



**KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL**

# **Pengujian Laboratorium dan Spesifikasi Bahan Bakar Pada Pesawat Udara (Avgas)**

Cahyo Setyo Wibowo, S.T., M.T.

Cirebon, 13 Oktober 2016

**KPPPT APLIKASI PRODUK**

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI "LEMIGAS"  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL**



**ESDM untuk Kesejahteraan Rakyat**

# OUTLINE

---

**1** **DEFINISI AVGAS**

**2** **SPEKIFIKASI AVGAS**

**3** **SIGNIFIKANSI PENGUJIAN**

**4** **METODE UJI KNOCK RATING**

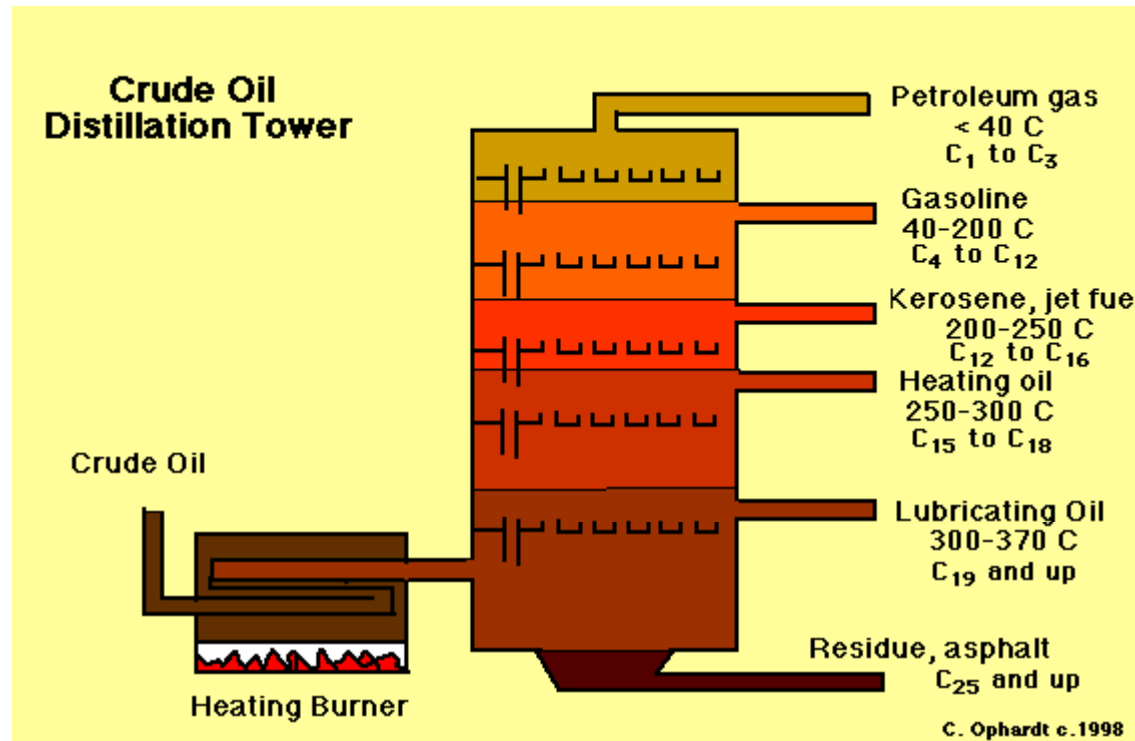
**5** **PERBEDAAN AVGAS DAN PERTAMAX PLUS**

