

# Pengaruh Viskositas dan Kandungan Sulfur dalam Minyak Solar terhadap Sifat Lubrisitas Minyak Solar Indonesia

Oleh:

Djainuddin Semar

## SARI

Kandungan sulfur dalam minyak solar memberikan pengaruh negatif pada emisi gas buang dan memberikan pengaruh positif pada pelumasan injeksi mesin diesel.

Studi ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kandungan sulfur dan viskositas terhadap sifat lubrisitas minyak solar. Hasil-hasil analisis kandungan sulfur, viskositas menunjukkan bahwa perubahan kandungan sulfur dan viskositas mempunyai korelasi terhadap sifat lubrisitas minyak solar.

Sifat lubrisitas tidak berhubungan langsung terhadap kandungan sulfur tetapi beberapa komponen organik sulfur dalam minyak solar dapat mencegah keausan pada permukaan logam yang bergesekan. Komponen sulfur yang memberikan perlindungan terhadap permukaan logam tersebut adalah *polycyclic aromatic* yang mengikat oksigen, sulfur dan nitrogen.

Studi ini memakai 17 sampel yang diambil dari Depot dan SPBU Pertamina di 17 propinsi di Indonesia.

Hasil-hasil dari studi ini diuraikan secara lengkap pada tulisan ini.

Kata kunci: kandungan sulfur, viskositas, lubrisitas, minyak solar.

## ABSTRACT

*Sulfur content in diesel fuel has both negative effect at exhaust emission and positive effect at diesel injection lubricity.*

*The main objective of this study is to know the effect of sulfur content, viscosity change of diesel fuel in the lubricity of the diesel fuel. Results of analyze of sulfur content, viscosity which have been done show that the change of sulfur content, viscosity have correlation to change of lubricity of diesel fuel.*

*Lubricity has no direct relationship with fuel's sulfur content but by other components of the fuel which prevent wear of metal surfaces in contact. These protective components of fuel are believed to by polycyclic aromatic type with sulfur, oxygen and nitrogen content.*

*This study used seventeen diesel fuel samples from Pertamina (Depot and public gas station, SPBU) located at seventeen provinces in Indonesia.*

*Results of the study are discribed completely in this report.*

*Key words: sulfur content, viscosity, lubricity, high speed diesel.*

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

#### 1. Pengaruh sulfur dalam minyak Solar

Suatu studi menyebutkan bahwa pengurangan kadar sulfur dalam minyak solar mengakibatkan senyawa hidrokarbon sulfur yang mempunyai sifat

lubrisitas alamiah akan hilang/berkurang sehingga mempengaruhi sifat pelumasan minyak solar tersebut. Kemampuan lubrisitas yang rendah dari minyak solar akan meningkatkan keausan pada bagian-bagian mesin seperti pompa injeksi bahan bakar yang pada gilirannya akan menurunkan kinerja mesin.

**Tabel 1**  
**Spesifikasi bahan bakar minyak jenis Minyak Solar 48**  
**(Keputusan Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006)**

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji
			Min.	Maks.	ASTM/Lain
1	Bilangan setana :				
	- Angka setana	-	48	-	D 613 – 95
	- Indeks setana	-	45	-	D 4737 – 96a
2	Berat jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	815	870	D 4052-96 atau D 1298
3	Viskositas (pada suhu 40 °C)	mm <sup>2</sup> /s	2,0	5,0	D 445 – 97
4	Kandungan sulfur	% m/m	-	0,35 <sup>1)</sup>	D 2622 – 98
5	Distilasi:				D 86 – 99a
	T 95	°C	-	370	
6	Titik nyala	°C	60	-	D 93 – 99
7	Titik tuang	°C	-	18	D 97
8	Residu karbon	% massa	-	0,1	D 4530 – 93
9	Kandungan air	mg/kg	-	500	D 1744 – 92
10	<i>Biological growth</i> *)	-	Nihil		
11	Kandungan fame*)	% volume	-	10	
12	Kandungan metanol dan etanol*)	% volume	Tak terdeteksi		D 4815
13	Korosi Bilah tembaga	menit	-	kelas 1	D 130 – 94
14	Kandungan abu	% massa	-	0,01	D 482 – 95
15	Kandungan sediment	% massa	-	0,01	D 473
16	Bilangan asam kuat	mg KOH/g	-	0	D 664
17	Bilangan asam total	mg KOH/g	-	0,6	D 664
18	Partikulat	mg/l	-	10	D 2276 – 99
19	Penampilan isual	-	Jernih dan terang		
20	Warna	No. ASTM	-	3	D 1500

- \*) Khusus untuk minyak solar yang mengandung biodiesel, jenis dan spesifikasi biodieselnnya mengacu ketentuan pemerintah

Catatan Umum :

1. Aditif harus kompatibel dengan minyak mesin (tidak menambah kotoran mesin/kerak). Aditif yang mengandung komponen pembentuk abu (*ash forming*) tidak diperbolehkan.
2. Pemeliharaan secara baik untuk mengurangi kontaminasi (debu, air, bahan bakar lain, dan lain-lain).
3. Pelabelan pada pompa harus memadai dan terdefinisi.

