

Penelitian Pengaruh Pemanfaatan LCO dalam Minyak Solar terhadap Sifat Fisika/Kimia dan Kinerja Mesin

Oleh :

Djainuddin Semar

SARI

Hasil pengujian percontoh minyak Solar yang mengandung 3,5% volume LCO akan menurunkan angka setana minyak Solar sebesar 0.74. Perubahan sifat-sifat fisika/kimia percontoh yang mengandung LCO tetap memenuhi spesifikasi minyak Solar yang berlaku di Indonesia.

Pengujian kinerja mesin di bangku uji multisiilinder Isuzu C-223 dilakukan dengan menggunakan empat jenis minyak Solar yaitu minyak Solar (MS-b) dan minyak Solar yang dicampur dengan LCO (MS-b1, MS-b2, MS-b3). Kinerja minyak Solar yang mengandung LCO turun dibandingkan dengan minyak Solar yang tidak mengandung LCO.

ABSTRACT

The test result shows that this component, coded LCO(light cycle oil) when blended with high speed diesel at the 3,5% can cause an reduce in the cetane number of high speed diesel by 0.74. The change of physical and chemical characteristics of gas oil modification satisfy Indonesia specification for high speed diesel.

The study includes measurement in a multicylinder Isuzu C-223 test bench by using four kinds of fuel, which where ordinary high speed diesel, and high speed diesel into which LCO is added. The effects of each fuel on the engine performance were compared.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini produksi minyak Solar dari kilang minyak PERTAMINA tidak dapat memenuhi kebutuhan minyak Solar dalam negeri, sehingga untuk memenuhi kebutuhan minyak Solar dalam negeri dilakukan impor. Di Kilang UP VI PERTAMINA Balongan tersedia komponen *light cycle oil* (LCO). Untuk meningkatkan produksi minyak Solar dalam negeri dapat dilakukan dengan menambahkan LCO ke dalam minyak Solar pada perbandingan % volume tertentu. Perubahan komposisi komponen minyak Solar karena penambahan komponen LCO ke dalam minyak Solar tersebut tentunya diikuti oleh perubahan sifat-sifat fisika/kimianya. Oleh sebab itu maka terhadap formula baru minyak Solar (minyak Solar modifikasi) ini harus dilakukan uji

kinerja (*performance*) pada mesin statis.

B. Light Cycle Oil

Light cycle oil (LCO) adalah komponen yang merupakan hasil samping dari kilang UP VI Balongan. Fraksi LCO ini lebih berat dari fraksi minyak Solar (*gas oil*). Hanya pada konsentrasi yang sangat kecil LCO digunakan untuk campuran minyak solar untuk industri (*industrial diesel fuel*, IDF) atau minyak bakar (*fuel oil*). Dewasa ini, sebagian besar LCO produk kilang UP VI ini diekspor.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- 1). Meningkatkan jumlah penyediaan minyak Solar dalam negeri dengan cara memanfaatkan LCO sebagai campuran minyak Solar. Untuk itu dilakukan penelitian

pengaruh pencampuran LCO dan minyak Solar terhadap sifat-sifat fisika/kimianya dibandingkan dengan spesifikasi minyak Solar menurut Surat Keputusan Dirjen Migas No. 113 K/72/DJM/1999 tanggal 27 Oktober 1999.

- 2). Mengetahui kinerja mesin minyak Solar modifikasi dibandingkan dengan minyak Solar tipikal eks-PERTAMINA yang tidak mengandung LCO.

II. 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 pada perbandingan % volume tertentu (2, 5, 7, 5, 10% volume) dan diuji sifat-sifat fisika/kimianya. Hasil uji sifat-sifat fisika/



kimia minyak Solar modifikasi tersebut dievaluasi dengan cara membandingkannya dengan spesifikasi minyak Solar yang ditetapkan Pemerintah.

Uji kinerja mesin dilakukan pada beban $\frac{1}{2}$ maksimum, $\frac{3}{4}$ maksimum dan beban maksimum. Uji kinerja mesin dilakukan dengan memakai percontoh minyak Solar modifikasi dan minyak Solar yang tidak mengandung LCO. Karakteristik yang diuji meliputi: daya, konsumsi bahan bakar, 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 tipikal.