1

## DEFINISI AVGAS

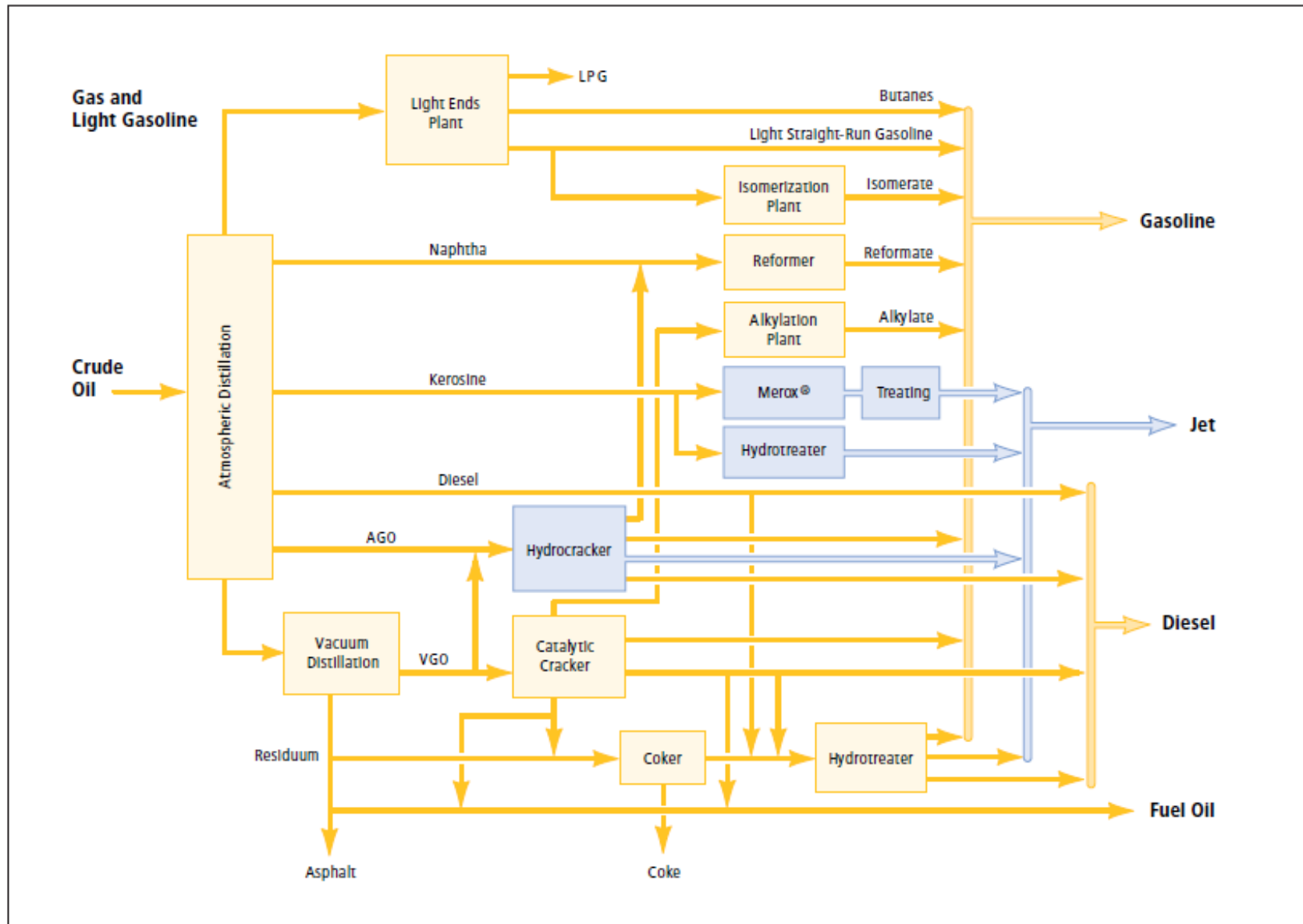


# Aviation Gasoline (AVGAS)



- Aviation Gasoline (Avgas) memiliki komponen utama senyawa karbon rantai panjang
- Pada tahap produksi menggunakan proses distilasi pada titik didih 40 - 170°C dengan batch yang terpisah (discrete batches)
- Final mixture composition: primarily hydrocarbon, Lead to improve octane quality, a coloured dye to differentiate Avgas grades from regular gasoline and other aviation fuels. Antioxidant is added to improve storage stability

