

Pengaruh Mutu Bahan Bakar Minyak Solar 48 dan 51 terhadap Pembentukan Emisi Partikulat pada Kendaraan Bermotor

Maymuchar¹⁾ dan Cahyo S. Wibowo¹⁾

¹⁾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 14 Maret 2011; Diterima setelah perbaikan tanggal 1 Desember 2011

Disetujui terbit tanggal: 30 Desember 2011

S A R I

Emisi partikulat (PM) adalah produk emisi dari proses pembakaran pada mesin diesel. Usaha untuk mengurangi emisi ini salah satunya adalah perbaikan mutu bahan bakar solar. Di Indonesia terdapat dua jenis bahan bakar solar yang diatur dalam Surat Keputusan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas, yaitu solar 48 dan 51. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh mutu bahan bakar solar yang ada di pasar domestik ini terhadap pembentukan emisi partikulat pada kendaraan bermotor. Pengukuran emisi partikulat dilakukan pada chassis dinamometer dengan beberapa variasi kecepatan. Kendaraan yang menggunakan solar 51 menghasilkan emisi partikulat lebih kecil dibanding solar 48. Perbedaannya adalah 10% pada kecepatan idle, 19% pada kecepatan 15km/jam, 15% pada kecepatan 30km/jam, 12% pada kecepatan 50km/jam dan 56% pada kecepatan 80 km/jam. Penurunan emisi partikulat ini sangat dipengaruhi oleh mutu bahan bakar solar dan kandungan sulfur yang rendah dimana angka setana yang tinggi akan memperbaiki karakteristik pembakaran dan kandungan sulfur yang rendah akan mengurangi kontribusinya dalam emisi partikulat.

Kata kunci: solar 48, solar 51, emisi partikulat

ABSTRACT

Particulate matter (PM) is an emission product of the combustion process in diesel engine. One of the efforts to reduce this emission is by improving the diesel fuel quality. In Indonesia, there are two kinds of diesel fuel that are regulated in the Decree of General Directorate of Oil and Gas, namely solar 48 and 51. This research is conducted to find out the influence of diesel fuel quality in the domestic market to the formation of particulate emission in a vehicle. The measurement of particulate emission is performed on chassis dynamometer in varied speed. The vehicle with solar 51 produces less particulate emission than that with solar 48. Respectively, the differences are 10% lower at idle speed, 19% lower at 15 km/hour, 15% at the 30km/hour, 12% at the 50% km/hour, and 56% at the 80 km/hour. The emission particulate reduction is much influenced by the diesel fuel quality reflected by the high cetane number and low sulfur content as the cetane number improves the combustion characteristic and the low sulfur content reduces the contribution on the emission particulate.

Keywords: solar 48, solar 51, particulate emissions

I. PENDAHULUAN

Salah satu kelebihan dari mesin diesel adalah mesin ini memiliki efisiensi termal yang tinggi dibanding dengan mesin bensin sehingga mesin ini banyak digunakan pada kendaraan-kendaraan berat seperti truk dan bus. Tetapi di sisi lain mesin ini mempunyai kekurangan-kekurangan, salah satunya adalah yang berkaitan dengan lingkungan. Mesin diesel merupakan penyumbang emisi partikulat (*Particulate Matter* = PM) terbesar di sektor transportasi. Mesin ini mengeluarkan emisi partikulat sebesar 100 kali lebih banyak dari mesin bensin. Sepintas kelihatannya emisi partikulat ini tidak begitu berbahaya, ini terlihat dari perilaku kita yang sering tidak memperdulikan emisi ini. Dari hasil penelitian EPA (*Environmental Protection Agency*), emisi partikulat ini mengandung 38 senyawa yang berbahaya, sedangkan CARB (*California Air Resources Board*) menyatakan bahwa terdapat 40 macam senyawa kimia berbahaya yang terbagi menjadi 3 jenis yaitu *non-cancerious*, *carcinogenic* dan *mutagenic*.

