

# Pengaruh Kandungan Logam dalam Minyak Solar 48 terhadap Pembentukan Deposit pada Komponen Ruang Bakar Mesin Diesel Statis (*Genset*)

**Emi Yuliarita**

Peneliti Muda pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230, Indonesia

Tromol Pos : 6022/KBYB-Jakarta 12120, Telepon : 62-21-7394422, Faksimile : 62-21-7246150

Teregistrasi I Tanggal 7 Desember 2011; Diterima setelah perbaikan tanggal 23 Desember 2011

Disetujui terbit tanggal: 30 Desember 2011

## S A R I

Adanya logam dalam minyak solar dapat menyebabkan terjadinya deposit pada komponen ruang bakar mesin diesel. Kandungan logam belum dibatasi dalam spesifikasi minyak Solar yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dalam penelitian ini digunakan minyak solar 48 dari kilang Pertamina sebagai bahan bakar pembanding dan bahan bakar minyak solar modifikasi yang mempunyai kandungan logam lebih tinggi. Pengujian dilakukan pada mesin genset Yanmar TF85 yang berkapasitas 5 kVa, dengan sistem injeksi langsung (DI) selama 100 jam operasi mesin. Evaluasi intensitas dampak atau deposit pada permukaan komponen mesin dilakukan dengan metode penilaian yang dikenal dengan nama Merit Rating yang mengacu kepada metode CEC M02-T70. Hasil merit rating antara minyak solar SFR dan SFA menunjukkan perbedaan terutama pada kepala silinder mesin dengan perbedaan 12,52%. Dan berat deposit pada kepala silinder mesin yang telah menggunakan bahan bakar SFR adalah 0,3225 gr dan SFA adalah 0,5860 gr. Studi ini menunjukkan bahwa kandungan logam yang tinggi dalam minyak solar dapat menyebabkan terjadinya pengendapan deposit dalam ruang bakar

**Kata kunci:** kandungan logam, minyak solar 48, merit rating, komponen mesin, deposit

## ABSTRACT

*The presence of metals in diesel oil can cause deposits on the components of diesel engine combustion chamber. Metal content has not been restricted in Diesel oil specification established by the Government. This study used the diesel oil 48 as reference fuel of Pertamina refinery, and modification of diesel fuel that has a higher metal content. Tests have been performed on Yanmar TF85 engine generator with a capacity of 5 kVA, with a system of direct injection (DI) for 100 hours of engine operation. Evaluation of the intensity of the impact or deposit on the surface of engine components made by the method of assessment known as the Merit Rating which refers to CEC M02-T70 method. The results merit rating between SFR and SFA diesel oil showed differences mainly in the engine cylinder head with the percentage difference is 12.52%. And the weight of deposit on the engine cylinder head has been using fuel SFR is 0.3225 gr and the other fuel SFA is 0.5860 gr. This current study demonstrates that high metal content in the diesel fuel may cause metal deposition in the combustion chamber.*

**Keywords:** metal content, diesel oil 48, merit rating, engine components, deposit

## I. PENDAHULUAN

Minyak Solar adalah salah satu bahan bakar motor diesel yang dapat digunakan untuk bahan bakar pada motor diesel putaran tinggi (otomotif) sehingga sering kita kenal dengan nama *Automotive Diesel Oil* (ADO) dan *High Speed Diesel* (HSD). Selain di gunakan sebagai bahan bakar pada kendaraan bermotor diesel, minyak solar juga di gunakan sebagai bahan bakar pada mesin diesel untuk pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD).

Minyak Solar yang digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik tenaga diesel ini adalah minyak Solar 48 sesuai dengan SK Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 yang dikeluarkan pada tanggal 17 Maret 2006. Dimana dalam spesifikasi minyak Solar 48 tersebut tidak menetapkan batasan kandungan logam. Namun dalam spesifikasi bahan bakar minyak Solar pada *World Wide Fuel Carter* (WWFC) yang merupakan arah global harmonisasi spesifikasi BBM di seluruh dunia telah menetapkan batasan kandungan logam yaitu dalam spesifikasi WWFC kategori 2, kategori 3, dan kategori 4, dimana mensyaratkan kandungan logam *non detectable*, atau dengan kata lain tidak boleh ada logam dalam minyak Solar. Perbandingan spesifikasi minyak solar 48 dengan spesifikasi minyak solar WWFC disajikan pada Tabel 1.

Secara teknis, adanya logam dalam minyak solar dapat menimbulkan *hot spot* pada dinding bagian dalam pada ruang bakar diesel pembangkit generator, dimana pada akumulasi dapat terbentuk deposit. Semakin banyak terjadi penumpukan deposit pada lokasi tersebut dapat menyebabkan peningkatan suhu mesin yang signifikan. Kondisi demikian jika terus berlanjut dapat memperpendek umur mesin.

Berdasarkan pada kondisi aktual di lapangan beberapa jenis logam ditemukan dalam bahan bakar minyak Solar 48, baik yang digunakan di otomotif maupun di industry. Jenis logam yang ditemukan antara lain adalah Natrium (Na), Kalium (K), Calsium (Ca), Magnesium (Mg), dan Vanadium (V). Jenis maupun jumlah logam yang berasal dari minyak bumi dalam minyak Solar 48 pada umumnya sangat kecil. Logam-logam ini diprediksi berasal dari faktor eksternal sebagai impurities.

