

Efek Kandungan Aromatik dalam Minyak Solar terhadap Kinerjanya pada Mesin Diesel

Oleh: **Djainuddin Semar**

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

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

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

Teregistrasi I tanggal 5 Februari 2010; Diterima setelah perbaikan tanggal 23 Februari 2010

Disetujui terbit tanggal: 30 April 2010

S A R I

Spesifikasi Minyak Solar 48 Indonesia menurut SK Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 tidak menetapkan kandungan aromatik (total aromatik dan poliaromatik).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengamati pengaruh kandungan aromatik dalam minyak solar terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang dengan cara menganalisis sifat fisika kimia dan uji kinerja pada mesin diesel Isuzu 4JA1 di atas bangku uji multisisilinder. Pengaruh variasi kandungan aromatik dalam minyak solar terhadap kinerja mesin diuraikan dalam makalah ini.

Hasil pengujian ini bermanfaat untuk memberikan masukan pada Pemerintah dalam menentukan kebijakan spesifikasi minyak solar mendatang.

Kata Kunci: kandungan aromatik, kinerja mesin.

ABSTRACT

The standard specification of domestic diesel fuel (high speed diesel, HSD) as established by Directorate General Migas on behalf of Indonesian government in their SK No. 3675 K/24/DJM/2006 dated March 17, 2006, did not give limit on aromatic content (aromatic total and polyaromatic hydrocarbon, PAH) in diesel fuel grade 48.

The aim of this research is to examine the influence of aromatic content in diesel fuel against engine performance and its exhaust gas emission by analyzing diesel fuel characteristic tests and conducting engine performance test on multicylinders test bench Isuzu 4JA1. Effect of several volume varieties of aromatic content in diesel fuel against engine performance will be discuss in this paper.

Data collected from this research hopefully will be beneficial for deasion government policy decision in reevaluation of aromatic content in future diesel fuel specification.

Key word: aromatic content, engine performance.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kandungan aromatik dalam minyak solar dapat dibedakan dalam dua ukuran, yaitu total aromatik dan poliaromatik. Kandungan aromatik dalam minyak solar dapat mempengaruhi kinerja mesin diesel seperti torsi, daya, konsumsi bahan bakar dan lingkungan. Organisasi Kesehatan Dunia (*Wold Health Organization*, (WHO) dan Badan Perlindungan Lingkungan menyatakan bahwa poliaromatik hidrokarbon (PAH)

bersifat karsinogen. Efek PAH dalam minyak solar terhadap kesehatan antara lain adalah merusak perkembangan dari janin, dalam jangka panjang mengakibatkan kulit gatal-gatal, kepekaan terhadap sinar matahari, dan gangguan mata katarak, kanker pada pangkal tenggorokan mungkin juga terkait dengan PAH.

Spesifikasi minyak Solar 48 yang ditetapkan oleh Dirjen Migas menurut surat keputusan No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 seperti disajikan pada Tabel 1 tidak menetapkan batasan kandungan

Tabel 1
Spesifikasi Minyak Solar 48¹⁾

No.	Sifat-Sifat Fisika/Kimia	Unit	Batasan ¹⁾		Metode Uji ASTM / Lain
			Min.	Maks.	
1	Angka Setana		48	-	D 613
2	Indeks Setana		45	-	D 4737
3	Berat jenis pada 15°C	kg/m ³	815	870	D 1298/D 4052
4	Viskositas pada 40°C	mm ² /s	2,0	5,0	D 445
5	Kandungan sulphur	% m/m	-	0,35 ²⁾	D 2622
6	Distilasi:				D 86
	-T95	°C	-	370	
7	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 ^{*)}	-	Nihil		
12	Kandungan FAME ^{*)}	% v/v	-	10	
13	Kandungan Metanol dan Etanol ^{*)}	% 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 ketentuan 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 motor (tidak menambah kotoran motor/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.

aromatik. Negara-negara yang telah menetapkan kandungan aromatik ditetapkan dalam spesifikasi minyak solar antara lain di negara-negara Uni Eropa (EURO), spesifikasi ASTM D 975, dalam spesifikasi dari produsen mesin kendaraan di seluruh dunia (*World Wide Fuel Charter*, (WWFC) dan spesifikasi minyak solar Jepang JIS K 2204.