Usaha-usaha untuk mengurangi dan mengatasi emisi partikulat ini terus dilakukan. Pengurangan pemakaian mesin diesel dan menghindarinya tentu tidak dapat dilakukan karena mesin diesel merupakan tulang punggung kegiatan perekonomian nasional. Langkah-langkah lain yang dilakukan adalah penggalakan pemakaian bahan bakar alternatif, pemakaian teknologi *aftertreatment* dan peningkatan mutu bahan bakar solar. Berdasarkan spesifikasi yang diberlakukan di Indonesia mengenai bahan bakar minyak jenis solar, terdapat 2 jenis bahan bakar solar yang dipasarkan di dalam negeri yaitu solar 48 dengan angka setana (CN) minimum 48 dan solar 51 dengan angka setana minimum 51. Selain perbedaan angka setana diatas ada beberapa perbedaan lainnya seperti distilasi, berat jenis dan kandungan sulfur maksimum. Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh mutu bahan bakar solar dengan angka setana minimum 48 dan 51 yang ada di pasar domestik terhadap pembentukan emisi partikulat pada kendaraan diesel.

Emisi partikulat merupakan salah satu emisi produk pembakaran pada mesin diesel. Hampir sebagian besar partikulat ini dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna dan sebagian kecil berasal dari minyak lumas. Dibanding dengan emisi hasil pembakaran yang lain pada mesin diesel seperti CO, CO₂, HC, NOx emisi partikulat ini yang

paling dominan sehingga pembatasan emisi mesin diesel yang dilegalisasi adalah ukuran kepekatan asap pada knalpot (opasitas). Untuk negara-negara maju pengukuran emisi mesin diesel tidak hanya dari opasitas saja tetapi juga banyaknya partikulat yang dikeluarkan oleh mesin diesel. Untuk negara-negara Eropa pembatasan jumlah partikulat untuk kendaraan baru jenis penumpang adalah 0,025 g/km dan 0,005 g/km (Tier Euro IV dan Tier Euro V), sedangkan Jepang membatasi 0,013 g/km untuk kendaraan dengan bobot <2756 lbs dan 0,014 g/km untuk kendaraan berbobot >2756 lbs. Di Amerika Serikat yang diwakili oleh *California LEV II Emission Standards* membatasi sampai dengan 0,01 g/mile untuk kendaraan penumpang dan *light duty* yang berbobot <8500 lbs.

Emisi partikulat ini berbeda menurut ukuran, komposisi dan sumber. Berdasarkan ukurannya dibedakan menjadi 2 kategori yaitu :

1. PM₁₀, partikulat fraksi besar/kasar berdiameter lebih kecil dari 10 µm (mikron = 1/10⁶ meter. Dengan ukuran ini partikulat dapat masuk kedalam saluran pernapasan bagian atas dan paru-paru. Di udara PM₁₀ ini dapat hilang dalam waktu beberapa jam apabila terkena hujan atau mengendap akibat gravitasi.
2. PM_{2,5}, partikulat ini termasuk fraksi partikel halus yang berukuran lebih kecil dari 2,5 µm. Dengan ukuran ini PM_{2,5} lebih berbahaya karena dapat masuk ke dalam paru-paru yang lebih dalam dan bahkan sampai pada daerah *alveolar*. Partikulat ini dapat berada di udara selama berhari-hari bahkan berminggu-minggu, sehingga dapat berpindah dalam jarak yang cukup jauh.

Gambar 1. Menunjukkan perbandingan antara diameter rambut dengan diameter partikulat PM₁₀ dan PM_{2,5}.

Spesifikasi Mutu Bahan Bakar Minyak Solar

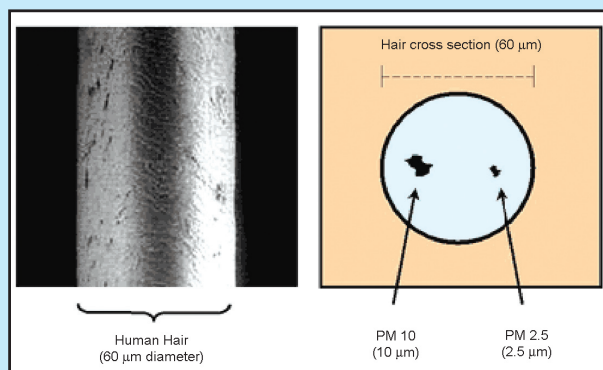
Bahan bakar minyak yang dipasarkan harus memenuhi persyaratan teknis tertentu sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Spesifikasi yang berlaku di setiap negara dapat sedikit berbeda, dikarenakan adanya perbedaan jenis dan populasi kendaraan, ketersediaan minyak bumi sebagai bahan baku, kemampuan kilang, sistem distribusi, faktor ekonomis dan peraturan keselamatan kerja dan lingkungan.

