

Perkembangan Bahan Bakar Solar dan Spesifikasi WWFC serta Pengaruhnya bagi Indonesia

Oleh:
Djainuddin Semar

I. PENDAHULUAN

Disain motor diesel saat ini cenderung memakai prinsip pembakaran miskin, motor multikatup, turbo/*supercharging*, injeksi bahan bakar *multiport*, kenaikan perbandingan kompresi, *knock limiting control* dan multi bahan bakar²⁾. Di samping itu pembuat mesin berusaha meningkatkan kinerja (*performance*) mesin, hemat bahan bakar, dan mengurangi kadar emisi gas buangnya. Dengan adanya perbaikan rancangan mesin, maka mutu bahan bakarnya harus pula disesuaikan dengan kebutuhan mesin.

Pada dasarnya spesifikasi minyak solar tidak pernah statis, selalu berkembang sesuai dengan perkembangan teknologi proses pengolahan bahan bakar dan disain mesin. Kecenderungan bahan bakar untuk motor diesel saat ini disesuaikan dengan disain motor diesel antara lain adalah angka setana tinggi, kandungan sulfur rendah, kandungan aromatik rendah, kandungan poliaromatik rendah dan memakai aditif³⁾.

Spesifikasi minyak solar Indonesia harus dikaji ulang secara berkala, untuk disesuaikan dengan perkembangan teknologi mesin dan mengikuti perkembangan spesifikasi bahan bakar diesel internasional.

II. MINYAK SOLAR INDONESIA DAN PERSYARATAN MUTUNYA

Mutu minyak solar Indonesia tercakup dalam spesifikasinya disajikan pada Tabel 1, diuraikan di bawah ini. Hasil-hasil pengujian percontoh minyak solar dari beberapa kota/daerah disajikan pada Tabel 2.

A. Sifat-Sifat Utama Minyak Solar

1. Gravitasi spesifik

Gravitasi spesifik minyak solar Indonesia dibatasi 815 – 870 kg/m³ yang diuji dengan metode ASTM D-

Tabel 1
Spesifikas minyak solar *)

Sifat-sifat	Satuan	Batasan spesifikasi minyak solar		Metode uji
		Min.	Maks.	ASTM
Gravitasi spesifik pada 15 °C	kg/m ³	815	870	D-1298
Warna			3	D-1500
Angka setana		45		D-613
Indeks setana terhitung		48		D-976
Viskositas kinematik pada 37,8°C	mm ² /sec	1,6	5,8	D-445
Titik tuang	°C		18	D-97
Kandungan belerang	% massa		0,5	D-1552
Korosi bilah Cu, 3 jam/100°C			No. 1	D-130
CCR (% vol. Bottom)	% massa		0,1	D-189
Kandungan air	% vol.		0,05	D-95
Sedimen	% massa		0,01	D-473
Kandungan abu	% massa		0,01	D-482
Bilangan asam kuat	mg KOH/gr		Nil	D-664
Bilangan asam total	mg KOH/gr		0,6	D-664
Titik nyala P.M.c.c	° C	60		D-93
Distilasi: Recovery pada 300°C	% vol.	40		D-86

*) Spesifikasi minyak solar menurut Surat Keputusan Dirjen Migas No. 113.K/72/DJM/1999 tanggal 27 Oktober 1999.

1298. Perubahan gravitasi spesifik akan berpengaruh terhadap daya mesin, emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar.

2. Kualitas penyalaan

Kualitas penyalaan minyak solar ditentukan oleh angka setana (ASTM D-613) dan atau indeks setana terhitung, (ASTM D-976) masing-masing dibatasi minimum 45 dan minimum 48. Jika angka setana rendah, penundaan penyalaan lebih lama, kenaikan tekanan pembakaran lebih tinggi, bunyi mesin kasar. Indeks setana digunakan untuk hidrokarbon murni tanpa aditif penaik angka setana ⁵⁾.

3. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik minyak solar Indonesia dibatasi 1,6 – 5,8 mm²/sec pada 37,8°C yang diuji dengan metode ASTM D-445. Pemasukan dan injeksi minyak solar ke dalam mesin tergantung pada nilai viskositas kinematik, oleh sebab itu untuk mencapai kinerja optimum maka viskositas kinematik harus disesuaikan dengan kebutuhan mesin.

