

## Pengaruh Penambahan Aditif Oksigenat Bahan Bakar Pada Mesin Variable Compression Ratio (VCR)

**Bambang Sugiarto, Agustinus Maun, Dody Darsono**

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok 16424

E-mail : [bangsugi@eng.ui.ac.id](mailto:bangsugi@eng.ui.ac.id)

### Abstrak

*Parameter yang penting dalam menilai performa suatu mesin adalah kemampuannya untuk menghasilkan efisiensi yang tinggi, untuk mendapatkannya dapat dilakukan melalui penggunaan bahan bakar yang berkualitas, salah satu caranya dengan penambahan aditif bahan bakar yang mempunyai fungsi untuk memperbaiki karakteristik pembakarannya. Salah satu jenis aditif bahan bakar dapat dibuat dari minyak nabati yang diproses secara ozonisasi yang biasa disebut dengan oksigenat. Pada penelitian ini dilakukan pengujian bahan bakar dasar berupa premium, pertamax dan pertamax plus, selain itu dilakukan penambahan dua jenis aditif oksigenat yang berbeda pada premium dengan variasi masing masing 1,5 ml dan 2,0 ml. Parameter yang dibandingkan antara lain rasio kompresi, BHP, SFC, AFR dan emisi gas buang (HC dan CO). Penguji aditif 2 ml terjadi kenaikan BHP sebesar 65,8 %, penurunan nilai SFC sebesar 50 % selain itu emisi gas buang HC dan CO yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan premium murni. Dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa penambahan aditif sebesar 2,0 ml dengan ratio kompresi 9 : 1 mempunyai pengaruh yang baik terhadap kinerja mesin VCR.*

*Kata kunci : aditif oksigenat, VCR, unjuk kerja*

### 1. PENDAHULUAN

Angka oktan pada bahan bakar mesin Otto menunjukkan kemampuannya menghindari terbakarnya campuran udara-bahan bakar sebelum waktunya (*self-ignition*). Terbakarnya campuran udara-bahan bakar di dalam mesin Otto sebelum waktunya akan menimbulkan fenomena ketuk (*knocking*) yang berpotensi menurunkan daya mesin, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius pada komponen mesin. Selama ini, fenomena ketuk membatasi penggunaan rasio kompresi (perbandingan antara volume silinder terhadap volume sisa) yang tinggi pada mesin bensin. Tingginya angka oktan pada bahan bakar memungkinkan penggunaan rasio kompresi yang tinggi pada mesin Otto.

Bahan bakar minyak yang kita kenal bukannya murni hasil refinery atau pengilangan minyak bumi, dan masih mengandung hidrkarbon. Makanya disebut bensin hidrokarbon dan nilai oktan itu rendah. Tapi, untuk memperoleh bensin hidrokarbon murni, beroktan tinggi perlu biaya tinggi dalam proses pengolahannya. Makanya perlu ditambah beberapa aditif agar punya RON (research octane number). Bahan campuran itu dipilih yang tidak mengandung logam adalah, oksigenat. Misalnya alkohol, eter, keton, ester, asamnitrit dan nitroparafin. Semuanya bisa dipakai, sebagai pengganti senyawa Pb (timbang). Diharapkan dengan menambahkan aditif selain pemakaian BBM lebih hemat emisi yang dihasilkan akan lebih rendah.

Untuk mengetahui kemampuan aditif maka perlu dilakukan pengujian, Pada pengujian sebelumnya yang telah penulis lakukan dengan menggunakan Nissan engine dengan kompresi ratio 8.2 : 1 dengan menggunakan additif yang sama didapat hasil kenaikan daya, penurunan SFC dan perbaikan emisi yang cukup signifikan [1] Pada pengujian kali ini dilakukan pengujian yang dilakukan menggunakan mesin Variable Compression Ratio dengan menggunakan tiga tipe bahan bakar yang berbeda uji. Bahan uji tersebut adalah Premium, Pertamax, Pertamax Plus dan Premium dengan penambahan aditif. Campuran Premium dengan tiap merk aditif adalah 1.5ml dan 2 ml untuk tiap liter. Penelitian ini perlu dilakukan dengan maksud untuk mengetahui pada rasio kompresi didapat performansi yang terbaik.

