

Penelitian Sensitivitas Angka Oktana Bensin yang Beredar di Indonesia

Oleh:

Djainuddin Semar dan Pallawagau La Puppung

S A R I

Sensitivitas adalah selisih antara angka oktana riset dan angka oktana motor dari bensin. Sensitivitas bahan bakar bensin merupakan ukuran seviritas operasi dari mesin

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan sensitivitas tiga jenis bensin yaitu bensin 88 bertimbal dan tanpa timbal, bensin 91 (Pertamax) dan bensin 95 (Pertamax Plus) yang dipasarkan di Indonesia. Penelitian ini memakai 16 percontoh bensin dari Pertamina (Depot dan SPBU) dari 5 propinsi di Indonesia.

Hasil analisis sensitivitas (S) percontoh bensin Indonesia adalah sebagai berikut: bensin 88 bertimbal $S = 3,2 - 5,1$; bensin 88 tanpa timbal $S = 10,6 - 11,4$; bensin 91 (Pertamax) $S = 10,5 - 12,6$; bensin (Pertamax Plus) $S = 12,5 - 13,0$.

Kata kunci: sensitivitas, angka oktana riset, angka oktana motor, bensin.

ABSTRACT

Sensitivity is the difference between the research octane number and motor octane number of gasoline. It is a measure of the sensitivity of the change in the severity of operation of the engine.

The main objective of this study is to determine the sensitivity of three type of gasoline ie : leaded and unleaded gasoline 88, gasoline 91 (Pertamax) and gasoline 95 (Pertamax Plus) at the Indonesian market. In this study sixteen gasoline fuel samples from Pertamina (Depot and Public Gas Station, SPBU) located at five propinces in Indonesia.

The analysis results of the Indonesian gasoline sensitivity are as follows : gasoline 88 leaded $S = 3,2 - 5,1$; gasoline 88 unleaded $S = 10,6 - 11,4$; gasoline 91 (Pertamax) $S = 10,5 - 12,6$ and gasoline 95 (Pertamax Plus) $S = 12,5 - 13$.

Key words: sensitivity, research octane number. Motor octane number, gasoline.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Surat Keputusan Dirjen Migas No. 3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 menetapkan spesifikasi bahan bakar minyak jenis bensin yang beredar di Indonesia. Jenis bahan bakar bensin tersebut yaitu Bensin 88 bertimbel, Bensin 88 tanpa timbal, Bensin 91 (tanpa timbel) dan Bensin 95 (tanpa timbel) yang sifat-sifat fisika/kimianya masing-masing disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Ada keluhan konsumen pemakai bahan bakar bensin bahwa pada pemakaian bensin tanpa timbel pada kendaraan bermotor bensin sering terjadi ketukan dibandingkan dengan bensin bertimbel. Terjadinya ketukan pada mesin akan menyebabkan konsumsi bahan bakar boros dan emisi gas buang meningkat. Salah satu kemungkinan penyebab terjadinya ketukan terutama pada beban berat adalah angka oktana motor (*motor octane number, MON*) bensin jauh lebih rendah dari pada angka oktana riset (*research octane number, RON*). Secara tipikal nilai

Tabel 1
 Spesifikasi bahan bakar minyak jenis Bensin 88¹⁾

Sifat-Sifat	Satuan	Batasan spesifikasi				Metode uji
		Tanpa timbal		Bertimbal		
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	ASTM/lain
Angka oktana riset	RON	88.0	-	88.0	-	D 2699
Angka oktana motor	MON	Dilaporkan		Dilaporkan		D 2700
Kandungan timbel (Pb)	gr/lt	-	0.013	-	0,3	D 3237
Distilasi:						D 86
10% vol. penguapan	°C	-	74	-	74	
50% vol. penguapan	°C	88	125	88	125	
90% vol. penguapan	°C	-	180	-	180	
Titik didih akhir	°C	-	215	-	205	
Residu	% volume	-	2.0	-	2.0	
Kandungan oksigen	% m/m	-	2.7 ²⁾	-	2.7 ²⁾	D 4815
Washed gum	mg/100 ml	-	5	-	5	D 381
Tekanan uap Reid pada 37,8°C	kPa	-	62	-	62	D 5191/D 323
Berat jenis pada 15°C	kg/m ³	715	780	715	780	D 4052/D 1298
Stabilitas oksidasi (Periode induksi)	Menit	360		360		D-525
Kandungan sulfur	% m/m	-	0.05 ³⁾		0,05 ³⁾	D 2622
Korosi bilah tembaga 3 jam/50°C	Merit	Kelas 1		Kelas 1		D-130
Uji Doctor		Negatif		Negatif		IP30
Belerang mercaptan	% massa	-	0,002	-	0,002	D-3227
Penampilan visual		Jernih dan terang		Jernih dan terang		
Warna		Merah		Merah		
Kandungan pewarna	gr/100 lt	0,13		0.13		
Bau		Dapat dipasarkan		Dapat dipasarkan		

Keterangan :

¹⁾ Spesifikasi menurut SK Dirjen Migas No.3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

²⁾ Bila digunakan oksigenat, jenis eter lebih disukai. Penggunaan etanol diperbolehkan sampai dengan maksimum 10% volume (sesuai ASTM D 4806 dan pH 7-9).

Alkohol berkarbon lebih tinggi (C>2) dibatasi maksimal 0.1% volume. Penggunaan metanol tidak dibolehkan.

³⁾ Batasdan 0.05 % m/m 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, dan lain-lain).

RON lebih tinggi dari pada MON dan perbedaan kedua nilai ini (RON - MON) disebut sensitivitas. Ini merepresentasikan sensitivitas dari bahan bakar untuk berubah pada kondisi operasi yang berat dipandang dari sudut kinerja antiketuk.

Saat ini spesifikasi bahan bakar minyak jenis bensin yang ditetapkan Pemerintah belum mene-

apkan batasan angka oktana motor (MON), sehingga sensitivitas angka oktana bahan bakar bensin Indonesia belum diketahui besarnya. Oleh sebab itu di dilakukan penelitian/pengujian sensitivitas angka oktana bahan bakar bensin terhadap empat jenis bensin yang dipasarkan di Indonesia.

Tabel 2
Spesifikasi bahan bakar jenis Bensin 91¹⁾

Sifat-sifat	Satuan	Spesifikasi bahan bakar minyak				Metode uji
		Bensin 91		Bensin 95		
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	ASTM/lain
Angka oktana riset	RON	91	-	95	-	D 2699
Stabilitas oksidasi	menit	480	-	480	-	D 525
Kandungan sulfur	% m/m	-	0,05 ²⁾	-	0,05 ²⁾	D 2622
Kandungan timbel (Pb)	gr/lt	-	0,013 ³⁾	-	0,013 ³⁾	D 3237
Kandungan fosfor	mg/l	-	-	Tak terdeteksi		D 3231
Kandungan logam (Mn, Fe, dan lain-lain)	mg/l	-	-	Tak terdeteksi		D 3831
Kandungan silikon	mg/kg	-	-	Tak terdeteksi		ICP-AES
Kandungan oksigen	% m/m	-	2.7 ⁴⁾	-	2.7 ⁴⁾	D-4815
Kandungan olefin	% v/v	-	5 ⁵⁾	-	5 ⁵⁾	D 1319
Kandungan aromatik	% v/v	-	50.0	-	40.0	D-1319
Kandungan benzena	% v/v	-	5.0	-	5.0	D 4420
Distilasi:						D-86
10% vol. penguapan	°C	-	70	-	70	
50% vol. penguapan	°C	77	110	77	110	
90% vol. penguapan	°C	130	180	130	180	
Titik didih akhir	°C	-	215	-	205	
Residu	% volume	-	2	-	2.0	
Sedimen	mg/l	-	1	-	1	D 5452
<i>Unwashed gum</i>	Mg/100ml	-	70	-	70	D 381
<i>Washed gum</i>	mg/100 ml	-	5.0	-	5	D 381
RVP pada 37,8°C	Kpa	45	60	45	60	D 5191/D323
Berat jenis pada 15 °C	kg/m ³	715	770	715	770	ASTM D 4052/D 1298
Korosi bilah Cu 3 jam/50°C	merit	Kelas 1		Kelas 1		D-130
Uji Doctor		Negatif		Negatif		IP30
Sulfur mercaptan	% massa	-	0,002	-	0,002	D-3227
Penampilan visual		Jernih dan terang		Jernih dan terang		
Warna		Biru		Kuning		
Kandungan pewarna	g/100 l	-	0.13	-	0.13	

