

Pengaruh Penambahan Minyak Solar Pada Cjo Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel Putaran Konstan

* Atok Setiyawan, * Untung Ady Suroso dan ** Eddy Hartono

Laboratorium Bahan Bakar & Motor Pembakaran Dalam
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri ITS
Kampus ITS, Sukolilo Surabaya, 60111

E-mail: atok_s@me.its.ac.id dan setiyawan_a@yahoo.com

Abstrak

Minyak jarak mentah (*Crude Jathropa Oil - CJO*) merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang sedang diproses untuk menggantikan ataupun mengurangi konsumsi minyak solar. CJO sesuai untuk daerah pedesaan karena tanpa proses esterifikasi yang membutuhkan keahlian dan teknologi yang cukup rumit. CJO memiliki nilai viskositas yang tinggi dibandingkan dengan minyak solar, sehingga untuk menurunkan viskositas CJO perlu ditambahkan minyak solar dan pre-heating dengan memanfaatkan air panas hasil proses pendinginan motor diesel.

Penelitian menggunakan motor diesel DAFA R-175A, 4 langkah, yang dihubungkan dengan generator listrik. Motor diesel diuji dengan bahan bakar campuran CJO – minyak solar dengan perbandingan masing-masing sebesar 85%:15%; 70%:30% dan 55%:45%. Penelitian membandingkan unjuk kerja motor diesel berbahan bakar campuran CJO-minyak solar dengan bahan bakar standar (minyak solar).

Hasil pengujian menunjukkan penurunan unjuk kerja motor diesel bila dibandingkan dengan menggunakan minyak solar. Campuran CJO-minyak solar mengkonsumsi bahan bakar lebih besar antara 18-27% sedangkan efisiensi menurun sebesar antara 16-19% dibandingkan dengan minyak solar dan temperatur rata-rata pre-heating bahan bakar sekitar 74°C.

Kata kunci: CJO, solar, viskositas, pre-heating, unjuk kerja.

1. Pendahuluan

Dunia sedang dihadapkan pada dua permasalahan utama berkaitan dengan pemanfaatan motor Diesel sebagai penghasil daya yaitu: semakin meningkatnya harga minyak bumi dan emisi polutan yang dihasilkan, sehingga banyak peneliti mencari bahan bakar alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Banyak jenis Bahan Bakar Nabati (BBN) yang berasal dari minyak tumbuhan telah diteliti untuk menggantikan minyak diesel sebagai bahan bakar utama (*dedicated*) maupun hanya sebagai campuran dengan minyak diesel. Minyak yang berasal dari biji *Jatropha Curcas* merupakan salah satu minyak tumbuhan yang sedang banyak diteliti karena beberapa keunggulan dibandingkan jenis minyak tumbuhan lainnya, seperti: tidak berkompetisi dengan bahan makanan (*non edibel*), *bio-degradable*, *non-toxic* dan dapat tumbuh pada tanah yang tandus. *Crude Jatropha Curcas (CJO)* merupakan bahan bakar yang sesuai di daerah pedesaan/terpencil sebagai pengganti/untuk mengurangi konsumsi minyak solar karena tanpa perlu proses transesterifikasi yang rumit dan butuh keahlian khusus.

Secara umum properties BBN berbeda dengan minyak solar yang merupakan bahan bakar referensi/standar dari motor diesel, yaitu: viskositas, *flash point* dan densitas yang tinggi, sedangkan nilai kalor dan angka setana lebih rendah – sebelum diproses menjadi bio-diesel (FAME)^[2]. Untuk mengurangi dampak negatif terhadap pemakaian BBN pada motor Diesel – yang didesain dengan basis bahan bakar minyak (BBM)/minyak solar – maka perlu penyesuaian terhadap BBN sehingga mempunyai properties yang mendekati BBM dan ataupun melakukan perubahan/modifikasi terhadap konstruksi motor diesel dan atau setting operasional motor diesel. Beberapa properties CJO yang digunakan penelitian oleh beberapa peneliti/institusi tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Properties CJO dari berbagai sumber.