## 2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh penambahan aditif oksigenat bahan bakar pada mesin VCR terhadap :
  - a. Daya Mesin
  - b. Laju konsumsi bahan bakar spesifik dari bahan bakar yang diuji
  - c. Prosentase kadar emisi gas buang yang dihasilkan dari bahan bakar yang diuji.
  - d. Komposisi oksigenat terbaik dari perbandingan bahan bakar yang diujikan

## 3. DASAR TEORI DAN METODOLOGI PENELITIAN [2]

### Pemilihan Senyawa Aditif Peningkat Angka Oktan

#### Pengertian angka oktan

Angka oktan suatu bahan bakar adalah bilangan yang menyatakan persentase volume iso-oktana dalam campuran yang terdiri dari iso-oktana (*2,2,4-trimethylpentane*) dan normal-heptana (*n-heptane*). Contoh sederhana adalah Premium dengan angka oktan 88, yang berarti campuran volume iso-oktana sebanyak 88% dan 12% volume normal-heptana. Bahan bakar yang baik haruslah memiliki angka oktan yang tinggi pada seluruh daerah destilasinya untuk mencegah terjadinya *knocking*.

#### Aditif Pada Bensin

Menaikkan angka oktan pada bensin adalah salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas bensin. Untuk mendapatkan bensin dengan angka oktan yang cukup tinggi dapat ditempuh beberapa cara: memilih minyak bumi dengan kandungan aromatik yang tinggi dalam trayek didih bensin; meningkatkan kandungan aromatik melalui pengolahan reformasi atau alkana bercabang dengan alkilasi atau isomerisasi atau olefin bertitik didih rendah; menggunakan komponen berangka oktan tinggi sebagai bahan ramuan seperti alkohol atau eter; menambahkan aditif peningkat angka oktan.

#### Senyawa Oksigenat [3]

Oksigenat adalah senyawa organik cair yang dapat dicampur ke dalam bensin untuk menambah angka oktan dan kandungan oksigennya. Selama pembakaran, oksigen tambahan di dalam bensin dapat mengurangi emisi karbon monoksida, CO dan material-material pembentuk ozon atmosferik. Selain itu senyawa oksigenat juga memiliki sifat-sifat pencampuran yang baik dengan bensin. Semua oksigenat mempunyai angka oktan di atas 100.

Beberapa senyawa organik beroksigen (oksigenat) yaitu :

1. **Alkohol** (methanol, etanol, isopropil alkohol)
2. **Eter** (Metil Tertier Butil Eter (MTBE), Etil Tertier Butil Eter (ETBE) dan Tersier Amil Metil Eter (TAME))
3. **Ozonida**

Hasil reaksi transesterifikasi dari minyak nabati tersebut direaksikan dengan Iso Propil Alkohol (IPA) dengan bantuan katalis basa (NaOH) berupa gliserin dan alkil ester. Selanjutnya senyawa alkil ester direaksikan dengan ozon sehingga didapatkan senyawa ozonida yang digunakan sebagai oksigenat .

## METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada mesin otto dengan penggunaan bahan bakar yang berbeda dengan penambahan aditif oksigenat. Parameter utama yang diamati yaitu besarnya Torsi yang dihasilkan pada variasi perbandingan kompresi dan putaran, laju aliran bahan bakar, analisa gas buang yang dihasilkan dan dilanjutkan dengan menghitung beberapa perubahan karakteristik performansi dari mesin Otto. Pengujian eksperimental ini didasarkan pada kondisi sebagai berikut :

- Tekanan udara luar pada keadaan standar (1 atmosfer).
- Temperatur ambient dijaga antara 30°C (303°K) sampai 38°C (311°K).
- Aliran Bensin yang diamati setiap 16 mL.
- Konsumsi udara masuk tetap, tidak berubah-ubah.
- Rasio Kompresi diatur dari 7:1 sampai dengan 10:1

### **Variasi Pengujian**

Pengujian dilakukan dalam berbagai variasi, agar analisa akhir yang didapatkan dapat memberikan gambaran secara tepat dan signifikan sejauh mana campuran aditif dapat meningkatkan performa mesin. Variasi pengujian yang dilakukan meliputi :

#### **1. Variasi Kandungan Bahan Bakar**

**Tabel I.** Variasi Kandungan Bahan Bakar

Bahan Bakar	Kandungan (%)		Volume (miliLiter)	
	Bahan Bakar	Campuran Oksigenat	Bahan Bakar	Campuran Oksigenat
Premium	100	-	1000	-
Premium + Octan Booster 2ml	99.8	0.2	1000	2
Premium+ V Octane 2 mL	99.8	0,2	1000	2
Pertamax	100	-	1000	-
Pertamax Plus	100	-	1000	-