Catatan kaki 1 : Batasan 0,35% massa setara dengan 3500 ppm.

Di sisi lain bahwa sulfur dalam minyak solar akan berpengaruh terhadap kadar emisi partikel (*particulate matter, PM*) dan emisi sulfur oksida (SOx) yang keluar melalui saluran gas buang mesin menimbulkan pengaruh buruk terhadap kesehatan manusia terutama pada paru-paru. Di samping itu sulfur oksida akan teroksidasi menjadi asam sulfit/sulfat yang dapat

menimbulkan korosi dan keausan pada sistem saluran bahan bakar mesin.

Keputusan Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 menetapkan spesifikasi bahan bakar minyak jenis minyak Solar 48 dan minyak Solar 51 seperti disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 2**  
**Spesifikasi bahan bakar minyak jenis Minyak Solar 51**  
**(Keputusan Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006)**

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji ASTM/Lain	
			Min.	Maks.		
1	Bilangan setana :					
	- Angka setana	-	51	-	D 613 – 95	
	- Indeks setana	-	48	-	D 4737 – 96a	
2	Berat jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	820 <sup>1)</sup>	860	D 4052-96	
3	Viskositas (pada suhu 40 °C)	mm <sup>2</sup> /s	2,0	4,5	D 445 – 97	
4	Kandungan sulfur	% m/m	-	0,05 <sup>2)</sup>	D 2622 – 98	
5	Distilasi:				D 86 – 99a	
	T 90 <sup>3)</sup>	°C	-	340		
	T 95 <sup>3)</sup>	°C	-	360		
	Titik didih akhir	°C	-	370		
6	Titik nyala	°C	55	-	D 93 – 99	
7	Titik tuang	°C	-	18	D 97	
8	Residu karbon	% massa	-	0,30	D 4530 – 93	
9	Kandungan air	mg/kg	-	500	D 1744 – 92	
10	Stabilitas oksidasi	g/m <sup>3</sup>	-	25	D 2274 -94	
11	<i>Biological growth</i> *)	-	Nihil			
12	Kandungan <i>fame</i> *)	% volume	-	10		
13	Kandungan metanol dan etanol*)	% volume	Tak terdeteksi		D 4815	
14	Korosi bilah tembaga	menit	-	Kelas 1	D 130 – 94	
15	Kandungan abu	% massa	-		0,01	D 482 – 95
16	Kandungan sediment	% massa	-		0,01	D 473
17	Bilangan asam kuat	mg KOH/g	-		0	D 664
18	Bilangan asam total	mg KOH/g	-		0,3	D 664
19	Partikulat	mg/l	-		10	D 2276 – 99
20	Lubrisitas (HFRR <i>wear scar dia@60°C</i> )	Micron	-		460	D 6079-99 / CEC F-06-A-96
21	Penampilan Visual	-	Jernih dan terang			
22	Warna	No. ASTM	-	1,0	D 1500	

\*) Khusus untuk minyak solar yang mengandung biodiesel, jenis dan spesifikasi biodieselnnya mengacu ketentuan pemerintah.

Catatan Umum :

1. Aditif harus kompatibel dengan minyak mesin (tidak menambah kotoran mesin/kerak). Aditif yang mengandung komponen pembentuk abu (*ash forming*) tidak diperbolehkan.
1. Pemeliharaan secara baik untuk mengurangi kontaminasi (debu, air, bahan bakar lain, dan lain-lain).
2. Pelabelan pada pompa harus memadai dan terdefinisi.

Catatan kaki:

Catatan kaki 1 : Untuk kepentingan lingkungan, berat jenis minimal 815 kg/m<sup>3</sup> dapat digunakan

Catatan kaki 2 : Batasan 0,05% masa setara dengan 500 ppm.