Specification	ITB – MIRI Assy 2004 ^[6]	Satish Lele (FICCI) ^[5]	Akintayo 2003 and Gubitzy 1999 ^[6]	J.B Kandpal and Mira Madan 1994 ^[6]
SG at 15 °C (g/cm ³)	0,9181	0,917	0,920	0,9180
Visco. at 30 °C (cSt)	50,8	52,6	17,1 - 52	-
Cetane value	-	51	-	51
Calorific value (kCal/kg)	8498	9470	9721	9470
Flash Point (°C)	290	340	240	240
Sulphur (%)	< 1	0,13 – 0,16	-	0,13

Argawal et.al.[2007] meneliti CJO sebagai bahan bakar motor diesel dengan mencampur minyak diesel dan melakukan proses *pre-heating* untuk menurunkan viskositas CJO sehingga mendekati viskositas minyak diesel. Untuk mendapatkan hasil yang optimum, selama penelitian juga dilakukan variasi tekanan injector. Untuk mendapatkan viskositas mendekati minyak diesel CJO perlu dilakukan proses pemanasan sampai dengan 90-100°C ataupun dilakukan pencampuran dengan konsentrasi CJO tidak lebih dari 30% - tanpa proses pemanasan. Efisiensi yang didapat pada CJO dengan *pre-heating* mendekati harga minyak diesel sedangkan campuran CJO-minyak diesel tanpa *pre-heating* lebih rendah. BSFC dan temperatur gas buang untuk campuran CJO-minyak diesel lebih tinggi dibandingkan dengan minyak diesel murni. Forson et. al. [2004] menguji unjuk kerja motor diesel berbahan bakar campuran minyak diesel-CJO dengan konsentrasi CJO masing-masing sebesar 2.6%, 20% dan 50% basis volume dengan dan tanpa pemanasan dan dibandingkan dengan minyak diesel. Unjuk kerja tertinggi didapat pada campuran minyak diesel 97.4% dan CJO 2.6%, dalam hal ini penambahan CJO dapat berfungsi sebagai *cetane booster*. Penambahan CJO melebihi 2.6% kedalam minyak diesel akan meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik secara signifikan dan temperatur cenderung menurun dengan penambahan konsentrasi CJO.

Narayan et.al. [2006] meneliti motor diesel silinder tunggal *direct injection* dan kecepatan konstan berbahan bakar CJO murni dengan memvariasikan *injection timing*, tekanan injeksi, laju injeksi dan *air swirl level*. CJO murni mempunyai *ignition delay* lebih lama dibandingkan dengan minyak diesel dan dengan memajukan (*advancing*) *injection timing* dan menaikkan tekanan injeksi dapat meningkatkan efisiensi termal dan menurunkan emisi HC dan *smoke* secara signifikan. Pramanik [2003] menguji pengaruh unjuk kerja motor diesel terhadap campuran CJO-minyak diesel dengan berbagai perbandingan komposisi dan efek kenaikan temperatur terhadap penurunan viskositas campuran sampai dengan temperatur 75°C. Penambahan CJO sebesar 40-50% basis volume ke dalam minyak diesel dan tanpa *pre-heating* masih didapat efisiensi termal cukup baik dan setara dengan minyak diesel, yaitu berkurang hanya sekitar 3%. Kumar et.al.[2003], meneliti dan membandingkan unjuk kerja dari biodiesel *Jatropha Curcas*, campuran CJO dengan metanol dan *dual fuel* metanol dan CJO sebagai *pilot injection* dengan memajukan *injection timing*. *Biodiesel Jatropha Curcas* dan *dual fuel* metanol dan CJO memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan campuran CJO-metanol.

