

# Pengaruh *Light Cycle Oil* sebagai Komponen Minyak Solar Kilang Cilacap terhadap Kinerja Mesin

Oleh:

Emi Yuliarita

## S A R I

Telah dilakukan pengujian kinerja mesin di bangku uji multsilinder Isuzu C-223 menggunakan empat jenis minyak solar yaitu minyak solar murni (FR) dan minyak solar modifikasi yang dicampur LCO. Ternyata LCO sebagai komponen minyak solar eks Cilacap dapat menurunkan kinerja mesin, yaitu penambahan 2,5% volume menurunkan daya motor sebesar 3,3% dan meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 2,6%. Penambahan 5% volume menurunkan daya motor sebesar 5,2% dan meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 5%. Penambahan 7,5% volume menurunkan daya mesin sekitar 7,5% dan meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 9,2%.

Kinerja mesin berbahan bakar solar yang dicampur LCO dan bahan bakar solar murni pada konsentrasi sampai 5% dapat diasumsikan sama.

Kata kunci: Minyak Solar, kinerja mesin, konsumsi bahan bakar spesifik, daya motor, LCO (light cycle oil)

## ABSTRACT

*A test of engine performance in multicylinder test bench Isuzu C-223 has been conducted using 4 types of high speed diesel fuel, which are pure high speed diesel fuel (FR) and its mixtures with LCO. It was observed that the use of LCO as an ex-Cilacap high speed diesel fuel component reduced the engine performance. Addition of LCO up to 2.5% volume by about reduced engine power by about 3.3% and increased specific fuel consumption by about 2.6%. Addition of LCO up to 5% volume reduced engine power by about 5.2% and increased specific fuel consumption by about 5%. Addition of LCO up to 7.5% volume reduced engine power by about 7.5% and increased specific fuel consumption by about 9.2%.*

*The engine performance change up to 5% could be assumed as tolerable.*

*Key word: High speed diesel fuel, engine performance, specific fuel consumption, engine power, LCO (light cycle oil).*

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar minyak solar di sektor transportasi dan industri dari waktu ke waktu terus meningkat seiring perkembangan motor diesel. Sedangkan produksi minyak solar dari kilang minyak PERTAMINA tidak dapat mencukupi kebutuhan minyak solar dalam negeri, sehingga untuk memenuhi kebutuhan minyak solar dalam negeri dilakukan impor.

*Light cycle oil*, LCO merupakan hasil samping Kilang UP VI Pertamina Balongan yang cukup besar jumlahnya. LCO digunakan untuk campuran minyak solar untuk industri (*Industrial Diesel Fuel*, IDF)

atau minyak bakar (*Fuel Oil*) hanya pada konsentrasi yang sangat kecil. Untuk meningkatkan produksi minyak solar dalam negeri dapat ditambahkan LCO ke dalam minyak solar pada perbandingan % volume tertentu.

Penelitian mengenai pengaruh LCO sebagai komponen minyak Solar terhadap perubahan sifat-sifat fisika kimia minyak solar sudah dilakukan. Informasi lebih lanjut yang diperlukan adalah perubahan kinerja/*performance* mesin (torsi, daya motor, konsumsi bahan bakar dan kadar emisi gas buang) minyak solar modifikasi dibandingkan minyak solar PERTAMINA yang tidak ditambahkan LCO.

## II. TINJAUAN UMUM

### A. Minyak Solar dan Light Cycle Oil

Minyak solar merupakan fraksi tengah minyak bumi (*middle distillate*) dengan trayek didih antara 150°C sampai 400°C, dengan atau tanpa tambahan aditif. Bahan bakar ini berwarna kuning kecoklatan yang jernih. Bahan bakar minyak ini sifat penguapannya rendah, sehingga cocok digunakan untuk mesin diesel putaran tinggi (di atas 1000 rpm), dan kecepatan bervariasi. Minyak solar dikenal juga dengan nama *gas oil (GO)*, *automotive diesel oil (ADO)* atau *high speed diesel (HSD)*.