Catatan kaki 3 : Diperlukan kesesuaian dengan T90 atau T95, bukan keduanya

Spesifikasi minyak Solar 48 Indonesia belum membatasi sifat lubrisitas dan memberikan batasan kandungan sulfur maksimum 0,35% massa (3500 ppm), sedangkan spesifikasi minyak Solar 51 telah memberikan batasan sifat lubrisitas maksimum 460 mikron dan kandungan sulfur maksimum 0,05% massa (500 ppm).

Spesifikasi bahan bakar diesel World Wide Fuel Charter (WWFC) tahun 2006 kategori 1, 2, 3, 4 memberikan batasan kadar sulfur dalam bahan bakar diesel masing-masing adalah 0,50% massa (5000 ppm), 0,030% massa (300 ppm), 0,003% massa (30 ppm) dan sulfur *free*. Lubrisitas masing-masing

dibatasi maksimum 400 mikron seperti disajikan pada Tabel 3.

Spesifikasi EURO yaitu EURO II, EURO III, EURO IV memberikan batasan kadar sulfur dalam bahan bakar diesel masing-masing adalah 0,20% massa (2000 ppm), 0,035% massa (350 ppm), dan 0,005% massa (50 ppm). Sifat lubrisitas tidak diberikan batasan.

## 2. Spesifikasi Minyak Solar Ramah Lingkungan

Sifat-sifat fisika/kimia utama yang perlu dikembangkan dalam penetapan spesifikasi minyak

**Tabel 3**  
**Spesifikasi bahan bakar diesel *World Wide Fuel Charter* (WWFC) tahun 2006**

No.	Karakteristik	Limit, Category:				Metode Uji ASTM
		1	2	3	4	
1	<i>Density @ 15°C, kg/m<sup>3</sup></i>	820 - 860	820 - 850	820 - 840	820 - 840	D-4052
2	<i>Cetane number</i>	Min 48	Min 53	Min 55	Min 55	D-613
3	<i>Cetane index</i>	Min 45	Min 50	Min 52	Min 52	D-4737
4	<i>Viscosity @ 40°C, mm<sup>2</sup>/sec</i>	2,0 - 4,5	2,0 - 4,0	2,0 - 4,0	2,0 - 4,0	D-445
5	<i>Sulfur content, % m/m</i>	Max 0,50	Max 0,030	Max 0,003	S free	D-2622
6	<i>Aromatic content, % m/m</i>	-	Max 25	Max 15	Max 15	D-5186
7	<i>Polyaromatic content (di+ tri+), % m/m</i>	-	Max 5	Max 2	Max 2	D-2425
8	<i>Flash point, °C</i>	Min 55	Min 55	Min 55	Min 55	D-93
9	<i>Carbon residue, % m/m</i>	Max 0,30	Max 0,30	Max 0,20	Max 0,20	D-189
10	<i>Water content, mg/kg</i>	Max 500	Max 200	Max 200	Max 200	D-95
11	<i>Oxidation stability, g/m<sup>3</sup></i>	Max 25	Max 25	Max 25	Max 25	D-2274
12	<i>Total acid number, mg KOH/g</i>	-	Max 0,01	Max 0,01	Max 0,01	D-664
13	<i>Copperstrip corrosion, merit</i>	Class 1	Class 1	Class 1	Class 1	D-130
14	<i>Ash content, % m/m</i>	Max 0,01	Max 0,01	Max 0,01	Max 0,01	D-482
15	<i>Particulates, mg/l</i>	Max 24	Max 24	Max 24	Max 24	D-2276
16	<i>Distillation</i>					D-86
	<i>T90, °C</i>	-	Max 340	Max 320	Max 320	
	<i>T95, °C</i>	Max 370	Max 355	Max 340	Max 340	
	<i>Final boiling point, °C</i>	-	Max 365	Max 350	Max 350	
17	<i>Foam volume, ml</i>	-	-	100	100	NF M 07-075
18	<i>Foam finishing time</i>	-	-	15	15	NF M 07-075
19	<i>Lubricity (HFRR Scar dia@ 15°C), μ</i>	Max 400	Max 400	Max 400	Max 400	D-6079
20	<i>Injector cleanliness I, % air flow loss</i>	Max 85	Max 85	Max 85	Max 85	CEC (PF-023)TBA
21	<i>Injector cleanliness II, Avg. plunger deposit rating</i>	10,0	10,0	10,0	10,0	
22	<i>% Flow loss</i>	5,0	5,0	5,0	5,0	

**Tabel 4**  
**Hasil analisis sifat-sifat fisika/kimia dan lubrisitas percontoh Minyak Solar 48 Tipikal dari beberapa depot dan SPBU di Indonesia**