III. LINGKUP KEGIATAN

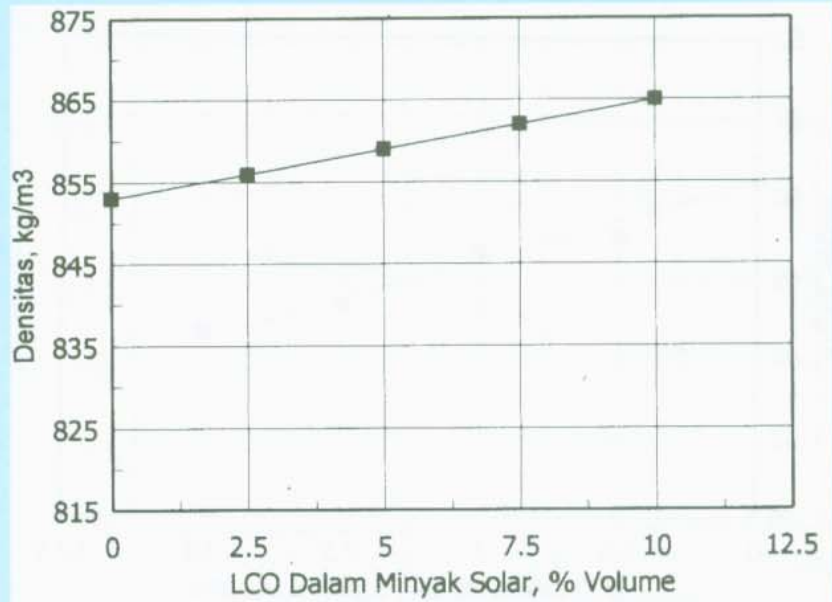
Lingkup kegiatan penelitian meliputi

- Survei kuantitas dan kualitas minyak Solar tipikal (tidak mengandung LCO) dan LCO tipikal di UP VI.
- Formulasi minyak Solar modifikasi serta uji sifat-sifat fisika/kimia.
- Pengujian kinerja mesin pada bangku uji Multisilinder dan evaluasi.

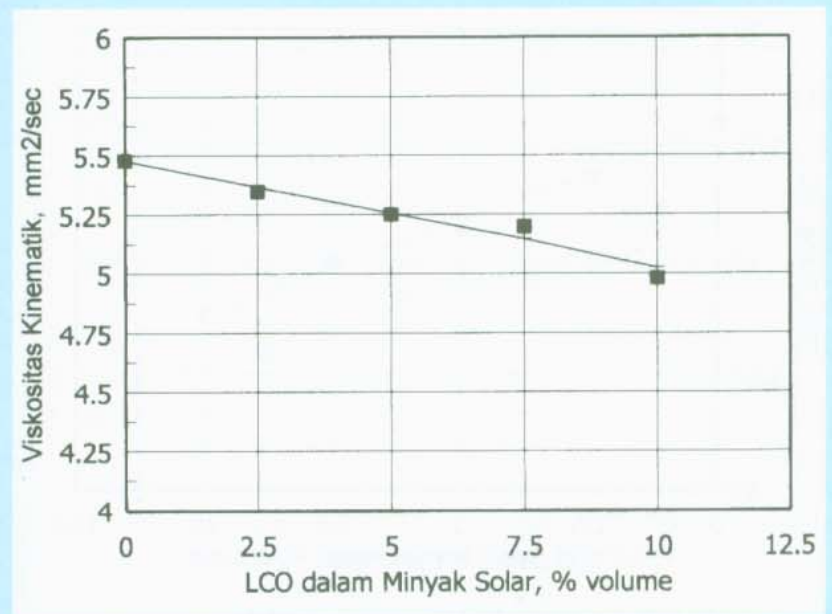
IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Fisika/Kimia

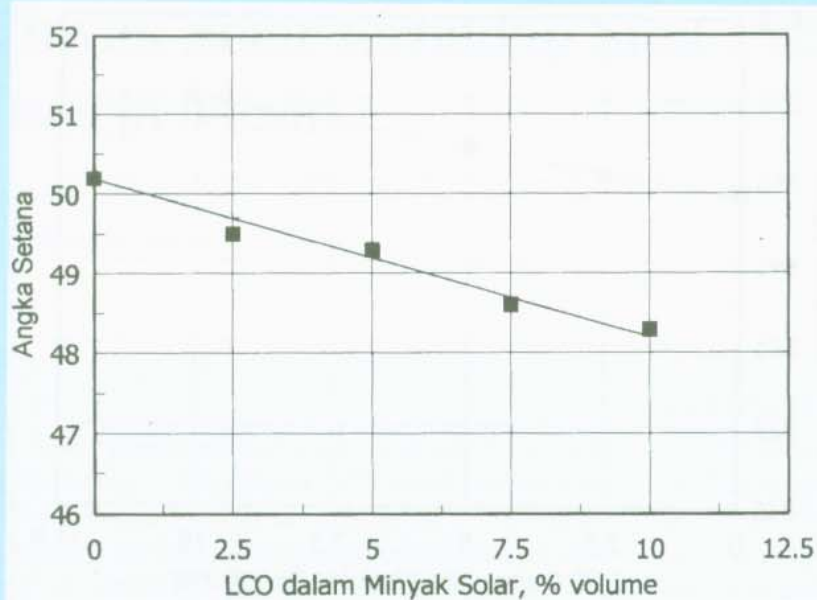
Spesifikasi minyak Solar menurut surat Keputusan Dirjen Migas No. 113.K/72/DJM/1999 tanggal 27 Oktober 1999 disajikan pada Tabel 1. Hasil uji sifat-sifat fisika/kimia percontoh *light cycle oil* (LCO) dan minyak Solar tipikal eks-UP VI Balongan masing-masing disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Kecenderungan hasil uji sifat-sifat fisika/kimia percontoh minyak Solar tipikal dan minyak Solar modifikasi disajikan pada Gambar 1 sampai Gambar 8.