Kandungan logam dalam minyak Solar 48 secara teknis dapat menyebabkan kerusakan, yaitu dapat menimbulkan *hot spot* pada dinding bagian dalam

ruang bakar motor diesel, jika terakumulasi dapat membentuk deposit. Semakin banyak penumpukan deposit pada lokasi tersebut akan menyebabkan peningkatan suhu mesin yang signifikan, sehingga pada temperatur tinggi akan menyebabkan terjadinya oksidasi yang akan menyebabkan terjadinya korosi.

Sehubungan dengan permasalahan di atas, maka dirasa perlu melakukan penelitian terhadap pengaruh kandungan logam dalam minyak solar terhadap kinerja mesin. Dalam penelitian ini mesin diesel genset dipilih sebagai mesin percobaan karena banyak dipakai oleh masyarakat sebagai pembangkit tenaga listrik di rumah tinggal.

Logam-logam yang paling berbahaya dan tinggi kadarnya dalam bahan bakar adalah logam sodium (Na) dan potassium (K). Oleh karena itu dalam penelitian ini bahan bakar yang dipilih untuk uji kinerja pada mesin diesel statis genset adalah bahan bakar minyak solar 48 yang mengandung kandar logam sodium dan potassiumnya tinggi.

## II. TINJAUAN LITERATUR

### A. Motor Diesel

Kendaraan motor diesel di Indonesia mulai dipakai untuk kendaraan-kendaraan dengan beban berat seperti truk dan bus sekitar awal tahun enam puluhan. Kemudian berkembang pemakaiannya untuk kendaraan pribadi sekitar awal tahun delapan puluhan. Mesin diesel dinamakan juga mesin dengan penyalaan kompresi, karena pada akhir langkah kompresi bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder dimana suhu udara bertekanan sudah cukup tinggi untuk mem bakar bahan bakar tersebut. Tekanan kompresi pada mesin diesel berkisar antara 25- 40 kg/cm<sup>2</sup>.

Motor diesel dapat diklasifikasikan menurut jumlah langkah piston yang diperlukan untuk membentuk satu siklus kerja yang lengkap, jumlah dan susunan silinder, susunan katup, metode pendinginan yang digunakan dan putaran (kecepatan) motor. Dari beberapa klasifikasi di atas, klasifikasi menurut putaran motor merupakan klasifikasi yang paling erat hubungannya dengan pemilihan bahan bakar yang sesuai untuk motor diesel.

Motor diesel putaran tinggi memerlukan bahan bakar yang bermutu tinggi. Pada putaran tinggi, waktu terlalu sedikit bagi bahan bakar untuk menyala, bahan bakar harus menyala secara cepat tanpa penundaan

Tabel 1  
Spesifikasi bahan bakar minyak Jenis minyak Solar 48<sup>1)</sup>

No.	Sifat-Sifat Fisika/Kimia	Unit	Batasan <sup>1)</sup>		Metode Uji
			Min.	Maks.	ASTM/Lain
1	Angka Setana		48	-	D 613
2	Indeks Setana		45	-	D 4737
3	Berat jenis pada 15°C	kg/m <sup>3</sup>	815	870	D1298/D4052
4	Viskositas pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2.0	5.0	D 445
5	Kandungan sulphur	% m/m	-	0.35 <sup>2)</sup>	D 2622
6	Distilasi: T95	°C	-	370	D 86
7	T titik Nyala	°C	60	-	D 93
8	Titik Tuang	°C	-	18	D 97
9	Residu karbon	% m/m	-	0.1	D 4530
10	Kandungan Air	mg/kg	-	500	D 1744
11	Biological Growth <sup>*)</sup>	-	Nihil		
12	Kandungan FAME <sup>*)</sup>	% v/v	-	10	
13	Kandungan Metanol dan Etanol <sup>*)</sup>	% v/v	Tak terdeteksi		D 4815
14	Korosi Bilah Tembaga	merit	-	kelas 1	D 130
15	Kandungan Abu	% m/m	-	0.01	D 482
16	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0.01	D 473
17	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0	D 664
18	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0.6	D 664
19	Partikulat	mg/l	-	-	D 2276
20	Penampilan Visual	-	Jernih dan terang		
21	Warna	No. ASTM	-	3.0	D 1500

**Keterangan :**

- 1) Khusus minyak Solar yang mengandung Biodiesel, jenis dan spesifikasi Biodieselnnya mengacu pada ketetapan pemerintah menurut SK Dirjen Migas No.3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.
- 2) Batasan 0.35% setara dengan 3500 ppm.

**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, dll).
- 3) Pelabelan pada pompa harus memadai dan terdeteksi

pembakaran untuk mencegah terjadinya detonasi (ketukan) dan asap hitam. Untuk ini diperlukan bahan bakar dengan angka setana yang tinggi dan viskositas yang relatif rendah. Sedangkan untuk motor diesel putaran sedang dan lambat tidak memerlukan mutu bahan bakar seperti tersebut di atas.