LCO (*Light Cycle Oil*) yang dikaji dalam studi ini dihasilkan oleh kilang Unit Pengolahan PERTAMINA UP VI Balongan. Komponen ini merupakan hasil samping yang jumlahnya cukup besar dan belum dapat dimanfaatkan secara optimal sehingga sebagian besar dijual dengan harga relatif murah. Fraksi LCO lebih berat dari fraksi minyak solar. Komponen ini mempunyai densitas yang

tinggi serta viskositas kinematiknya yang sangat rendah. LCO berwarna hitam/ gelap karena memiliki residu karbon cukup tinggi dan titik tuang yang rendah.

### B. Uji Kinerja Mesin

Pengujian kinerja mesin bahan bakar solar dilakukan pada mesin statis bangku uji multisilinder memakai mesin Isuzu C-223 dengan spesifikasi pada Tabel 1. Parameter yang diuji terdiri dari torsi motor, daya motor, konsumsi bahan bakar dan kadar emisi gas buang.

**Tabel 1**  
**Data teknis mesin uji multisilinder Isuzu C-223**

|    |                             |   |
|----|-----------------------------|---|
| 1  | Merek                       | Isuzu   |
| 2  | Mode/type                   | C-223, 4 langkah, 4 silinder-sejajar OHV <i>belt-driven</i> , pendingin air |
| 3  | Jenis ruang bakar           | <i>Swirl Chamber</i>  |
| 4  | Jumlah silinder             | 4   |
| 5  | Diameter silinder x langkah | 88 x 92 mm  |
| 6  | Volume langkah              | 2238 cc   |
| 7  | Perbandingan kompresi       | 21:01   |
| 8  | Kecepatan <i>idle</i>       | 675 – 725 rpm   |
| 9  | Tekanan injeksi             | 105 kg/cm <sup>2</sup>  |
| 10 | Tipe <i>nozzle</i> injektor | <i>Throttle type</i>  |
| 11 | Urutan pengapian            | 1-3-4-2   |
| 12 | Kapasitas minyak lumas      | 6 liter   |

**Tabel 2**  
**Hasil pengujian sifat-sifat fisika/kimia LCO**

| No. | Sifat-sifat                           | Satuan            | Hasil Uji | Metode Uji ASTM |
|-----|---------------------------------------|-------------------|-----------|-----------------|
| 1   | Densitas pada 15°C                    | Kg/m <sup>3</sup> | 959       | D-1298          |
| 2   | Viskositas kinematik pada 37,8°C      | Mm/dt             | 3,203     | D-445           |
| 3   | Titik tuang                           | oC                | -24       | D-97            |
| 4   | Kandungan belerang                    | % berat           | 0,160     | D-1551          |
| 5   | Korosi bilah tembaga pada 100°C/3 jam |                   | 1.a       | D-130           |
| 6   | Residu karbon kodradson               | % berat           | 0,993     | D-189           |
| 7   | Kandungan abu                         | % berat           | 0,001     | D-482           |
| 8   | Kandungan air                         | % volume          | trace     | D-95            |
| 9   | Kandungan sedimen                     | % berat           | 0,000     | D-473           |