No	Kode Percontoh Minyak Solar 48	Angka Setana ASTM D 613 Min. 48	Viskositas Kinematik pada 37, 80C (ASTM D-445) (mm <sup>2</sup> /sec) Min. 2,0 Maks. 5,0	Kandungan Sulfur ASTM D-2662 (% massa) Maks. 0,35	Titik Nyala PMcc ASTM D-93 (oC) Min. 60	Lubrisitas HFRR Scar Diameter (ASTM D-6079) (Micron)
1	SLR-01	57,4	3,60	0,15	97	413
2	SLR-02	56,8	4,75	0,30	64	401
3	SLR-03	56,8	4,41	0,12	70	420
4	SLR-04	52,3	4,76	0,22	68	402
5	SLR-05	57,4	4,58	0,26	68	404
6	SLR-06	54,7	4,60	0,22	74	403
7	SLR-07	52,7	4,08	0,14	65	415
8	SLR-08	51,1	4,07	0,20	72	408
9	SLR-09	57,4	3,88	0,20	78	420
10	SLR-10	57,2	4,76	0,27	65	402
11	SLR-11	57,4	4,42	0,23	68	404
12	SLR-12	56,1	3,61	0,25	70	405
13	SLR-13	57,4	4,12	0,23	64	405
14	SLR-14	57,4	4,22	0,20	66	412
15	SLR-15	57,2	3,29	0,11	68	430
16	SLR-16	57,4	3,47	0,13	68	425
17	SLR-17	55,3	3,86	0,12	60	420

solar ramah lingkungan adalah menurunkan kandungan sulfur, meningkatkan angka setana atau setana indeks, menurunkan batas maksimum viskositas, menurunkan temperature 90% volume penguapan (T95), menetapkan spesifikasi kandungan aromatik dan menetapkan sifat lubrisitas.

Spesifikasi minyak Solar menurut keputusan Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 dibandingkan dengan spesifikasi Dirjen Migas No. 113.K/DJM/1999 tanggal 27 Oktober 1999 menetapkan beberapa perubahan/penambahan karakteristik uji untuk menuju ke spesifikasi minyak solar ramah lingkungan. Perubahan karakteristik uji tersebut antara lain adalah:

- Spesifikasi minyak Solar menurut SK Dirjen Migas No. 113.K/DJM/1999 tanggal 27 Oktober 1999

tidak berlaku lagi sejak dtetapkannya keputusan Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.

- Ditetapkan 2 (dua) spesifikasi minyak solar yaitu minyak Solar 48 dan minyak Solar 51 seperti disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.
- Perubahan batasan nilai karakteristik fisika/kimia pada minyak Solar 48 yaitu angka setana dari minimum 45 menjadi minimum 48, kandungan sulfur dari 0,5% massa menjadi 0,35% massa, viskositas kinematik dari 1,6 mm<sup>2</sup>/dtk – 5,8 mm<sup>2</sup>/dtk menjadi 2,0 mm<sup>2</sup>/dtk – 5,0 mm<sup>2</sup>/dtk.
- Penambahan karakteristik uji meliputi: partikulat (ASTM D 2276), kandungan *Fame*, kandungan methanol/etanol (ASTM D 4815) dan khusus

minyak Solar 51 adalah pembatasan lubrisitas (ASTM D 6079).

Penetapan batasan kandungan aromatik dan sifat lubristas untuk minyak Solar 48 harus dilakukan penelitian secara cermat yang mencakup produk minyak solar dari berbagai kilang dalam negeri.

### B. Tujuan

Mengetahui hubungan kandungan sulfur, viskositas kinematik minyak solar tipikal yang dipasarkan di dalam negeri terhadap tingkat kemampuan lubrisitas.

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah memberikan masukan ke pemerintah dalam menentukan batasan spesifikasi lubrisitas minyak Solar 48 Indonesia.

### C. Lingkup Kegiatan

Lingkup kegiatan penelitian meliputi: pengumpulan data literatur, pengambilan percontoh minyak Solar 48 di lapangan, analisis sifat-sifat fisika/kimia dan sifat lubrisitas, evaluasi dan pelaporan.