#### **2. Variasi Putaran Pada Bukaannya Throttle Penuh**

Bukaan throttle pada mesin VCR pada level 100%, kemudian dengan mengatur pembebanan dapatkan putaran 1750 dan 2000 rpm. Maksud dari perubahan putaran ini adalah untuk mengkondisikan mesin Otto dalam keadaan *berakselerasi*. Diasumsikan bahwa mesin sedang menambah kecepatannya sehingga putaran mesin pun akan bertambah.

## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

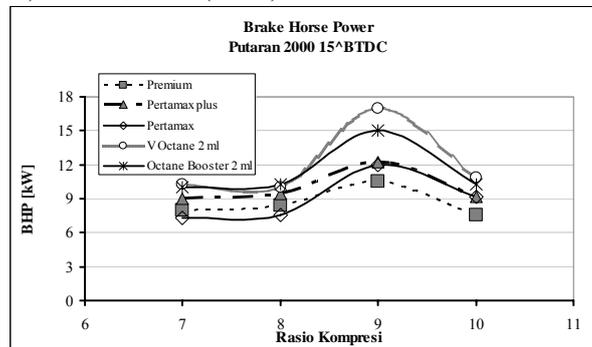
### **4.1 Analisa Berbagai Bahan Bakar Putaran 2000 rpm**

#### **4.1.1 Analisa Daya (BHP)**

Dari hasil pengolahan data untuk mengetahui nilai daya yang dihasilkan mesin VCR, dapat dilihat bahwa untuk setiap komposisi penambahan oksigenat sebagai zat aditif terjadi efek yang bervariasi. Sebagai acuan, nilai BHP untuk premium murni adalah : 7.54 kW (10:1) ; 10,5 kW (9:1); 8,37 kW (8:1); 7.95 kW (7:1) Selanjutnya perubahan nilai BHP dapat dilihat dari penjelasan berikut :

- Untuk Pertamax jika dibandingkan dengan premium murni, terjadi penurunan nilai BHP pada rasio kompresi 7 dan 8 sebesar 7,80% dan 9,92%, dan terjadi peningkatan pada rasio kompresi 9 dan 10 sebesar 13,62% dan 22,15 %

- Untuk Pertamina Plus dibandingkan dengan premium secara keseluruhan terjadi kenaikan nilai BHP disemua rasio kompresi dari 7 sampai dengan 10 besar kenaikannya 13,21% (7:1); 12,54% (8:1) ; 16,67 % (9:1) dan 22,15 % (10: 1).



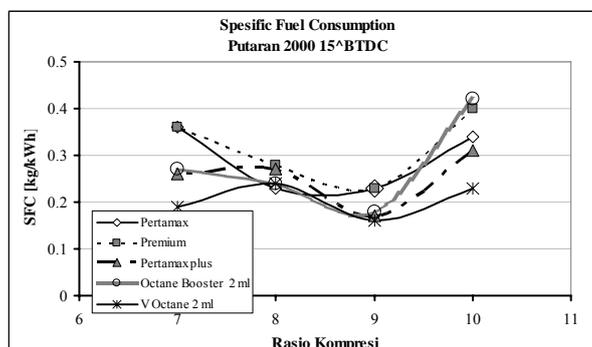
**Gambar 1.** Daya (BHP) vs Rasio kompresi Pada Putaran Tetap 2000 rpm.

- Untuk Premium + V Octane 2 mL, dibandingkan dengan premium secara keseluruhan terjadi kenaikan nilai BHP disemua rasio kompresi dari 7 sampai dengan 10, besar kenaikannya 29,06% (7:1); 20,07% (8:1) ; 61,52 % (9:1) dan 44,43 % (10: 1). Nilai daya tertinggi terjadi pada rasio kompresi 9.
- Untuk Premium + Octane Booster 2 mL, jika dibandingkan dengan premium secara keseluruhan terjadi kenaikan nilai BHP disemua rasio kompresi dari 7 sampai dengan 10, besar kenaikannya 26,42% (7:1); 22,58% (8:1) ; 43,52 % (9:1) dan 36,07 % (10: 1). Nilai daya tertinggi terjadi pada rasio kompresi 9.