### B. Minyak Solar

Minyak Solar digunakan untuk bahan bakar motor diesel putaran tinggi. Disebut juga dengan *High Speed Diesel* (HSD). Minyak solar digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor dengan sistem mesin penyalan kompresi (*compression ignition engine*)

sehingga juga di kenal dengan sebutan *Automotif Diesel Oil* (ADO). Bahan bakar Minyak solar yang beredar di pasaran di Indonesia diatur dan dibatasi dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh pemerintah dalam hal ini Dirjen MIGAS (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi) dengan surat keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.

### C. Kandungan Logam

Kandungan logam (*metal content*) merupakan mineral yang larut di dalam bahan bakar yang pada saat dibakar akan menghasilkan residu pembakaran atau abu. Kadar abu minyak solar adalah maksimum 0,01% berat, sehingga kadar logam yang ada di dalam bahan bakar juga harus sekecil mungkin. Kandungan logam yang umum terdapat di dalam bahan bakar adalah : Vanadium (V), Potasium (K), Natrium (Na), Kalsium (Ca), Besi (Fe), Magnesium (Mg). Logam-logam ini diprediksi berasal dari faktor eksternal, seperti logam-logam yang berasal dari instalasi pipa (*pipe line*), mobil atau tanker, air balas pada tanker (jalur transportasi), dan tangki (tangki timbun dan tangki distribusi).

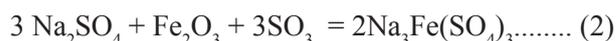
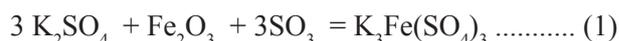
Keberadaan logam-logam ini dalam bahan bakar tidak diinginkan karena dapat menimbulkan terjadinya pembentukan *ash* deposit pada komponen mesin. *Ash* deposit tersebut menyebabkan terjadinya korosi pada temperatur tinggi. Apabila hal ini di biarkan berlanjut terus-menerus dapat mempercepat terjadinya retak (*crack*) pada komponen mesin.

Logam-logam yang paling tinggi kadarnya dalam bahan bakar adalah logam sodium (Na) dan potasium (K). Karena logam-logam ini berasal dari air laut dimana air laut mengandung logam Na sekitar 11000 ppm dan logam K sebesar 400 ppm. Sehingga dengan hanya sejumlah kecil air laut tercampur dengan bahan bakar dapat meningkatkan level kontaminasi logam sodium (Na) dan potasium (K) dalam bahan bakar. Kontaminasi bahan bakar minyak solar dengan air laut kemungkinan terjadi pada saat membalance transportasinya seperti kapal tongkang dan tanker.

Proses korosi temperatur tinggi selalu didahului oleh terbentuknya kondensasi garam. Komponen utama

dari garam adalah  $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$ . Secara nyata garam-garam ini terbentuk dari proses pembakaran sulfur dan sodium yang berasal dari bahan bakar. Kadar sulfur, Sodium dan Potasium dalam bahan bakar dan udara meski dalam jumlah kecil dapat membentuk  $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$  dalam ruang bakar. Pada temperatur tinggi akan terbentuk korosi yang berlebihan.

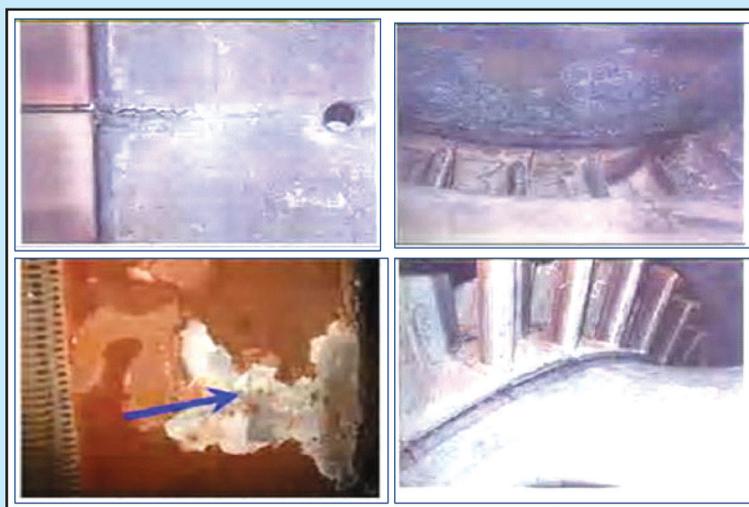
Tahap pembentukan korosi diawali oleh terbentuknya  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  pada *flame* dan bereaksi dengan  $\text{SO}_3$ , sehingga membentuk *sodium Sulfate* atau *Potasium sulfate* ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  atau  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) dalam deposit. Kemudian dengan adanya *iron oxide* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan *sulfur trioxida* ( $\text{SO}_3$ ) akan bereaksi membentuk *Trisulfate*:



Pada kondisi stabil  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  merupakan lapisan pelindung terhadap korosi. Hasil reaksi tersebut yaitu *trisulfate* merupakan bagian yang terkelupas sehingga hasil akhir reaksinya merupakan reaksi korosi :



Dimana Fe diambil dari metal induk dan proses inilah yang disebut dengan korosi temperatur tinggi. Sedangkan produk korosinya adalah  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .



Gambar 1  
Beberapa korosi yang terjadi pada permukaan komponen mesin<sup>2)</sup>

Dalam spesifikasi bahan bakar minyak solar 48 yang ditetapkan pemerintah, belum ada batasan untuk kandungan logam, sedangkan dalam spesifikasi bahan bakar diesel International seperti spesifikasi WWFC (*World Wide Fuel Charter*) sudah ada batasan

untuk kandungan logam yaitu *non detectable* atau dengan kata lain diharapkan tidak ada. Perbandingan spesifikasi Minyak solar 48 dengan Spesifikasi Minyak solar WWFC dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2**  
**Perbandingan spesifikasi Minyak Solar 48 dengan spesifikasi Minyak Solar WWFC tahun 2008**

Sifat-Sifat Fisika/Kimia	Unit	Spesifikasi Minyak Solar 48 Indonesia	Spesifikasi WWFC Tahun 2006, Kategori:			
			1	2	3	4
Angka Seatana, Min		48	48	51	55	55
Indeks Setana, Min		45	45	48	52	52
Kandungan S, Maks.	% m	0.35	0.20	0.03	0.003	Sulfur free
Distilasi						
- T90, Maks.	°C	-	-	340	320	320
- T95, Maks.	°C	370	370	355	340	340
- FBP, Maks.	°C	-	-	365	350	350
Titik Tuang, Maks.	°C	18	Max £ lowest amb.temp	Max £ lowest amb.temp	Max £ lowest amb.tem	Max £ lowest amb.temp
Titik Nyala, Min.	°C	60	55	55	55	55
Berat Jenis @ 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	815–870	820-860	820-850	820-840	820-840
Viscositas @ (40) 37.8°C	mm <sup>2</sup> /s	2,0–5,0	2.0–4.5	2.0-4.0	2.0-4.0	2.0-4.0
Residu Karbon, Maks.	% m	0.1	0.30	0.30	0.20	0.20
Kandungan Air, Maks.	ppm	500	500	200	200	200
Sedimen, Maks.	% m	0.01	-	-	-	-
Kandungan Abu, Maks.	% m	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Kandungan FAME, Maks.	% Vol	10	5			
Kandungan MeOH & EtOH	% vol	Nd	nd	nd	nd	Nd
Korosi Bilah Cu, Maks.	merit	No.1	No.1	No.1	No.1	No.1
Colour ASTM, Maks.	-	3.0	-	-		-
TAN , Maks.	mg KOH/g	0.6	-	0.08	0.08	0.08
Kandungan Logam :						
- Na.	ppm	-	nd	nd	nd	nd
- K.		-	nd	nd	nd	nd
- Ca		-	nd	nd	nd	nd
- Mg.		-	nd	nd	nd	nd
- Fe ,		-	nd	nd	nd	nd
- Cu		-	nd	nd	nd	nd
- V ,dll		-	nd	nd	nd	nd
Lubricity (HFRR Scar dia. @ 60°C), Maks.	micron	-	400	400	400	400

Keterangan:  
nd = *non detectable*

### III. PERCOBAAN

#### A. Mesin Diesel Statis (Genset)

Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin Genset Yanmar TF85-dengan sistem injeksi langsung (*direct Injection*) dan mempunyai kapasitas 5 kVa. Mesin ini banyak dipakai oleh masyarakat sebagai pembangkit tenaga listrik di rumah tinggal.

Spesifikasi mesin Genset Yanmar TF 85-di adalah sebagai berikut:

##### Mesin Diesel :

Tipe	: Motor Diesel Hori zontal 4 Langkah berpendingin air
Sistem Pengabutan	: Langsung ( <i>Direct Injection</i> )
Isi Langkah	: 583 cc
Daya Kontinyu	: 9,2 HP / 2400 rpm
Daya Maksimum	: 10,5 HP / 2400 rpm
Pemakaian bahan bakar	: 1,76 Liter/jam
Isi Tangki Bahan Bakar	: 11 Liter
Isi Tangki Air	: 12 Liter
Isi Minyak Pelumas	: 2,8 Liter
Sistem Pendinginan	: HP/R

##### Generator :

Frekuensi	: 50 Hz
Keluaran	: 5 KVA
Tegangan	: 110 Volt / 220 Volt
Jumlah Fase	: Satu Fase , 2 Kawat
Kecepatan tetap	: 1500 rpm
Faktor Daya	: 1,0

Mesin diesel generator kapasitas 5 KVA yang digunakan dalam pengujian ditampilkan pada Gambar 2.

#### B. Bahan dan Prosedur

##### 1. Bahan

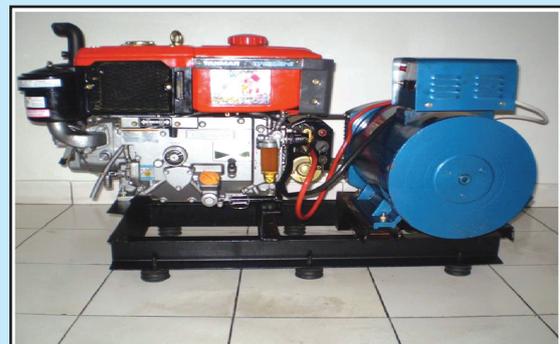
Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan bakar minyak solar 48 eks Pertamina.