4. Distilasi

Batasan distilasi minyak Solar adalah *recovery* pada 300 °C minimum 40% volume yang diuji dengan metode ASTM D-86. Distilasi menunjukkan volatilitas minyak solar. Jika volatilitas terlalu tinggi, terjadi campuran tidak sempurna, terlalu jenuh dan memperlambat terjadinya penyalaan. Sebaliknya jika volatilitasnya terlalu rendah, akan terbentuk tetesan dalam semprotan minyak solar untuk diuapkan, terjadi pembakaran tidak sempurna sehingga akan terbentuk deposit pada dinding silinder.

5. Titik tuang

Titik tuang adalah kemampuan minyak solar untuk mengalir pada temperatur atmosfer terendah. Jika titik tuang terlalu rendah dapat terjadi penyumbatan saringan bahan bakar.

Tabel 2
Hasil pengujian angka setana, viskositas kinematik dan titik nyala percontoh minyak solar dibandingkan dengan spesifikasinya

No.	Kode percontoh	Angka setana ASTM D-613 Min. 45 *)	Viskositas Kinematik, mm ² /sec. ASTM D-445 Min. 1,6 dan Maks. 5,8 *)	Titik Nyala, °C ASTM D-93 Min. 60 *)
1	SLR-01	52,9	3,86	72,0
2	SLR-02	52,5	5,18	76,0
3	SLR-03	57,2	3,48	74,0
4	SLR-04	53,3	3,43	70,0
5	SLR-05	55,9	5,78	76,0
6	SLR-06	47,8	4,12	72,0
7	SLR-07	54,0	4,47	74,0
8	SLR-08	50,5	3,53	68,0
9	SLR-09	45,8	4,14	74,0
10	SLR-10	52,5	4,28	68,0
11	SLR-11	57,6	4,07	68,0
12	SLR-12	49,9	4,22	78,0

Keterangan :

*) Spesifikasi minyak Solar sesuai dengan Surat Keputusan Dirjen Migas No. 133.K/72/DJM/1999 tanggal 27 Oktober 1999.

6. Kadar sulfur

Kadar sulfur dalam minyak solar Indonesia maksimum 0,5% m (ASTM D1552). Kadar sulfur dapat menyebabkan: terjadinya emisi *particulate matter* (PM) melalui pembentukan *sulfates* pada aliran gas buang dan di udara, korosi dan keausan mesin, menurunkan efektivitas *exhaust gas after treatment*. Di lain pihak penurunan kadar sulfur menyebabkan sifat lubrisitas minyak solar berkurang.

7. Kandungan air dan sedimen

Air dan sedimen dalam minyak solar dapat menimbulkan penyumbatan saringan bahan bakar, keausan pada pompa dan injektor, korosi, terbentuknya deposit pada tangki bahan bakar. Oleh sebab itu kandungan air dan sediment dibatasi, masing maksimum 0,05 % m (ASTM D-95) dan 0,01 % m (ASTM D-473).

8. Kandungan aromatik

Spesifikasi minyak Solar Indonesia tidak membatasi kandungan aromatik. Kandungan aromatik yang berlebihan dapat menyebabkan meningkatnya temperatur penyalaan dan emisi NOx. Sedangkan kadar poliaromatik dapat menyebabkan pembentukan emisi *particulate matter* dan pembentukan emisi hidrokarbon poliaromatik (PAH).

9. Lubrisitas

Lubrisitas minyak solar diukur pada mesin HFRR (*High Fuel Reciprocating Rig*) dengan metode ASTM D-6079. Sifat pelumasan minyak solar diperlukan untuk melumasi pompa injeksi dan injektor mesin.

B. Spesifikasi Minyak Solar Indonesia

Minyak solar harus memenuhi persyaratan teknis tertentu sesuai dengan kebutuhan penggunaan pada motor diesel yang disebut spesifikasi. Spesifikasi teknis yang dibutuhkan mesin diesel sama di setiap negara, namun spesifikasi yang diberlakukan di setiap negara dapat berbeda, karena perbedaan kondisi seperti jenis dan populasi kendaraan, kemampuan kilang dan faktor ekonomis.