#### 4.1.2 Analisa Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Secara umum, penambahan oksigenat sebagai zat aditif pada Premium mengakibatkan penurunan nilai SFC di semua rasio kompresi. Nilai acuan SFC standar untuk Premium adalah : 0,4 kg/kWh (7:1); 0,23 kg/kWh (8:1); 0,28 kg/kWh (9:1); 0,36 kg/kWh (10:1). Secara keseluruhan nilai SFC dapat dilihat dari penjelasan berikut :

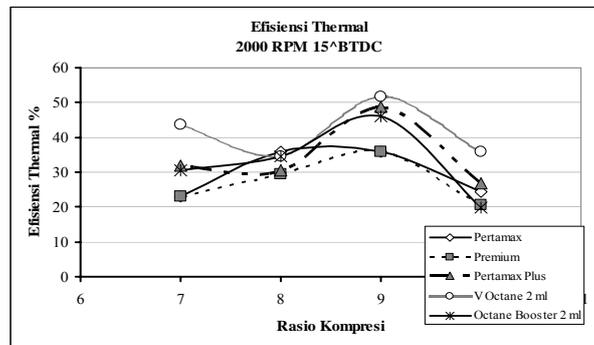
- Untuk Pertamina jika dibandingkan dengan premium terjadi penurunan SFC pada kompresi 10 dan 8 sebesar 15% dan 17,85 %, sedangkan pada kompresi 7 dan 9 nilainya sama dengan Premium.
- Untuk Pertamina plus jika dibandingkan dengan premium secara keseluruhan untuk tiap rasio kompresi terjadi penurunan sebesar 13,21% (10:1); 26,09 (9:1); 3,57% (8:1); 27,78% (7:1). Nilai SFC terbaik terjadi pada rasio kompresi 9.



**Gambar 2.** Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC) VS rasio kompresi Pada Putaran 2000 rpm.

- Untuk Premium + V octane 2 mL, terjadi penurunan nilai SFC terhadap Premium pada semua rasio kompresi dengan perubahan terbesar pada rasio kompresi 7 dengan nilai 47,22%. Sedangkan untuk rasio kompresi 8 dihasilkan nilai yang terbaik sebesar 14,29%.
- Untuk Premium+ Octane Booster 2ml, nilai SFC pada rasio kompresi 10 dihasilkan 5% lebih buruk dari premium sedangkan hasil tertinggi terjadi pada rasio kompresi 7 dengan kenaikan sebesar 5%.

#### 4.1.3 Analisa Efisiensi Thermal



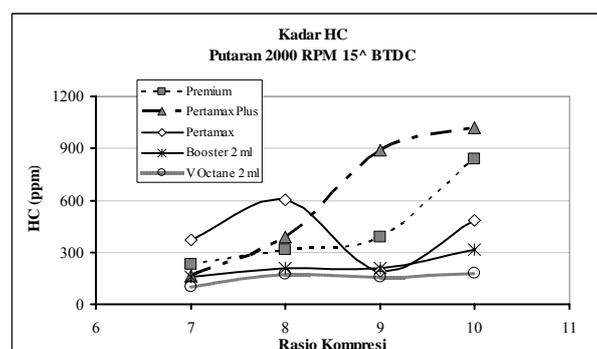
Gambar 3. Nilai Efisiensi Termal ( $\eta_{th}$ ) vs tiap rasio kompresi Pada Putaran 2000 rpm.

Nilai Efisiensi Thermal semakin tinggi semakin baik. Pada grafik dibawah dapat dilihat bahwa efisiensi thermal bahan bakar Premium + V octane 2 mL pada rasio kompresi 7 sebesar 43,56% , kemudian terjadi penurunan pada rasio kompresi 8 sebesar 34,48% setelahnya terus meningkat hingga mencapai puncaknya pada rasio kompresi 9 kemudian turun kembali pada rasio kompresi 10 dengan nilai 35,98%.. Selama rasio kompresi 7-10, nilai efisiensi thermalnya selalu lebih baik dari bahan bakar lainnya termasuk pada premium + Octane Booster, Nilai efisiensi thermal pertamax plus masih mendominasi dibandingkan premium maupun pertamax namun kalah dari premium+aditif. Secara keseluruhan nilai efisiensi thermal premium paling kecil.