### D. Metodologi

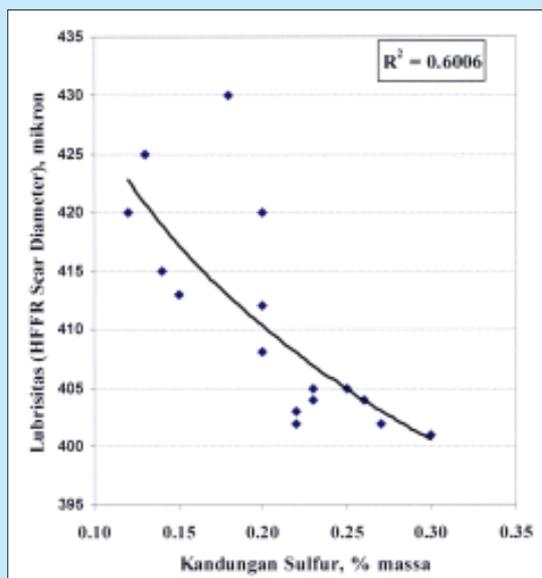
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah survai dan studi literatur, analisis di laboratorium. Sifat-sifat fisika/kimia minyak solar di

analisis di Laboratorium dengan menggunakan metode uji standar ASTM atau lainnya. Evaluasi hasil-hasil analisis dilakukan dengan membandingkan hasil-hasil uji tersebut dengan spesifikasi minyak Solar 48 Indonesia.

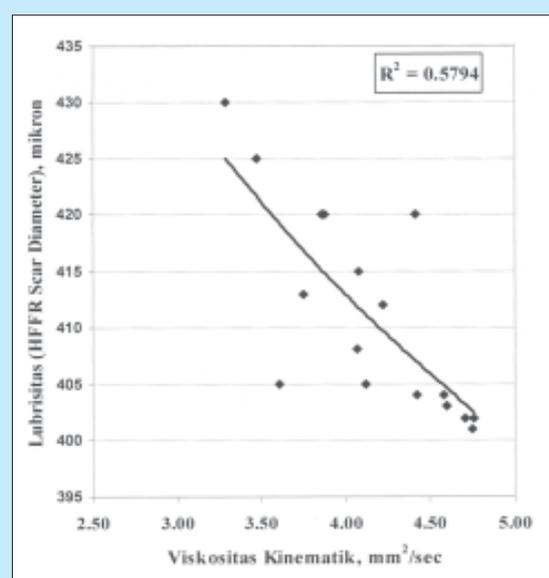
## II. SURVAI DAN ANALISIS

Survai/pengambilan percontoh (*sampling*) minyak solar dilakukan di 17 daerah yaitu dari Depot Sanggaran, Denpasar (Bali), Terminal Transit Teluk Kabung, Padang (Sumatera Barat), Depot Banjarmasin (Kalimantan Selatan), Depot Batam (Kep. Riau), Depot Pontianak (Kalimantan Barat), Depot Rewulu, Yogyakarta (DI. Yogyakarta), Depot P. Batam (Bangka Belitung), Depot Balongan (Jawa Barat), Depot Ampenan (NTB), Instalasi Makassar (Sulawesi Selatan), Depot Kertapati, Palembang (Sumatera Selatan), Depot P. Pisau, Palangkaraya (Kalimantan Tengah), Instalasi Belawan (Sumatera Utara), Depot Balikpapan (Kalimantan Timur) dan Depot P. Baai (Bengkulu), serta SPBU (satu di Jakarta dan satu di Surabaya)

Percontoh minyak solar yang dianalisis sebanyak 17 percontoh yang terdiri dari 15 percontoh dari Depot/Terminal Transit/Instalasi Pertamina dan 2 percontoh dari Stasiun Pengisian Bahan Bakar untuk Umum (SPBU). Secara acak 17 percontoh tersebut



Gambar 1  
Hubungan kandungan sulfur terhadap lubrisitas minyak solar



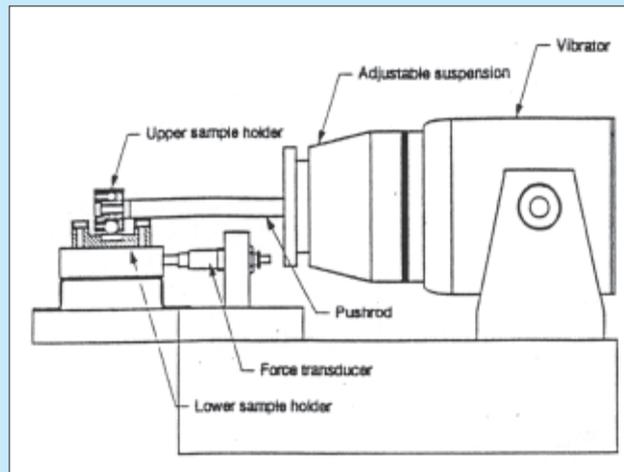
Gambar 2  
Hubungan viskositas kinematik terhadap lubrisitas minyak solar

diberi kode SLR-01 s/d SLR-17. Analisis sifat-sifat fisika/kimia percontoh minyak solar yang meliputi: angka setana, viskositas kinematik, kandungan sulfur, titik nyala dan sifat lubrisitas.