Keterangan :

- 1) Spesifikasi menurut SK Dirjen Migas No.3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006
- 2) Batasan 0.05% m/m setara dengan 500 ppm.
- 3) Pada atau di bawah batasan deteksi dari metode uji yang digunakan tidak ada penambahan yang disengaja.
- 4) Bila digunakan oksigenat, jenis eter lebih disukai. Penggunaan etanol diperbolehkan sampai dengan maksimum 10% volume (sesuai ASTM D 4806 dan pH 7-9)
Alkohol berkarbon lebih tinggi (C>2) dibatasi maksimum 0.1% volume. Penggunaan metanol tidak diperbolehkan.
- 5) Apabila kandungan olefin di atas 20%, angka pengujian stabilitas oksidasi minimum 1000 menit.

Catatan umum:

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

B. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan sensitivitas angka oktana bensin yang dipasarkan di Indonesia. Hasil penelitian ini sebagai bahan masukan ke pemerintah dalam rangka penetapan angka oktana motor (MON) dalam spesifikasi bensin di Indonesia mendatang.

C. Metodologi

Kegiatan penelitian ini mencakup: pengumpulan data literatur, survai/pengambilan sampel di SPBU dan Depot/Terminal Transit/Instalasi Pertamina, pengujian RON dan MON, pengujian sifat-sifat fisika-kimia utama (RVP, distilasi dan densitas), evaluasi hasil-hasil pengamatan dan pelaporan. Pengujian RON, MON, sifat-sifat fisika/kimia dilakukan dengan memakai metode uji standar sesuai dengan spesifikasi bensin yang ditetapkan pemerintah.

II. LANDASAN TEORI

A. Mesin Bensin

Mesin yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan bermotor bensin adalah mesin piston bolak-balik yang dikenal sebagai motor bakar penyalan bunga api (*spark ignition engine*) atau motor Otto.

1. Jenis Mesin Bensin

Menurut jumlah langkah yang diperlukan untuk membentuk satu siklus kerja, maka mesin ini dibagi atas dua jenis, yaitu mesin empat langkah dan dua langkah.

Pada mesin empat langkah, sistem bahan bakar memberi pengaturan campuran uap bahan bakar dan udara ke ruang bakar. Campuran ini ditekan oleh piston yang didorong ke atas oleh aksi poros engkol dan kemudian dinyalakan dengan menggunakan sebuah busi. Temperatur akhir kompresi sekitar 400°C - 500°C, jadi terletak di bawah ambang penyalan sendiri campuran, dengan demikian harus dinyalakan dengan suatu busi penyalan sesaat sebelum mencapai titik mati atas (*top dead center*, TDC).

Pada mesin dua langkah campuran udara bahan bakar dipompakan ke dalam ruang bakar melalui lubang-lubang transfer selama piston bergerak ke bawah, dan pada waktu yang sama gas buang (sebagian campuran masuk) keluar melalui lubang pembuangan pada sisi lain dari silinder. Kebutuhan angka oktana mesin ini adalah rendah dan ini meru-

upakan salah satu keuntungan dari pemakaian mesin dua langkah di masa mendatang.

2. Efisiensi Mesin Bensin

Untuk mendapatkan daya guna yang tinggi, maka mesin hendaknya mempunyai efisiensi yang tinggi. Efisiensi termal motor Otto:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{r^{k-1}}$$

di mana r = perbandingan kompresi dan k = eksponen proses politropis

Efisiensi termis indikasi:

$$\eta_i = \frac{N_i}{G \cdot Q_L}$$

di mana N_i = daya indikasi, dalam kW

G = konsumsi bahan bakar, dalam kg/det

Q_L = nilai kalori netto bahan bakar, kJ/kg

Efisiensi termis relatif:

$$\eta_r = \frac{\eta_t}{\eta_i} \quad (\text{Efisiensi relatif berkisar antara } 110 - 140\%)$$

Dari rumus-rumus di atas terlihat bahwa untuk menaikkan efisiensi dapat dilakukan dengan menaikkan perbandingan kompresi, tetapi dengan menaikkan perbandingan kompresi, menyebabkan temperatur pada akhir kompresi meningkat lebih tinggi. Kecenderungan terjadinya ketukan penyalan lebih besar, sehingga diperlukan kualitas oktana yang lebih tinggi. Dengan memundurkan (*retarding*) waktu penyalan, kecenderungan terjadinya ketukan akan berkurang dan sebaliknya memajukan (*advancing*) waktu penyalan akan menyebabkan kecenderungan terjadinya ketukan meningkat. Penyetelan waktu penyalan ini sampai pada batas tertentu dapat berpengaruh negatif pada daya yang dihasilkan oleh mesin.

B. Kebutuhan Angka Oktana Mesin Kendaraan

Ketukan (*knocking*) di dalam mesin ditentukan oleh dua faktor, yaitu mutu anti ketuk (angka oktana) bensin yang digunakan dan kebutuhan angka oktana mesin. Angka oktana bensin pada dasarnya

tergantung kepada komposisi hidrokarbonnya dan dapat dinaikkan dengan menambahkan aditif anti ketuk. Jika angka oktana bensin sesuai dengan kebutuhan angka oktana mesin, ketukan tidak akan terjadi.

Kebutuhan angka oktana (*Octane Requirement*) dari mesin tergantung kepada desain dan kondisi operasinya. Faktor-faktor desain mesin meliputi perbandingan kompresi, waktu penyalaan, waktu pembukaan/penutupan klep-klep (*valves timing*), perbandingan udara bahan bakar, efisiensi volumetrik, sistem induksi atau pemasukan bahan bakar, temperatur pendingin, tingkat sirkulasi gas buang dan desain ruang bakar. Faktor-faktor operasi meliputi kondisi atmosfer, deposit ruang bakar, dan kondisi operasi sendiri. Dari sekian banyak faktor yang mungkin menyebabkan terjadinya ketukan di dalam mesin, hanya dua faktor yang dapat dihilangkan dengan menambahkan aditif penarik mutu bensin, yaitu antiketuk bensin yang rendah dan deposit ruang bakar. Faktor-faktor lainnya hanya bisa diatasi melalui penyetulan mesin di bengkel.

Setelah kendaraan digunakan untuk akumulasi jarak tempuh beberapa ribu kilometer akan terjadi akumulasi pembentukan deposit pada ruang bakar, deposit ini menimbulkan dua efek pada mesin, pertama mempersempit ruang bakar sehingga perbandingan kompresi meningkat, kedua menghambat perpindahan panas dari dinding ruang bakar ke air pendingin mesin sehingga temperatur ruang bakar meningkat. Kedua efek ini menyebabkan terjadinya kenaikan kebutuhan angka oktana (*Octane Requirement Increase, ORI*) mesin.

1. Angka Oktana

Angka oktana bensin adalah salah satu karakter yang menunjukkan mutu bakar dari bensin, yang dalam prakteknya menunjukkan tahanan terhadap ketukan. Suatu bensin harus mempunyai mutu bakar yang baik agar mesin dapat beroperasi dengan mulus, efisien dan bebas dari pembakaran tidak normal selama pemakaiannya.