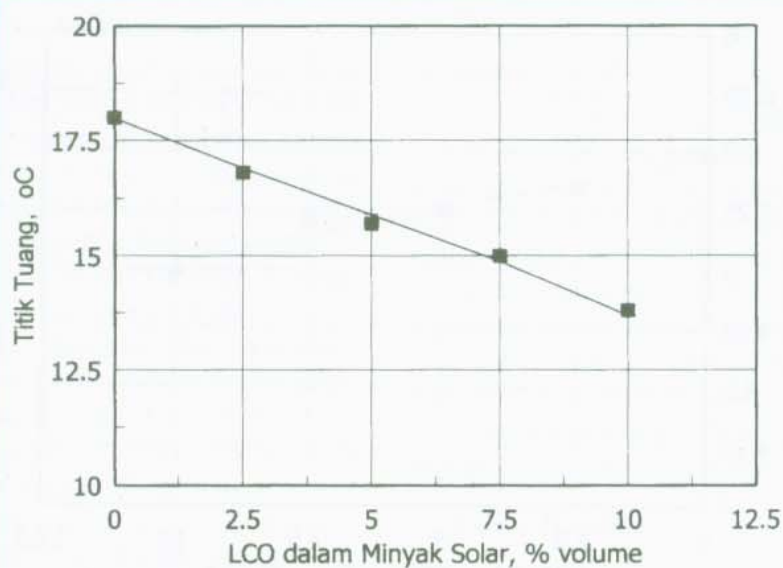
Gambar 1
Volume (%) LCO dalam Minyak Solar UP VI terhadap perubahan densitas



Gambar 2
Volume (%) LCO dalam Minyak Solar P VI Balongan terhadap perubahan viskositas kinematik



Gambar 3
 Volume (%) LCO dalam Minyak Solar UP VI
 terhadap perubahan angka Setana



Gambar 4
 Volume (%) LCO dalam Minyak Solar UP VI
 terhadap perubahan titik tuang

1. Densitas

Pada prinsipnya minyak Solar yang mempunyai densitas tinggi mempunyai nilai kalor yang tinggi, tetapi dalam prakteknya semua sifat-sifat fisika/kimia minyak Solar saling mempengaruhi satu sama lain, sehingga tidak mungkin memilih salah satu karakteristik tanpa pertimbangan sifat fisika/kimia yang lain. Batasan minimum – maksimum densitas menurut spesifikasi minyak Solar adalah 815 kg/m^3 – 870 kg/m^3 (Tabel 1).

Hasil uji densitas minyak Solar tipikal dan LCO tipikal masing-masing 853 kg/m^3 (Tabel 3) dan 959 kg/m^3 (Tabel 2). Penambahan LCO ke dalam minyak Solar tipikal meningkatkan densitas minyak Solar tipikal. Peningkatan densitas sampai penambahan sampai 10% volume LCO disajikan pada Gambar 1 masih memenuhi densitas menurut spesifikasi minyak Solar yang ditetapkan Pemerintah.

2. Viskositas

Spesifikasi minyak Solar memberikan batasan minimum – maksimum viskositas adalah $1.6 - 5.8 \text{ mm}^2/\text{sec}$ (Tabel 1). Batasan maksimum pada viskositas dimaksudkan agar pompa injektor bahan bakar motor diesel ini dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Viskositas yang terlalu tinggi, akan menyebabkan pemompaan bahan bakar lebih sulit dan kemampuan penetrasi dari atomisasi bahan bakar berkurang.

Hasil uji viskositas kinematik minyak Solar tipikal dan LCO tipikal masing-masing $5.48 \text{ mm}^2/\text{sec}$ (Tabel 3) dan $3.203 \text{ mm}^2/\text{sec}$ (Tabel 2). Penambahan LCO tipikal ke dalam minyak Solar tipikal akan menurunkan viskositas kinematik. Penurunan viskositas kinematik sampai penambahan sampai 10% volume

LCO ke dalam minyak Solar tipikal disajikan pada Gambar 2 masih memenuhi viskositas kinematik spesifikasi minyak Solar yang ditetapkan Pemerintah.

3. Angka Setana

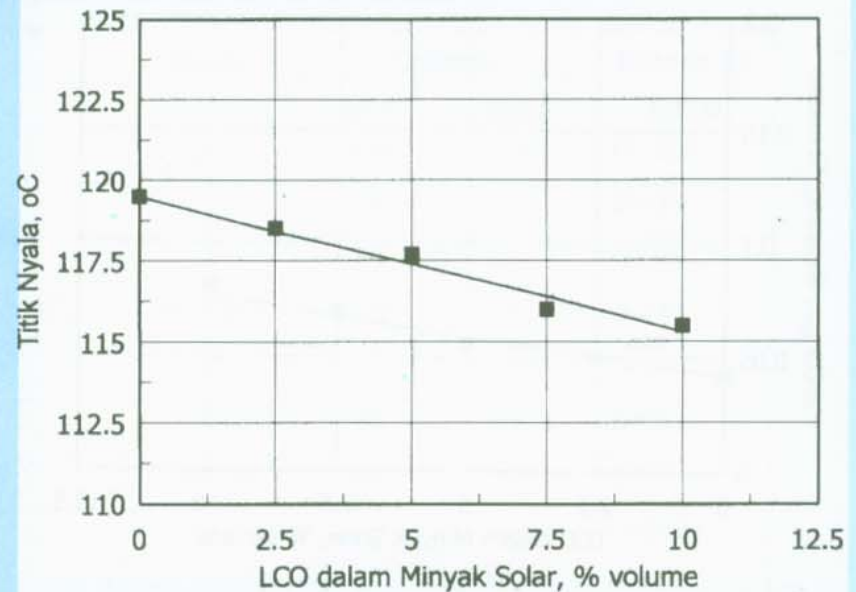
Kualitas minyak Solar terhadap kecepatan penyalannya dinyatakan dengan angka setana. Makin tinggi angka setana, makin pendek waktu penyalan yang diperlukan, sehingga angka setana dapat dipakai sebagai parameter yang menunjukkan tingkat kepekaan minyak Solar terhadap detonasi yang terjadi pada motor diesel. Spesifikasi minyak Solar memberikan batasan angka setana minimum 45,0 (Tabel 1).