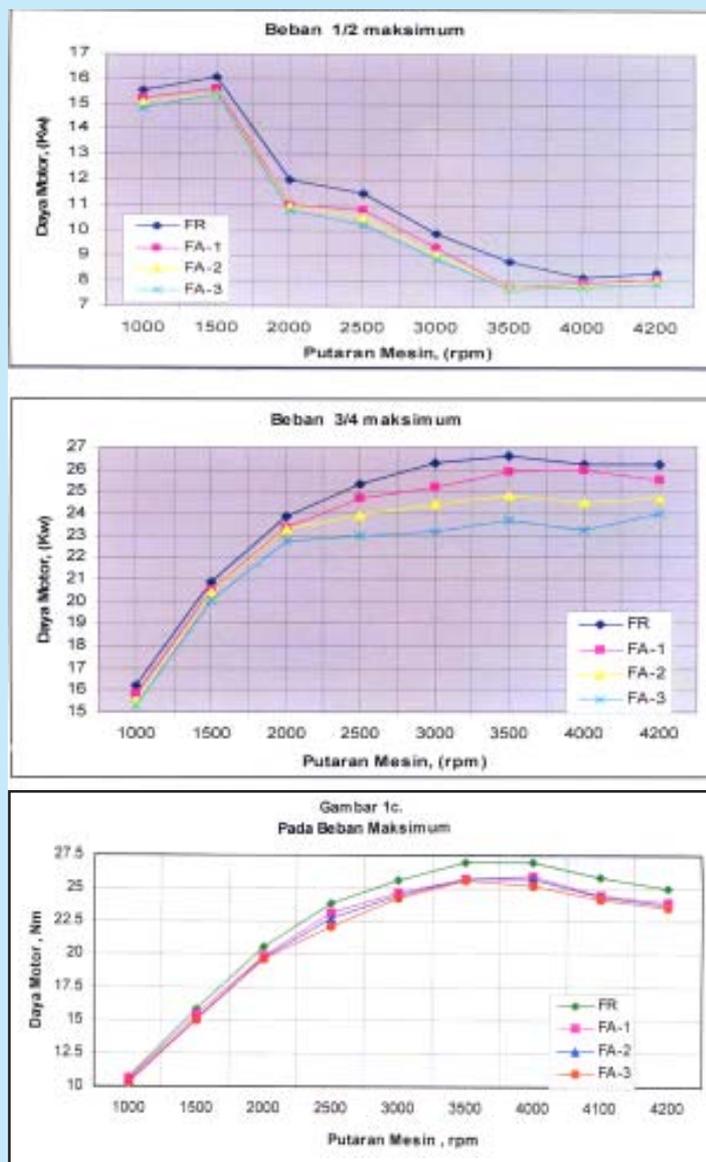
### III. METODOLOGI

Komponen LCO dan minyak solar tipikal diuji sifat-sifat fisika/kimianya, kemudian dilakukan formulasi minyak solar modifikasi yaitu pencampuran antara LCO dengan minyak solar berkode MS-c pada % volume penambahan sebagai berikut 2,5%, 5,0%, 7,5% dan 10%. Masing-masing minyak solar modifikasi ini diuji sifat-sifat fisika/kimianya. Selanjutnya terhadap minyak solar modifikasi yang memenuhi spesifikasi dilakukan pengujian ujuk kerja dengan menggunakan alat baku uji mesin Multisilinder Isuzu C-223. Uji kinerja minyak solar modifikasi dilakukan pada beban 1/2 maksimum, 3/4 maksimum dan maksimum. Uji kinerja juga dilakukan bagi minyak solar yang tidak mengandung LCO sebagai bahan bakar referensi. Bahan bakar referensi ini diberi kode FR dan bahan bakar minyak Solar Modifikasi diberi kode FA-1, FA-2 dan FA-3. Parameter yang diuji meliputi daya motor, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Evaluasi hasil uji kinerja mesin dilakukan dengan membandingkan hasil uji kinerja mesin yang memakai minyak solar modifikasi dengan kinerja mesin yang memakai minyak solar referensi.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Sifat-Sifat Fisika/Kimia

Hasil uji sifat-sifat fisika/kimia LCO disajikan pada Tabel 2. Hasil uji sifat-sifat fisika/kimia minyak solar modifikasi seperti yang telah dilakukan oleh Emi Yuliarita (Lembaran Publikasi Lemigas, Volume 39, No.1, 2005)<sup>5</sup> melaporkan bahwa beberapa sifat fisika/kimia akibat penambahan LCO ke dalam minyak Solar eks PERTAMINA Cilacap mengalami peningkatan seperti; densitas, perolehan distilat, residu karbon dan warna. Penambahan LCO sampai 7,5% volume memberikan densitas yang masih memenuhi



Gambar 1  
Hasil uji daya motor minyak solar modifikasi dibandingkan minyak solar referensi

Tabel 3  
Hasil perhitungan efek bahan bakar masing-masing minyak solar modifikasi terhadap daya motor

| Jenis minyak solar | Beban 1/2 maksimum | Beban 3/4 maksimum | Beban maksimum | Rata-rata |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| FA-1               | -4,73 %            | -2,34%             | -2,87%         | -3,3%.    |
| FA-2               | -6,21%             | -4,73%             | -4,81%         | -5,25%.   |
| FA-3               | -7,75 %            | -7,78%             | -6,89%         | -7,54%.   |

spesifikasi minyak solar sedangkan pada penambah 10% volume sudah melebihi batas maksimum spesifikasi. Penambahan LCO sampai 7,5% volume sudah memberikan nilai residu karbon pada batas maksimum spesifikasi minyak solar, sedang pada penambahan 10% volume sudah tidak memenuhi spesifikasi lagi. Demikian juga halnya dengan warna, penambahan LCO sampai 7,5% volume sudah memberikan nilai warna pada batas maksimum (L.3,0) spesifikasi, sedangkan pada penambahan 10% volume warnanya sudah tidak memenuhi spesifikasi lagi.