Bahan bakar kendaraan bermotor yang dalam hal ini bahan bakar minyak solar untuk kendaraan bermesin penyalaan kompresi (*compression ignition engine*) yang beredar di pasaran di Indonesia diatur dan dibatasi dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, No. 3675 K/24/DJM/2006, tanggal 17 Maret 2006.

Bahan bakar minyak solar untuk kendaraan bermotor yang beredar di pasaran baik di Indonesia dan beberapa negara lain, sebagai berikut:

a. Solar 48

Bahan bakar solar 48 adalah bahan bakar yang mempunyai angka setana CN (*Cetane Number*) minimal 48. Mutu solar 48 di pasaran Indonesia dibatasi oleh spesifikasi bahan bakar minyak solar jenis 48 sesuai dengan surat keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi. Spesifikasi minyak solar 48 ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 1
Perbandingan Ukuran PM10 dan PM2,5 dengan Diameter Rambut

Source : California Environmental Protection Agency, Air Resources Board (ARB), Ambient Air Quality Standards (AAQS) for Particulate Matter, reviewed November 24, 2009

Tabel 1
Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Solar 48

Karakteristik	Unit	Batasan		Metode Uji ASTM/Lain
		Minimum	Maksimum	
Angka Setana		48	-	D 613
Indeks Setana		45	-	D 4737
Berat Jenis pada 15°C	kg/m ³	815	870	D 1298/D 4052
Viskositas pada 40°C	mm ² /s	2.0	5.0	D 445
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.35 ²⁾	D 2622
Distilasi:				D 86
T95	°C	-	370	
Titik Nyala	°C	60	-	D 93
Titik Tuang	°C	-	18	D 97
Residu Karbon	% m/m	-	0.1	D 4530
Kandungan Air	mg/kg	-	500	D 1744
Biological Growth ^{*)}	-	Nihil		
Kandungan FAME ^{*)}	% v/v	-	10	
Kandungan Metanol dan Etanol ^{*)}	% v/v	Tak terdeteksi		D 4815
Korosi Bilah Tembaga	merit	-	Kelas 1	D 130
Kandungan Abu	% m/m	-	0.01	D 482
Kandungan Sedimen	% m/m	-	0.01	D 473
Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0	D 664
Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0.6	D 664
Partikulat	mg/l	-	-	D 2276
Penampilan Visual	-	Jernih dan terang		
Warna	No. ASTM	-	3.0	D 1500

^{*)} Khusus Minyak Solar yang mengandung Biodiesel, jenis dan spesifikasi Biodieselnnya mengacu ketetapan pemerintah.

¹⁾ 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

b. Solar 51

Bahan bakar minyak solar 51 adalah bahan bakar minyak solar yang mempunyai angka setana minimal 51 dengan kadar sulfur lebih sedikit dibanding solar 48. Kandungan sulfur solar 51 ini maksimal 0,05% m/m atau 500 ppm sedangkan solar 48 maksimal 0,35% m/m atau 3500 ppm. Mutu minyak solar 51 di pasaran Indonesia dibatasi dengan spesifikasi bahan bakar minyak solar jenis 51 sesuai dengan

surat keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi. Spesifikasi minyak solar 51 ditampilkan pada Tabel 2.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini diawali dengan persiapan kendaraan uji dan bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan pada studi ini adalah minyak solar jenis 48 dan 51. Pengujian karakteristik fisika kimia yang

Tabel 2
Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Solar 51

Karakteristik	Unit	Batasan		Metode Uji ASTM/Lain
		Minimum	Maksimum	
Angka Setana		51	-	D 613
Indeks Setana		48	-	D 4737/D 976
Berat Jenis pada 15°C	kg/m ³	820	860	D 1298/D 4052
Viskositas pada 40°C	mm ² /s	2.0	4.5	D 445
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.05 ²⁾	D 2622
Distilasi:				D 86
T90	°C	-	340	
T95	°C	-	360	
Titik Didih Akhir	°C	-	370	
Titik Nyala	°C	55	-	D 93
Titik Tuang	°C	-	18	D 97
Residu Karbon	% m/m	-	0.30	D 4530
Kandungan Air	mg/kg	-	500	D 1744
Stabilitas Oksidasi	g/m ³	-	25	D 2274
Biological Growth ^{*)}	-	Nihil		
Kandungan FAME ^{*)}	% v/v	-	10	
Kandungan Metanol dan Etanol ^{*)}	% v/v	Tak terdeteksi		D 4815
Korosi Bilah Tembaga	merit	-	Kelas 1	D 130
Kandungan Abu	% m/m	-	0.01	D 482
Kandungan Sedimen	% m/m	-	0.01	D 473
Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0	D 664
Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0.3	D 664
Partikulat	mg/l	-	10	D 2276
Lubrisitas (HFFR scar dia @ 60°C)	mikron	-	460	D 6079
Penampilan Visual	-	Jernih dan terang		
Warna	No. ASTM	-	1.0	D 1500