Hasil uji angka setana percontoh minyak Solar tipikal adalah 50,2 (Tabel 3). Penambahan LCO kedalam minyak Solar tipikal menurunkan angka setana. Penurunan angka setana sampai penambahan sampai 10% volume LCO ke dalam minyak Solar tipikal disajikan pada Gambar 3 masih memenuhi angka setana menurut spesifikasi minyak Solar yang ditetapkan Pemerintah.

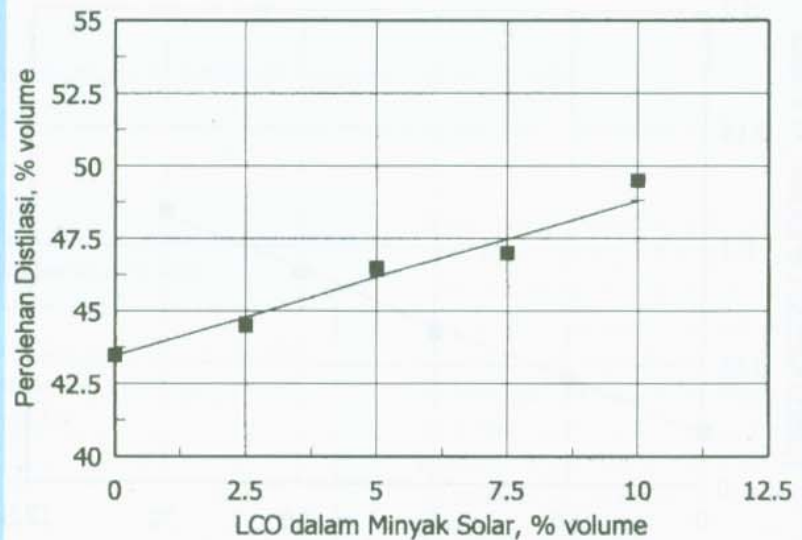
4. Titik Tuang

Suatu bahan bakar harus dapat mengalir pada temperatur udara sekeliling paling rendah pada pemakaiannya pada motor diesel. Temperatur di mana minyak Solar dapat mengalir karena beratnya sendiri disebut titik tuang. Spesifikasi minyak Solar memberikan batasan titik tuang maksimum 18 °C (Tabel 1).

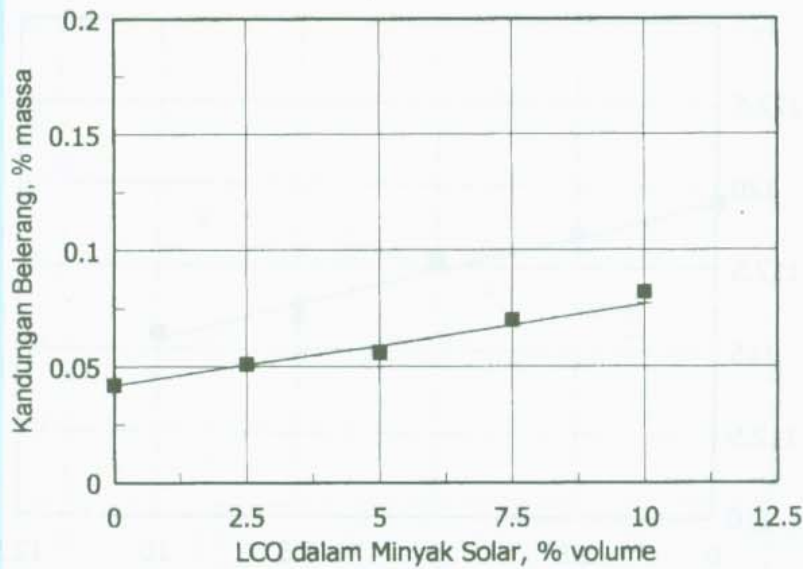
Hasil uji titik tuang percontoh minyak Solar tipikal dan LCO tipikal masing-masing 18 °C (Tabel 3) dan - 24 °C (Tabel 2). Penambahan LCO ke dalam percontoh minyak Solar tipikal dapat menurunkan titik tuang seperti disajikan pada Gambar 4. Dengan demikian makin besar volume LCO yang ditambahkan makin mudah minyak Solar tersebut mengalir di bawah beratnya sendiri.



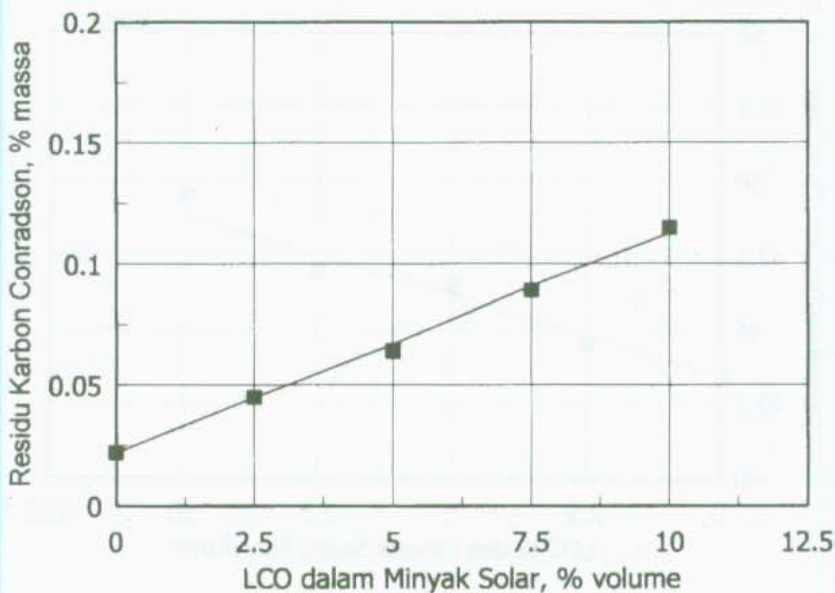
Gambar 5
Volume (%) LCO dalam Minyak Solar UP VI terhadap perubahan titik nyala