## The Modern Refinery



2

## SPESIFIKASI AVGAS



# SPEKIFIKASI AVGAS

SK Dirjen Migas No. 18665.K/72/DJM.O/2011

No.	Properties	Unit	Avgas 100L 1)		Avgas 100LL 1)		Test Method ASTM/ Other
			Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	
1	Appearance		Clear, bright and visually free from solid matter and undissolved water at ambient temp		Clear, bright and visually free from solid matter and undissolved water at ambient temp		Visual examination
2	Color, Visual		Green		Blue		-
3	Corrosion, Copper Strip	Merit	-	No.1	-	No.1	D130/IP 154
4	Density at 15 OC	kg/m3	Reported		Reported		D1298/IP 160
5	Total Sulfur	%m/m	-	0.05	-	0.05	D1266/IP 107
6	Existent Gum	mg/100mL	-	3	-	3	D381/IP 131
7	Freezing Point	OC	-	Minus 60	-	Minus 60	D2386/IP 16
8	Specific Energy	MJ/kg	43.5	-	43.5	-	IP 12
9	Reid Vapor Pressure at 37,8 OC	kPa	38.0	49.0	38.0	49.0	D323/ IP 69
10	Knock Rating						
10.1	Lean Mixture Motor Octane Number		99.5	-	99.5	-	D2700/ IP 236
10.2	Rich Mixture Octane Number		-	-	-	-	
10.3	Performance Number		130	-	130	-	D909/ IP 119
11	Distillation						D86/IP 123
11.1	Intial Boiling Point	OC	Reported		Reported		Group 2
11.2	10% vol Fuel Evaporated	OC		75		75	
11.3	40% vol Fuel Evaporated	OC	75		75		
11.4	50% vol Fuel Evaporated	OC		105		105	
11.5	90% vol Fuel Evaporated	OC		135		135	
11.6	Final Boiling Point	OC		170		170	
11.7	Sum of 10%+50% Evaporative Temp	OC	135	-	135	-	
11.8	Residue	%v/v		1.5		1.5	
11.9	Loss	%v/v		1.5		1.5	
12	Oxidation Stability, 16 hours						D873/IP 138
12.1	Potential Gum	mg/100mL		6		6	
12.2	Precipitate	mg/100mL		2		2	
13	Tetraethyl Lead Content	gPb/L		1.12		0.56	IP 270
14	Water Reaction						D1094/IP 289
	Interface Rating			2		2	
	Volume Change	mL		2		2	
15	Electrical Conductivity	pS/m		50 - 600		50 - 600	D2624/IP 274
16	Color Lovibond						IP 17
16.1	Blue		1.7	2.9	1.7	3.5	
16.2	Yellow		1.5	2.7			

## Persyaratan dan Metode Uji Avgas

No	Persyaratan	Metode Uji
1	Kualitas Penyalaan ( <i>Ignition Quality</i> ) <ul style="list-style-type: none"><li>– Angka Oktana (<i>Octane Number, ON</i>)</li><li>– <i>Performance Number (PN)</i></li><li>– Kandungan Timbal (<i>TEL Content</i>)</li></ul>	ASTM D2700 ASTM D909 ASTM D3341
2	Sifat Mudah menguap ( <i>Volatility</i> ) <ul style="list-style-type: none"><li>– <i>Reid Vapor Pressure (RVP)</i></li><li>– Distilasi (<i>Distillation</i>)</li></ul>	ASTM D323 ASTM 86
3	Sifat Pengkaratan ( <i>Corrosivity</i> ) <ul style="list-style-type: none"><li>– <i>Copper Strip Corrosion</i></li><li>– Sulfur Total</li></ul>	ASTM D130 ASTM D1266
4	Sifat Kestabilan ( <i>Stability</i> ) <ul style="list-style-type: none"><li>– <i>Existent Gum</i></li><li>– <i>Oxidation Stability (Potential Gum)</i></li></ul>	ASTM D381 ASTM D873
5	Sifat – sifat lain <ul style="list-style-type: none"><li>– <i>Density</i></li><li>– <i>Freezing Point</i></li><li>– <i>Electrical Conductivity</i></li></ul>	ASTM D4052 ASTM D2386 ASTM D2624

3

## SIGNIFIKANSI PENGUJIAN

# Signifikansi Pengujian

No	Parameter	Metoda Uji	Signifikansi
1	<i>Appearance</i>	Pengamatan visual	Untuk estimasi adanya air bebas tersuspensi dan kontaminasi partikel padatan dalam produk minyak.
2	<i>Colour</i>	Pengamatan visual	Sebagai derajat kemurnian suatu produk artinya selama proses di kilang adakah kontaminasi dengan jenis produk lainnya
3	<i>Corrosion copper strip</i>	ASTM D 130	Untuk menentukan sifat korosifitas terhadap copper dari Avgas, Mogas, Avtur, Natural gasoline atau jenis hidrokarbon lain yang mempunyai RVP tidak lebih dari 18 psi (124 kPa).
4	<i>Density at 15 °C</i>	ASTM D 4052	Untuk penetapan Density atau <i>Relative Density</i> dari produk minyak bumi dan minyak kental yang pada temperatur uji antara 15 – 35 °C berupa cairan.
5	<i>Total Sulfur</i>	ASTM D 1266	Untuk menetapkan sulfur jumlah (total sulfur) dalam produk minyak bumi cair dengan range konsentrasi antara 0,01 – 0,4 % wt
6	<i>Existent Gum</i>	ASTM D 381	Untuk penetapan bagian tak larut heptana dari residu dari bahan bakar penerbangan
7	<i>Freezing Point</i>	ASTM D 2386	Meliputi penetapan suhu rendah dimana kristal-kristal hidrokarbon padat mungkin terbentuk di dalam Avtur dan Avgas.
8	<i>Specific energy</i>	IP 12	Untuk menentukan <i>gross heat</i> dari pembakaran bahan bakar yang dapat memberikan perhitungan untuk <i>net heat</i> dari pembakaran