^{*)} Khusus Minyak Solar yang mengandung Biodiesel, jenis dan spesifikasi Biodieselnnya mengacu ketentuan pemerintah.

¹⁾ Menurut SK Dirjen Migas No.3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

²⁾ Batasan 0.05% setara dengan 500 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

campuran ini terbatas pada sifat-sifat yang dapat mempengaruhi pembakaran pada ruang bakar mesin dan sistem pemasukan bahan bakar seperti pengujian angka setana, kandungan sulfur, lubrisitas, berat jenis, dan distilasi. Kegiatan persiapan kendaraan uji dilakukan dengan melakukan beberapa perbaikan (rekondisi) terutama pada sistem pembakaran serta sistem yang lain untuk menjamin keselamatan selama pengujian. *Run-in* dilakukan setelah pemasangan suku cadang baru dengan maksud untuk mengetahui kondisi standar kendaraan uji sesuai prosedur yang direkomendasikan oleh pabrikan kendaraan dengan melakukan uji jalan sampai jarak tempuh 1.000 km. Kendaraan uji yang digunakan dari jenis mesin diesel, *turbocharger* dan secara populasi telah banyak digunakan. Selengkapnya spesifikasi kendaraan uji ditampilkan pada pada Tabel 3.

Uji emisi dilakukan untuk mengetahui banyaknya emisi partikulat yang dihasilkan oleh kendaraan uji berbahan bakar minyak solar 48, dan 51. Pengujian ini dilaksanakan pada laboratorium *chassis* dinamometer sehingga akan didapat kecenderungan pembentukan dan besarnya emisi partikulat yang dikeluarkan oleh kendaraan pada berbagai kecepatan. Pengukuran emisi partikulat dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap kecepatan. Data emisi partikulat yang diambil selama 30 detik setelah kecepatan kendaraan stabil.

Alat untuk mengukur emisi partikulat ini adalah Dekati's ETaPS™, Electrical Tailpipe PM Sensor adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah partikulat yang keluar dari knalpot. Sensor alat ini langsung dipasang pada ujung knalpot dan langsung mengukur jumlah partikulat baik itu partikel solid atau volatile yang terbang melalui sensor. Alat ini beroperasi berdasarkan pada pembebanan partikel dan pelacakan elektrik partikel pada emisi. Sumber tegangan tinggi menciptakan lucutan korona ke dalam suatu ruangan dengan dinding berlubang. Ruang ini ditempatkan pada aliran gas buang (knalpot) dan sebagian aliran tersebut akan melalui ruang. Partikel yang mengalir melalui alat menjadi bermuatan listrik dan elektrometer akan mengukur sejumlah beban elektrik yang keluar

ruangan bersama partikel. Gambar 2 menunjukkan cara kerja alat Dekati's ETaPS™, Electrical Tailpipe PM Sensor.

Karena alat ukur partikulat ditempatkan langsung pada aliran *exhaust* jadi tidak memerlukan aliran *dilution* atau peralatan sampling dan ini membuat instalasi dan pemakaiannya lebih mudah dibandingkan dengan peralatan pengukur PM lainnya.