Gambar 6
Volume (%) LCO dalam Minyak Solar UP VI terhadap perolehan distilat.



Gambar 7
Volume (%) LCO dalam Minyak Solar UP VI
terhadap kandungan belerang



Gambar 8
Volume (%) LCO dalam Minyak Solar UP VI
terhadap residu karbon conradso

5. Titik Nyala

Spesifikasi minyak Solar memberikan batasan titik nyala minimum 60°C (Tabel 1). Titik nyala diperlukan untuk keselamatan (*safety*) selama penanganan dan penyimpanan (*handling and storage*) minyak Solar tersebut dan tidak berhubungan langsung dengan kualitas minyak Solar. Tetapi perubahan titik nyala minyak Solar selama penanganan dan penyimpanan merupakan indikasi terjadinya perubahan mutu minyak Solar.

Hasil uji titik nyala percontoh minyak Solar tipikal 119,5 °C (Tabel 3). Penambahan LCO ke dalam minyak Solar tipikal menurunkan titik nyala. Kecenderungan penurunan titik nyala minyak Solar tipikal karena penambahan LCO disajikan pada Gambar 5. Penambahan 10% volume LCO masih memenuhi titik nyala spesifikasi minyak Solar yang ditetapkan Pemerintah.

6. Perolehan Distilat

Sifat distilasi minyak Solar menunjukkan kecenderungan bahan bakar cair untuk berubah menjadi uap memegang peranan penting dalam pembentukan dan evolusi campuran udara bahan bakar selama periode persiapan atau penundaan penyalaan (*ignition delay*). Jika sifat penguapan bahan bakar terlalu tinggi, maka akan terbentuk suatu campuran yang tidak sempurna dengan udara masuk ruang bakar mesin.

Hasil uji perolehan distilat percontoh minyak Solar tipikal 43,5% volume (Tabel 3). Kecenderungan hasil uji perolehan distilat minyak Solar tipikal (minyak Solar modifikasi) karena penambahan LCO disajikan Gambar 5. Dari Gambar 5 terlihat bahwa peningkatan volume LCO dalam minyak Solar tipikal akan meningkatkan perolehan distilat.

7. Kandungan Belerang

Pada aplikasinya di mesin, minyak



Tabel 1
Spesifikasi bahan bakar minyak jenis Minyak Solar *)

No.	Sifat-Sifat	Satuan	Batasan		Metode Uji ASTM
			Min.	Maks.	
1	Densitas pada 15°C	kg/m ³	815	870	D-1298
2	Angka setana	--	45	-	D-613
3	Indeks setana terhitung	-	48	-	D-976
4	Viskositas kinematik pada 37,8°C	mm ² /sec	1,6	5,8	D-445
5	Titik tuang	°C	-	18	D-97
6	Titik nyala	°C	60	-	D-93
7	Perolehan distilat pada 300°C	% volume	40	-	D-86
8	Kandungan belerang	% massa	-	0,5	D1552
9	Korosi bilah tembaga	No. ASTM	-	No. 1	D-130
10	Residu karbon conradson	% massa	-	0,1	D-189
11	Kandungan abu	% massa	-	0,01	D-482
12	Kandungan air	% volume	-	0,05	D-95
13	Kandungan sedimen	% massa	-	0,01	D-473
14	Bilangan asam kuat	mg KOH/g	-	Nol	D-664
15	Bilangan asam total	mg KOH/g	-	0,6	D-664
16	Warna	No. ASTM	-	3,0	D-1500

Keterangan :

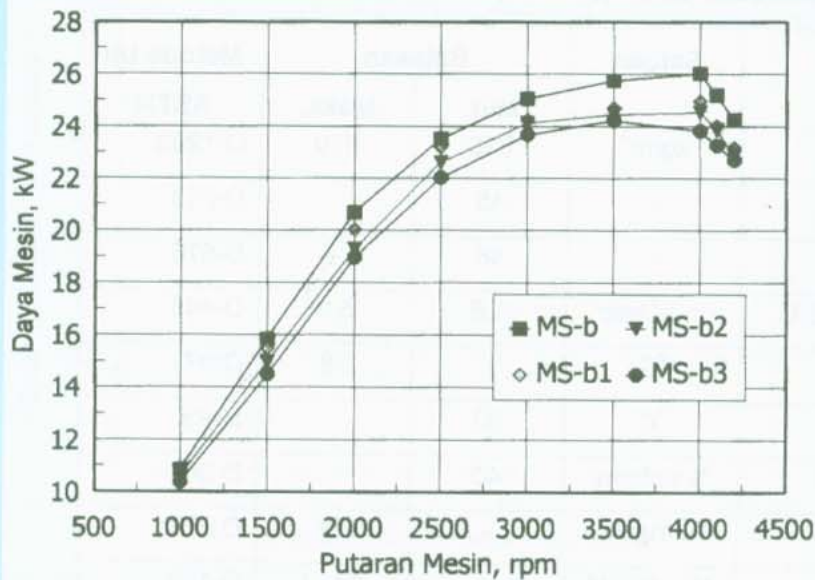
*) Sumber : Surat Keputusan Dirjen Migas No. 113.K/72/DJM/1999 tanggal 27 Oktober 1999.