##### 2. Prosedur

Persiapan pengujian yang dilakukan meliputi persiapan teknis maupun non

teknis. Persiapan teknis dilakukan terhadap mesin uji genset adalah yang berhubungan langsung dengan pembakaran. Persiapan teknis yang berhubungan langsung atau yang mempengaruhi proses pembakaran meliputi pengantian suku cadang sistim pengapian dan memasang suku cadang yang baru dengan stelannya yang sesuai dengan mesin uji. Suku cadang yang diganti meliputi Accu, Piston Set yang terdiri dari piston (torak), ring piston dan liner (dinding silinder), *Valve* (Katup) yang terdiri dari *intake valve* (katup isap) dan *exhaust valve* (katup buang) dan Nosel Injektor. Sebelum pemasangan suku cadang baru dan sesudah pengujian selama 10 jam operasi mesin dilakukan rating komponen mesin dan rating deposit serta keausan pada komponen mesin hasil pengujian bahan bakar SR maupun SA. Evaluasi intensitas dampak atau deposit pada permukaan komponen mesin dilakukan dengan metode penilaian yang dikenal dengan nama *Merit Rating* yang mengacu kepada metode CEC M02-T70.

Hasil rating pada komponen mesin dari bahan bakar SA dibandingkan terhadap hasil rating yang dilakukan terhadap bahan bakar SR. Selanjutnya analisis sifat-sifat fisika/kimia dan analisis logam dilakukan dengan metode uji standart ASTM sesuai dengan spesifikasi minyak solar 48 yang berlaku di Indonesia.



Gambar 2  
Mesin diesel generator 5 KVA.

**Tabel 3**  
Hasil pengujian sifat-sifat fisika/kimia percontoh Minyak Solar 48 (SFR) dan (SFA)

No.	Sifat-Sifat Fisika/Kimia	Unit	Jenis Bahan bakar Uji		Batasan Spesifikasi		Metode Uji
			SR	SA	Min.	Maks.	ASTM
1	Angka Setana		49,3	48,9	48	-	D 613
2	Indeks Setana		46,7	46,1	45	-	D 4737
3	Berat jenis pada 15°C	kg/m <sup>3</sup>	856	863	815	870	D1298/ D 4052
4	Viskositas pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s	3,4	3,38	2.0	5.0	D 445
5	Kandungan sulphur	% m/m	0,0653	0,0916	-	0.35 <sup>2)</sup>	D 2622
6	Distilasi: T95	°C	371	378	-	370	D 86
7	Titik Nyala	°C	68	63	60	-	D 93
8	Titik Tuang	°C	9	9	-	18	D 97
9	Residu karbon	% m/m	0,01	0,027	-	0.1	D 4530
10	Kandungan Air	mg/kg	128	134	-	500	D 1744
14	Korosi Bilah Tembaga	merit	No.1	No.1	-	kelas 1	D 130
15	Kandungan Abu	% m/m	0,0028	0,0147	-	0.01	D 482
16	Kandungan Sedimen	% m/m	<0,01	<0,01	-	0.01	D 473
17	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	NIL	Nil	-	0	D 664
18	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	0,13	0,25	-	0.6	D 664
19	Warna	No. ASTM	1,5	2		3.	D 1500

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Hasil Pengujian Sifat Fisika/Kimia

Bahan bakar minyak Solar 48 yang diuji kinerjanya pada mesin Genset ada 2 macam yaitu; minyak Solar 48 yang kandungan logamnya Na dan K tinggi diberi kode SA dan minyak Solar 48 dengan kandungan logam rendah diberi kode SR. Hasil pengujian sifat-sifat fisika/kimia lengkap dari masing-masing percontoh minyak Solar 48 SR dan SA disajikan pada Tabel 3. Dari Tabel 3 terlihat ke dua jenis bahan bakar uji SR dan SA memenuhi batasan spesifikasi minyak solar 48 sesuai surat keputusan Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.

##### B. Hasil Analisis Logam

Hasil analisis kandungan logam dalam masing-masing percontoh minyak solar 48 yang digunakan

**Tabel 4**  
Hasil analisis kandungan logam dalam bahan bakar uji

No.	Jenis Logam (ppm)	Hasil Analisis Kandungan logam (ppm) dalam bahan bakar Uji	
		Minyak Solar SFR	Minyak Solar SFA
1	Sodium (Na)	0.24	10.70
2	Potassium (K)	0.04	5,85
3	Magnesium (Mg)	0.09	0,3
4	Besi (Fe)	0.40	2,12
5	Tembaga (Cu)	0.13	1,04

sebagai bahan bakar pada uji kinerja pada mesin diesel Genset yaitu bahan bakar dengan kode SR dan SA disajikan pada Tabel 4. Dari Tabel 4 terlihat bahwa kadar logam bahan bakar SR lebih rendah dan merupakan bahan bakar pembanding pada uji terapan, sedangkan bahan bakar SA adalah bahan bakar minyak solar 48 dari kilang Pertamina Balongan yang sudah diblending dengan minyak solar (residu) dari hasil proses *Fuel Oil Treatment Plant*, FOTP yang ada di PLTGU Pembangkitan Muara Tawar. Minyak solar/residu dari hasil proses FOTP ini mengandung logam yang cukup tinggi.

### C. Hasil Rating Komponen Ruang Bakar Mesin Genset

Rating komponen pada ruang bakar mesin dimaksudkan untuk melihat efek timbulnya deposit dan terjadinya keausan pada komponen mesin akibat pembakaran bahan bakar yang terjadi di ruang bakar mesin. Dampak yang terlihat pada komponen utama suatu mesin seperti piston, ring piston, katup, kepala silinder akan memberikan petunjuk mengenai perilaku serta unjuk kerja bahan bakar yang digunakan.