Angka oktana suatu bensin adalah sama dengan persentase volume isooktana dalam campuran dengan n-heptana yang menunjukkan kinerja antiketuk yang sama dengan bensin yang diuji pada suatu mesin standar di bawah kondisi standar. Mesin standar yang digunakan adalah mesin CFR (*Cooperative Fuel Research Engine*). Sehubungan dengan uji

laboratorium angka oktana bahan bakar bensin, maka ada dua jenis metode yang digunakan untuk menentukan angka oktana, yaitu RON dan MON.

a. Angka Oktana Riset dan Angka Oktana Motor

Angka oktana riset sangat berhubungan dengan kecepatan rendah, kondisi ketukan sedang. Metode uji angka oktana riset adalah ASTM D 2669. Angka oktana motor berhubungan dengan kondisi ketukan pada temperatur tinggi dan dengan operasi part-throttle. Metode uji angka oktana motor adalah ASTM D 2700.

b. Sensitivitas Angka Oktana

Secara tipikal nilai RON lebih tinggi dari pada MON dan perbedaan kedua nilai ini (RON-MON) disebut sensitivitas. Untuk bensin yang mempunyai RON yang sama, bensin yang mempunyai sensitivitas yang tinggi akan mempunyai MON yang lebih rendah dari pada bensin yang mempunyai sensitivitas yang rendah. Ini merepresentasikan sensitivitas bahan bakar untuk berubah pada kondisi operasi mesin yang berat sesuai dengan kinerja antiketuk.

Dalam spesifikasi bensin *World-Wide Fuel Charter* (WWFC) dan beberapa negara di Eropa membatasi sensitivitas bensin sampai 10 angka. Kalau RON bahan bakar sesuai dengan kebutuhan mesin, tetapi pada saat dijalankan di jalan raya masih terjadi ketukan terutama pada beban berat, maka salah satu kemungkinan penyebabnya adalah MON bahan bakar tersebut terlalu rendah.

2. Indeks Antiketuk

Pada dasarnya kendaraan di jalan raya kebanyakan dijalankan pada kondisi yang ringan dan berat dan kadang-kadang di antara kedua level ini. Di beberapa negara, misalnya Amerika Utara angka oktana bensin ditentukan oleh suatu indeks antiketuk (*anti knock index, AKI*) yang merupakan rata-rata dari RON dan MON. Indeks antiketuk = $(RON+MON)/2$.

3. Ketukan Penyalaan

Ketukan penyalaan (*spark knock*), disebut ketukan penyalaan karena ketukan ini dipengaruhi oleh waktu penyalaan, ini merupakan salah satu bentuk pembakaran tidak normal. Ketukan ini sangat menentukan efisiensi termal yang dapat dicapai dalam suatu mesin. Untuk mencegah gangguan pemborosan

bahan bakar, ketukan yang potensial dapat merusak mesin pada semua kecepatan dan beban, bensin harus mempunyai antiketuk yang tinggi. Idealnya campuran udara bahan bakar di dalam setiap silinder mesin hendaknya terbakar secara halus, tenang mengikuti saat penyalaan yang diberikan oleh bunga api dari busi. Tetapi kadang-kadang pada saat nyala api menjalar ke seluruh ruang bakar mesin, sebagian bahan bakar (gas akhir) yang tidak terbakar dipanaskan dan ditekan sedemikian tingginya sehingga ia menyala sendiri, seluruhnya meledak seketika. Letupan ini disebut ketukan penyalaan (detonasi), peristiwa ini menimbulkan bunyi yang tidak enak dan membuang

energi. Terjadinya ketukan dalam waktu yang lama akan menyebabkan katup-katup, busi dan piston terlalu panas sehingga memperpendek umur mesin.

III. PELAKSANAAN PENELITIAN

A. Lingkup Kegiatan

Metodologi pelaksanaan studi adalah pengumpulan data literatur, pengambilan sampel bensin di SPBU/Depot/Terminal Transit/Instalasi Pertamina, pengujian angka oktana pada mesin CFR, pengujian sifat-sifat fisika/kimia dan evaluasi data hasil pengamatan.

Tabel 3
Spesifikasi bensin menurut EURO dan Amerika Serikat

Sifat-sifat	Unit	Spesifikasi Bensin EURO		Amerika Serikat ASTM D 4814-01a		
		I dan II	III			
Antiketuk:						
RON, Min.		95	95	-	-	-
MON, Min		85	85	-	-	-
Sensitivitas, RON-MON		10	10	-	-	
Indeks antiketuk		-	-	87 ¹⁾	89 ²⁾	91 ³⁾
RVP	kPa	35 – 100	35 – 100	62		
Distilasi :						
IBP, maks.	°C	-	-	-		
T10, maks.	°C	-	-	70		
T50	°C	-	-	77 – 121		
T90, maks.	°C	-	-	190		
FBP, maks.	°C	-	-	225		
E100	% volume	40 – 70	40 – 70	-		
Residu, maks.	% volume	-	-	2		
Benzena, maks.	% volume	5	1	-		
Aromatik, maks.	% volume	Tidak ditentukan	42	-		
Olefin, maks.	% volume	Tidak ditentukan	18	-		
Densitas @ 15°C.	kg/m ³	725 – 780	725 – 780	-		

Catatan:

- 1) Dirancang untuk memenuhi kebutuhan antiketuk model kendaraan 1971 dan sesudahnya, jenis ini harus mempunyai MON minimum 82, agar supaya cukup melindungi kendaraan-kendaraan yang sensitive terhadap kualitas oktana.
- 2) Untuk memenuhi kendaraan yang mempunyai kebutuhan antiketuk sedikit lebih tinggi.
- 3) Indeks antiketuk 91 atau lebih tinggi, untuk memenuhi kendaraan yang mempunyai kebutuhan antiketuk yang tinggi.

Tabel 4
 Spesifikasi bensin di Asia dan ASEAN

Karakteristik	Unit	China			Korea Selatan		Thailand		Phillipines	
		Premium	Reguler	UL Reguler	UL Premium	UL Reguler	UL Premium	UL Reguler	Premium	UL Premium
Antiketuk:										
RON, min.		97	91	91	96	91	95	87	93	93
MON, min		87	87	87	87	83	84	76	-	82
RON – MON		10	4	4	9	8	11	11	-	11
RVP, maks.	kPa	Summer 62 Winter 93			45 - 85		62		85	
Distilasi :										
• IBP, maks.	°C	-					-		-	
• T10, maks.	°C	-			70		70		70	
• T50	°C	120			125		70 – 110		Maks. 125	
• T90, maks.	°C	190			190		170		190	
• FBP, maks.	°C	205			225		200		225	
• Residu, maks.	% vol.	1,5			2		2		2	

B. Spesifikasi Bensin di Beberapa Negara

1. Spesifikasi Bensin EURO dan Amerika Serikat

Di Eropa standar mutu bensin yang dipasarkan diklasifikasikan dalam EURO I, II, dan III serta Spesifikasi bensin di Amerika Serikat (ASTM D 4814-01a) disajikan dalam Tabel 3. Spesifikasi bensin di Amerika Serikat menurut ASTM D 4814-01a terdiri dari tiga *grade*, pembagian ini berdasarkan indeks antiketuk (*antiknock index*, AKI).

2. Spesifikasi Bensin di ASEAN dan Asia

Dalam Tabel 4 terlihat bahwa negara ASEAN yang telah menetapkan RON dan MON dalam spesifikasinya adalah Thailand dan Philipina, sedangkan negara-negara anggota ASEAN lainnya termasuk Indonesia hanya menggunakan RON dalam spesifikasinya. Sedangkan di Asia yang mencantumkan RON dan MON dalam spesifikasi bensinnya antara lain adalah China dan Korea Selatan.