Tabel 2
Data teknis mesin uji multisilinder Isuzu C-223

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

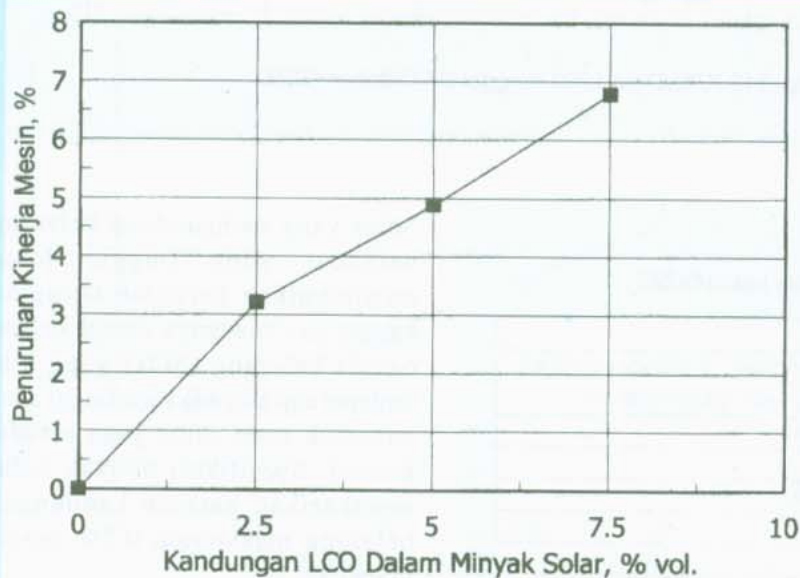
Solar yang mengandung belerang berkadar yang tinggi, dapat menimbulkan kerugian-kerugian karena gas buangnya menghasilkan oksida belerang (SO_x) yang bila terdapat uap air pada suhu tinggi akan terbentuk asam sulfat yang bersifat korosif. Spesifikasi minyak Solar memberikan batasan kandungan belerang maksimum 0,5% massa (Tabel 1).

Hasil uji kandungan belerang minyak Solar tipikal dan LCO tipikal masing-masing 0,042 % massa (Tabel 3) dan 0,160 % massa (Tabel 2). Penambahan LCO ke dalam minyak



Gambar 9

Hasil uji daya mesin yang memakai Minyak Solar yang mengandung 2,5 % vol. LCO dibandingkan dengan Minyak Solar Referensi



Gambar 10

Pengaruh penambahan LCO kedalam Minyak Solar terhadap perubahan kinerja mesin

Solar tipikal cenderung meningkatkan kandungan belerang seperti disajikan pada Gambar 7. Tetapi penambahan sampai 10% volume LCO ke dalam minyak Solar tipikal masing memenuhi spesifikasi minyak Solar yang ditetapkan Pemerintah.

8. Residu Karbon

Kotoran yang terdapat di dalam ruang bakar motor diesel dapat juga berasal dari fraksi berat yang terdapat dalam minyak Solar yang diidentifikasi dengan uji residu karbon (*conradson carbon residue, CCR*). Endapan CCR ini akan terbentuk cukup banyak bila minyak Solar tersebut tidak terbakar sempurna. Oleh sebab itu, residu karbon yang terdapat di dalam minyak Solar harus dibatasi maksimum 0,1 % massa (Tabel 1).

Hasil uji CCR minyak Solar tipikal dan LCO tipikal masing-masing 0,022% massa (Tabel 3) dan 0,993 % massa (Tabel 2). Hasil uji CCR dalam minyak Solar modifikasi disajikan pada Gambar 8. Peningkatan CCR dalam minyak Solar modifikasi disebabkan oleh tingginya kadar CCR di dalam LCO dibandingkan dengan residu karbon conradson di dalam percontoh minyak Solar tipikal. Penambahan sampai 7,5% volume LCO tipikal ke dalam minyak Solar tipikal masih memenuhi spesifikasi minyak Solar yang ditetapkan Pemerintah.

9. Kandungan Abu, Kandungan

Air, Bilangan Netralisasi

Hasil uji kandungan abu, kandungan air dan bilangan netralisasi percontoh yang mengandung LCO masing-masing memenuhi spesifikasi yang ditetapkan Pemerintah.

10. Warna

Warna (*colour*) minyak Solar tidak berpengaruh terhadap kualitas minyak Solar tetapi perubahan warna merupakan indikasi terjadinya penurunan kualitas minyak Solar



tersebut.

Hasil uji warna minyak Solar-b adalah 1,0 (Tabel 3) dan penambahan LCO ke dalam minyak Solar meningkatkan tingkat warna dari minyak Solar. Penambahan sampai dengan 7,5% volume LCO ke dalam minyak Solar-b masih memenuhi warna menurut spesifikasi minyak Solar yaitu maksimum 3,0 (Tabel 1). Sebaliknya penambahan sampai 10% volume LCO, warna minyak Solar tersebut menyimpang dari spesifikasi minyak Solar yang ditetapkan Pemerintah.