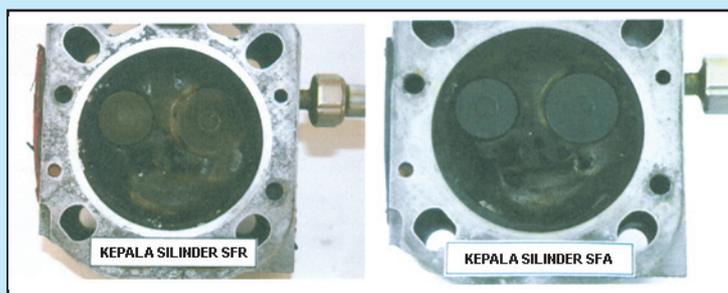
Deposit dapat dihitung secara merit rating (*visual*) dan pengukuran berat deposit. Deposit pada bagian ruang bakar mesin dinilai secara merit dan dinyatakan secara *numeric* dengan nilai antara 0 sampai 10. Dimana nilai M = 10 diartikan sangat bersih atau tidak ada deposit, sedangkan M = 0 diartikan sangat kotor dengan deposit menutup seluruh bagian. Pengukuran berat deposit dilakukan dengan pengikisan deposit yang menempel pada komponen mesin kemudian mengumpulkannya, dan selanjutnya mengukur berat deposit dengan timbangan.

#### 1. Merit Rating Kepala silinder

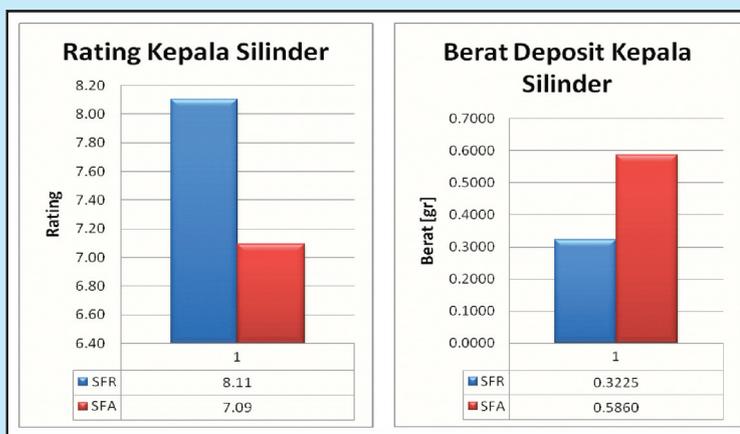
Pada bagian kepala silinder pengukuran deposit dilakukan dengan rating dan penimbangan berat deposit. Semakin tinggi nilai rating yang diperoleh menunjukkan dampak deposit yang dihasilkan semakin sedikit. Dan ini akan berkorelasi dengan berat deposit

setelah deposit ditimbang. Kepala silinder dengan nilai rating yang lebih tinggi akan memiliki deposit yang lebih ringan. Data hasil rating dan penimbangan berat deposit kepala silinder dapat dilihat pada Tabel 5. Sedangkan keadaan kepala silinder setelah pengujian selama 100 jam di tunjukan pada Gambar 3.

Dari data hasil rating dan penimbangan berat deposit tersebut diperoleh nilai rating kepala silinder yang menggunakan bahan bakar SFR lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan bahan bakar SFA dengan perbedaan 12,52%. Untuk berat deposit kepala silinder yang menggunakan bahan bakar SFR adalah 0.3225 gr sedangkan yang menggunakan bahan bakar SFA adalah 0.5860 gr dengan perbedaan 81.71%. Dengan demikian kepala silinder yang menggunakan bahan bakar SFR lebih bersih dari yang menggunakan bahan bakar SFA. Kecenderungan perubahan hasil rating kepala silinder



Gambar 3  
Keadaan kepala silinder setelah 100 jam pengujian



Gambar 4  
Grafik rating dan berat deposit kepala silinder

dan berat deposit pada kepala silinder di tunjukkan pada Gambar 4.

## 2. Merit Rating Torak (Piston)

Torak (*Piston*) merupakan komponen utama pada ruang bakar mesin yang berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima tekanan hasil pembakaran pada ruang bakar. Piston terhubung ke poros engkol (*crankshaft*,) melalui setang piston (*connecting rod*). Material piston umumnya terbuat dari bahan yang ringan dan tahan tekanan, misal aluminium yang sudah dicampur bahan tertentu (*aluminium alloy*).

Pengamatan terhadap piston mencakup deposit pada top piston (*top piston deposit*), kondisi kepala piston (*crown cutting*), kondisi ring piston (*ring sticking*), deposit pada *land* (*land deposit*), deposit celah cincin piston (*groove filling*), kondisi permukaan piston (*skirt condition*) dan sisi bawah piston (*piston underside*). Hasil rating piston dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 6.