3. Spesifikasi World Wide Fuel Charter

Tujuannya penetapan spesifikasi WWFC adalah untuk merekomendasi kualitas bahan bakar yang sesuai dengan teknologi mesin, permintaan pasar, emisi gas buang yang memberi keuntungan bagi pemakai

dan lingkungan.

Spesifikasi bensin menurut WWFC dibagi dalam empat kategori, yaitu Kategori 1, Kategori 2, Kategori 3 dan Kategori 4. Keempat kategori tersebut masing-masing disajikan dalam Tabel 5. Pembagian kategori ini berdasarkan pada kebutuhan lingkungan yang semakin ketat dan kebutuhan perkembangan mesin-mesin yang semakin canggih.

Kategori 1: Untuk pasar yang tidak mempunyai level kontrol emisi, atau level pertama kontrol emisi. Prinsip utamanya didasarkan kinerja mesin/kendaraan dan proteksi sistem kontrol emisi.

Kategori 2: Untuk pasar yang mempunyai persyaratan kontrol emisi yang ketat, atau permintaan pasar yang lain. Misalnya, persyaratan pasar US Tier 0 atau Tier 1, EURO 1 dan 2 atau standar emisi yang ekuivalen.

Kategori 3: Untuk pasar yang mempunyai persyaratan kontrol emisi yang telah maju (*advanced*), atau permintaan pasar yang lain. Misalnya, persyaratan pasar US California LEV, ULEV dan EURO 3 dan 4 atau standar emisi yang ekuivalen.

Kategori 4: Untuk pasar yang mempunyai persyaratan kontrol emisi yang lebih maju (*further advanced*), untuk pemakaian alat canggih *after-treatment technologies*, NO_x dan *particulate matter*.

Tabel 5
Spesifikasi bensin menurut World Wide Fuel Charter Kategori 1 s/d Kategori 4

Sifat fisika/kimia	Spesifikasi bensin WWFC tahun 2006, kategori								Metode uji ASTM/lain
	1		2		3		4		
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	
91 RON Angka oktana riset	91	-	91	-	91	-	91	-	D 2699-86
Angka oktana motor	82	-	82	-	82	-	82	-	D 2700-86
95 RON Angka oktana riset	95	-	95	-	95	-	95	-	D 2699-86
Angka oktana motor	85	-	85	-	85	-	85	-	D 2700-86
98 RON Angka oktana riset	98	-	98	-	98	-	98	-	D 2699-86
Angka oktana motor	88	-	88	-	88	-	88	-	D 2700-86
Stabilitas oksidasi, menit	360	-	480	-	480	-	480	-	D 525-95
Kandungan sulfur, mg/kg	-	1000	-	150	-	30	-	10	D 2622-94
Kandungan metal (Fe, Mn, Pb, lainnya), mgr/lt	-	nd	n.d.		n.d.		n.d.		D 3237-97
Kandungan posfor, g/lt	-	-	n.d.		n.d.		Nd		
Kandunga Si, gr/kg	-	-	nd		n.d.		n.d.		ICP-AES
Kandungan oksigen, % massa	-	2,7	-	2,7	-	2,7	-	2,7	D 4815-94
Kandungan aromatik, % vol.	-	50	-	40	-	35	-	35	D 1319-95a
Kandungan olefin, % vol.	-	-	-	18	-	10	-	10	D 1319-95a
Kandungan benzena, % vol.	-	5	-	2,5	-	1	-	1	D 4420-94
Volatilitas:									
- RVP, kPa	45	60	45	60	45	60	45	60	D 5191-96
- Distilasi:									D 86-97
T10, oC	-	70	-	65	-	65	-	65	
T50, °C	77	110	77	100	77	100	77	100	
T90, °C	130	190	130	175	130	175	130	175	
EP, °C	-	215	-	195	-	195	-	195	
E70, % volume	15	45	20	45	20	45	20	45	
E100, % volume	50	60	50	65	50	65	50	65	
E180, % volume	85	-	-	90	-	90	-	90	
Indeks drivabilitas	-	-	-	570	-	570	-	570	
Kandungan sediment, mg/l	-	-	-	1	-	1	-	1	D 5452-97
Unwashed, mg/100 ml	-	70	-	70	-	30	-	30	D 381-94
Washed, mg/100 ml	-	5	-	5	-	5	-	5	D 381-94
Densitas, kg/ m ³	715	780	715	770	715	770	715	770	D4052-96#
Korosi bilah tembaga, merit	-	Klas 1	-	Klas 1	-	klas 1	-	No. 1	D 130-94
Penampakan	Jernih & terang								
Kebersihan karburator, merit	8	-	-	-	-	-	-	-	CEC-F-03-T-81
Kebersihan injector bahan bakar Metode 1, % flow loss	-	10	-	5	-	5	-	5	D 5598-95a
Kebersihan injector bahan bakar Metode 2, % flow loss	-	10	-	10	-	10	-	10	D 5598-95a
Kebersihan katup masuk I, merit	9	-	-	-	-	-	-	-	CEC-F-04-A-87
Katup masuk "stiking", pass/fail	-	-	Pass		Pass		Pass		CEC-F-16-T-96
Kebersihan katup masuk									
Metode 1, rata-rata mg/volume	-	-	-	50	-	30	-	30	CEC-F-05-A-93
Metode 2, rata-rata mg/volume	-	-	-	100	-	50	-	50	D 5500
Metode 3, rata-rata mg/volume	-	-	-	90	-	50	-	50	D 6201
Deposit ruang bakar									
Metode 1, % base of fuel	-	-	-	140	-	140	-	140	D 6201
Metode 2, mg/mesin	-	-	-	3500	-	2500	-	2500	CEC-F-20-a-98
Metode 3, % massa	-	-	-	20	-	20	-	20	TGA FLTM BZI54-01

Misalnya, persyaratan pasar US California LEV-II, US EPA Tier 2, EURO 4 sehubungan dengan konstrain peningkatan efisiensi bahan bakar atau standar emisi yang ekuivalen.

4. Spesifikasi Bensin Indonesia

Pada saat ini ada empat jenis bensin yang dipasarkan di Indonesia yaitu Bensin 88 bertimbel, Bensin 88 tanpa timbel, Bensin 91 dan Bensin 95. Spesifikasi keempat jenis bensin tersebut disajikan berturut-turut dalam Tabel 1 dan Tabel 2. Spesifikasi ini akan digunakan sebagai referensi untuk evaluasi percontohan bensin Indonesia.

Melihat kecenderungan tersebut di atas, maka dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan analisa sensitivitas angka oktana pada negara-negara yang telah menentukan RON dan MON sebagai standar antiketuk bensin dan pengujian percontohan bensin yang dipasarkan di Indonesia, baik yang diperoleh dari kilang, Depot maupun dari Stasiun Pengisian Bahan Bakar untuk Umum (SPBU).

C. Survei dan Pengujian Percontohan

Pada penelitian ini telah dilakukan survei dan pengambilan percontohan pada beberapa kota, kilang dan SPBU/Depot/Terminal Transit/Instalasi Pertamina.

1. Lokasi Survei dan Pengambilan Percontohan

Kegiatan survei dan konsultasi mengenai mutu bensin yang dipasarkan di Indonesia telah dilakukan ke beberapa daerah/kota, yaitu dari Kilang/Depot Pertamina Balongan, Depot Pertamina Kertapati, Kilang Pertamina Cilacap, SPBU Jakarta, SPBU Surabaya dan SPBU Yogyakarta

Jenis-jenis percontohan yang diambil adalah 16 percontohan bensin yang terdiri dari 4 percontohan Bensin 88 (bertimbel), 3 percontohan Bensin 88 tanpa timbel, 6 percontohan Bensin 91 (Pertamax) dan 3 percontohan Bensin 95 (Pertamax Plus).