11. Homogenitas

Secara visual sifat campuran percontoh minyak Solar yang mengandung 3,5% volume LCO bersifat homogen dan campuran yang melebihi 3,5% volume LCO ke dalam minyak Solar tipikal adalah bersifat heterogen.

B. Pengujian Kinerja Mesin

Identitas percontoh minyak Solar digunakan untuk pengujian kinerja mesin adalah :

MS-b : Minyak Solar tipikal (100% minyak Solar dari Kilang Pertamina)

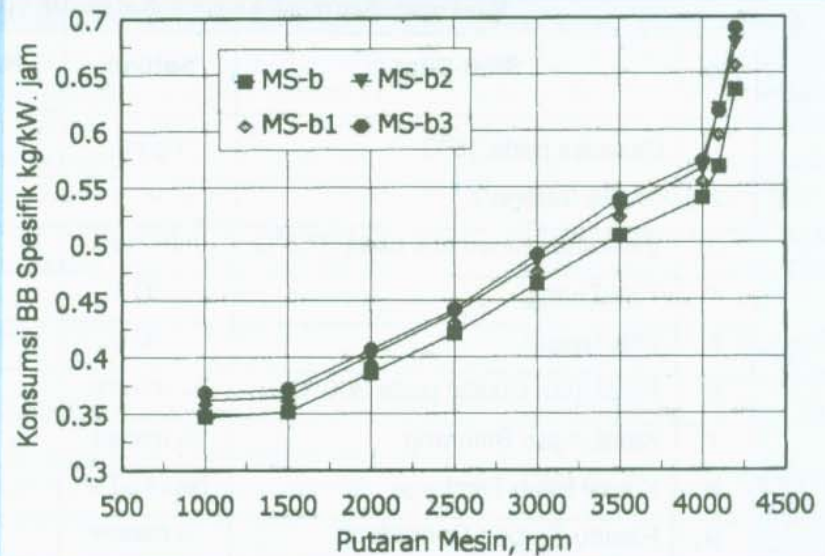
MS-b1 : Minyak Solar-b1 (2,5% vol. LCO + 97,5% vol. MS-b)

MS-b2 : Minyak Solar-b2 (5,0% vol. LCO + 97,5% vol. MS-b)

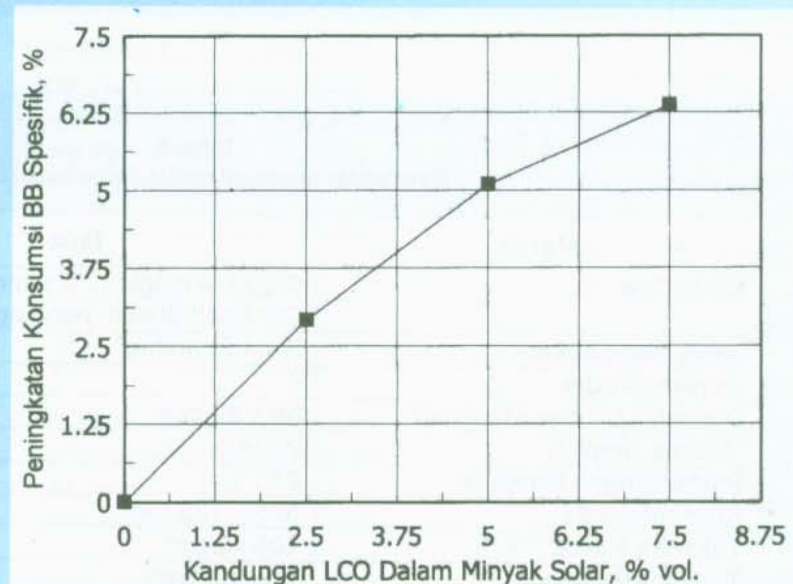
MS-b3 : Minyak Solar-b3 (7,5% vol. LCO + 97,5% vol. MS-b)

Data teknis mesin diesel Isuzu C-223 yang dipakai pada pengujian kinerja di Bangku Multisilinder disajikan pada Tabel 4.

Daya mesin adalah didefinisikan sebagai besarnya kerja yang dilakukan (Nm) per satuan waktu (detik). Dengan mengukur torsi dan jarak yang ditempuh dalam suatu putaran, diperoleh kerja yang dihasilkan. Secara umum daya mesin dihitung dengan menggunakan rumus (1) sebagai berikut :



Gambar 11
Hasil uji SFC percontoh Minyak Solar



Gambar 12
Peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik Minyak Solar MS-b1, MS-b2, MS-b3 dibandingkan dengan Minyak Solar referensi (MS-b)



Tabel 3
Hasil pengujian minyak solar tipikal eks UP VI Balongan

No.	Sifat-Sifat	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji ASTM
1	Densitas pada 15°C	kg/m ³	853	D-1298
2	Angka Setana	-	50,2	D-613
3	Viskositas Kinematik pada 37,8°C	mm ² /sec	5,48	D-445
4	Titik Tuang	°C	18	D-97
5	Titik Nyala	°C	119,5	D-93
6	Perolehan Distilat pada 300°C	% volume	43,5	D-86
7	Kandungan Belerang	% massa	0,042	D1552
8	Korosi Bilah Tembaga	No. ASTM	1a	D-130
9	Residu Karbon Conradson	% massa	0,022	D-189
10	Kandungan Abu	% massa	0,001	D-482
11	Kandungan Air	% volume	trace	D-95
12	Kandungan Sedimen	% massa	0,0	D-473
13	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	Nil	D-664
14	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	0,050	D-664
15	Warna	No. ASTM	1,0	D-1500