Dari hasil rating pada piston untuk bagian *top piston* hanya terdapat sedikit perbedaan nilai rating. Deposit yang terbentuk pada bagian ini dari dua bahan bakar yang digunakan hampir sama dengan sebaran ketebalan deposit yang tidak merata. Deposit yang terbentuk berwarna hitam dan pada beberapa bagiannya mudah terlepas. Ketebalan deposit yang terbentuk mulai dari jejak karbon hingga ketebalan 0,4 mm. Perbedaan nilai rating untuk bagian *top piston* ini hanya 0.54%. Pada bagian lain seperti *crown cutting*, *ring sticking*, *skirt condition* dan *piston underside* masih terlihat baik. Pada bagian *crown cutting* tidak ditemukan adanya goresan atau *scratch*. Pada bagian *ring sticking* juga masih terlihat baik, tidak ditemukan ring piston yang mengeras akibat pengujian. Untuk bagian *skirt condition* tidak ditemukan adanya goresan atau perubahan warna pada dinding luar piston begitu juga pada *piston under side*. Pada bagian *groove filling* dan *land deposit* terdapat sedikit deposit yang hanya berupa jejak karbon. Perbedaan nilai rating terbesar antara bahan bakar SFR dan SFA untuk bagian *piston* ini terdapat pada *groove filling* yaitu sebesar 5.9%, dimana nilai

Tabel 5  
Persentase perbedaan rating dan berat deposit SFR dan SFA

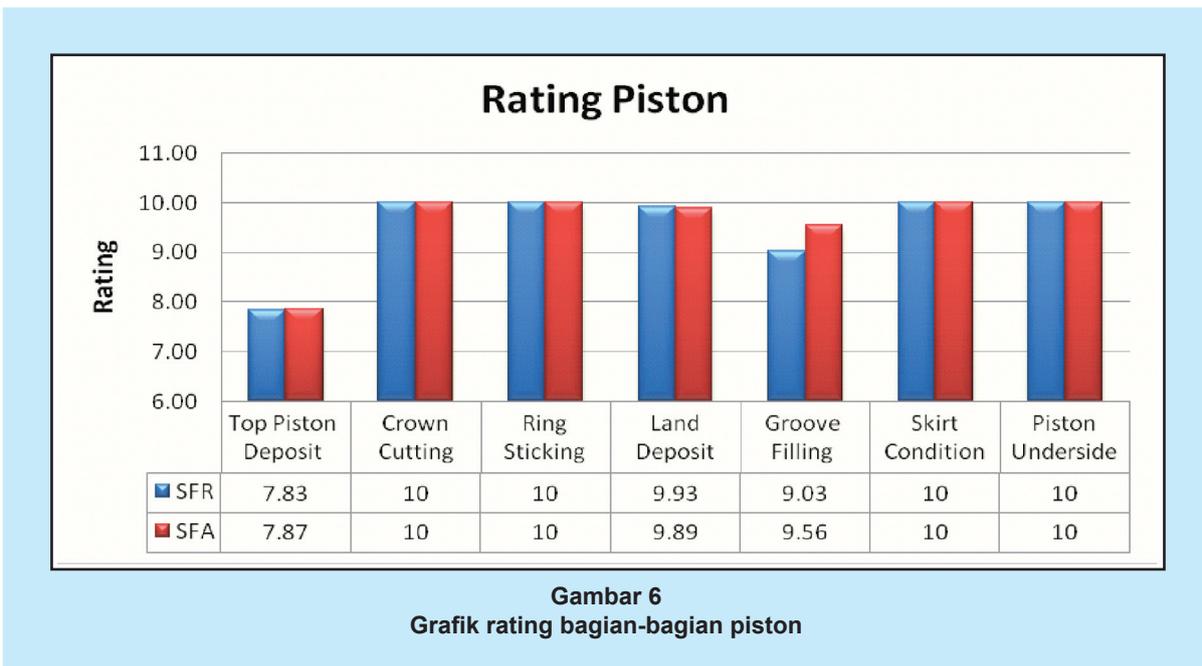
Bagian Mesin	SFR	SFA	Perbedaan (%)
<b>Kepala Silinder</b>			
Merit Rating of 10	8.11	7.09	12.52
Deposit (gr)	0.3225	0.5860	81.71



Gambar 5  
Bagian-bagian piston

Tabel 6  
Persentase perbedaan merit rating dan keausan piston

Bagian Mesin		Minyak Solar SFR	Minyak Solar SFA	Perbedaan (%)
<b>PISTON (Merit Rating of 10)</b>				
- Top Piston Deposit		7.83	7.87	0.54
- Crown Cutting		10	10	0.00
- Ring Sticking		10	10	0.00
- Land Deposit		9.93	9.89	0.39
- Groove Filling		9.03	9.56	5.90
- Skirt Condition		10	10	0.00
- Piston Underside		10	10	0.00
<b>DIAMETER PISTON (mm)</b>				
Permukaan	Sebelum	84.855	84.855	
pengukuran	Sesudah	84.855	84.855	0
(X1 = 45 mm)	Keausan	0	0	
Permukaan	Sebelum	84.885	84.885	
pengukuran	Sesudah	84.885	84.885	0
(X2 = 15 mm)	Keausan	0	0	



Gambar 6  
Grafik rating bagian-bagian piston

rating bahan bakar minyak solar yang mengandung logam natrium dan kalium yang lebih tinggi (SFA) mempunyai nilai rating lebih besar dibanding minyak solar yang mengandung logam natrium dan kalium yang lebih rendah (SFR).