#### 4.1.4 Analisa Kadar Emisi

##### 4.1.4.1 Analisa Kadar Hidrokarbon (HC)

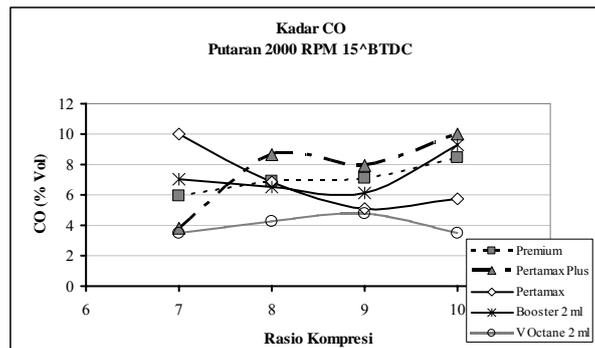
Dari grafik dibawah ini dapat dijelaskan bahwa secara keseluruhan untuk tiap rasio kompresi kadar HC terkecil dihasilkan oleh premium+ V octane dengan nilai 55,60%, disusul kemudian Premium+Octane Booster sebesar 21,03%, jika dibandingkan premium dengan pertamax terlihat jelas bahwa pertamax masih lebih baik walaupun pada rasio kompresi 8 terjadi kenaikan yang nilainya lebih besar dari pada premium, begitu pula pada rasio kompresi 10 kadar HC dari pertamax mengalami penurunan sebesar 42,26%, sedangkan untuk Pertamina Plus pada rasio kompresi 7 dan 8 nilainya HC masih cukup baik, namun pada rasio kompresi terjadi kenaikan nilai HC yang cukup signifikan. Jika dibandingkan dengan premium HC yang terjadi pada rasio kompresi 10 mengalami peningkatan sebesar 21,5% dan yang terburuk dari keseluruhan.



Gambar 4. Kadar Hidrokarbon vs Buka-an Throttle Pada Putaran Tetap 2000 rpm.

#### 4.1.4.2 Analisa Kadar Karbon Monoksida (CO)

Dari grafik yang ada dibawah ini terlihat jelas bahwa kadar CO yang dihasilkan oleh premium meningkat seiring meningkatnya rasio kompresi. Pada pertamax pada rasio kompresi 7 nilai CO yang dihasilkan lebih tinggi 40,6% dibandingkan dengan premium, nilai CO terendah yang dihasilkan pertamax terjadi pada rasio kompresi 9 sebesar 29,48% dibandingkan dengan premium. Nilai kadar CO yang paling rendah di hasilkan oleh premium+ V Octane dengan nilai penurunan sebesar 32,09%.



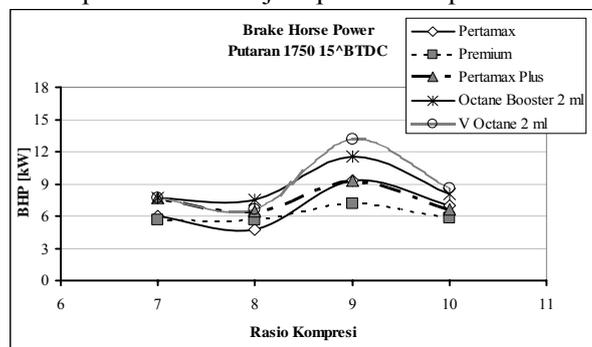
Gambar 5. Kadar Karbon Monoksida vs Rasio Kompresi Pada Putaran 2000 rpm.

## 4.2 Analisa Berbagai Bahan Bakar pada Putaran 1750 rpm

### 4.2.1 Analisa Daya (BHP)

Nilai BHP yang dijadikan acuan untuk premium pada setiap putaran mesin adalah : 5,86 (10:1) ; 7,14 (9:1) ; 5,68 (8:1); 5,68 (7:1) Selanjutnya perubahan nilai BHP dapat dilihat dari penjelasan berikut :

- Pertamax pada rasio kompresi 7 dan 10 terjadi kenaikan BHP masing-masing sebesar 6,34% ; 18,77%. Kenaikan BHP tertinggi terjadi pada rasio kompresi 9 dengan nilai 30,81%. Sedangkan untuk pada rasio kompresi 8 terjadi penurunan sebesar 16,20%. Secara keseluruhan jika dibandingkan dengan premium pertamax masih lebih baik.
- Untuk pertamax plus secara keseluruhan naik, namun jika dibandingkan dengan premium kenaikan BHP terjadi pada rasio kompresi 7 sebesar 35,39% tertinggi.
- Untuk Premium + V Octane 2 ml, pada rasio kompresi 9 jika dibandingkan dengan premium terjadi peningkatan BHP sebesar 70,81%, sedangkan pada rasio kompresi 8 BHP tertinggi dihasilkan oleh premium+Octane Booster dengan kenaikan sebesar 32,21%. Dari trend grafik terlihat bahwa pada rasio setelah rasio kompresi 7 terjadi penurunan, kemudian kenaikan tertinggi pada rasio kompresi 9 terus terjadi penurunan pada rasio kompresi 10..