Sejak akhir tahun 1980 pemakaian mesin diesel

untuk transportasi di Indonesia lebih banyak menggunakan mesin diesel sistem injeksi langsung (*direct injection*, DI). Oleh sebab itu pada penelitian ini digunakan mesin diesel injeksi langsung.

Memperhatikan perkembangan teknologi mesin pada saat ini dan di masa mendatang, kemampuan kilang minyak dalam negeri, dan perkembangan spesifikasi bahan bakar minyak internasional serta

persyaratan lingkungan hidup yang semakin ketat, maka perlu dilakukan pengaturan kembali spesifikasi minyak solar untuk sektor transportasi di Indonesia.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengamati efek kandungan aromatik dalam minyak solar terhadap kinerjanya pada mesin diesel (engine performance) seperti torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik dan emisi asap hitam (opasitas).

B. Metodologi

- Penelitian diawali dengan persiapan minyak solar referensi.
- Selanjutnya dilakukan formulasi komposisi minyak solar modifikasi sedemikian rupa sehingga kandungan aromatiknya bervariasi dan sifat-sifat fisika/kimia minyak solar modifikasi tersebut tetap memenuhi spesifikasi minyak Solar 48 menurut Surat Keputusan Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 seperti disajikan pada Tabel 1.
- Pengujian kinerja terbatas percontohan minyak solar referensi (MS-0) dan minyak solar modifikasi (MS-1 dan MS-2) dilakukan pada motor diesel Isuzu 4JA1 injeksi langsung di atas bangku uji multisilinder.
- Evaluasi hasil uji sifat-sifat fisika kimia minyak solar dan evaluasi hasil uji kinerja minyak solar pada mesin diesel.

II. BAHAN YANG DIGUNAKAN

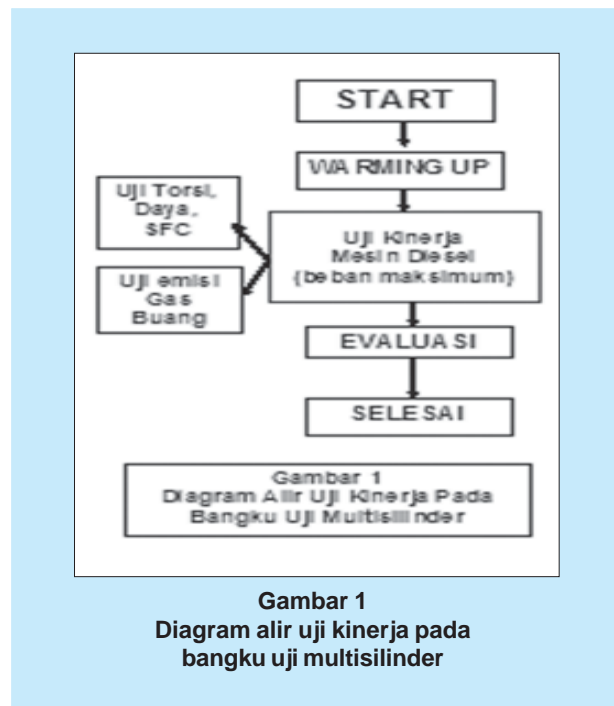
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

- Komponen minyak solar eks-Unit Pengolahan (UP) VI Pertamina Balongan yaitu minyak solar ringan (*Light Gas Oil, LGO*) dan minyak solar berat (*Heavy Gas Oil, HGO*).
- Minyak solar tipikal dari kilang Pertamina: UP II Dumai, UP III Plaju, UP IV Cilacap, UP V Balikpapan, UP VI Balongan dan UP VII Sorong.
- Minyak solar tipikal yang berasal dari Depot Pertamina dan SPBU Swasta (selain Pertamina).

III. PELAKSANAAN PENELITIAN

A. Formulasi bahan bakar

Formulasi dimaksudkan untuk mendapatkan formula minyak solar di mana kandungan aromatiknya bervariasi.



Gambar 1
Diagram alir uji kinerja pada
bangku uji multisilinder



Formulasi dilakukan dengan cara mengatur/mencampur percontohan minyak solar dan komponennya yang berasal dari kilang, Depot/SPBU Pertamina dan/atau Swasta lainnya. Hasil formulasi yaitu percontohan MS-0, MS-1, MS-2, di mana sifat-sifat fisika kimianya masing-masing memenuhi spesifikasi minyak Solar 48 yang ditetapkan Pemerintah.