Pengujian sifat lubrisitas bahan bakar diesel digunakan metode ASTM D 6079-97 (*high frequency reciprocating rig, HFRR*). Metode ini telah ditetapkan oleh Komite D-2 ASTM untuk *Petroleum Product and Lubricant*. Metode ini dapat digunakan untuk bahan bakar *middle distillate*, seperti bahan bakar diesel berkadar sulfur rendah dan tinggi menurut Spesifikasi ASTM D 975 atau bahan bakar lain yang mirip dengan bahan bakar dari minyak bumi yang dapat digunakan sebagai bahan bakar motor diesel.

Pada Gambar 3 disajikan skema dari alat uji high frequency reciprocating rig (HFRR), alat ini terdiri dari: sepasang sampel pengujian, salah satu diam dan lainnya bergerak, sebuah *vibrator* elektronik yang menyebabkan sampel bergerak; sebuah *transducer* gaya yang mengukur gaya gesek yang timbul antara kedua sampel; sebuah *displacement transducer* yang mengukur dan mengontrol panjang langkah dari vibrator; sebuah system *adjustable suspension* yang memberi beban pendahuluan (*preload*) pada vibrator dengan demikian dimungkinkan panjang langkah yang sangat pendek dan sebuah system pemanas yang memungkinkan pengujian dilakukan pada suatu elevasi temperatur.

Vibrator adalah suatu unit magnet permanen standar dan dipasang antara dua tumpuan yang memungkinkannya bergetar. Vibrator mengarahkan gerakan *upper sample* via sebuah *pushrod* bermassa rendah. *Upper sample* dipasang pada sebuah pegangan dari *stainless steel*. Sampel standard *upper* dan *lower* masing-masing sebuah bola berdiameter 6.5 mm dan sebuah flat cakra berdiameter 10 mm, keduanya dibuat dari baja bantalan 52100 (UK spec EN31, 535A99). *Lower sample* dipasang pada sebuah wadah kecil dari *stainless steel* yang berisi bahan bakar uji. Kedua sampel dibebani bersama-sama dengan beban mati yang digantung pada pemegang *upper sample*. Lubrisitas dari bahan bakar uji ditentukan oleh *wear scar diameter* (WSD) dari bola dalam mikron. Makin rendah WSD suatu bahan bakar, makin tinggi lubrisitasnya.



Gambar 3  
Skema alat uji HFRR

### III. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

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

Hasil analisis sifat-sifat fisika/kimia percontoh minyak solar yang meliputi angka setana, viskositas kinematik, kandungan sulfur, titik nyala dan sifat lubrisitas, seperti disajikan pada Tabel 4, Gambar 1 dan Gambar 2.

#### 1. Angka Setana

Mutu penyalan minyak Solar 48 ditentukan oleh angka setana minimum 48 yang dianalisis dengan metode ASTM D 613-95. Jika angka setana lebih rendah dari 48, penundaan penyalan lebih lama, kenaikan tekanan pembakaran lebih tinggi, bunyi mesin kasar. Indeks setana digunakan untuk hidrokarbon murni tanpa aditif penaik angka setana.

Hasil uji angka setana terhadap 17 percontoh minyak solar adalah berkisar 51,1 – 57,4 disajikan pada Tabel 4. Dari Tabel 4 ternyata semua percontoh yang dianalisis memenuhi spesifikasi minyak Solar 48 menurut keputusan Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.

#### 2. Viskositas Kinematik

Spesifikasi minyak Solar 48 Indonesia memberikan batasan viskositas kinematik 2,0 mm<sup>2</sup>/dtk – 5,0 mm<sup>2</sup>/dtk yang dianalisis pada temperatur 40°C dengan metode ASTM D-445. Pemasukan dan injeksi minyak solar ke dalam mesin diesel tergantung pada nilai viskositas kinematik, oleh sebab itu untuk

mencapai kinerja optimum maka viskositas kinematik minyak solar yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan mesin.