Spesifikasi minyak solar yang berlaku di Indonesia saat ini ditetapkan menurut Surat Keputusan Dirjen Migas No. 113.K/72/DJM/1999 tanggal 27 Oktober 1999, seperti disajikan pada Tabel 1.

C. Hasil Pengujian Sifat-Sifat Utama Minyak Solar

Hasil pengujian sifat-sifat fisika kimia utama percontoh minyak solar meliputi angka setana,

viskositas kinematik dan titiknyanya yang berasal dari SPBU di beberapa kota/daerah seperti : Semarang (Jawa Tengah), Jakarta Pusat, Pekanbaru (Riau), Kendari (Sulawesi Selatan), Manado (Sulawesi Utara), Bandung (Jawa Barat), Serang (Banten), Palangkaraya (Kalimantan Tengah), Bengkulu, Padang (Sumatera Barat) dan Jambi, disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat kisaran mutu minyak solar tipikal adalah angka setana 45,8 – 57,6 CN, viskositas kinematik 3,53 mm²/sec – 5,78 mm²/sec dan titik nyala 68,0 °C – 76,0 °C.

III. PERBANDINGAN SPESIFIKASI MINYAK SOLAR INDONESIA DENGAN WWFC

Perbandingan spesifikasi minyak solar Indonesia dengan spesifikasi WWFC dimaksudkan untuk mengetahui posisi mutu minyak pedoman dalam pengembangan spesifikasi minyak Solar ramah lingkungan di Indonesia. Spesifikasi bahan bakar diesel yang dikeluarkan *World Wide Fuel Charter* (WWFC) tahun 2000 sebagai acuan yang memberikan arah dalam globalisasi dan harmonisasi spesifikasi solar di dunia (Tabel 3). Tujuannya untuk memberikan rekomendasi kualitas bahan bakar diesel dengan

Tabel 3.
Spesifikasi bahan bakar diesel WWFC 2000

Characteristics	Limit				Test Method ASTM
	Cat-1	Cat-2	Cat-3	Cat-4	
Density @ 15°C, kg/m ³	820 - 860	820 - 850	820 - 840	820 - 840	D-4052
Cetane number	Min 48	Min 53	Min 55	Min 55	D-613
Cetane Index	Min 45	Min 50	Min 52	Min 52	D-4737
Viscosity @ 40°C, mm ² /sec	2,0 - 4,5	2,0 - 4,0	2,0 - 4,0	2,0 - 4,0	D-445
Sulfur Content, % m/m	Max 0,50	Max 0,030	Max 0,003	S free	D-2622
Aromatic Content, % m/m	-	Max 25	Max 15	Max 15	D-5186
Polyaromatic Content (di+ tri+), % m/m	-	Max 5	Max 2	Max 2	D-2425
Flash Point, °C	Min 55	Min 55	Min 55	Min 55	D-93
Carbon Residue, % m/m	Max 0,30	Max 0,30	Max 0,20	Max 0,20	D-189
Water Content, mg/kg	Max 500	Max 200	Max 200	Max 200	D-95
Oxidation Stability, g/m ³	Max 25	Max 25	Max 25	Max 25	D-2274
Total Acid Number, mg KOH/g	-	Max 0,01	Max 0,01	Max 0,01	D-664
Copperstrip Corrosion, merit	Class 1	Class 1	Class 1	Class 1	D-130
Ash Content, % m/m	Max 0,01	Max 0,01	Max 0,01	Max 0,01	D-482
Particulates, mg/l	Max 24	Max 24	Max 24	Max 24	D-2276
T90, °C	-	Max 340	Max 320	Max 320	D-86
T95, °C	Max 370	Max 355	Max 340	Max 340	D-86
Final Boiling Point, °C	-	Max 365	Max 350	Max 350	D-86
Foam Volume, ml	-	-	100	100	NF M 07-075
Foam Finishing time	-	-	15	15	NF M 07-075
Lubricity (HFRR Scar dia @ 15°C), micron	Max 400	Max 400	Max 400	Max 400	D-6079
Injector Cleanliness I, % air flow loss	Max 85	Max 85	Max 85	Max 85	CEC (PF-
Injector Cleanliness II, Avg. Plunger deposit rating	10,0	10,0	10,0	10,0	
% Flow loss	5,0	5,0	5,0	5,0	

mempertimbangkan permintaan konsumen, emisi gas buang kendaraan yang memberikan keuntungan bagi konsumen dan masyarakat pemakai¹⁾.