2. Prosedur Penelitian

1. Material

Bahan bakar minyak solar diperoleh dari SPBU yang sudah terakreditasi "Pasti Pas" sehingga diharapkan kualitas solar yang digunakan sebagai penelitian adalah dalam kondisi baik dan standar sesuai dengan spesifikasinya. Sedangkan CJO diperoleh dari biji *Jatropha Curcas* yang ditanam oleh PTP XII di perkebunan daerah Jember, untuk kemudian dilakukan proses pemerasan dengan sistem *hydraulic press* dengan kapasitas 30 Ton.

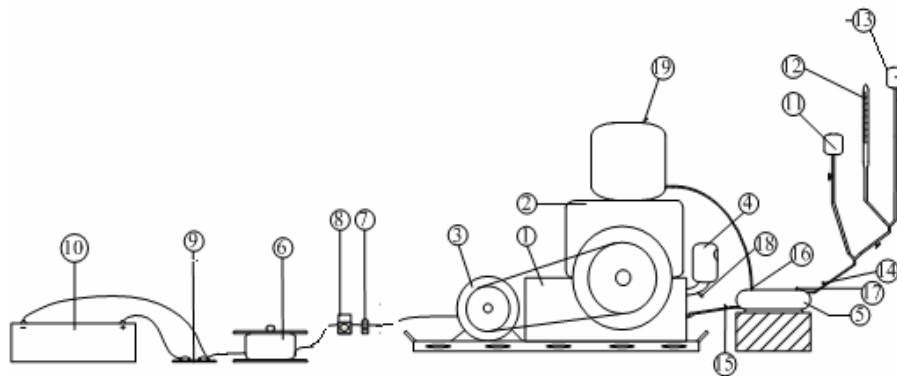
2. Metode dan Peralatan

Pengujian properties minyak solar, CJO dan campuran CJO-solar dilakukan dengan peralatan dan prosedur yang sesuai dengan standar ASTM di Laboratorium Unit Produksi Pelumas Pertamina, Tanjung Perak Surabaya.

Sedangkan pengujian unjuk kerja motor diesel berbahan bakar campuran CJO-solar dilakukan pada sebuah motor diesel *indirect injection* bersilinder tunggal, empat langkah dan dioperasikan pada kecepatan konstan karena untuk menggerakkan generator listrik. Spesifikasi motor diesel adalah sebagai berikut:

Merk	: DAFA	Langkah piston	: 80 mm
Model	: R-175A	Kompresi rasio	: 22
Tipe Mesin	: 4 langkah, horizontal	Kecepatan maksimal	: 2600 rpm
Sistem Pendingin	: Pendingin air	Output maksimal	: 7 Hp/2600 rpm
Sistem Pembakaran	: Pre-combustion	Starting system	: Hand starting
Diameter Silinder	: 75 mm		

Pengujian dilakukan dengan kecepatan konstan sebesar 2000 rpm dengan beban berupa Accu dimana tegangan diatur dengan menggunakan voltage regulator. Skema peralatan pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Peralatan Pengujian

Keterangan Gambar 1:

1. Motor Diesel DAFA R-175A.
2. Tangki Air Pendingin.
3. Generator.
4. *Exhaust*.
5. *Heat Exchanger*.
6. Regulator.
7. Tang ampere.
8. Multimeter.
9. Rangkaian Diode.
10. Aki.
11. Tangki bahan bakar solar.
12. Tabung ukur bahan bakar.
13. Tangki bahan bakar CJO-Solar.
14. *Thermocouple* BB masuk HE.
15. *Thermocouple* BB keluar HE.
16. *Thermocouple* air masuk HE.
17. *Thermocouple* air keluar HE.
18. *Thermocouple exhaust*.
19. *Thermocouple* air pendingin.