Hasil analisis viskositas kinematik 17 percontoh minyak solar berkisar  $3,12 \text{ mm}^2/\text{dtk}$  –  $4,76 \text{ mm}^2/\text{dtk}$  seperti disajikan pada Tabel 4. Dari Tabel 4 ternyata semua percontoh yang dianalisis memenuhi spesifikasi minyak Solar 48 yang ditetapkan Pemerintah Indonesia.

### 3. Kandungan Sulfur

Spesifikasi minyak Solar 48 Indonesia memberikan batasan kandungan sulfur maksimum 0,35% massa (3500 ppm) yang dianalisis dengan metode ASTM D 2622-98. Kandungan sulfur dalam minyak solar dapat menyebabkan terjadinya emisi partikel (*particulate matter*; PM) dan sulfur oksida (SOx) melalui saluran gas buang mesin. Selain itu sulfur oksida dapat teroksidasi menjadi asam sulfit/sulfat yang dapat menyebabkan korosi dan keausan pada bagian-bagian mesin. Selanjutnya sulfur oksida dapat mempengaruhi efisiensi sistem katalis pada saluran pipa gas buang (*exhaust gas after treatment*).

Hasil analisis kandungan sulfur terhadap 17 percontoh minyak solar berkisar 0,11% massa – 0,30% massa, disajikan pada Tabel 4. Dari Tabel 4 ternyata semua percontoh yang dianalisis memenuhi spesifikasi minyak Solar 48 yang ditetapkan Pemerintah Indonesia.

### 4. Titik Nyala

Titik nyala minyak Solar 48 Indonesia dibatasi minimum  $60^\circ\text{C}$  yang dianalisis dengan metode ASTM D 93-99c. Titik nyala tidak berpengaruh langsung pada mutu minyak solar, tetapi sangat berpengaruh pada keamanan pada penanganan dan penyimpanan (*handling and storage*) minyak solar.

Hasil analisis titik nyala terhadap 17 percontoh minyak Solar 48 berkisar  $64^\circ\text{C}$  –  $97^\circ\text{C}$  seperti disajikan pada Tabel 4. Dari Tabel 4 ternyata semua percontoh yang dianalisis memenuhi spesifikasi minyak Solar 48 yang ditetapkan Pemerintah Indonesia.

### B. Lubrisitas

Sifat lubrisitas minyak solar sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya keausan pada pompa injeksi dan injektor mesin diesel. Pengurangan kandungan sulfur dalam minyak solar dapat menyebabkan senyawa hidrokarbon sulfida tertentu

hilang sehingga sifat lubrisitas bahan bakar diesel berkurang.

Hasil analisis lubrisitas 17 percontoh minyak solar berkisar 401 mikron – 430 mikron, disajikan pada Tabel 4. Suatu hasil studi mengidentifikasi bahwa bahan bakar diesel yang mempunyai lubrisitas sampai 450 micron memberikan pelumasan yang baik terhadap semua pompa injeksi bahan bakar mesin diesel.

### C. Pengaruh Viskositas dan Sulfur terhadap Kemampuan Lubrisitas

Hasil analisis 17 percontoh minyak solar yang meliputi: viskositas kinematik berkisar  $3,12 \text{ mm}^2/\text{sec}$  –  $4,76 \text{ mm}^2/\text{dtk}$ , kandungan sulfur berkisar 0,11% massa – 0,30% massa dan lubrisitas berkisar 401 mikron – 430 mikron seperti disajikan pada Tabel 4.

#### 1. Pengaruh Kandungan Sulfur Terhadap Kemampuan Lubrisitas

Kandungan sulfur dalam minyak Solar tidak berpengaruh langsung terhadap sifat lubrisitas tetapi senyawa hidrokarbon yang mengandung belerang jenis *polycyclic aromatic sulphur* yang ada dalam minyak Solar memberikan lubrisitas alamiah yang baik.

Secara parsial pengaruh kandungan sulfur dalam minyak solar terhadap kemampuan lubrisitas minyak solar dengan mengabaikan sifat-sifat fisika/kimia lain memberikan kecenderungan seperti disajikan pada Gambar 1. Dari Gambar 1 terlihat hubungan antara pengaruh kandungan sulfur terhadap sifat lubrisitas terhadap 17 percontoh minyak Solar yang dianalisis. Makin tinggi kandungan sulfur makin rendah sifat lubrisitasnya, namun korelasinya relatif kurang nyata (tidak signifikan).