WWFC tahun 2000 memberikan empat kategori spesifikasi bahan bakar diesel, mulai dari kategori 1 sampai dengan 4 yang menunjukkan spesifikasi makin ketat, seperti disajikan pada Tabel 3 dan diuraikan sebagai berikut :

- Kategori 1, bahan bakar diesel dengan minimal persyaratan untuk kontrol emisi, yang didasarkan pada unjuk kerja mesin kendaraan diesel seperti spesifikasi minyak solar Indonesia.
- Kategori 2, bahan bakar diesel untuk persyaratan kontrol emisi yang lebih ketat.
- Kategori 3, bahan bakar diesel untuk persyaratan kontrol emisi yang sangat ketat.
- Kategori 4, bahan bakar diesel untuk persyaratan kontrol emisi yang paling ketat, dimana bahan bakar harus bebas sulfur.

Pada Tabel 4 disajikan spesifikasi minyak Solar Indonesia dibandingkan spesifikasi bahan bakar diesel WWFC tahun 2000 kategori 1 sampai 4.

Spesifikasi minyak solar Indonesia menurut Surat

Keputusan Dirjen Migas No. 113.K/72/DJM/1999 tanggal 27 Oktober 1999, Tabel 1), masih jauh lebih sederhana dibandingkan dengan spesifikasi WWFC tahun 2000 kategori 2, yang memberikan batasan komposisi hidrokarbon, karakteristik kinerja mesin (*injector cleanliness I dan cleanliness II*) dan lubrisitas. Angka setana minyak solar Indonesia lebih rendah dari spesifikasi WWFC untuk semua kategori dan titik nyala lebih tinggi seperti disajikan pada Gambar 1. Sedangkan viskositas kinematik masih dapat memenuhi semua kategori menurut spesifikasi WWFC seperti disajikan pada Gambar 2. Dalam pengembangan spesifikasi minyak solar Indonesia di masa datang spesifikasi bahan bakar diesel WWFC tahun 2000 dijadikan sebagai acuan.

IV. KONSEKUENSI BAGI INDONESIA

Spesifikasi bahan bakar minyak otomotif ditetapkan atas beberapa pertimbangan yaitu perkembangan teknologi mesin kendaraan, peraturan lingkungan hidup, perkembangan spesifikasi bahan bakar minyak otomotif internasional, kemampuan produsen dalam negeri dan kemampuan atau daya beli masyarakat.

Penetapan spesifikasi minyak solar Indonesia

Tabel 4
Spesifikasi minyak solar Indonesia dan WWFC

Sifat-Sifat	Spesifikasi Minyak Solar					Mtodo uji ASTM (Indonesia/ WWFC)
	Indonesia	WWFC, Kategori :				
		1	2	3	4	
Densitas pada 15°C, kg/m ³	815-870	820-860	820-850	820-840	820-840	D-1298/D-4737
Viskositas @ 40°C, mm ² /sec	1,6 – 5,8	2,0 - 4,5	2,0 - 4,0	2,0 - 4,0	2,0 - 4,0	D-445 *)
Water Content, mg/kg, maks	-	500	200	200	200	D-95 *)
Angka setana, Min	45	48	53	55	55	D-613 *)
Indeks setana, Min	48	45	50	52	52	D-976/D-4737
Kandungan sulfur, % massa; maks	0,5	0,50	0,030	0,003	Free	D-1552/D-2622
Kandungan aromatik, % vol.; maks	-	-	25	15	15	- /D-5186
Kandungan poliaromatik, % m; maks	-	-	5	2	2	- /D2425
Partikulat, mg/l; maks	-	24	24	24	24	- /D-2276
Lubrisitas (HFRR) scar dia. @60°C, µ, maks	-	400	400	400	400	- /D-6079
Injector Cleanliness I, % air flow loss, maks	-	85	85	85	85	- /CEC
Injector Cleanliness II, Avg. Plunger deposit		10,0	10,0	10,0	10,0	(PF-023) TBA
% flow loss, maks		5,0	5,0	5,0	5,0	