**B. Kinerja Mesin**

Pengujian kinerja bahan bakar hanya dilakukan terhadap percontoh minyak solar modifikasi dengan identitas sebagai berikut:

- FR : Minyak Solar tipikal (100%) .....MS-c
- FA-1: (2,5 % vol. LCO + 97,5% vol. MS-c).... MS-c1
- FA-2: (5,0 % vol. LCO + 95,0% vol. MS-c)..... MS-c2
- FA-3: (7,5 % vol. LCO + 92,5% vol. MS-c)..... MS-c3

**1. Daya Motor**

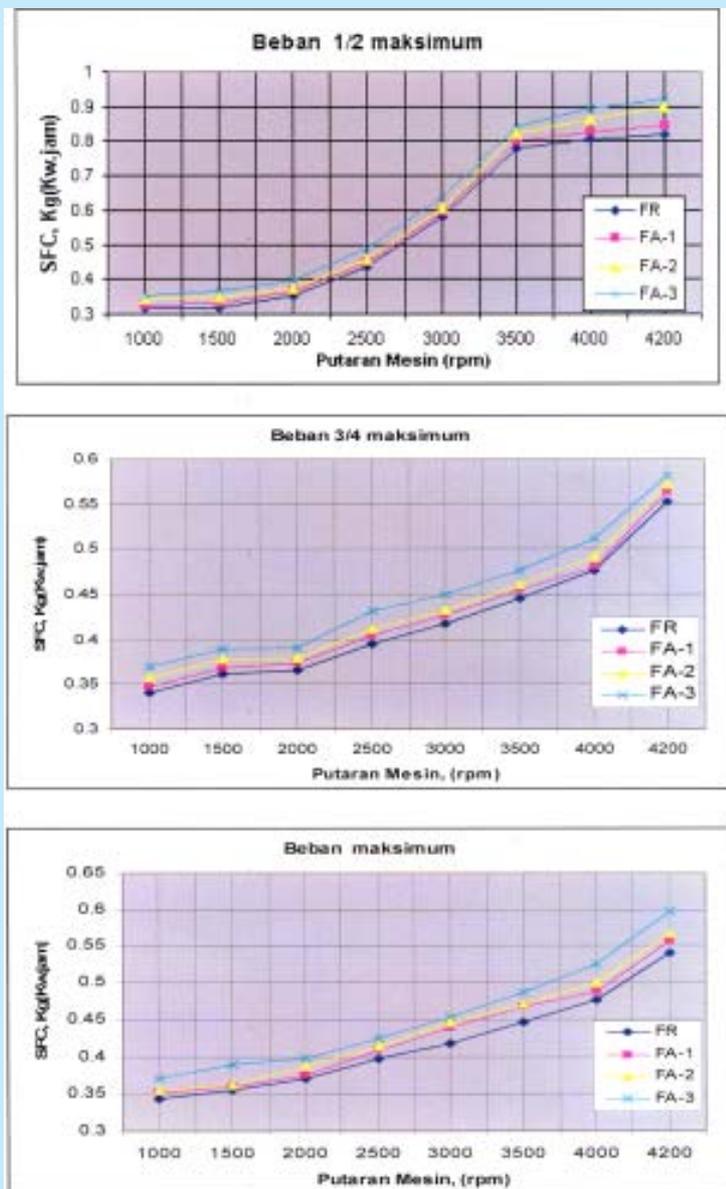
Hasil pengujian daya motor pada beban 1/2 maksimum, 3/4 maksimum dan maksimum yang menggunakan percontoh minyak solar modifikasi FA-1, FA-2, FA-3 dibandingkan dengan minyak solar referensi FR masing-masing disajikan pada Gambar 1.