B. Pengujian Kinerja

Pengujian kinerja dilakukan pada beban maksimum menggunakan mesin diesel injeksi langsung, di mana data teknis mesin uji disajikan pada Tabel 2 dan prosedur pengujian kinerja di atas Bangku Uji

Multisilinder disajikan pada Gambar 1. Dinamometer untuk mesin uji Isuzu 4JA1 dikontrol pada panel seperti disajikan pada Gambar 2.

a. Preparasi bahan bakar

Sebelum dilakukan pengujian, pertama-tama dilakukan preparasi bahan bakar, yaitu memastikan bahwa bahan bakar yang di dalam tangki bahan bakar telah diinjeksikan ke ruang bahan bakar mesin uji. Kemudian dilakukan pemanasan mesin (*warming up*) dilakukan selama ± 15 menit untuk memantau dan memastikan bahwa semua parameter yang diukur yang terdeteksi pada panel bangku uji (Gambar 2) berfungsi dengan baik. Parameter yang dimonitoring meliputi: temperatur air pendingin masuk dan keluar, temperatur gas buang, torsi, perbandingan udara/bahan bakar (*Air-Fuel Ratio*) dan lain-lain.

b. Parameter yang uji

Parameter yang diuji meliputi torsi, daya, konsumsi bahan bakar, emisi gas buang. Hubungan antara putaran mesin, torsi, daya, konsumsi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik, disajikan pada persamaan (1) dan (2) sebagai berikut:

$$P = n.T/(9549,3) \text{ kW} \quad (1)$$

$$Sfc = m_f/(P) \text{ g/kWh} \quad (2)$$

di mana:

$$P = \text{daya (kW)}$$

$$T = \text{torsi (Nm)}$$

$$n = \text{putaran mesin (rpm)}$$

$$Sfc = \text{konsumsi bahan bakar spesifik (g/kWh)}$$

$$m_f = \text{konsumsi bahan bakar}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat-Sifat Fisika Kimia

1. Hasil uji kandungan aromatik

Hasil uji kandungan aromatik hidrokarbon (total aromatik dan poliaromatik) percontoh minyak solar tipikal dari Unit Pengolahan (UP) Pertamina, yaitu UP II Pertamina sampai UP VII Pertamina dan komponen solar dari UP VI Pertamina Balongan, serta kandungan aromatik spesifikasi di beberapa negara disajikan pada Tabel 3.

2. Formulasi minyak solar

Mengacu pada hasil-hasil uji kandungan minyak solar tipikal yang berasal dari UP II Pertamina sampai UP VI Pertamina dan kandungan aromatik dalam minyak solar menurut spesifikasi minyak solar Jepang JIS K2204, ASTM D 975, EURO III dan IV, seperti disajikan pada Tabel 3, maka dilakukan formulasi minyak solar modifikasi tipikal dengan menetapkan kandungan poliaromatik hidrokarbon dan konsentrasinya bervariasi seperti disajikan pada Tabel 4.

Formula minyak solar yang diuji sebagai berikut:

Tabel 2
Data teknis mesin diesel injeksi langsung di atas bangku uji multisilinder

No.	Uraian	Isuzu 4JA1
1	Jumlah Silinder	4 buah segaris
2	Diameter silinder x langkah (mm)	93 x 92
3	Jenis ruang bakar	Terbuka
4	Volume langkah (cc)	2499
5	Perbandingan kompresi	18,4 : 1
6	Daya Maksimum (kW/rpm)	57,5/4000 (DIN 70020, ISO 1585)
7	Torsi Maksimum (Nm/rpm)	167/2300 (DIN 70020, ISO 1585)
8	Jenis nozel Injector	Bosch four-hole type
9	Tekanan Injeksi (Mpa)	18,5 (185 kg/cm ²)

Tabel 3
Hasil uji kandungan aromatik minyak solar tipikal

No.	Asal Percontoh Minyak Solar / Komponennya dan spesifikasi Minyak solar	Kandungan Aromatik, % volume	
		Poliaromatik	Total Aromatik
1	Kilang UP II Dumai	12,87	33,02
2	Kilang UP III Plaju	12,80	31,65
3	Kilang UP IV Cilacap	13,18	33,53
4	Kilang UP V Balikpapan	14,50	34,45
5	Kilang UP VI Balongan	11,39	32,85
6	Kilang UP VII Sorong	12,58	35,30
7	Light Gas Oil eks-UP VI	11,40	53,93
8	Heavy Gas oil eks-UP VI	16,82	36,34
9	Spesifikasi Jepang JIS K2204 : Winter & Northern	11	-
10	Spesifikasi EURO : EURO III & EURO IV	11	-
11	Spesifikasi ASTMD 975 : No. 1 D & No. 2 D	-	35