Keterangan :

*) Metode Uji ASTM sama untuk Spesifikasi Minyak Solar Indonesia dan WWFO

HFRR : High Frequency Reciprocating Rig

hendaknya disesuaikan dengan kemajuan teknologi mesin otomotif yang menuntut mutu bahan bakar minyak yang sesuai dengan standar emisi EURO II dan WWFC kategori 2. Namun ada hal-hal tertentu yang harus ditentukan atau dipersiapkan setempat karena menyangkut masalah teknik, ekonomi atau kebijakan khas Indonesia. Antara lain, adalah tingkat angka setana, kandungan aromatik, kandungan poliaromatik (di+tri+), karakteristik kinerja mesin, dan persiapan mengenai metode uji baru yang diperlukan.

A. Tingkat Angka Setana

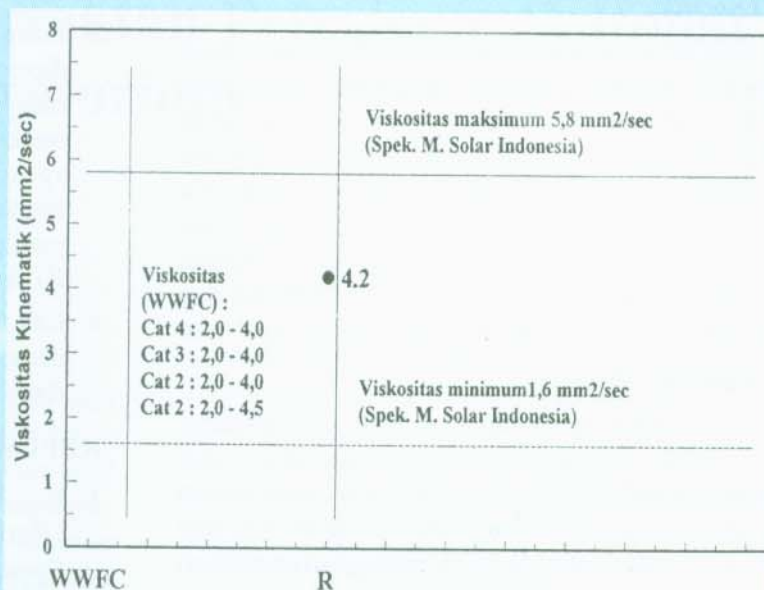
Tingkat kebutuhan angka setana minyak Solar yang dibutuhkan mesin biasanya disesuaikan dengan kebutuhan populasi kendaraan yang ada. Spesifikasi minyak Solar Indonesia menetapkan angka setana minimum 45, sedangkan WWFC tahun 2000 kategori 2 menetapkan angka setana minimum 53. Oleh sebab itu diperlukan penelitian/ pengkajian untuk mendapatkan keputusan terbaik bagi Indonesia.

B. Tingkat Kandungan Sulfur

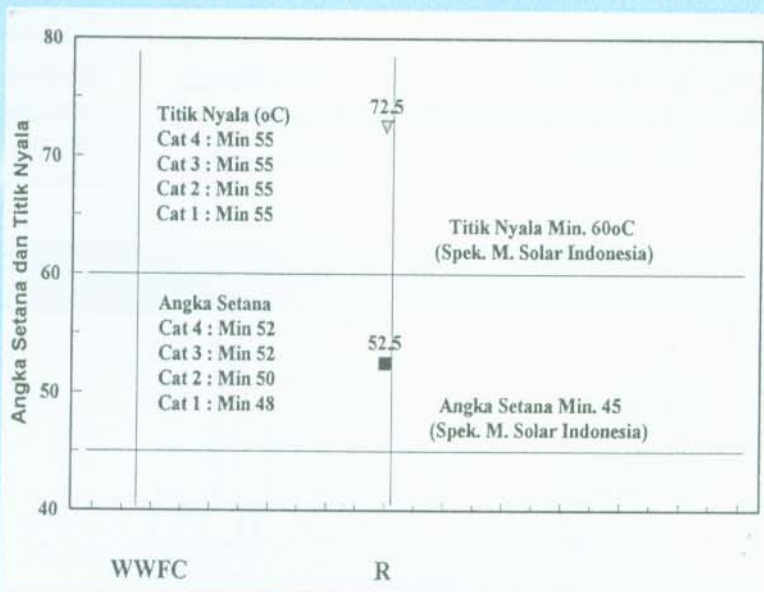
Spesifikasi minyak solar Indonesia membatasi kandungan sulfur maksimum 0,5% m, ini sesuai dengan kategori 1 WWFC tahun 2000, sedangkan WWFC tahun 2000 kategori 2 menetapkan maksimum 0,030 % m. Oleh sebab itu diperlukan penelitian/ pengkajian untuk memastikan kemampuan kilang dalam negeri dalam menurunkan kadar sulfur dalam minyak solar Indonesia.