## Signifikansi Pengujian...(cont)

9	<i>Reid vapor pressure at 37.8C</i>	ASTM D 323	Mencakup prosedur penetapan <i>vapor pressure</i> dari gasoline, crude oil yang mudah menguap dan produk-produk lain yang mudah menguap
10	<i>Knock rating</i>	ASTM 2700	pengujian kinerja contoh bahan bakar dengan membandingkan tendensi ketukan ( <i>knocking</i> ) dari contoh uji terhadap tendensi ketukan dari bahan bakar pembanding ( <i>reference fuel</i> ).
11	<i>Distillation</i>	ASTM D 86	Meliputi distilasi atmosferik produk minyak bumi (Mogas, Avgas, Avtur, Kerosine, Gas Oil dan produk lain sejenis) menggunakan unit distilasi secara laboratoris untuk menentukan secara kuantitatif karakteristik trayek titik didih
12	<i>Oxidation Stability, Potential Gum</i>	ASTM D 873	Meliputi penetapan kecenderungan dari aviation fuels untuk membentuk gum dan endapan (deposit) pada kondisi pemeraman (' <i>aging</i> ') yang dipercepat
13	<i>TEL content</i>	ASTM D 3341	Metode uji ini digunakan untuk mengetahui besarnya kelumit Pb yang diijinkan terhadap gasoline bebas timbal (lead-free gasoline
14	<i>Water reaction</i>	ASTM D 1094	Meliputi penetapan adanya komponen larut-air dalam <i>aviation gasoline</i> dan pengaruh komponen tersebut pada perubahan volume dan pada interface antara air-minyak
15	<i>Electrical conductivity</i>	ASTM D 2624	Metode ini digunakan untuk menentukan daya-hantar listrik ( <i>electrical conductivity</i> ) dari bahan bakar penerbangan dengan dan tanpa ' <i>static dissipator additive</i> '

4

## **METODE UJI KNOCK RATING**

# Metode Uji Knock Rating

- Knock rating merupakan pengujian kinerja contoh bahan bakar dengan membandingkan tendensi ketukan (knocking) dari contoh uji terhadap tendensi ketukan dari bahan bakar pembanding (reference fuel).
- *Knock rating* Avgas dinyatakan dalam bilangan angka oktan (*Octane Number, ON*) dan angka kinerja (*Performance Number, PN*)
- ON menyatakan bilangan *antiknock* di bawah 100, sedangkan PN untuk angka oktan diatas 100.
- Bahan bakar pembanding terdiri atas prosentasi volume iso-Oktana dan n-Heptana (i-C8 diberi angka 100, dan n-C7 diberi angka 0 )

## Metode Uji Knock Rating...(cont)

- Bahan bakar dengan angka oktan lebih rendah dari angka oktan yang dibutuhkan oleh mesin memiliki kecenderungan menyebabkan terjadinya *knocking* (misal : spek mesin membutuhkan RON 91, namun menggunakan RON 88)
- Angka oktan yang rendah dapat mengakibatkan:
  - Pembakaran tidak sempurna
  - Daya menurun
  - Konsumsi bahan bakar meningkat
  - Meningkatkan emisi gas buang

Knocking terjadi apabila bahan bakar menyala dengan sendirinya di dalam ruang bakar mesin sebelum waktu penyalaan berlangsung

## Metode Uji Knock Rating...(cont)

- Ukuran dari ketahanan bahan bakar terhadap ketukan (knocking)
  - RON (Research Octane Number) : simulasi kinerja bahan bakar pada kondisi operasi mesin dengan beban yang ringan (600 rpm)
  - MON (Motor Octane Number) : simulasi kinerja bahan bakar pada kondisi mesin dengan beban yang tinggi dan kecepatan tinggi (900 rpm)

Tabel Perbandingan RON dan MON

Kondisi	RON	MON
Kecepatan mesin	600 rpm	900 rpm
T campuran bahan bakar/udara	51,7°C	148,9°C
Kegunaan	Penentuan ON semua jenis Mogas	Penentuan ON pada kondisi ekonomis (Lean Mixture Rating)
Metode Uji	ASTM D 2699	ASTM D 2700