Tabel 4
Hasil uji sifat fisika/kimia minyak solar percontoh MS-0, MS-1 dan MS-2

Sifat-Sifat Fisika/Kimia	Unit	Hasil Uji			Batasan ¹⁾		Metode Uji ASTM
		MS-0	MS-1	MS-2	Min.	Maks.	
Kandungan aromatik							D 5186
- Poliaromatik	% vol	11,39	9,81	12,16	-	-	
- Total aromatik	% vol	32,85	26,40	36,23	-	-	
Angka Setana	-	53,2	53,5	53,2	48	-	D 613
Berat Jenis pada 15 ⁰ C	kg/cm ³	854	865	850	815	870	D 1298
Viskositas pada 40 ⁰ C	mm ² /s	4,30	4,32	3,80	2,0	5,0	D 445
Kandungan Sulfur	% m/m	0,040	0,043	0,040	-	0,35	D 2622
Distilasi :							D 86
- T95	⁰ C	358,0	360,0	355,0	-	370	
Titik nyala	⁰ C	75	74	78	60	-	D 93
Korosi bilah tembaga	merit	1a	1a	1a	kelas 1		D 130
Kandungan abu	% m	0,002	0,002	0,002	-	0,01	D 482

¹⁾ Spesikasi minyak Solar Indonesia (jenis minyak Solar 48 dan minyak Solar 51) berdasarkan SK Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

Tabel 5
Hasil uji torsi dan daya pada beban maksimum percontoh MS-0, MS-1 dan MS-2

Putaran Mesin (rpm)	Torsi, Nm pada beban Maksimum			Daya, kW pada beban Maksimum		
	MS-0	MS-1	MS-2	MS-0	MS-1	MS-2
1000	125,3	126,6	124,8	13,12	13,26	13,07
1500	136,6	139,8	136,4	21,46	21,96	21,43
2000	142,8	144,9	141,9	29,91	30,35	29,72
2500	136,2	136,6	133,6	35,66	35,76	34,98
3000	121,3	123,2	120	38,11	38,70	37,70
3500	114,7	115,6	113,1	42,04	42,37	41,45
4000	102,5	103,2	101,5	42,94	43,23	42,52
Efek rata-tara, %		-1,17	+0,92		-1,17	+0,92

Keterangan :

- Tanda negatif (-) artinya torsi atau daya MS-1 > dari torsi atau daya MS-0
- Tanda positif (+) artinya torsi atau daya MS-2 < dari torsi atau daya MS-0

- MS-0 : 32,85% volume total aromatik dan 11,39% volume poliaromatik
- MS-1 : 26,40% volume total aromatik dan 9,81% volume poliaromatik
- MS-2 : 36,23% volume total aromatik dan 12,16% volume poliaromatik

Hasil uji sifat-sifat fisika kimia percontoh minyak solar MS-0, MS-1 dan MS-2 masing-masing disajikan pada Tabel 4. Hasil-hasil uji sifat-sifat fisika/kimia

percontoh tersebut meliputi: angka setana, berat jenis, viskositas, kandungan sulfur, distilasi, titik nyala, korosi bilah tembaga dan kandungan abu secara keseluruhan adalah memenuhi spesifikasi minyak Solar 48 menurut SK Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.

B. Kinerja mesin

Percontoh minyak solar MS-0, MS-1, MS-2 diuji kinerjanya memakai mesin diesel injeksi langsung di atas bangku uji multsilinder. Pengujian dilakukan pada

beban maksimum. Parameter yang diukur meliputi: torsi (Nm), daya (kW), konsumsi bahan bakar spesifik (g/kWh) dan opasitas (%).