3. Hasil dan Diskusi

1. *Uji Properties Minyak Solar, CJO Dan Campuran CJO-Solar*

Berdasarkan hasil uji properties di **Unit Produksi Pelumas Pertamina Tanjung Perak Surabaya, PT Pertamina (Persero)** dengan menggunakan standar dan prosedur ASTM didapat hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji properties minyak solar, CJO dan campurannya

No	Properties	Units	ASTM	Solar	55%CJ O- 45%Sol ar	70%CJ O- 30%Sol ar	85%CJ O- 15%Sol ar	CJO 100%
1	Density at 15°C	Kg/m ³	D 1298	857	890	898	907	915
2	Specific Gravity at 15°C	-		0,857	0,890	0,8989	0,9079	0,9159
3	API	-	D 1300	33,4	27,3	259,148	243,528	229,902
4	Calculated Cetane Index	-	D 976	50,5	44,81	42,01	40,05	39,33
5	Kinematic Viscosity at 40°C	cSt	D 445	4,1	12,05	16,41	23,06	32,46
6	Kinematic Viscosity at 100°C	cSt	D 445		3,54	4,48	5,89	7,41
7	Flash Point	°C	D 93	64	94	108	138	260
8	Nilai Kalor Bawah	kKal/Kg	calculate	10164,29	10122,18	10075,02	10022,95	9977,53
9	Sulphur Contents	% WT	D 5453		0,13685	0,10751	0,08143	0,04936
10	Water Contents	% WT	D 95		0,14	0,15	0,18	0,21
11	Distillation	-	D 86					
	Initial Boiling Point	°C			227	222	220	240
	50% recovery	°C			322	320	315	335

Properties yang penting dan berpengaruh terhadap unjuk kerja motor diesel adalah: viskositas, angka setana, nilai kalor, dan densitas. Viskositas CJO jauh lebih tinggi dibandingkan dengan minyak diesel, sehingga untuk menurunkan viskositas dilakukan pencampuran dengan minyak diesel dengan prosentase 15%, 30% dan 45%. Penambahan sejumlah 45% minyak solar masih menunjukkan angka viskositas yang tinggi (hampir 3 x lipat minyak solar) sehingga untuk mendekati viskositas minyak solar masih perlu dilakukan pemanasan.

Angka setana dari CJO cukup rendah, hanya sebesar 39 dibandingkan dengan minyak solar yang sebesar 50, hal ini berdampak pada *ignition delay* yang panjang sehingga dapat menurunkan daya dan efisiensi dari motor diesel. Sedangkan nilai kalor CJO yang lebih rendah akan meningkatkan konsumsi bahan bakar.

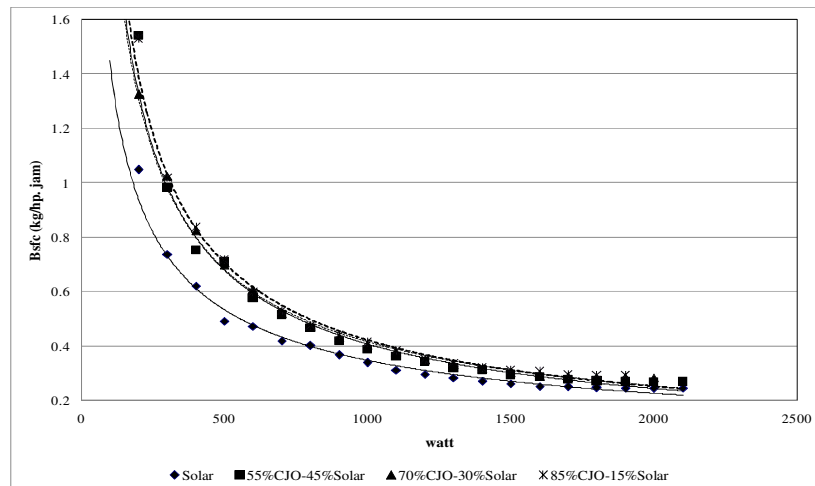
2. *Unjuk Kerja Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran CJO-Minyak Solar*

Komparasi hasil uji unjuk kerja motor diesel berbahan bakar minyak solar dan campuran CJO-minyak solar dapat dilihat pada gambar-gambar berikut.