Tabel 4
Data teknis mesin uji multisilinder Isuzu C-223

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



$$P = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} \dots\dots\dots (1)$$

Bangku uji Multisilinder memakai mesin Isuzu Panther C-223 dengan panjang lengan rem dinamometer tertentu, sehingga rumus (1) diatas dapat disederhanakan menjadi rumus (2) sebagai berikut :

$$P = \frac{T \cdot n}{9543,3} \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

T = Torsi Mesin, Nm

P = Daya Mesin, kW

n = Putaran Mesin, dalam rpm.

1. Daya Mesin

Kecenderungan hasil pengujian daya mesin rata-rata terhadap putaran mesin yang menggunakan minyak Solar MS-b1, MS-b2, MS-b3 dibandingkan dengan minyak Solar-b (MS-b) disajikan pada Gambar 9. Rangkuman kecenderungan perubahan daya mesin rata-rata terhadap % volume penambahan LCO ke dalam minyak Solar disajikan pada Gambar 10.

Evaluasi hasil pengujian kinerja mesin yang disajikan pada Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan bahwa pada penambahan LCO: 2,5% volume, 5,0% volume, 7,5% volume ke dalam minyak Solar-b terjadi penurunan daya mesin rata-rata masing-masing 3,22%; 4,90% dan 6,80%.

2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Sfc)

Kecenderungan hasil konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption, Sfc*) rata-rata terhadap putaran mesin yang menggunakan minyak Solar MS-b1, MS-b2, MS-b3 dibandingkan dengan minyak Solar-b (MS-b) disajikan pada Gambar 11. Rangkuman kecenderungan

perubahan konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata terhadap %volume penambahan LCO ke dalam minyak Solar disajikan pada Gambar 12.

Evaluasi hasil pengujian kinerja mesin yang disajikan pada Gambar 11 dan Gambar 12 menunjukkan bahwa pada penambahan LCO: 2,5% volume, 5,0% volume, 7,5% volume kedalam minyak Solar-b terjadi peningkatan (boros) konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata masing-masing 2,93%; 5,10% dan 6,38%.

3. Opasitas

Rangkuman kecenderungan perubahan asap hitam (opasitas) rata-rata terhadap % volume penambahan LCO masing-masing: 0,0% volume (MS-b), 2,5% volume (MS-b1), 5,0% volume (MS-b2), 7,5% volume (MS-b3) ke dalam minyak Solar masing-masing: 17,4%; 20,5%; 25,0% dan 35,5%.

V. KESIMPULAN

Dari hasil-hasil pengujian sifat-sifat fisika/kimia dan kinerja mesin di atas Bangku Multisilinder Isuzu C-223 disimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan LCO sampai 7,5% volume kedalam minyak Solar tipikal (MS-b) memberikan pengaruh terhadap sifat-sifat fisika/kimia sebagai berikut :
 - Densitas, perolehan distilat, kandungan belerang, residu karbon meningkat, tetapi masih memenuhi spesifikasi minyak Solar Indonesia.
 - Kinematik viskositas, angka setana, titik tuang, titik nyala menurun, tetapi masih memenuhi spesifikasi minyak Solar yang ditetapkan Pemerintah.
 - Sampai penambahan 3,5 % volume LCO ke dalam minyak Solar tipikal terjadi campuran yang homogen. Tetapi pencampuran LCO

lebih dari 3,5 % ke dalam minyak Solar terjadi campuran yang heterogen.

1. Penambahan LCO pada konsentrasi 2,5% volume, 5,0% volume dan 7,5% volume kedalam minyak Solar tipikal (MS-b) memberikan pengaruh terhadap kinerja mesin sebagai berikut :
 - Daya mesin rata-rata turun masing-masing: 3,22%; 4,90% dan 6,80%.
 - Konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata meningkat (boros) masing-masing: 2,93%; 5,10% dan 6,38%.
 - Opasitas minyak Solar tipikal (MS-b) 17,4%, penambahan LCO meningkat menjadi 20,5%; 25,0% dan 35,5%.

KEPUSTAKAAN

1. Annual Book of ASTM Standars, 1977, *Petroleum Products, Lubricant, and Fossil Fuel*, section 5, volume 0.5-01
2. Owen Keith; dan Cooley Trevor, 1990, *Automotive Fuel Handbook*, Warrendale, PA 15096-0001, USA
3. La Puppung Pallawagau, 1985, Beberapa Minyak Nabati yang Memiliki Potensial Sebagai Bahan Bakar Alternatif untuk Motor Diesel, *Lembaran Publikasi Lemigas No. 1/1985*.
4. SAE, 1996, *SAE Handbook volume 3*, Engine, Fuel, Lubricants, Emission, and Noise, Society of Automotive Engineers, Inc, Warrendale USA
5. *Spesifikasi Minyak Solar, 1999, Menurut Surat Keputusan Dirjen Migas No. 113.K/72/DJM/1999 tanggal 27 Oktober 1999*.
6. Weismann J, Main Characteristics of Fuel Oils and Influence on the Functioning of Engines, Furnaces and Other Fuel Utilization, *Lembaga Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"*, Jakarta. •