2. Pengujian Percontohan Bensin Indonesia

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian percontohan Bensin 88 (bertimbel dan tanpa timbel),

Tabel 6
Hasil uji bensin 88 bertimbel dibandingkan dengan spesifikasinya¹⁾

Sifat-sifat	Hasil uji percontohan				Batasan spesifikasi bensin bertimbal		Metode uji
	PRM-01	PRM-02	PRM-03	PRM-04	Min.	Maks.	
					ASTM/Lain		
Angka oktana riset	88	88,1	88,2	88,1	88.0	-	D 2699
Angka oktana motor	84,6	83	84,8	84,8			D 2700
Sensitivitas (RON- MON)	3,4	5,1	3,4	3,3			
RVP pada 37,8°C, kPa	53,7	54,1	54,7	54			
Distilasi:							D 86
T10, °C	64	60	63	64	-	74	
T50, °C	96	93	96	100	88	125	
T90, °C	148	140	147	161	-	180	
FBP, °C	176	171	177	185	-	205	
E70, % volume	18,6	21,4	18,8	16,7			
E100, % volume	55	57	55	50			
E180, % volume	> 95	> 95	> 95	97,3			
Residu, % volume	2	1	1	1	-	2.0	
Densitas, kg/m ³	724	735	741	744	715	780	D 1298

Keterangan :

¹⁾ Spesifikasi menurut SK Dirjen Migas No.3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

PRM-01 : Depot-1

SPBU-1

PRM-02 : Kilang -1

SPBU-2

Pertamax dan Pertamax Plus, mencakup pengujian angka oktana pada mesin CFR (RON dan MON), dan pengujian sifat-sifat fisika/kimia (RVP, distilasi dan densitas).

Hasil-hasil pengujian disajikan dalam Tabel 6, 7, 8, dan 9. Dari hasil-hasil pengujian tersebut di atas dapat dihitung sensitivitas oktana percontoh bensin yang diuji, yaitu $S = \text{RON} - \text{MON}$.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengumpulan data spesifikasi bensin di beberapa negara yang telah mencantumkan RON dan MON sebagai persyaratan antiketuk bensinnya dan hasil-hasil pengujian percontoh bensin Indonesia akan dibahas pada uraian berikut ini.

A. Spesifikasi Bensin di Beberapa Negara

1. Sensitivitas Oktana

- Pada spesifikasi EURO I, II dan III ditentukan angka oktana adalah sama, yaitu angka oktana

riset 95 RON dan angka oktana motor 85 MON, sehingga dari sini diperoleh sensitivitas oktana $S = \text{RON} - \text{MON} = 10$. Persyaratan EURO I dan II sama, sedangkan EURO III terdapat perbedaan dalam pembatasan kandungan timbel, sulfur, benzena, aromatik dan olefin.

- Spesifikasi bensin Amerika Serikat menurut ASTM D 4814-01a sebetulnya tidak mencantumkan RON dan MON dalam spesifikasinya, tetapi pada penjelasan dari tiga *grade* bensin yang dibagi menurut indeks antiketuknya (*antiknock index*, AKI) disebutkan bahwa *grade* 87 harus mempunyai MON 82. Dari ketentuan ini kalau dihitung dengan menggunakan rumus $\text{AKI} = (\text{RON} + \text{MON}) / 2$ didapatkan $\text{RON} = 92$. Dengan demikian bensin ini mempunyai sensitivitas oktana $S = 10$.
- Dari tiga jenis bensin yang dipasarkan di China, Premium yang mempunyai RON 97 mempunyai sensitivitas oktana $S = 10$, sedangkan dua jenis

Tabel 7
Hasil uji bensin 88 tanpa timbel dibandingkan dengan spesifikasinya¹⁾

Sifat-sifat	Hasil uji percontoh			Batasan spesifikasi bensin tanpa timbel		Metode uji ASTM/Lain
	PMT-01	PMT-02	PMT-03	Min.	Maks.	
Angka oktana riset	89,2	88,6	88,8	88.0	-	D 2699
Angka oktana motor	77,8	77,6	78,2			D 2700
Sensitivitas (RON- MON)	11,4	11	10,76			
RVP pada 37,8°C, kPa	57,2	57,8	59,3			
Distilasi:						D 86
T10, °C	53	55	53	-	74	
T50, °C	98	99	98	88	125	
T90, °C	178	178	178	-	180	
FBP, °C	205	207	203	-	215	
E70, % volume	29	26	28			
E100, % volume	51,3	50,6	51,3			
E180, % volume	81,2	90,5	90,6			
Residu, % volume	1,5	1,5	1	-	2.0	
Densitas, kg/m ³	735	735	735	715	780	D 1298

Keterangan :

¹⁾ Spesifikasi menurut SK Dirjen Migas No.3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

PMT-01 : Depot-2

PMT-02 : SPBU-3

PMT-03 : SPBU-4

Tabel 8
Hasil uji bensin 91 dibandingkan dengan spesifikasinya¹⁾

Sifat-sifat	Hasil uji percontoh						Batasan spesifikasi Bensin 91		Metode uji ASTM/Lain
	PTX -01	PTX -02	PTX -03	PTX -04	PTX -05	PTX -06	Min.	Maks.	
							91.0	-	
Angka oktana riset	91,7	93	91,8	91,9	92,2	91,5			D 2699
Angka oktana motor	79,4	82,5	80	79,3	80,7	80			D 2700
Sensitivitas (RON – MON)	12,3	10,5	11,8	12,6	11,5	11,5			
RVP pada 37,8°C, kPa	57,2	51	56,5	45,8	48	49,2			
Distilasi:									D 86
T10, °C	52	55	55	55	54	58	-	70	
T50, °C	92	97	97	94	98	99	77	110	
T90, °C	173	178	171	174	178	171	-	180	
FBP, °C	202	208	202	197	207	201	-	215	
E70, % volume	31,8	27,5	26	28	37	24,4			
E100, % volume	54,7	51,9	52,7	54	51,3	60,7			
E180, % volume	83,9	90,5	92,1	91,8	90,6	92,5			
Residu, % volume	1,5	2	1,5	1	1	1,5	-	2.0	
Densitas, kg/m ³	732	738	744	744	743	745	715	770	D 1298

Keterangan :

¹⁾ Spesifikasi menurut SK Dirjen Migas No.3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

PTX-01 : Depot-3

PTX-04 : SPBU-4

PTX-02 : Depot-4

PTX-05 : SPBU-7

PTX -03 : SPBU-3

PTX-06 : SPBU-8

Tabel 9
Hasil uji bensin 95 dibandingkan dengan spesifikasinya¹⁾

Sifat-sifat	Hasil uji percontoh			Batasan spesifikasi Bensin 95		Metode uji ASTM/lain
	PTP-01	PTP-02	PTP-03	Min.	Maks.	
				95.0	-	
Angka oktana riset	95	94,1	93,6	95.0	-	D 2699
Angka oktana motor	82,5	81,1	80,9			D 2700
Sensitivitas (RON- MON)	12,5	13	12,7			
RVP pada 37,8°C, kPa	59,6	46,8	45,5			
Distilasi:						D 86
T10, °C	57	65	65	-	70	
T50, °C	101	95	96	77	110	
T90, °C	165	160	163	-	180	
FBP, °C	198	200	200	-	215	
E70, % volume	23	25,6	15,6			
E100, % volume	49,2	55,6	54			
E180, % volume	88,3	94,2	93,5			
Residu, % volume	1,5	1,5	1	-	2.0	
Densitas, kg/m ³	740	768	766	715	770	D 1298

Keterangan :

¹⁾ Spesifikasi menurut SK Dirjen Migas No.3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

PTP-01 : Kilang - 2

PTP-02 : SPBU-9

PTP-03 : SPBU-10

lainnya Reguler dan UL Reguler walaupun mempunyai RON yang cukup tinggi (91), tetapi mempunyai sensitivitas oktana yang rendah, yaitu sebesar $S = 4$.