Hasil perhitungan efek masing-masing bahan bakar (FA-1, FA-2 dan FA-3) dibandingkan bahan bakar FR terhadap daya motor dirangkum pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa penurunan daya motor bahan bakar FA-1 lebih besar terjadi pada saat beban 1/2 maksimum, begitu juga dengan bahan bakar FA-2. Sedangkan

**Tabel 4**  
Hasil perhitungan efek bahan bakar masing-masing minyak solar modifikasi terhadap konsumsi bahan bakar spesifik

| Jenis minyak solar | Beban 1/2 maksimum | Beban 3/4 maksimum | Beban maksimum | Rata-rata |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| FA-1               | 2,94 %,            | 2,04%              | 2,92%.         | 2,63%.    |
| FA-2               | 6,82%,             | 3,64%              | 4,42%.         | 4,96%.    |
| FA-3               | 11,35 %,           | 7,31%              | 8,95%.         | 9,2%.     |



**Gambar 2**  
Hasil uji konsumsi bahan bakar spesifik minyak solar modifikasi dibandingkan minyak solar referensi

bahan bakar FA-3 penurunan daya motor terbesar terjadi pada beban  $\frac{3}{4}$  maksimum. Selanjutnya rata-rata penurunan daya motor terbesar terjadi pada bahan bakar FA-3 yaitu sebesar 7,64%.

## 2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

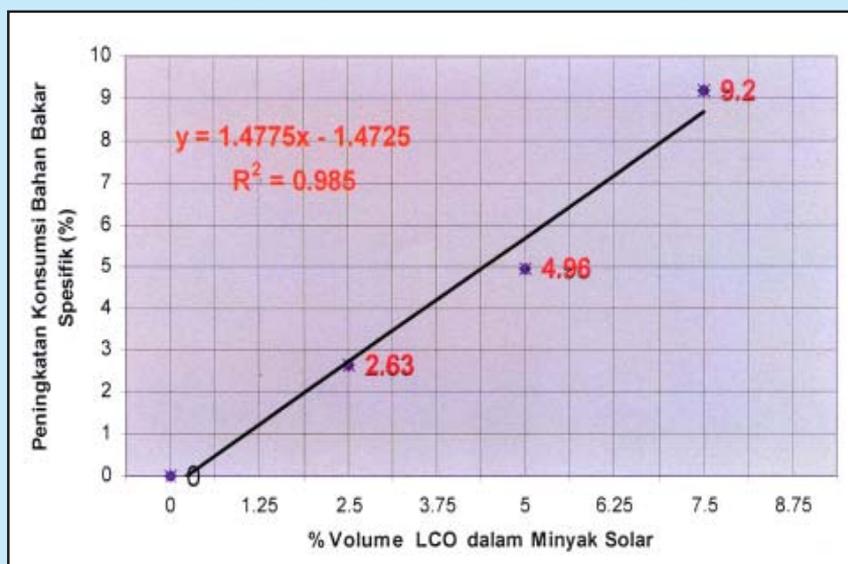
Hasil pengujian konsumsi bahan bakar spesifik pada beban  $\frac{1}{2}$  maksimum,  $\frac{3}{4}$  maksimum dan maksimum yang menggunakan percontoh minyak Solar modifikasi FA-1, FA-2, FA-3 dibandingkan dengan minyak Solar referensi FR masing-masing disajikan pada Gambar 2.

Hasil perhitungan efek masing-masing bahan bakar (FA-1, FA-2 dan FA-3) dibandingkan bahan bakar FR terhadap konsumsi bahan bakar spesifik dirangkum pada Tabel 4.

Dari Tabel 4. terlihat bahwa peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC, *specific fuel consumption*) untuk bahan bakar FA-1 paling besar terjadi pada saat beban  $\frac{1}{2}$  maksimum, begitu juga dengan bahan bakar FA-2 dan bahan bakar FA-3. Sedangkan peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik terkecil untuk masing-

masing bahan bakar modifikasi pada setiap beban terjadi pada beban  $\frac{3}{4}$  maksimum. Selanjutnya rata-rata peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik masing-masing bahan bakar modifikasi adalah bahan bakar FA-1 meningkat sebesar 2,63%, FA-2 sebesar 4,96% dan FA-3 sebesar 9,2%. Peningkatan terbesar terjadi pada bahan bakar FA-3. Pengaruh penambahan LCO ke dalam minyak solar eks Cilacap terhadap peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik pada masing-masing minyak solar modifikasi disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3  
Pengaruh penambahan LCO ke dalam minyak solar eks Cilacap terhadap peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik



Tabel 5  
Hasil uji gas buang bahan bakar FA-1, FA-2, FA-3 dibandingkan dengan FR

| No. | Jenis Gas Buang | Satuan   | Jenis Percontoh Minyak Solar |       |       |       |
|-----|-----------------|----------|------------------------------|-------|-------|-------|
|     |                 |          | FR                           | FA-1  | FA-2  | FA-3  |
| 1   | CO              | % volume | 1,743                        | 1,960 | 2,231 | 2,432 |
| 2   | HC              | % volume | 1,31                         | 1,32  | 1,37  | 1,40  |
| 3   | NOx             | ppm      | 184                          | 187   | 188   | 192   |
| 4   | SOx             | ppm      | 279                          | 268   | 261   | 259   |
| 5   | Opasitas        | %        | 17,5                         | 19,5  | 24,5  | 38,0  |

### 3. Gas Buang

Pengujian gas buang dari masing-masing bahan bakar minyak solar meliputi gas karbonmonoksida (CO), gas hidrokarbon (HC), gas  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  dan opasitas. Hasil analisis gas buang dari masing-masing percontohan minyak solar modifikasi dibandingkan dengan minyak solar referensi di sajikan pada Tabel 5.

Dari Table 5, terlihat bahwa konsentrasi gas CO, gas HC,  $\text{NO}_x$  dan Opasitas meningkat dengan bertambahnya volume LCO dalam minyak Solar. Sebaliknya dengan gas  $\text{SO}_x$ . Perubahan (peningkatan/ penurunan) konsentrasi emisi gas buang yang disebabkan dengan bertambahnya volume LCO dalam minyak solar ini masih dalam toleransi yaitu <5%. Sedangkan perubahan yang terjadi pada opasitas cukup signifikan di mana pada penambahan 2,5%, 5% dan 7,5% volume LCO ke dalam minyak solar opasitas meningkat sebesar 2%, 7% dan 20,5%.

### IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis karakteristik fisika/kimia dan hasil uji kinerja mesin yang dilakukan terhadap minyak solar modifikasi FA-1, FA-2 dan FA-3 yang dibandingkan dengan minyak solar referensi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan LCO sebagai komponen minyak Solar dapat menurunkan kinerja mesin yaitu;
  - Penambahan 2,5% volume menurunkan daya mesin sekitar 3,3% dan meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik (lebih boros) sebesar 2,63%,
  - Penambahan 5% volume menurunkan daya mesin sekitar 5,25% dan meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik (lebih boros) sebesar 4,96%,
  - Penambahan 7,5% volume menurunkan daya

mesin sekitar 7,54% dan meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik (lebih boros) sebesar 9,2%.

2. Penambahan LCO di dalam minyak solar memperburuk emisi gas buang yang meliputi gas CO, HC,  $\text{NO}_x$ , kecuali  $\text{SO}_x$ . Demikian juga terjadi peningkatan opasitas cukup besar. Peningkatan opasitas sampai 10% dapat merusak mesin.
3. Direkomendasikan sampai penambahan 5% maksimum volume LCO ke dalam minyak solar eks Cilacap agar tidak dapat menimbulkan kerusakan pada mesin kendaraan.

### KEPUSTAKAAN

1. Annual Book of ASTM Standars, 1977, *Petroleum Product, Lubricant, and Fossil Fuel*, Section 5, volume 0.5-01
2. Owen, K. and Cooley, T. 1990, *Automotive Fuel Handbook*, Warrendale, PA 15096-0001, USA.
3. SAE, 1996, *SAE Handbook volume 3, Engine, Fuel, Lubricants, Emission, and Noise*, Society of Automotive Engineers, Inc, Warrendale, USA.
4. Spesifikasi minyak solar menurut Surat Keputusan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi no. 3675K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006
5. Yuliarita, E., *Pengaruh Penggunaan LCO sebagai Komponen Minyak Solar terhadap Sifat-sifat Fisika/Kimia Minyak Solar*, Lembaran Publikasi Lemigas, Volume 39, No.1, 2005, LEMIGAS, Jakarta.
6. Weismann, J., 1992, *Main Characteristics of Fuel Oils and Influence on the Functioning of Engines, Furnaces and Other Fuel Utilization*, Lembaga Minyak dan Gas Bumi "Lemigas" Jakarta.