## Metode Uji Knock Rating...(cont)

- Pengukuran angka oktan dilakukan pada mesin CFR (Cooperative Fuel Reaserch); sebuah mesin bersilinder tunggal dimana perbandingan kompresinya dapat divariasasi antara 3:1 sampai 30:1.
  - **CFR F1 → RON (ASTM D 2699)**
  - **CFR F2 → MON (ASTM D 2700)**
- **Avgas (100/130) artinya**
  - Bila diuji dengan CFR F2 (Lean Mixture) akan memberi ON 100
  - Bila diuji dengan CFR F4 ('take off condition') akan memberi PN 130

## Mesin CFR



**Mesin CFR - F1**



**Mesin CFR - F2**

- Mesin dengan satu silinder dengan rasio kompresi yang dapat divariasikan
- Posisi head mesin dapat diubah untuk menyesuaikan intensitas ketukan
- Mesin dilengkapi karburator dengan rasio bahan bakar/udara yang dapat disesuaikan
- Memiliki peralatan untuk pengukuran ketukan

# Tata Cara

## Kondisi Operasi Standar

Berikut adalah kondisi operasi standar yang diamati sebelum dan selama pengujian:

- Putaran mesin,  $600 \pm 6$  rpm untuk F1 dan  $900 \pm 6$  rpm untuk F2
- Saat penyalaan, tetap,  $13^\circ$  sebelum titik mati atas
- Celah busi,  $0.020 \pm 0.005$  inch ( $0.51 \pm 0.13$  mm)
- Celah platina, 0.020 inch (0.51 mm)
- Celah katup,  $0.008 \pm 0.001$  inch ( $0.20 \pm 0.03$  mm), diukur pada saat mesin panas dan pada kondisi operasi standar dengan bahan bakar ber-oktana 100
- Pelumas mesin SAE 30 dengan viskositas kinematik 9.62 - 12.93 cSt pada  $210^\circ$  F dan viskositas indeks tidak kurang dari 85
- Tekanan pelumas, 25-30 psig
- Suhu pelumas mesin,  $135 \pm 15^\circ$  F ( $57 \pm 8.5^\circ$  C)

## Tata Cara...(cont)

- Suhu air pendingin,  $212 \pm 3^{\circ} \text{ F}$  ( $100 \pm 1.5^{\circ} \text{ C}$ )
- Kelembaban udara masuk, 25-50 grain air/lb udara kering (0.00356-0.00712 kg air/kg udara kering)
- Suhu udara masuk dijaga dalam  $\pm 2^{\circ} \text{ F}$  ( $\pm 1.1^{\circ} \text{ C}$ ) dari suhu yang disyaratkan sesuai tekanan barometer
- Perbandingan bahan bakar-udara, level pada gelas berskala antara 0.7-1.7
- Batas pembacaan knockmeter, antara 20-80.

## Persiapan Pengujian

Sampling Bahan Bakar  
Dilakukan sesuai dengan  
metode ASTM D 4057



Handling Bahan Bakar  
Sampel disimpan pada wadah yang  
gelap, tertutup, tidak terkena sinar  
UV, dan didinginkan



Pengujian Bahan Bakar  
Dilakukan sesuai metode  
ASTM D 2699 dan ASTM D  
2700



# Skema Pengujian Percontoh

Persiapan Bahan Bakar



ASTM D 2699



ASTM D 2700

Perhitungan Hasil Uji

- Sistem Bracketing
- Sistem Compresion Rasio

Hasil

- RON
- MON

## Pengujian Percontoh

- Operasikan kembali mesin dengan bahan bakar percontoh, campuran pembanding I dan campuran pembanding II, dengan tinggi silinder tetap. Bila perlu setel kembali level masing-masing bahan bakar untuk mendapatkan ketukan maksimum
- Atur SPREAD dan METER READING sehingga jarak penunjukan pada knockmeter untuk campuran pembanding I dan II antara 20-25
- Bila tekanan barometer tidak 29-92 inch Hg, tinggi silinder harus dikoreksi sesuai dengan tekanan barometer pada saat pengujian
- Pengujian dilakukan minimal 2 kali dengan urutan: percontoh - campuran pembanding II – campuran pembanding I – percontoh, dan seterusnya
- Catat penunjukan knockmeter untuk masing-masing bahan bakar, dapatkan angka oktana percontoh dengan perhitungan interpolasi.