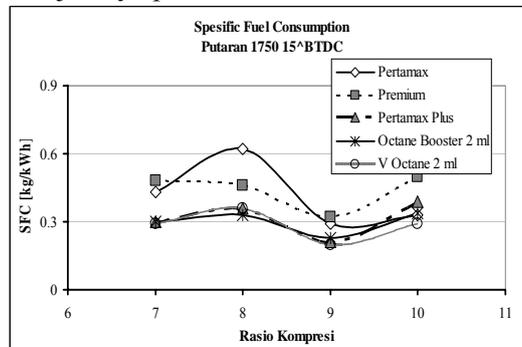


Gambar 6. Daya (BHP) vs Rasio kompresi pada putaran 1750 RPM

### 4.2.2 Analisa Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Penurunan nilai SFC akan turut berubah seiring dengan menurunnya laju konsumsi bahan bakar dan meningkatnya nilai BHP, atau sebaliknya. Tingkat kehematan dari bahan bakar ditinjau

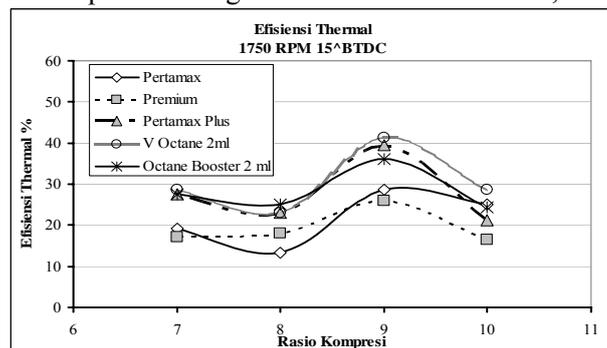
dari aspek ini, karena analisa laju konsumsi bahan bakar ini per satuan daya yang dihasilkan mesin. Dengan kata lain semakin hemat suatu bahan bakar apabila SFC-nya rendah. Seperti yang ditunjukkan pada grafik diatas terlihat bahwa ketiga bahan bakar pertamax plus, premium+V Octane, Premium+Octane Booster memberikan penghematan sebesar 37,5% pada rasio kompresi 9. Pada rasio kompresi 8 dan 10 terlihat nilai SFC premium dan pertamax tinggi ini menunjukkan terjadinya pemborosan bahan bakar.



**Gambar 7.** Nilai Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC) vs Rasio Kompresi pada Putaran 1750 RPM

#### 4.2.3 Analisa Efisiensi Thermal

Nilai efisiensi thermal yang dihasilkan pada pencampuran premium+V octane 2 ml memberikan peningkatan pada semua rasio kompresi, sedangkan yang tertinggi pada rasio kompresi 9. Nilai efisiensi thermal jika dibandingkan dengan premium mengalami peningkatan sebesar 60%. Untuk pertamax Pada rasio kompresi 7 mengalami kenaikan sebesar 11,63%.