- Dari dua jenis bensin yang dipasarkan di Korea Selatan, UL Premium mempunyai sensitivitas $S = 9$ dan UL Reguler mempunyai sensitivitas oktana sebesar $S = 8$.
- Dari dua jenis bensin yang dipasarkan di Thailand keduanya mempunyai sensitivitas yang sama sebesar $S = 11$.
- Dari dua jenis bensin yang dipasarkan di Filipina, hanya UL Premium yang mencantumkan RON dan MON, sedangkan Premium tidak mencantumkan MON dalam spesifikasi. Besar sensitivitas oktana UL Premium adalah $S = 11$.
- Dari empat kategori bensin menurut WWFC sensitivitas oktana dihitung dari RON dan MON diperoleh untuk RON 91 keempat kategori didapatkan $S = 9$, untuk RON 95 keempat kategori didapatkan $S = 10$ dan untuk RON 98 keempat kategori didapatkan $S = 10$.

2. Tekanan Uap Reid (RVP)

- RVP pada Spesifikasi EURO I, II dan III adalah sama, yaitu antara 35 – 100 kPa. Dengan *range* ini masing-masing negara di Eropa akan mengatur spesifikasi nasionalnya untuk memenuhi kebutuhannya sesuai dengan kondisi cuaca, pada saat *winter*, *intermediate* dan *summer*.
- Pembagian RVP pada spesifikasi bensin di Amerika Serikat sangat bervariasi sesuai dengan area Amerika Serikat yang sangat luas. Pada tabel 3 ini hanya ditampilkan kelas distilasi A yang mirip dengan kondisi suhu di Indonesia yaitu RVP maksimum 62 kPa, ini sama dengan RVP bensin Indonesia.
- Pada kedua jenis bensin yang dipasarkan di Korea Selatan mempunyai RVP yang sama antara 45 – 85 kPa.
- Pada kedua jenis bensin yang dipasarkan di Thailand mempunyai RVP yang sama maksimum 62 kPa. Tingkat RVP ini sama dengan RVP bensin Indonesia. Sedangkan pada kedua jenis bensin yang dipasarkan di Philipina mempunyai RVP maksimum 85 kPa.
- Empat kategori bensin menurut WWFC mempunyai RVP yang bervariasi sesuai dengan

temperatur ambien di mana akan digunakan di seluruh dunia, untuk temperatur ambien lebih tinggi dari 15°C (termasuk Indonesia) termasuk kelas volatilitas A yang mempunyai RVP antara 45 – 60 kPa.

3. Distilasi

RVP dan distilasi menunjukkan volatilitas suatu bensin yang akan memberi gambaran apakah suatu bensin mudah menguap atau tidak, hal ini diperlukan pada saat start dingin mesin harus tersedia sejumlah bensin yang siap diuapkan dan pada saat mesin panas tidak terjadi penyumbatan uap.

- Spesifikasi EURO hanya mengatur evaporasi pada 100°C (E100) dengan batasan 40 – 70 % vol, batasan ini sama untuk EURO I, II dan III. Batasan lainnya seperti E70, E100, E180 dan FBP tidak ditentukan seperti yang tercantum dalam spesifikasi nasional beberapa negara Eropa.
- Spesifikasi Amerika Serikat ditentukan temperatur distilasi pada evaporasi tertentu, seperti T10, T50 dan T90. Di Indonesia FBP ditentukan maksimum 215°C untuk bensin 88 TT yang lainnya masih maksimum 205°C. Sedangkan pada spesifikasi bensin Venejuela ditentukan temperatur distilasi pada evaporasi tertentu, seperti T10, T50, T90 dan FBP.
- Spesifikasi bensin China ditentukan temperatur distilasi pada evaporasi tertentu, seperti T50, T90 dan FBP. Titik didih akhir FBP maksimum 205°C sama dengan bensin Premium, Pertamina dan Pertamina Plus Indonesia, sedangkan pada spesifikasi bensin Korea Selatan ditentukan temperatur distilasi pada evaporasi tertentu, seperti T10, T50, T90 dan FBP. Titik didih akhir cukup tinggi, yaitu maksimum 225°C.
- Pada spesifikasi bensin Thailand ditentukan temperatur distilasi pada evaporasi tertentu, seperti T10, T50, T90 dan FBP. Titik didih akhir cukup rendah, yaitu maksimum 200°C, FBP ini lebih rendah dari pada FBP bensin Indonesia (205°C untuk Premium, Pertamina dan Pertamina Plus dan 215°C untuk Premium TT dan pada spesifikasi bensin Philipina ditentukan temperatur distilasi pada evaporasi tertentu, seperti T10, T50, T90 dan FBP. Titik didih akhir cukup tinggi, yaitu maksimum 225°C.
- Pada spesifikasi bensin WWFC ditentukan temperatur distilasi pada evaporasi tertentu, seperti

T10, T50, T90 dan FBP. FBP untuk Kategori 1 maksimum 215°C dan Kategori 2, Kategori 3 dan Kategori 4 mempunyai FBP maksimum 195°C. selain menentukan temperatur distilasi pada evaporasi tertentu, juga ditentukan persentase evaporasi pada temperatur tertentu, seperti E70, E100 dan E180.

4. Densitas

- Spesifikasi EURO I, II dan III densitas pada temperatur 15°C ditentukan dalam spesifikasi dengan range 725 - 780 kg/m³.
- Densitas ditentukan pada temperatur 15°C, berada di antara 700 - 750 kg/m³. Densitas tidak ditentukan pada spesifikasi bensin China. Dalam spesifikasi bensin di Korea Selatan tidak ditentukan densitas.
- Dalam spesifikasi bensin Thailand dan Filipina tidak ditentukan densitas.
- Dalam spesifikasi bensin WWFC, densitas untuk Kategori 1 adalah 715 - 780 kg/m³ dan untuk Kategori 2, Kategori 3 dan Kategori 4 adalah 715 - 770 kg/m³.

B. Hasil Pengujian Percontoh Bensin Indonesia

Hasil-hasil pengujian percontoh bensin Indonesia yang diambil dari kilang/Depot Balongan, Depot Kertapati, Kilang Cilacap, SPBU Jakarta, SPBU Surabaya dan SPBU Yogyakarta masing-masing disajikan dalam Tabel 6 sampai 9.

1. Percontoh dari Kilang-2

Percontoh Pertamina Plus (PTP-01) diambil dari Kilang-2 (Tabel 9) dan percontoh Bensin 88 TT (PMT-01) pada Tabel 7, Pertamina (PTX-01) diambil dari Depot-2 (Tabel 8). Beberapa sifat percontoh tersebut akan diuraikan pada bahasan di bawah ini.

- RVP

Percontoh PTM-01 dan PTX-01 mempunyai RVP yang sama, yaitu 57.2 kPa dan PTP-01 mempunyai RVP 59.6 kPa. Dibandingkan dengan spesifikasinya masing-masing, maka semua percontoh ini memenuhi spesifikasi.

- Distilasi

Hasil-hasil pengujian distilasi percontoh yang terdiri dari T10, T50, T90, FBP dan residu semuanya memenuhi spesifikasi masing-masing percontoh. Pengamatan terhadap persen evaporasi pada

temperatur tertentu dilakukan dengan referensi beberapa negara di Eropa mengisyaratkan E70 = 15 - 47 % vol, E100 = 40 - 70 dan E180 > 85 dan WWFC yang mengisyaratkan Kategori 1 E70 = 15 - 45 % vol, E100 = 50 - 60 % vol dan E180 minimum 85 % vol, sedangkan untuk Kategori 2, Kategori 3 dan Kategori 4 E70 = 20 - 45 % vol, E100 = 50 - 65 % vol dan E180 minimum 90 % vol. Dari persyaratan-persyaratan ini terlihat bahwa E70 dan E100 semua percontoh sesuai dengan persyaratan di Eropa dan WWFC, tetapi untuk E180 percontoh PMT-01 dan PTX-01 agak rendah, percontoh PTX-01 memenuhi persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC.