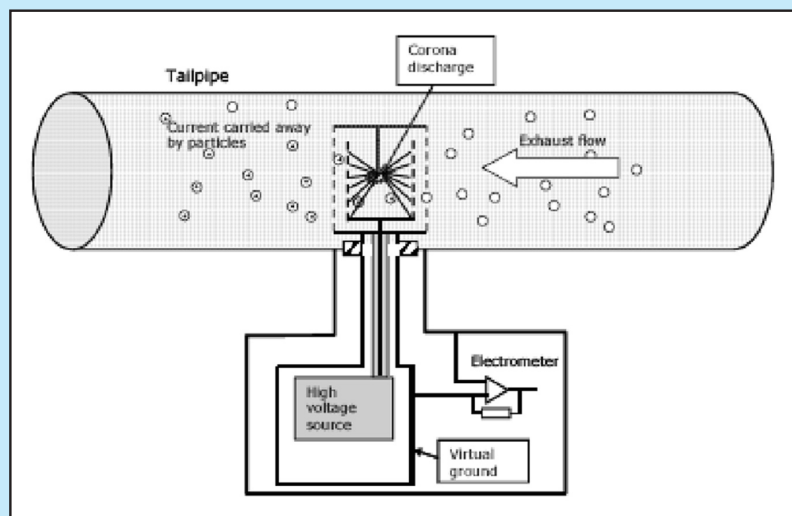
Pengukuran emisi partikulat dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap kecepatan. Data emisi partikulat yang diambil selama 30 detik setelah kecepatan kendaraan stabil.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian mutu bahan bakar uji dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik sifat fisika kimia minyak solar 48 dan 51. Sifat fisika kimia utama

Tabel 3
Spesifikasi Kendaraan Uji

Model Mesin	: 4JA1
Tipe Mesin	: 4 Silinder segaris
Bahan Bakar	: Solar
Volume Langkah (cm ³)	: 2499
Oli Pelumas	: Meditran S
Sistem Intake Bahan Bakar	: Turbocharger



Gambar 2
Alat Pengukur Partikulat

Tabel 4
Hasil Analisis Karakteristik Minyak Solar 48

Karakteristik	Satuan	Hasil Analisis 48	Spesifikasi M. Solar 48	Metode Uji ASTM
Viskositas Kinematik @ 40°C	mm ² /s	4,4	2,0 – 5,0	D 445
Angka Setana	CN	48,7	Min 48	D 613
Kandungan Sulfur	% m/m	0,225	Maks 0,35	D 2622
Lubrisitas, <i>Scare Diameter</i>	micron	356	-	D 6079
Berat Jenis	kg/m ³	860	815 – 870	D 4052
Distilasi	°C	360	370	D 86

Tabel 5
Hasil Analisis Karakteristik Minyak Solar 51

Karakteristik	Satuan	Hasil Analisis	Spesifikasi M. Solar 51	Metode Uji ASTM
Viskositas Kinematik @ 40°C	mm ² /s	2,5	2,0 – 5,0	D 445
Angka Setana	CN	52,2	Min 51	D 613
Kandungan Sulfur	% m/m	0,035	Maks 0,05	D 2622
Lubrisitas, <i>Scare Diameter</i>	micron	247	Maks 460	D 6079
Berat Jenis	kg/m ³	842	820 – 860	D 4052
Distilasi	°C	360	360	D 86

yang diuji adalah viskositas Kinematik dengan metode uji ASTM D 445, angka setana dengan metode uji ASTM D 613, kandungan sulfur dengan metode ASTM D 2622, lubrisitas yang uji dengan metode ASTM D 6079, berat jenis dengan metode ASTM D 4052 dan distilasi dengan metode ASTM D 86.

Hasil analisis sifat fisika kimia utama dari bahan bakar minyak Solar 48 dan 51 berturut-turut ditampilkan pada Tabel 4, dan Tabel 5.

Dari hasil uji laboratorium karakteristik utama sampel minyak solar jenis 48 yang digunakan sebagai bahan bakar uji memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditetapkan pemerintah menurut SK Dirjen Migas No.3675.K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 untuk jenis minyak Solar 48.

Dari hasil uji laboratorium karakteristik utama sampel minyak solar jenis 51 yang digunakan sebagai bahan bakar uji memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditetapkan pemerintah menurut SK Dirjen Migas No.3675.K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 untuk jenis minyak Solar 51. Dari hasil pengujian karakteristik menunjukkan bahwa minyak solar 51 memiliki sifat yang lebih baik dari minyak solar 48 terutama angka setana, viskositas dan kandungan sulfur dimana sifat-sifat ini akan memberi pengaruh terhadap kualitas pembakaran dan emisi yang dihasilkan.