Secara kuantitatif perubahan kinerja bahan bakar percontoh MS-1, MS-2 dibandingkan dengan kinerja bahan bakar percontoh MS-0 dihitung dengan memakai rumus (3).

$$\text{Perubahan kinerja} = \frac{f(\text{MS-0}) - f(\text{MS-1})}{f(\text{MS-0})} \times 100\% \quad (3)$$

Contoh perhitungan torsi pada putaran n pemakaian persamaan (3) sebagai berikut:

di mana:

$f(\text{MS-0})$ = torsi percontoh MS-0 pada putaran mesin n

$f(\text{MS-1})$ = torsi percontoh MS-1 pada putaran mesin n

$f(\text{MS-2})$ = torsi percontoh MS-2 pada putaran mesin n

1. Torsi dan daya

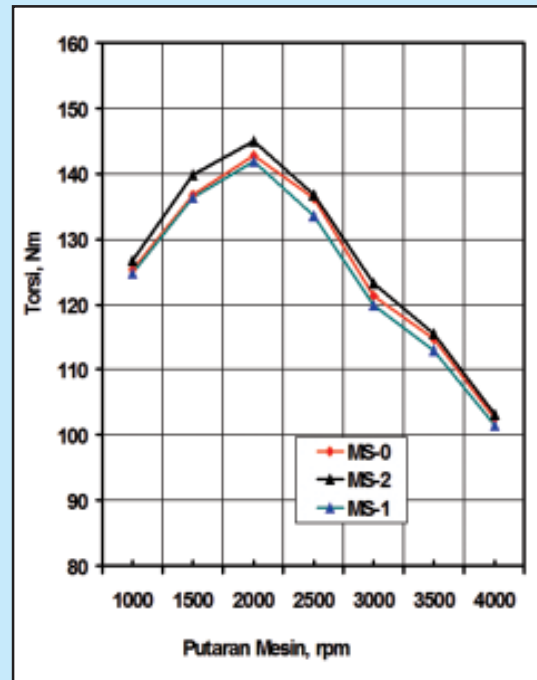
Hasil-hasil uji torsi (Nm) dan daya (kW) pada setiap putaran mesin (rpm) dan pada beban maksimum terhadap percontoh minyak solar MS-0, MS-1, MS-2 masing-masing disajikan pada Tabel 4, sedangkan kecenderungan hasil-hasil uji torsi dan daya tersebut terhadap putaran mesin masing-masing disajikan pada Gambar 3, Gambar 4.

Perubahan torsi percontoh minyak solar percontoh MS-1, MS-2 dibandingkan torsi MS-0 pada setiap putaran mesin di dihitung dengan memakai persamaan (3). Efek torsi rata-rata adalah jumlah perubahan torsi setiap putaran mesin (Tabel 4) dibagi 7 (item putaran mesin).

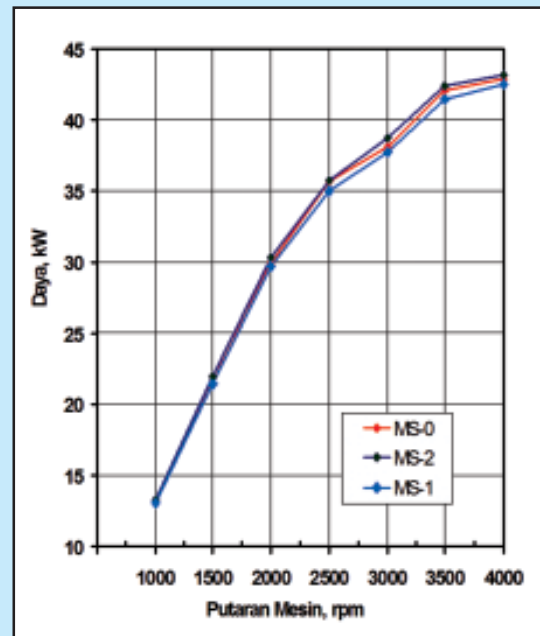
Daya percontoh minyak solar percontoh MS-0, MS-1, MS-2 pada setiap putaran mesin dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Dengan cara yang sama seperti perhitungan torsi bahwa daya rata-rata adalah jumlah perubahan daya pada setiap putaran dibagi 7 (item putaran).

Hasil-hasil uji torsi rata-rata dan daya rata-rata disajikan pada Tabel 4, diuraikan sebagai berikut:

- Torsi rata-rata percontoh MS-1 dibandingkan dengan torsi MS-0 adalah lebih tinggi 1,17%; sedangkan torsi percontoh MS-2 dibandingkan dengan torsi MS-0 adalah lebih rendah 0,92%.
- Daya rata-rata MS-1 dan MS-2 dibandingkan dengan daya MS-0 masing-masing adalah lebih tinggi 1,17% dan lebih rendah 0,92%.