Pembakaran bahan bakar pada ruang bakar akan membentuk deposit karbon pada piston. Keadaan piston dan deposit piston masing-masing bahan bakar dapat dilihat pada Gambar 7.

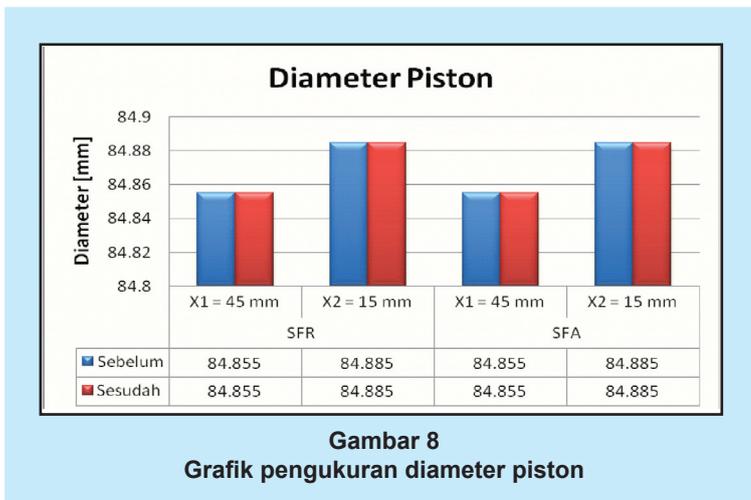
Pengukuran diameter piston dilakukan untuk mengetahui kondisi piston sebelum dan sesudah digunakan apakah terjadi keausan dan *scratch* atau tidak. Pengukuran diameter piston ini dilakukan di dua titik yaitu pada jarak 15 mm dan 45 mm yang diukur dari dasar piston. Dari data hasil pengukuran terlihat bahwa diameter piston tidak mengalami perubahan, tidak mengalami perubahan warna varnish dan kondisi permukaan luar piston masih dalam kondisi baik. Grafik pengukuran diameter piston disajikan pada Gambar 8.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pengaruh logam dalam minyak solar 48 terhadap pembentukan deposit pada ruang bakar mesin diesel



Gambar 7  
Keadaan Piston setelah pengujian 100 Jam



Gambar 8  
Grafik pengukuran diameter piston

statis (genset) dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis sifat fisika kimia percontoh minyak Solar 48 eks- Pertamina (SFR) dan minyak solar modifikasi (SFA = mengandung logam lebih tinggi ), masih memenuhi spesifikasi minyak Solar 48 sesuai SK Dirjen Migas Nomor 3675 K/24/DJM/2006.
2. Hasil rating pada kepala silinder mesin yang menggunakan bahan bakar SFR adalah 8,11, sedangkan yang menggunakan bahan bakar SFA adalah 7,09 dengan perbedaan 12,52%. Sedangkan berat deposit kepala silinder yang menggunakan bahan bakar SFR adalah 0.3225 gr sedangkan yang menggunakan bahan bakar SFA adalah 0.5860 gr dengan perbedaan 81.71%. Dengan demikian kepala silinder yang menggunakan bahan bakar SFR lebih bersih dari yang menggunakan bahan bakar SFA.
3. Hasil rating pada piston untuk bagian *top piston* hanya terdapat sedikit perbedaan nilai rating. Pada bagian lain seperti *crown cutting*, *ring sticking*, *skirt condition* dan *piston underside* masih terlihat baik. Pada bagian *crown cutting* tidak ditemukan adanya goresan atau *scratch*. Pada bagian *ring sticking* juga masih terlihat baik, tidak ditemukan ring piston yang mengeras akibat pengujian. Untuk bagian *skirt condition* tidak ditemukan adanya goresan atau perubahan warna pada dinding luar piston begitu juga pada *piston under side*. Pada

bagian *groove filling* dan *land deposit* terdapat sedikit deposit yang hanya berupa jejak karbon. Jadi keadaan piston bahan bakar SFR dan SFA hamper sama ini ditunjang dengan tidak ada perubahan pada ukuran diameter masing-masing piston.

#### KEPUSTAKAAN

1. *Annual Book of ASTM Standards*. 2006.
2. **Agung Jati Purwono**, " Pengaruh Kadar Sodium dan Potasium Dalam BBM HSD Yang Melebihi Standard Terhadap Ketahanan Material Komponen Hot Gas Path Turbin Gas". PT. PJB (PLTG Muara Tawar), Laporan Penelitian.
3. Direktur Jendral Migas Depertemen Pertambangan dan Energi Republik Indonesia. Surat Keputusan Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.
4. **Keith Owen** dan **Steven Coley**, 1995, "*Automotive Fuels Reference Book*", Edisi Kedua, Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale, Amerika Serikat.
5. **Weismann, J, DR.**, 1972, "*Main Characteristics of Fuel Oils and Influence on the Funtioning of Enginesand Other Fuel Utilization*", Lembaga Minyak dan gas Bumi "LEMIGAS".
6. **Yuliarita Emi**, 2010, "Penelitian Pengaruh Kandungan Logam Dalam Minyak Solar 48 Dan Uji Kinerja Pada Mesin Diesel Statis". PPPTMGB"LEMIGAS" Laporan Penelitian.