## Perhitungan

Buatlah rata-rata pembacaan knock meter untuk percontoh dan kedua bahan bakar pembanding.

Gunakan rata-rata tersebut untuk menghitung angka oktana percontoh dengan interpolasi.

	Pembacaan Knockmeter		Rata-rata	
b.b. pembanding 1 (95 AOR)	44	44	44,0	} 7,5
percontoh	51	52	51,5	
b.b. pembanding 2 (93AOR)	66	67	66,5	} 15,0

$$O.N._S = O.N._{LRF} + \left( \frac{K.I._{LRF} - K.I._S}{K.I._{LRF} - K.I._{HRF}} \right) (O.N._{HRF} - O.N._{LRF})$$

$$\text{Angka oktana percontoh} = 93,0 + \frac{(66,5 - 51,5)}{(66,5 - 44,0)} (95 - 93)$$

$$\text{Angka oktana percontoh} = 93,0 + 1,3 = 94,3$$

Bulatkan ke persepuluhan terdekat, atau untuk angka lima perseratusan bulatkan ke persepuluhan genap terdekat.

Contoh: 94.33 bulatkan ke 94.3  
 94.55 bulatkan ke 94.6  
 88.88 bulatkan ke 88.9

**5**

## **PERBANDINGAN AVGAS DAN PERTAMAX PLUS**

## **SK Dirjen Migas tentang Spesifikasi Bahan Bakar Minyak dan Gas**

1. Spesifikasi Aviation Gasoline (Avgas) : SK Dirjen Migas No. 18665.K/72/DJM.O/2011
2. Spesifikasi Bensin 95 : SK Dirjen Migas No. 3674 K/24/DJM/2006

# SPEKIFIKASI AVGAS & BENSIN 95

No.	Properties	Unit	Test Method ASTM/ Other	Avgas	Bensin 95
1	Appearance		Visual examination	✓	✓
2	Color, Visual		-	✓	✓
3	Corrosion, Copper Strip	Merit	D130/IP 154	✓	✓
4	Density at 15 OC	kg/m <sup>3</sup>	D1298/IP 160	✓	✓
5	Total Sulfur	%m/m	D1266/IP 107	✓	
6	Existent Gum	mg/100mL	D381/IP 131	✓	✓
7	Freezing Point	OC	D2386/IP 16	✓	
8	Specific Energy	MJ/kg	IP 12	✓	
9	Reid Vapor Pressure at 37,8 OC	kPa	D323/ IP 69	✓	✓
10	Knock Rating			✓	
10.1	Lean Mixture Motor Octane Number		D2700/ IP 236	✓	
10.2	Rich Mixture Octane Number			✓	
10.3	Performance Number		D909/ IP 119	✓	
11	Distillation		D86/IP 123	✓	✓
11.1	Intial Boiling Point	OC	Group 2	✓	
11.2	10% vol Fuel Evaporated	OC		✓	✓
11.3	40% vol Fuel Evaporated	OC		✓	
11.4	50% vol Fuel Evaporated	OC		✓	✓
11.5	90% vol Fuel Evaporated	OC		✓	✓
11.6	Final Boiling Point	OC		✓	✓
11.7	Sum of 10%+50% Evaporative Temp	OC			✓
11.8	Residue	%v/v		✓	✓
11.9	Loss	%v/v		✓	
12	Oxidation Stability, 16 hours			✓	
12.1	Potential Gum	mg/100mL	D873/IP 138	✓	
12.2	Precipitate	mg/100mL		✓	
13	Tetraethyl Lead Content	gPb/L	IP 270	✓	
14	Water Reaction			✓	
	Interface Rating		D1094/IP 289	✓	
	Volume Change	mL		✓	
15	Electrical Conductivity	pS/m	D2624/IP 274	✓	
16	Color Lovibond			✓	
16.1	Blue		IP 17	✓	
16.2	Yellow			✓	



# Terima kasih

[www.lemigas.esdm.go.id](http://www.lemigas.esdm.go.id)

**CONTACT PERSON:**

**CAHYO SETYO WIBOWO**

[cahyoswibowo@gmail.com](mailto:cahyoswibowo@gmail.com) / [cahyow@lemigas.esdm.go.id](mailto:cahyow@lemigas.esdm.go.id)

**08128109401**

**KELOMPOK BAHAN BAKAR MINYAK DAN GAS**

**KPPPT APLIKASI PRODUK**

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI "LEMIGAS"**

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL**