Gambar 3
 Torsi Percontoh MS-0, MS-1 dan MS-2 pada beban maksimum



Gambar 4
 Daya Percontoh MS-0, MS-1 dan MS-2 pada beban maksimum

Tabel 6
Hasil Uji SFC pada beban maksimum percontoh MS-0, MS-1 dan MS-2

Putaran Mesin	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik, g/kWh		
	MS-0	MS-1	MS-2
1000	352,4	351,2	355,1
1500	289,5	287,2	290,2
2000	269,9	268,3	269,3
2500	259,7	259,0	259,6
3000	267,6	265,8	266,5
3500	284,3	280,9	284,0
4000	309,0	302,2	315,0
Efek, %		+2,76	-1,79

Keterangan :

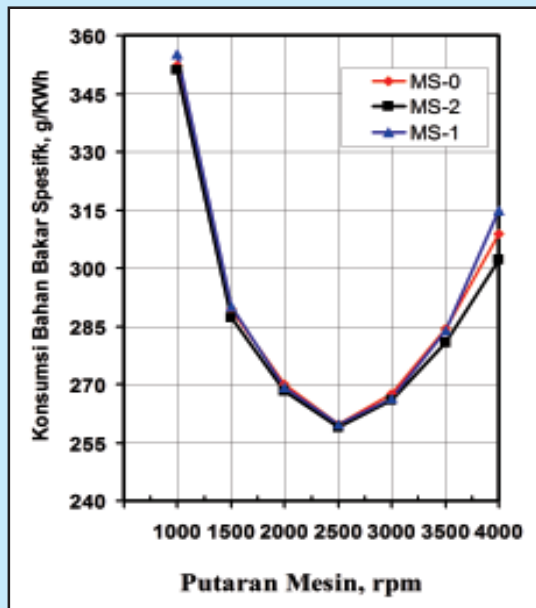
- Tanda Negatif (-) artinya SFC percontoh MS-1 > percontoh MS-0
- Tanda Positif (+) artinya SFC percontoh MS-2 < percontoh MS-0

Tabel 7
Hasil uji opasitas pada beban maksimum percontoh MS-0, MS-1 dan MS-2

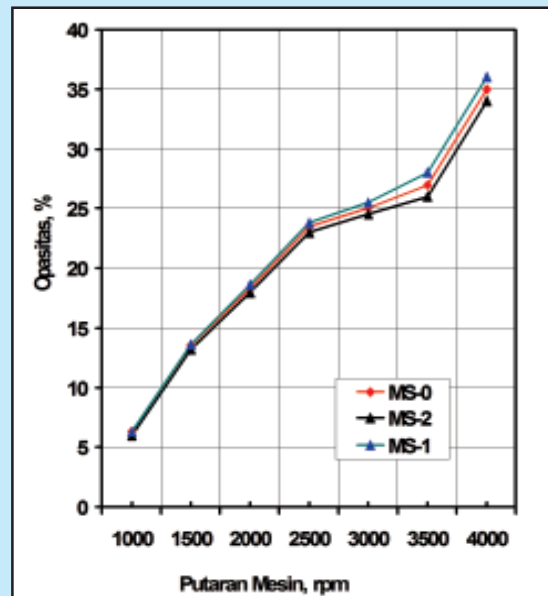
Putaran Mesin	Opasitas, %		
	MS-0	MS-1	MS-2
1000	6,3	6,0	6,3
1500	13,5	13,2	13,6
2000	18,3	18,0	18,6
2500	23,5	23,0	23,8
3000	25,0	24,5	25,5
3500	27,0	26,0	28
4000	35,0	34,0	36
Efek, %		+0,87	-0,32

Keterangan :

- Tanda Negatif (-) artinya SFC percontoh MS-1 > percontoh MS-0
- Tanda Positif (+) artinya SFC percontoh MS-2 < percontoh MS-0



Gambar 5
SFC Percontoh MS-0, MS-1 dan MS-2 pada beban maksimum



Gambar 6
Opasitas percontoh MS-0, MS-1 dan MS-2 pada beban maksimum

2. Konsumsi bahan bakar spesifik

Hasil-hasil uji konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption, SFC*) percontoh minyak solar MS-0, MS-1, MS-2 pada beban maksimum masing-masing disajikan pada Tabel 6, sedangkan

kecenderungan hasil uji konsumsi bahan bakar spesifik tersebut terhadap putaran mesin disajikan pada Gambar 5.

Konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata percontoh MS-1 dibandingkan dengan konsumsi bahan

bakar MS-0 adalah lebih rendah 2,76%; sedangkan konsumsi bahan bakar MS-2 dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar MS-0 adalah lebih tinggi 1,79% seperti disajikan pada Tabel 6.

3. Opasitas

Hasil-hasil uji opasitas/smoke percontoh minyak solar MS-0, MS-1, MS-2 pada beban maksimum masing-masing disajikan pada Tabel 7, sedangkan kecenderungan hasil uji opasitas tersebut terhadap putaran mesin secara grafik disajikan pada Gambar 6.

Opasitas rata-rata percontoh minyak solar MS-1 dibandingkan dengan opasitas rata-rata minyak solar MS-0 adalah lebih rendah 0,87%; sedangkan opasitas minyak solar MS-2 dibandingkan dengan opasitas minyak solar MS-0 adalah lebih tinggi 0,32% seperti disajikan pada Tabel 7.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil uji sifat-sifat fisika/kimia dan hasil uji kinerja terbatas pada motor diesel Isuzu 4JA1 di atas dapat diambil kesimpulan dan saran seperti di bawah ini.

A. Kesimpulan

1. Sifat-sifat fisika/kimia

Komposisi tiga percontoh minyak solar yang diuji meliputi: MS-0 (32,85% volume total aromatik dan 11,39% volume poliaromatik), MS-1 (26,40% volume total aromatik dan 9,81% volume poliaromatik) dan MS-2 (36,23% volume total aromatik dan 12,16% volume poliaromatik).

Hasil-hasil uji sifat-sifat fisika/kimia percontoh minyak solar MS-0, MS-1 dan MS-2 tersebut meliputi: angka setana, berat jenis, viskositas, kandungan sulfur, distilasi, titik nyala, korosi bilah tembaga dan kandungan abu secara keseluruhan adalah memenuhi spesifikasi minyak Solar 48 menurut SK Dirjen Migas No. 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.

2. Kinerja mesin

a. Hasil pengujian percontoh minyak solar modifikasi rata-rata MS-1 dibandingkan dengan minyak solar referensi (MS-0) adalah

- Torsi lebih tinggi 1,17%
 - Daya lebih tinggi 1,17%
 - Konsumsi bahan bakar spesifik lebih rendah 2,76%
 - Opasitas lebih rendah 0,87%.
- b). Hasil pengujian percontoh minyak solar modifikasi rata-rata MS-1 dibandingkan dengan minyak solar referensi (MS-0) adalah
- Torsi lebih rendah 0,92%
 - Daya lebih rendah 0,92%
 - Konsumsi bahan bakar spesifik lebih tinggi 1,79%
 - Opasitas lebih tinggi 0,32%.

B. Saran-Saran

Penelitian perlu dilanjutkan yaitu uji ketahanan (*endurance test*) pada motor untuk mengamati pengaruh kandungan aromatik dalam minyak solar terhadap terbentuknya deposit di ruang bakar mesin diesel.

KEPUSTAKAAN

1. ACEA, Alliance, EMA, JAMA, 2006, "Worldwide Fuel Charter".
2. Barbara Elvers, 2008 "Energy Sources for Transportation" Handbook of Fuel.
3. Dirjen Migas, 2006, "Spesifikasi bahan baker minyak jenis minyak Solar 48".
4. Keith Owen dan Steven Coley, 2007, Automotive Fuels Reference Book, Edisi Kedua, Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale, Amerika Serikat.
5. Petroleum Association of Japan, 1999, "Petroleum Toward Harmonization with Environment", PAJ, Tokyo.
6. Robert Bosch, 2009 "G. Uniform Engine Fuel and Automotive Lubricants Regulation" Handbook.
7. Trevor Russell dan Douglas Brown, The Associated Octel Company Ltd., April 2000, "European Low-Sulfur Diesel, the Influence of Additives on Finished Fuel", World Refining.
8. UOP, 1998, "Diesel Fuel Specifications and Demand for the 21st Century", Des Plaines Illinois.