Gambar 2 memperlihatkan pengaruh penambahan minyak solar pada CJO terhadap konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) motor diesel. Penambahan minyak solar pada CJO mengakibatkan perbaikan properties campuran dimana viskositas, densitas dan *flash point* menurun sedangkan angka setana dan

nilai kalor meningkat. Perbaikan properties ini akan berdampak baik terhadap unjuk kerja yang dihasilkan motor diesel.

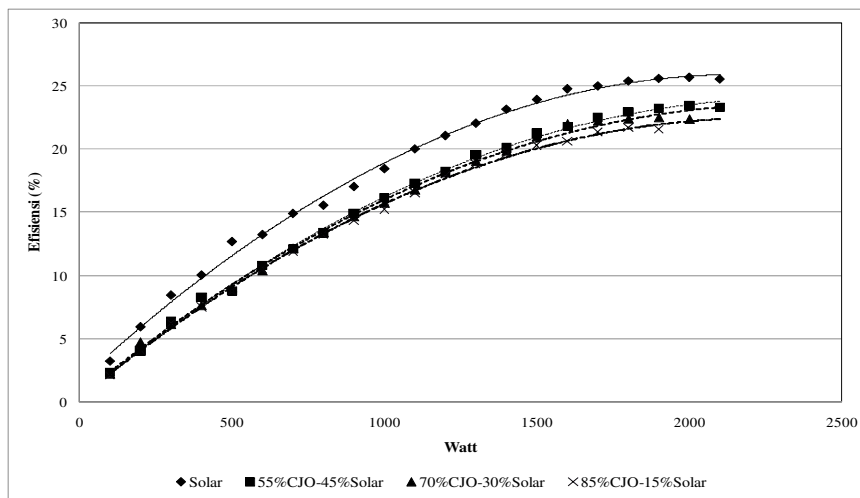
BSFC minyak solar menunjukkan nilai yang terendah dibandingkan dengan campuran CJO-solar. Penambahan prosentase solar masing masing sebesar 15%, 30% dan 45% kedalam CJO mempengaruhi penurunan BSFC masing-masing sebesar 25.3%, 21.6% dan 18.6% lebih tinggi dibandingkan dengan minyak solar. Peningkatan BSFC campuran CJO-solar selain pengaruh nilai kalor CJO yang rendah juga diakibatkan oleh meningkatnya *ignition delay* akibatnya daya yang dihasilkan menurun. Peningkatan *ignition delay* dapat ditunjukkan dengan menurunnya angka setana campuran bila dibandingkan dengan solar (Tabel 2).



Gambar 2. Laju konsumsi bahan bakar spesifik (Bsfc) terhadap daya

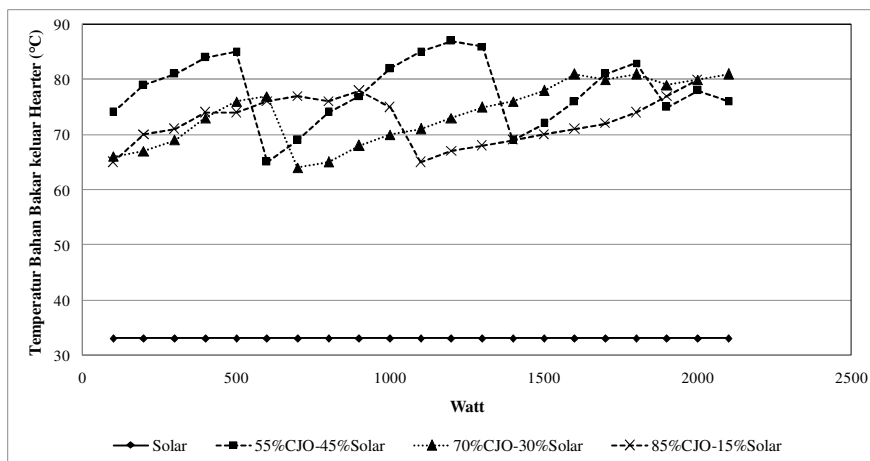
Efisiensi termal motor diesel berbahan bakar minyak solar dan campuran CJO-solar dapat dilihat pada Gambar 3. Efisiensi termal berbanding terbalik dengan BSFC, dimana pada BSFC yang rendah akan didapat efisiensi termal yang tinggi meskipun dengan perbedaan angka nominal yang berbeda - bila bahan bakar merupakan campuran dua bahan bakar atau lebih. Hal ini karena BSFC merupakan perbandingan berat bahan bakar terhadap energi yang dihasilkan motor sedangkan efisiensi merupakan perbandingan energi yang dihasilkan motor terhadap jumlah energi yang masuk kedalam motor. Perbedaan tersebut sangat dipengaruhi oleh densitas bahan bakar penyusun campuran.