C. Komposisi Hidrokarbon

Spesifikasi bahan bakar diesel WWFC kategori 2 memberikan batasan kandungan aromatik maksimum 25% m (ASTM D-5156) dan poliaromatik (di+ tri+) maksimum 5% m. (ASTM D-2425). Masing-



Gambar 1
Hasil uji angka setana dan titik nyala rata-rata minyak solar Indonesia (R) dibandingkan dengan spesifikasi WWFC



Gambar 1
Hasil uji viskositas kinematik rata-rata minyak solar Indonesia (R) dibandingkan dengan spesifikasi WWFC

pembentukan deposit di ruang bakar mesin.

D. *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 pelumasan bahan bakar diesel berkurang. Sifat pelumasan bahan bakar minyak Solar dapat diuji dengan metode ASTM D-6079 yang ada di LEMIGAS dan beberapa industri perminyakan lainnya juga sudah ada.

E. *Stabilitas oksidasi*

Bahan bakar diesel harus tahan terhadap oksidasi agar tidak rusak selama penyimpanan dan pemakaiannya. WWFC tahun 2000 telah memberikan batasan stabilitas oksidasi maksimum 25 g/m^3 yang diuji dengan metode ASTM D-2274, sedangkan spesifikasi minyak solar Indonesia belum memberikan batasan terhadap karakteristik ini.

VI. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapatlah dirangkum beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kemajuan teknologi otomotif saat ini menuntut mutu minyak solar yang sesuai dengan spesifikasi bahan bakar diesel WWFC tahun 2000 kategori 2. Keadaan ini memberikan dampak yang nyata terhadap perkembangan teknologi bahan bakar dan pengolahan.
2. Hasil uji angka setana, viskositas kinematik dan titik nyala untuk beberapa percontoh minyak solar yang

berasal dari beberapa kota/daerah di Indonesia, ternyata mendekati spesifikasi WWFC kategori 2.

3. Langkah-langkah penting yang perlu dipertimbangkan adalah berbagai penelitian yang menyangkut karakteristik minyak solar yang secara bertahap akan dimasukkan/ditambahkan ke dalam spesifikasi minyak solar Indonesia seperti kandungan aromatik, poliaromatik, stabilitas oksidasi, partikulate, kinerja mesin (*injector cleanliness* I dan II) dan lubrisitas.
4. Laboratorium migas perlu mempersiapkan diri dengan fasilitas uji baru dan kekhasan uji yang diperlukan untuk perluasan karakteristik uji.

KEPUSTAKAAN

1. E. Jasjfi dan Bustani Mustafa, 1989, "Perkembangan Bahan Bakar Bensin dan Spesifikasi ASTM serta Pengaruhnya bagi Indonesia" Lembaran Publikasi Lemigas No. 2, halaman 121.
2. La Pupung, Palawagau Ir, 2004, "Mutu dan Spesifikasi Minyak Solar", Pelatihan Pengawasan Mutu BBM dan Pelumas, PPPTMGB LEMIGAS tanggal 19-23 Juli.
3. Mustafa, Bustani Ir. M.Sc., 1989-1990, "Bahan Bakar Diesel", Diktat Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri USAKTI, Jakarta.
4. NN, 2000, JAMA, World Wide Fuel Charter, AAMA, ACEA December.
5. Owen, K., Coley, T., 1995, Automotive Fuels Reference Book, SAE, Inc., Warrendale.