#### 2. Pengaruh Viskositas Kinematik Terhadap Kemampuan Lubrisitas

Secara parsial pengaruh viskositas kinematik minyak solar terhadap kemampuan sifat lubrisitas minyak solar dengan mengabaikan sifat-sifat fisika/kimia lain memberikan kecenderungan seperti disajikan pada Gambar 2. Dari Gambar 2 terlihat korelasi antara viskositas kinematik dan sifat lubrisitas terhadap 17 percontoh minyak solar yang dianalisis. Makin tinggi viskositas kinematik makin rendah sifat lubrisitasnya, namun korelasinya kurang nyata (tidak signifikan).

#### IV. KESIMPULAN

Dari pembahasan hasil pengujian sifat-sifat fisika/kimia percontoh minyak solar dapat diambil kesimpulan dan saran.

##### A. Kesimpulan

1. Dari 17 percontoh minyak solar yang dianalisis sifat-sifat fisika/kimianya ternyata semua percontoh (100%) memenuhi spesifikasi minyak Solar 48 Indonesia.
2. Hasil uji lubrisitas 17 percontoh minyak solar adalah berkisar 401 mikron – 430 mikron. Diusulkan sifat lubristas minyak Solar (ASTM D 6079) dimasukkan ke dalam spesifikasi minyak Solar 48 Indonesia mendatang dengan batas maksimum 460 mikron.
3. Hasil analisis terhadap 17 percontoh minyak solar tipikal menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara kandungan sulfur terhadap sifat lubrisitas. Namun korelasi tersebut relatif kurang nyata (tidak signifikan). Demikian pula korelasi antara viskositas kinematik terhadap sifat lubrisitas yaitu kurang nyata (tidak signifikan).
4. Perubahan nilai batasan spesifikasi minyak Solar 48 terhadap sifat fisika/kimia yang meliputi angka setana, kandungan sulfur, viskositas kinematik adalah dapat dipenuhi oleh hasil analisis sifat-sifat fisika/kimia minyak Solar 48 yang beredar di pasaran.

##### B. Saran

1. Adanya penambahan karakteristik uji baru dalam spesifikasi minyak Solar seperti partikulat (ASTM D 2276), kandungan fame, kandungan metanol/etanol (ASTM D 4815) harus didukung oleh laboratorium migas.
2. Untuk mencegah/mengurangi terbentuknya deposit berlebih di ruang bakar mesin dan pencemaran udara, maka spesifikasi minyak Solar 48 mendatang perlu memberikan batasan kandungan

aromatik dan atau polyaromatik seperti ditetapkan dalam spesifikasi WWFC. Oleh sebab itu perlu studi tersendiri yang mencakup produk minyak Solar seluruh kilang di Indonesia.

#### KEPUSTAKAAN

1. ACEA, Aliance, EMA, JAMA, April 2000, "World Wide Fuel Charter".
2. Chevron Oronite, 1998, Diesel Fuels Technical Review", Chevron Product Company, USA.
3. E. Jasjfi dan Bustani Mustafa, 1989, "Perkembangan bahan Bakar Bensin dan Spesifikasi ASTM serta Pengaruhnya bagi Indonesia" *Lembaran Publikasi Lemigas* No. 2/1989 halaman 121.
4. La Pupung Palawagau, Ir., 2004, "Mutu dan Spesifikasi Minyak Solar", Pelatihan Pengawasan Mutu BBM dan Pelumas, PPPTMGB LEMIGAS, 19-23 Juli 2004.
5. La Pupung Palawagau, Ir., dan Djainuddin Semar, Ir., 2005, "Penelitian Penggunaan Minyak Nabati/ Derivatifnya sebagai Aditif untuk meningkatkan Lubrisitas Bahan Bakar Diesel", *Laporan Tahun 2005*, PPPTMGB LEMIGAS, Desember 2005.
6. Mardono, Drs., MM dan Djainuddin Semar, Ir., 2002, "Penelitian Kemampuan Pelumasan Minyak Solar Indonesia Menuju ke Spesifikasi Minyak solar Sulfur Rendah Ramah Lingkungan", *Laporan DIPA*, Desember 2002.
7. Bustani Mustafa, Ir., MSc, 1989-1990, "Bahan Bakar Diesel", Diktat Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri USAKTI, Jakarta.
8. Owen K, Coley T., 1995, "Automotive Fuels Reference Book", SAE, Inc., Warrendale.
9. Pakorn Bovonsombat, Somchai Siangsanorh, Pison Boonchanta, 1998, "Low Sulphur Diesel Field Test Study in Thailand", *SAE Technical Paper Series*, Warrendale USA.