Efisiensi motor diesel dengan bahan bakar minyak solar dapat mencapai efisiensi termal maksimal sebesar 25.6% sedangkan campuran CJO-solar lebih rendah. Semakin banyak prosentase solar didalam campuran semakin meningkatkan efisiensi termal motor, efisensi termal maksimum yang dicapai oleh campuran solar sebanyak 15%, 30% dan 45% masing-masing sebesar 21.7%, 22.5% dan 23.6%.



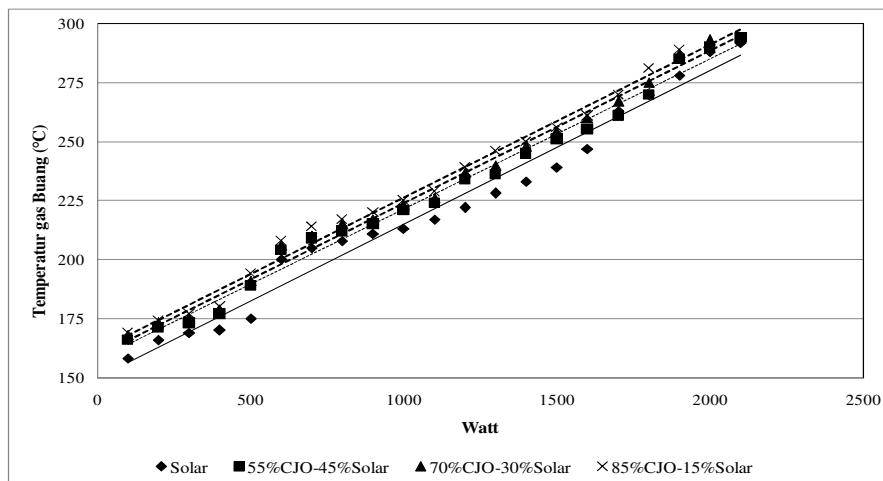
Gambar 3. Efisiensi terhadap daya

Mengingat pencampuran minyak solar kedalam CJO dengan prosentasi 45% masih mempunyai viskositas 3 kali lipat dari viskositas minyak solar, maka dalam penelitian ini dilakukan modifikasi berupa penambahan *heat exchanger* untuk memanaskan campuran CJO-solar dengan memanfaatkan air panas yang diperoleh dari hasil proses pendinginan motor diesel. Gambar 4, memperlihatkan perubahan temperatur campuran CJO-solar keluar dari *heat exchanger* sebelum masuk ruang bakar motor diesel. Temperatur campuran semakin meningkat seiring dengan kenaikan daya motor, hal ini dikarenakan semakin tinggi daya akan semakin banyak bahan bakar yang dimasukkan ke dalam ruang bakar dan akan menghasilkan panas yang lebih besar. Dengan demikian air pendingin motor akan menyerap jumlah panas yang juga semakin besar dan akan dipindahkan ke dalam campuran semakin besar pula akibatnya temperatur campuran meningkat. Sedangkan penurunan temperatur campuran secara periodik disebabkan penambahan air dingin karena terjadi penguapan pada air pendingin motor. Proses pemanasan dapat meningkatkan temperatur rata-rata campuran antara 72-78°C. Pemanasan tersebut semakin mendekati viskositas campuran dengan nilai viskositas minyak solar.