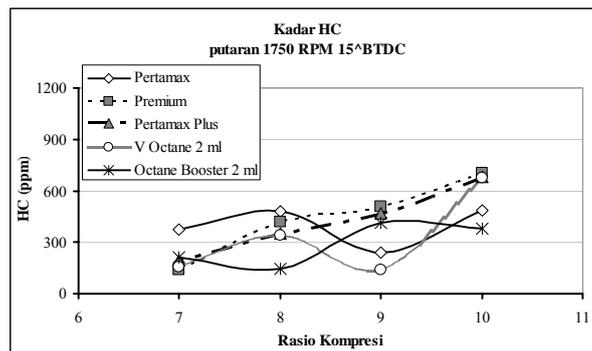


**Gambar 8.** Nilai Efisiensi Termal ( $\eta_{th}$ ) vs rasio kompresi putaran 1750 RPM

#### 4.2.4 Analisa Kadar Emisi

##### 4.2.4.1 Analisa Kadar Hidrokarbon (HC)

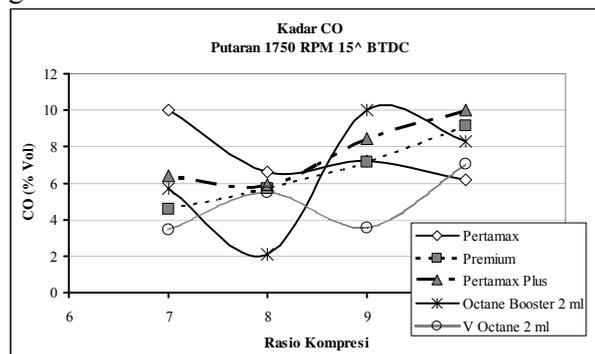
Kadar hidrokarbon yang dihasilkan mesin VCR akan dapat menunjukkan kondisi pembakaran dalam ruang bakar semakin rendah kadar hidrokarbon dapat dikatakan bahwa pembakaran yang terjadi lebih baik. Pada putaran 1750, kadar HC terendah untuk premium secara umum sebesar 142 ppm, pada rasio kompresi 7. Sedangkan kadar HC terendah secara keseluruhan dicapai premium yang diberi aditif V Octane 2 ml sebesar 139 ppm, pada rasio kompresi 9, lebih rendah jika dibandingkan dengan Pertamax: 240 ppm, pada rasio yang sama.



Gambar 9. Kadar Hidrokarbon vs tiap rasio kompresi.

#### 4.2.4.2 Analisa Kadar Karbon Monoksida (CO)

Hasil pengujian seperti terlihat pada grafik, bahwa kandungan kadar karbon monoksida pada gas buang sangatlah bervariasi untuk berbagai bahan bakar. Terlihat dari grafik penurunan kadar CO terjadi pada Premium ditambah Octane Booster 2 ml dengan persentase penurunan sebesar 63,20 % pada rasio kompresi 8. Pada rasio kompresi 9 nilai CO terendah dihasilkan oleh Premium + V Octane 2 ml sebesar 50,14 %. Hal ini menunjukkan bahwa pencampuran aditif pada premium menghasilkan emisi yang ramah lingkungan.



Gambar 10. Kadar Karbon Monoksida vs Rasio Kompresi pada putaran 1750 RPM

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data yang dilakukan pada bahan bakar premium, pertamax, pertamax plus dibandingkan dengan premium ditambah aditif oksigenat untuk meningkatkan kesempurnaan pembakaran dan mengurangi kadar emisi yang dihasilkan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan oksigenat 2 mL untuk merk V octane maupun Octane Booster pada premium terbukti dapat meningkatkan daya dan efisiensi thermal serta penghematan konsumsi bahan bakar pada rasio kompresi yang berbeda.
2. Pada variasi rasio kompresi, kadar gas buang yang dihasilkan oleh bahan bakar premium yang ditambahkan oksigenat 2 mL menghasilkan kadar emisi yang baik. Hal ini membuktikan kesempurnaan pembakaran pada bahan bakar premium yang ditambahkan oksigenat. Dengan kata lain penambahan oksigenat pada premium menghasilkan emisi yang ramah lingkungan.
3. Untuk Pertamax nilai BHP, SFC, efisiensi thermal dan emisi gas buang masih lebih baik dari premium, begitu juga dengan pertamax plus masih lebih unggul tipis dengan pertamax maupun premium. Walaupun secara keseluruhan nilai pertamax maupun pertamax plus masih kalah dibandingkan dengan premium yang ditambahkan aditif.

## **6. Daftar Pustaka**

1. Bambang sugiarto, Setyo Bismo, Hari Juanda, Gusti 2006, Kinerja Mesin Otto dengan penambahan campuran oksigenant sebagai additif, SEMINAR NASIONAL UNIVERSITAS BRAWIJAYA 2006
2. Bambang Sugiarto, buku *Motor Pembakaran Dalam.*, Penerbit Departemen Teknik Mesin, FTUI. Jakarta, 2005.
3. Bismo, Setijo. *Sintesis Biodiesel dengan Teknik Ozonasi : Ozonolisis Etil-Ester Minyak Sawit Sebagai Suatu Bahan Bakar Diesel Alternatif.* Jurnal Teknik Kimia, Indonesia, 2005.