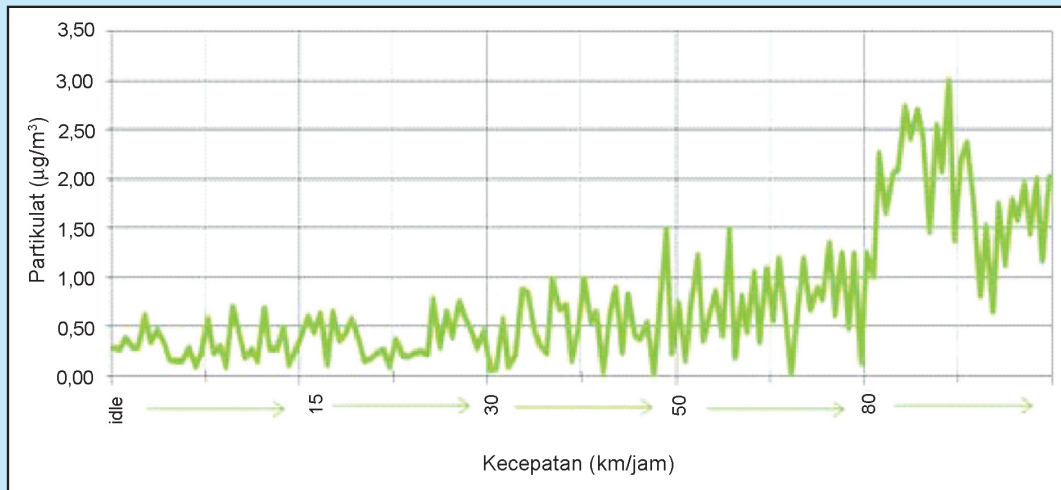
Pengukuran emisi partikulat diukur pada kecepatan 0 km/jam kondisi idle, kecepatan 15 km/jam dengan posisi transmisi I, kecepatan 30 km/jam pada

posisi transmisi II, kecepatan 50 km/jam pada posisi transmisi III dan kecepatan 80 km/jam pada posisi transmisi IV. Data emisi partikulat diambil selama 30 detik untuk setiap kecepatan.

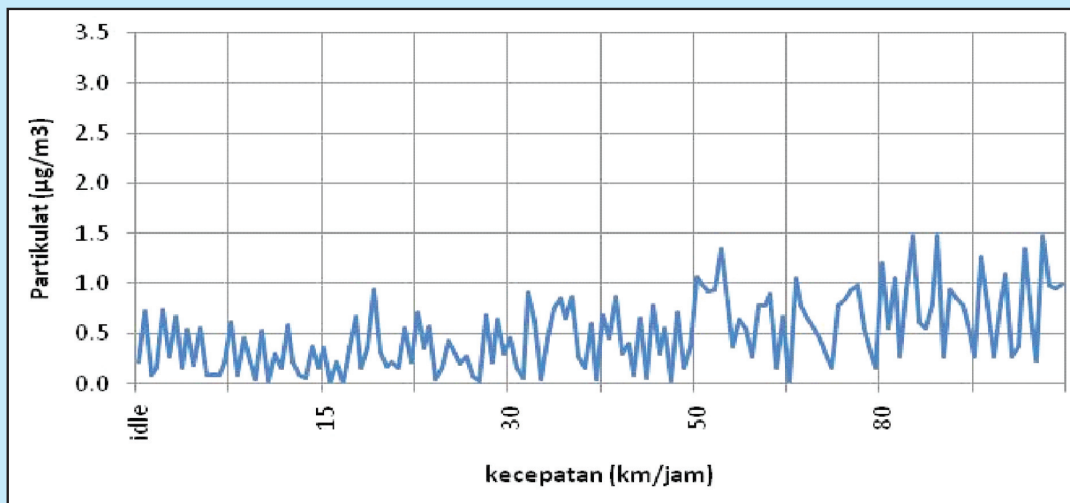
Pada Gambar 3 terlihat pola banyaknya emisi partikulat yang terbentuk pada setiap kecepatan. Pada gambar ini menunjukkan bahwa emisi partikulat terkecil yang dikeluarkan kendaraan terjadi pada kondisi idle dengan putaran mesin 800 rpm. Peningkatan emisi partikulat terjadi bila kecepatan

kendaraan uji semakin meningkat. Semakin banyak bahan bakar yang terbakar pada kenaikan kecepatan sebagai penyebab kenaikan emisi partikulat ini.

