memberikan emisi yang rendah pula.



Gambar 15. Emisi CO vs BMEP

4. Kesimpulan

- Sumber panas yang diambil dari COV yang dimodifikasi menjadi sistem pemanas PPO (sebut; *Heater Plug*) pemanasannya dapat mencapai 85°C.
- Konstruksi *Heater Plug* yang sederhana membuat penggunaan minyak nabati murni tidak memerlukan banyak modifikasi pada motor diesel .

- c. Motor diesel dengan *Heater Plug* bahan bakar PPO ini dapat beroperasi normal, dengan kinerja tidak terlalu berbeda dengan bahan bakar minyak solar, hal ini dapat dilihat dari parameter prestasi dan emisi gas buangnya.

### Ucapan Terima kasih

Riset ini didanai oleh Kementrian Riset dan Teknologi dengan dana Riset Insentif tahun 2010-2012. Salah seorang penulis juga mendapat beasiswa Kemitraan Negara Berkembang dari Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

### Referensi

1. ASTM D975, Diesel Fuel Specification Test, Technical Information.
2. Beer Bahadur Kashyap, 2009, Performance Evaluation of IDI Slow Speed Diesel Engine on Pre-Heated Jatropha Oil, Dissertation, India, University of Delhi.
3. C. Permana, W. Hendradjit, FX Nugroho S, 2008, Jakarta, Evaluasi Rancangan Pemanas Minyak Jarak Memanfaatkan Kalor Buang Engine Diesel, Jakarta, Universitas Gunadarma, 125-131.
4. Gerhard Knothe, Jon Van Gerpen, Jürgen Krahl, 2005, The Biodiesel Handbook, Champaign, Illinois, USA, AOCS Press.
5. Iman K. Reksowardojo, Y. Hartanto, T.P. Brodjonegoro, W. Arismunandar, Comparison of Diesel Engine Characteristic Using Pure Coconut Oil, Pure Palm Oil, and Pure Jatropha Oil as Fuel, Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra, Vol. 11, No. 1, p. 34-40, Surabaya, April, 2009
6. M. Basinger, T. Reding, C. Williams, K.S. Lackner, V. Modi, 2010, Compression Ignition Engine Modifications for Straight Plant Oil Fueling in Remote Contexts: Modification Design and Short-Run Testing, Article In Press, Elsevier, 1-13.
7. M. Syauqi S. A., 2010, Pengaruh Gas Campuran Stoikiometrik Hidrogen-Oksigen (HHO) Terhadap Kualitas Pembakaran Campuran 50% Minyak Nabati Murni-Solar pada Motor Diesel Injeksi Langsung, Tesis, Bandung, FTMD-ITB.
8. Peter Beerens, 2007, Screw-Pressing of Jatropha Seeds for Fuelling Purposes in Less Developed Countries, Netherland, Eindhoven University of Technology.
9. Soni Solistia Wirawan, 2009, Potential of Jatropha curcas L., Tsukuba, Japan, Joint Task 40 /ERIA workshop, 1 - 35.
10. Tirto P. Brodjonegoro, Proses Pengolahan dan Pemanfaatan Minyak Jarak Menjadi Biodiesel pada Berbagai Skala Industri, Kelompok Studi Biodiesel, Departemen Teknik Kimia ITB.
11. Warabut Rapihan, 2004, Design Of A Vegetable Oil Fuel Warming System For Use In Diesel Engine, Theses, Thailand, Mahidol University.