- Densitas

Hasil pengujian densitas percontoh PMT-01 adalah 735 kg/m³ densitas untuk Bensin 88 belum ditentukan dalam spesifikasi. Sedangkan densitas untuk percontoh PTX-01 adalah 732 kg/m³ dan untuk Percontoh PTP-01 adalah 740 kg/m³, hasil-hasil uji densitas kedua percontoh ini masing-masing memenuhi spesifikasi Pertamina dan Pertamina Plus.

- Sensitivitas Oktana

Sensitivitas oktana bensin produk Kilang-2 dihitung dari RON dan MON, untuk percontoh PMT-01 adalah S = 11.4, untuk percontoh PTX-01 sensitivitas oktana S = 12.3 dan percontoh PTP-01 sensitivitasnya adalah S = 12.5. Beberapa negara menetapkan sensitivitas oktanya S = 11, seperti Thailand dan Filipina, sehingga PMT-01 mendekati S = 11 dan PTX-01 dan PTP-01 mempunyai sensitivitas yang agak tinggi dibandingkan WWFC S = 10.

2. Percontoh dari Depot-1

Percontoh bensin yang diambil dari Depot-1 merupakan produk Kilang-3. Percontoh ini terdiri dari Bensin 88 bertimbel (PRM-01) dan Pertamina (PTX-02), masing-masing disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 8. Beberapa sifat percontoh tersebut akan diuraikan pada bahasan di bawah ini.

- RVP

PRM-01 mempunyai RVP 53.7 kPa dan PTX-02 mempunyai RVP 51.0 kPa. Dibandingkan dengan masing-masing spesifikasinya, maka semua percontoh ini memenuhi spesifikasi.

- Distilasi

Hasil-hasil pengujian distilasi percontoh yang terdiri dari T10, T50, T90, FBP dan residu dengan

memperhitungkan keterulangan pengujian semuanya memenuhi spesifikasi masing-masing percontoh. Pengamatan terhadap persentase evaporasi pada temperatur tertentu E70 percontoh PRM-01 memenuhi persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC Kategori 1 dan Percontoh PTX-02 memenuhi persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC Kategori 1,2,3 dan 4. Selanjutnya E100 dan E180 sesuai persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC.

- **Densitas**

Hasil pengujian densitas percontoh PRM-01 adalah 724 kg/m^3 densitas untuk bensin Premium belum ditentukan dalam spesifikasi. Sedangkan densitas untuk percontoh PTX-02 adalah 738 kg/m^3 , hasil-hasil uji densitas percontoh PTX-02 memenuhi spesifikasi Premium dan Pertamina.

- **Sensitivitas Oktana**

Sensitivitas oktana bensin produk Kilang-2 dihitung dari RON dan MON, untuk percontoh PRM-01 adalah $S = 3.4$ dan untuk percontoh PTX-02 sensitivitas oktana $S = 10.5$. Dari hasil pengujian ini kelihatannya PRM-01 mempunyai sensitivitas oktana yang cukup rendah, hal ini memang banyak terjadi pada bensin beroktana rendah. Sedangkan PTX-02 sensitivitas oktanya mendekati sensitivitas WWFC $S = 10$.

3. Percontoh dari Kilang -1

Percontoh bensin yang diambil dari Kilang-1 hanya satu, yaitu percontoh Bensin 88 bertimbal (PRM-02) disajikan pada Tabel 6. Beberapa sifat percontoh tersebut akan diuraikan pada bahasan di bawah ini.

- **RVP**

PRM-02 mempunyai RVP 54.1 kPa dibandingkan dengan spesifikasinya, maka percontoh ini memenuhi spesifikasi.

- **Distilasi**

Hasil-hasil pengujian distilasi percontoh yang terdiri dari T10, T50, T90, FBP dan residu dengan memperhitungkan keterulangan pengujian, maka percontoh ini memenuhi spesifikasi. Pengamatan terhadap persentase evaporasi pada temperatur tertentu E70, E100 dan E180 memenuhi persyaratan beberapa negara di Eropa dan WWFC.

- **Densitas**

Hasil pengujian densitas percontoh PRM-02

adalah 735 kg/m^3 , densitas untuk bensin Premium belum ditentukan dalam spesifikasi.

- **Sensitivitas Oktana**

Sensitivitas oktana bensin produk Kilang-1 dihitung dari RON dan MON, untuk percontoh PRM-02 adalah $S = 5.1$. Dari hasil pengujian ini kelihatannya PRM-02 mempunyai sensitivitas oktana yang cukup rendah, hal ini memang banyak terjadi pada bensin beroktana rendah.

4. Percontoh dari SPBU Jakarta

Untuk Jakarta percontoh bensin diambil dari dua SPBU, yaitu SPBU-3 dan SPBU-4. Dari kedua SPBU tersebut masing-masing diambil percontoh bensin 88 Tanpa Timbal (PMT-02 dan PMT-03) disajikan pada Tabel 7, Pertamina (PTX-03 dan PTX-04) dan Pertamina Plus (PTP-02 dan PTP-03) disajikan pada Tabel 8. Beberapa sifat percontoh tersebut akan diuraikan pada bahasan di bawah ini.

- **RVP**

Percontoh PMT-02 dan PMT-03 berturut-turut mempunyai RVP 57.8 kPa dan 59.3 kPa memenuhi spesifikasi bensin Premium TT. Percontoh PTX-03, PTX-04, PTP-02 dan PTP-03 dibandingkan dengan spesifikasinya masing-masing, maka semua percontoh ini memenuhi spesifikasi.

- **Distilasi**

Hasil-hasil pengujian distilasi percontoh yang terdiri dari T10, T50, T90, FBP dan residu dengan memperhitungkan keterulangan pengujian semuanya memenuhi spesifikasi masing-masing percontoh. Hasil-hasil analisa persentase evaporasi pada temperatur tertentu E70 percontoh PMT-02, PMT-03, PTX-03 dan PTP-02 sesuai persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC, tetapi percontoh PTP-03 hanya memenuhi persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC Kategori 1. Untuk hasil analisa E100 dan E180 semuanya sesuai dengan persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC.

- **Densitas**

Hasil pengujian densitas percontoh PMT-02 dan PMT-03 adalah 735 kg/m^3 dan 744 kg/m^3 , densitas untuk bensin Premium belum ditentukan dalam spesifikasi. Sedangkan hasil-hasil densitas untuk percontoh PTX-03, PTX-04, PTP-02 dan PTP-03 masing-masing memenuhi spesifikasi Pertamina dan Pertamina Plus.

- Sensitivitas Oktana

Sensitivitas oktana percontoh bensin dari SPBU Jakarta yang dihitung dari RON dan MON, untuk percontoh PMT-02 adalah $S = 11.0$, PMT-03 adalah $S = 10.6$, PTX-03 adalah $S = 11.8$, PTX-04 adalah $S = 12.6$, PTP-02 adalah $S = 13.0$ dan PTP-03 adalah $S = 12.7$. Dari hasil pengujian ini terlihat semua percontoh mempunyai sensitivitas oktana yang cukup tinggi dibandingkan dengan sensitivitas WWFC $S = 10$.

Dari hasil-hasil uji RON untuk percontoh PTP-02 dan PTP-03 terlihat berada di bawah spesifikasi, tetapi karena dalam penelitian ini fokus pengamatan adalah sensitivitas oktana, maka hasil-hasil uji tetap digunakan dalam evaluasi sensitivitas oktana.

5. Percontoh dari SPBU Surabaya

Dari SPBU Surabaya diambil dua percontoh, masing-masing percontoh premium (PRM-03) disajikan pada Tabel 6 dan Pertamina (PTX-05) disajikan pada Tabel 8. Beberapa sifat percontoh tersebut akan diuraikan di bawah ini.