Fenomena yang sama juga terjadi pada kendaraan uji yang berbahan bakar solar 51 yaitu terjadi peningkatan emisi partikulat dengan semakin meningkatnya kecepatan kendaraan uji. Pada Gambar 4 terlihat bahwa kenaikan emisi partikulat yang terbentuk tidak terlalu signifikan seperti yang dihasilkan oleh kendaraan berbahan bakar solar 48.



Gambar 3
Grafik Hasil Pengujian Emisi Partikulat Solar 48



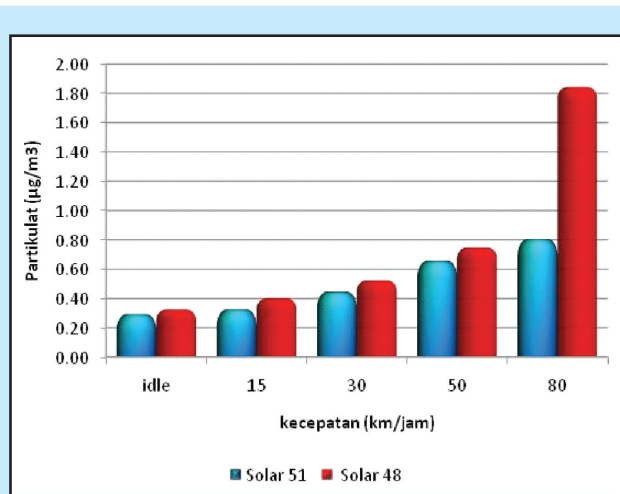
Gambar 4
Grafik Hasil Pengujian Emisi partikulat Bahan Bakar Solar 51

Namun kendaraan uji yang menggunakan bahan bakar solar 51 ini mengeluarkan emisi partikulat yang sedikit stabil atau perbedaan pada setiap kecepatan cukup kecil.

Emisi partikulat yang dihasilkan oleh kendaraan berbahan bakar 51 rata-rata $0,292861 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada kondisi idle atau lebih sedikit 10% dibanding dengan emisi partikulat yang dihasilkan oleh kendaraan dengan bahan bakar 48. Pada kenaikan kecepatan 15 km/jam, 30 km/jam, 50 km/jam dan 80 km/jam perbedaan emisi partikulat yang dihasilkan oleh kendaraan berbahan bakar solar 51 dan 48 masing-masing 19%, 15%, 12% dan 56%. Perbedaan emisi partikulat ini ditunjukkan pada Gambar 5.

Partikulat merupakan salah satu komponen emisi yang dikeluarkan oleh mesin diesel. Komposisi partikulat sendiri terdiri dari senyawa yang cukup rumit karena terdiri dari bermacam-macam senyawa yang berasal dari bahan bakar, metal bagian mesin dan oli pelumas. Pembentukan emisi partikulat tergantung dari tipe mesin, kecepatan dan beban pada saat kendaraan dioperasikan, serta komposisi bahan bakar. Menurut *Internal Combustion Fundamental Series* menyebutkan bahwa partikulat yang dihasilkan oleh pembakaran mesin diesel adalah diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar yang mengandung karbon. Bahan lain yang terkandung pada bahan bakar seperti parafin, olefin, aromatik, sulfur serta sebagian kecil minyak lumas mesin bergabung dengan senyawa karbon membentuk partikulat.

Selain kandungan karbon pada bahan bakar, unsur kandungan sulfur juga mempengaruhi pembentukan emisi partikulat. Senyawa sulfat yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar akan berkontribusi terhadap pembentukan partikulat. Terdapat hubungan yang linier antara kandungan sulfur dengan partikulat yang dihasilkan. Sulfur dalam bahan bakar teroksidasi selama terjadinya pembakaran akan membentuk SO_2 yang merupakan senyawa utama dikeluarkan mesin. Beberapa senyawa SO_2 akan teroksidasi menjadi senyawa sulfat (SO_4) yang menyatu disekeliling inti partikulat yang mengandung senyawa karbon (C), hal ini akan menambah massa partikulat sehingga kandungan sulfur mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pembentukan partikulat. Besar massa senyawa sulfat yang keluar dari mesin diesel tergantung dari konsumsi bahan bakar, kandungan sulfur pada bahan bakar, dan laju pembentukan sulfur menjadi SO_4 . Selain kandungan unsur-unsur yang ada di bahan bakar salah satu sifat



Gambar 5
Grafik Perbandingan Emisi Partikulat
Bahan Bakar Solar 48 dan 51

bahan bakar yaitu angka setana dapat mempengaruhi pembentukan emisi partikulat. Semakin besar angka setana maka pembentukan emisi partikulat akan semakin rendah.