Gambar 4. Temperatur pemanasan campuran CJO- minyak solar terhadap daya

Pemanfaatan campuran CJO-solar pada proses pembakaran di motor diesel menyebabkan perubahan temperatur gas buang. Gambar 5, menunjukkan perubahan temperatur gas buang terhadap perubahan prosentase solar ke dalam CJO dan perubahan daya. Campuran CJO-solar dengan pemanasan cenderung meningkatkan temperatur gas buang. Beberapa peneliti mendapatkan hasil yang sebaliknya pada campuran CJO-minyak diesel tanpa pemanasan^[3] sedangkan beberapa lainnya sesuai dengan hasil penelitian penulis^[1].



Gambar 5. Temperatur gas buang terhadap daya

Temperatur gas buang campuran CJO-solar meningkat rata-rata sebesar 6°C dibandingkan dengan minyak solar dari 221°C menjadi 227°C . Hal ini dapat terjadi karena temperatur awal campuran CJO-solar sudah lebih tinggi dibandingkan dengan solar (berbeda sekitar 40°C) dan juga bisa jadi karena *ignition delay* yang lebih lama maka proses penyerapan panas hasil pembakaran tidak optimal dan terlambat sehingga gas hasil pembakaran yang dibuang masih bertemperatur tinggi.

4. Kesimpulan

Penambahan minyak solar pada CJO akan memperbaiki properties campuran CJO-solar dan mengakibatkan perbaikan unjuk kerja motor diesel, yaitu penurunan efisiensi dapat ditekan dan peningkatan BSFC dapat dikurangi. CJO-minyak solar mengkonsumsi bahan bakar lebih besar antara 18-27% sedangkan efisiensi menurun sebesar antara 16-19% dibandingkan dengan minyak solar. Pemasangan heat exchanger dapat meningkatkan temperatur campuran mencapai antara $72-78^{\circ}\text{C}$ dan temperatur gas buang juga meningkat sebesar sekitar 6°C diatas temperatur gas buang minyak solar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Pimpinan dan staf Laboratorium Unit Produksi Pelumas Pertamina Tanjung Perak Surabaya, PT Pertamina (Persero) atas diperkenalkannya menggunakan fasilitas Laboratorium dan PT PJB yang memberikan dana CSR untuk pembuatan pilot project dan penelitian motor diesel berbahan bakar CJO.

Daftar Rujukan

- Agrawal, Depak dan A.K. Agarwal [2007], "Performance and emissions characteristics of Jatropha oil (preheated and blends) in a direct injection compression engine", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 27: pp.2314-23.
- Barnwal B.K. dan M.P. Sharma [2005], "Prospect of biodiesel production from vegetable oils in India", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 9: pp. 363-78.
- Forson, F.K, E.K. Oduro, dan E. Hammond-Donkoh [2004], "Performance of Jatropha Oil Blends in A Diesel Engine" *Renewable Energy* Vol. 29: pp. 1135-45.
- Kumar M.S., A.Ramesh dan B. Nagalingam [2003], "An experimental comparison of methods to use methanol and Jatropha oil in a compression ignition engine", *Biomass and Bioenergy* Vol. 25: pp.309-18.
- Lele, Satish [2008], "The cultivation of Jatropha curcas", <URL:<http://www.svlele.com>>, akses 21 Agustus 2008.
- Manurung, Robert [2005], "Straight Jatropha Oil-Promising Green Fuel", Guest Lecture, Universitas Gajah Mada.

- Pramanik K. [2001], "Properties and Use of Jatropha Curcas Oil and Diesel Fuel Blends in Compression Ignition Engine", *Renewable Energy* Vol. 28: pp. 239-48.
- Narayana J, dan A. Ramesh [2006], "Parametric studies for improving the performance of a Jatropha oil-fuelled compression ignition engine", *Renewable Energy* Vol.31: pp. 1994-2016.