- RVP

Percontoh PRM-03 dan PTX-05 berturut-turut mempunyai RVP 54.7 kPa dan 48 kPa, kedua percontoh ini memenuhi spesifikasi bensin Premium dan Pertamina.

- Distilasi

Hasil-hasil pengujian distilasi percontoh yang terdiri dari T10, T50, T90, FBP dan residu dengan memperhitungkan keterulangan pengujian semuanya memenuhi spesifikasi masing-masing percontoh. Pengamatan hasil-hasil analisa E70 percontoh PRM-03 sesuai persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC Kategori 1, sedangkan percontoh PTX-05 sesuai persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC. Untuk E100 dan E180 kedua percontoh memenuhi persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC.

- Densitas

Hasil pengujian densitas percontoh PRM-03 adalah 741 kg/m^3 , pada bensin Premium densitas belum ditetapkan. Untuk PTX-05 densitasnya adalah 743 kg/m^3 , hasil densitas Pertamina ini memenuhi spesifikasi Pertamina.

- Sensitivitas Oktana

Sensitivitas oktana percontoh bensin dari SPBU Surabaya yang dihitung dari RON dan MON, untuk

percontoh PRM-03 adalah $S = 3.4$, hasil uji ini cukup rendah seperti yang umum dijumpai pada bensin beroktana rendah. Sensitivitas percontoh PTX-05 adalah $S = 11.5$, hasil pengujian ini lebih tinggi dibandingkan dengan sensitivitas WWFC $S = 10$.

6. Percontoh dari SPBU Yogyakarta

Dari SPBU Yogyakarta diambil dua percontoh yaitu percontoh Premium (PRM-04) dan Pertamina (PTX-06) masing-masing disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 8. Beberapa sifat percontoh tersebut akan diuraikan di bawah ini.

- RVP

Percontoh PRM-04 dan PTX-06 berturut-turut mempunyai RVP 54.0 kPa dan 49.2 kPa, kedua percontoh ini memenuhi spesifikasi bensin Premium dan Pertamina.

- Distilasi

Hasil-hasil pengujian distilasi percontoh yang terdiri dari T10, T50, T90, FBP dan residu dengan memperhitungkan keterulangan pengujian semuanya memenuhi spesifikasi masing-masing percontoh. Pengamatan hasil-hasil analisa E70 percontoh PRM-04 sesuai persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC Kategori 1, sedangkan percontoh PTX-05 sesuai persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC. Untuk E100 dan E180 kedua percontoh memenuhi persyaratan beberapa negara Eropa dan WWFC.

- Densitas

Hasil pengujian densitas percontoh PRM-04 adalah 744 kg/m^3 , pada bensin Premium densitas belum ditetapkan. Untuk PTX-06 densitasnya adalah 745 kg/m^3 , hasil densitas Pertamina ini memenuhi spesifikasi Pertamina.

- Sensitivitas Oktana

Sensitivitas oktana percontoh bensin dari SPBU Yogyakarta yang dihitung dari RON dan MON, untuk percontoh PRM-04 adalah $S = 3.3$, hasil uji ini cukup rendah seperti yang umum dijumpai pada bensin beroktana rendah. Sensitivitas percontoh PTX-06 adalah $S = 11.5$, hasil pengujian ini lebih tinggi dibandingkan dengan sensitivitas WWFC $S = 10$.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil-hasil pengumpulan data spesifikasi bensin dari beberapa negara dan hasil-hasil pengujian percontoh bensin Indonesia dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut:

A. Kesimpulan

1. Persyaratan RVP dalam spesifikasi bensin sebaiknya ditentukan batas minimum - maksimumnya. Batasan ini tergantung pada temperatur ambien di mana bensin ini akan digunakan. Kalau mengikuti WWFC, maka Indonesia yang mempunyai temperatur ambien lebih tinggi dari 15°C termasuk kelas volatilitas A dengan RVP antara 45 – 60 kPa.
2. Untuk distilasi sebaiknya spesifikasi bensin Indonesia saat ini cenderung mengikuti WWFC yang mengambil jalan tengah agar bisa dianut di seluruh dunia dengan memberikan batasan temperatur untuk persentase evaporasi tertentu T10, T50 dan T90 serta batasan persentase evaporasi pada temperatur tertentu E70, E100 dan E180.
3. Penetapan batasan densitas dalam spesifikasinya bensin di negara-negara Eropa dan WWFC memberikan batasan minimum dan maksimum. WWFC menentukan densitas bensin Kategori 1 antara 715 – 780 kg/m³ dan untuk Kategori 2, Kategori 3 dan Kategori 4 antara 715 – 770 kg/m³.
4. Terdapat kecenderungan untuk membagi bensin dalam tiga *grade*, yaitu: pertama bensin Reguler yang mempunyai RON minimum 91, kedua bensin Premium yang mempunyai RON minimum 95 dan ketiga bensin Super yang mempunyai RON minimum 98.
5. Hasil perhitungan sensitivitas beberapa negara di Eropa adalah sebagai berikut: bensin reguler S = 8 – 9, Premium dan Super S = 10 – 11. WWFC untuk RON 91 sensitivitasnya adalah S = 9 dan untuk RON 95 dan RON 98 sensitivitasnya adalah S = 10. Negara ASEAN yang terdiri dari Thailand dan Pilipina memberikan batasan sensitivitas S = 11.
6. Hasil uji sensitivitas percontohan bensin Indonesia adalah sebagai berikut:
 - Bensin jenis RON 88 bertimbal, Bensin 88 bertimbal S = 3.2 – 5.1
 - Bensin jenis RON 88 tanpa timbal, Bensin 88 TT S = 10.6 – 11.4
 - Bensin jenis RON 91, Pertamina S = 10.5 – 12.6

- Bensin jenis RON 95, Pertamina Plus S = 12.5 – 13.0

Hasil ini menunjukkan bahwa bensin jenis RON 88 bertimbal mempunyai sensitivitas oktana yang cukup rendah, sedangkan bensin jenis RON 88 tanpa timbal, jenis RON 91 (tanpa timbal) dan jenis RON 95 (tanpa timbal) mempunyai sensitivitas oktana yang tinggi, lebih tinggi dari EURO I, II, III dan WWFC yang membatasi S = 10. Sensitivitas oktana yang tinggi ini dapat menyebabkan terjadinya ketukan pada kondisi operasi yang berat, walaupun RON cukup tinggi.

B. Saran

Dari kesimpulan sensitivitas oktana di atas dan dari hasil survei dan diskusi di beberapa kota dan daerah, maka disarankan agar dalam spesifikasi bensin Indonesia dimasukkan persyaratan MON dengan batasan:

1. Tahap awal: sensitivitas bensin 88, bensin 91 dan bensin 95 masing-masing maksimum 9; 10 dan 11.
2. Tahap berikutnya: sensitivitas bensin 88, bensin 91 dan bensin 95 masing-masing maksimum 8; 9 dan 10.

KEPUSTAKAAN

1. Aama, Acea, Jama, "World Wide Fuel Charter", tahun 2002.
2. Dirjen Migas, "Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin" Surat Keputusan Dirjen Migas No. 3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.
3. Jasjfi E., Nasution A.S., "The Progress Toward Cleaner Transportation Fuels in ASEAN", LEMIGAS Scientific Contribution 2, 1997/1998.
4. Keith Owen, Trevor Coley, "Automotive Fuels Reference Book", SAE, Inc. Warrentale, 1995.
5. UOP, "The Challenge of Reformulated Gasoline. The 1990 Clean Air Act Amendments" Des Plaines Linois, 1997.
6. US EPA, "Implementers Guide to Phasing Out Lead in Gasoline", Environmental Pollution Prevention Project Hagler Badly Services, Inc. Alexandria, 1999.