Dari uraian diatas dapat dikatakan bahwa bahan bakar solar 51 menghasilkan emisi partikulat disebabkan memiliki kandungan sulfur yang lebih rendah. Angka setana bahan bakar solar 51 yang lebih besar juga merupakan faktor yang menyebabkan rendahnya jumlah emisi ini. Angka setana yang lebih tinggi akan menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna karena penyalan tunda yang terjadi pada saat proses pembakaran di *combustion chamber* menjadi lebih singkat.

IV. KESIMPULAN

1. Bahan bakar solar 51 menghasilkan emisi partikulat yang lebih rendah dibanding bahan bakar solar 48 untuk setiap kecepatan. Pengurangan emisi partikulat ini yaitu :
 - a. 10% pada kecepatan idle, posisi transmisi neutral
 - b. 19% pada kecepatan 15 km/jam, posisi transmisi I
 - c. 15% pada kecepatan 30 km/jam, posisi transmisi II
 - d. 12% pada kecepatan 50 km/jam posisi transmisi III dan
 - e. 56% pada kecepatan 80 km/jam, posisi transmisi IV.

2. Semakin tinggi kecepatan kendaraan semakin besar emisi partikulat yang dihasilkan. Peningkatan emisi partikulat terjadi dikarenakan semakin banyak bahan bakar yang terbakar dan sebagian besar kandungan partikulat adalah material karbon (*carbonaceous material* atau *soot*). Penggunaan bahan bakar dengan kandungan unsur karbon yang rendah seperti biodiesel memungkinkan pengurangan emisi partikulat.
3. Peningkatan angka setana akan menurunkan emisi partikulat dikarenakan angka setana yang lebih tinggi akan memperbaiki karakteristik pembakaran di ruang bakar mesin sehingga akan menghasilkan proses pembakaran yang lebih baik. Karena sebagian besar terbentuknya emisi partikulat ini adalah disebabkan pembakaran yang tidak sempurna (*incomplete combustion*).
4. Pengurangan kandungan sulfur dalam bahan bakar akan mempengaruhi pengurangan emisi partikulat. Senyawa sulfur merupakan salah satu komponen dalam emisi partikulat.
5. Emisi partikulat ini seyogyanya sudah harus menjadi perhatian oleh Pemerintah Indonesia seperti halnya di negara-negara maju dikarenakan emisi ini dapat menyebabkan penurunan kesehatan (asma, bronchitis akut, kanker paru-paru, terutama pada anak-anak dan lanjut usia).

KEPUSTAKAAN

1. **ACEA, EMA, JAMA**, 2006, "*Worldwide Fuel Charter*", Desember.
2. **Bertola AG**, 2003, "*Technologies for Lowest NOx and Particulate Emission in DI Diesel Engine Combustion – influence of Injection Parameters, EGR and Fuel Composition*", dissertation for doctor of technical sciences, Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
3. **Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi**, Nomor 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 "*Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Solar 48 dan 51*"
4. **Heywood, John B.**, 1989, "*Internal combustion Engine Fundamentals*", McGraw-Hill International Editions, series in mechanical engineering, Singapore.
5. **International Fuel Quality Center (IFQC)**, 2007, "*Comparison of EU, Japanese and U.S. Automotive Emissions Regulations*", Special Report.
6. **L. Forti, N. Jeuland, S. Raux and M. Pasquereau**, 2005, "*Analysis of the Particulates Emitted by Internal Combustion Engines*", Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, Vol. 60.
7. **Mollenhauer K, Tschoeke H**, 2010, "*Handbook of Diesel Engine*", Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
8. **Owen Keith, Coley Trevor**, 1985, "*Automotive Fuels Reference Book*", SAE Inc, Warrentale.
9. **W. Addy Majewski**, 2001, "*Diesel Particulate Filters*", www.DieselNet.com. Copyright © Ecopoint Inc. Revision 07b
10. **World Health Organization**, 2005, "*Particulate Matter Air Pollution: how it harms health*", Fact sheet EURO/04/05 Berlin, Copenhagen, Rome, 14 April.
11. <http://www.epa.gov/air/particlepollution>, July, 2011.