

EFEK DIMENSI VALVE GAP PADA KINERJA MESIN DAN BUANGAN EMISI GAS DARI MESIN PENGAPIAN EMPAT TAK: STUDI PERCOBAAN

THE EFFECT OF VALVE GAP DIMENSION ON THE ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST GAS EMISSION OF FOUR STROOKE SPARK IGNITION ENGINE : AN EXPERIMENTAL STUDY

Joko Sarsetiyanto¹⁾ dan Mahirul Mursid¹⁾
¹⁾Jurusan Teknik Mesin FTI – ITS
email: mursid@its.ac.id

Abstrak

Valve adalah bagian penting dalam pembakaran mesin internal. Mekanisme valve harus dipelihara agar dimensi gap tetap ideal. Dimensi gap dapat berubah oleh proses dan mengendurkan adjusment sekrup. Dimensi gap menandai jumlah campuran *air-fuel* yang memasuki ruang pembakaran dan kebocoran tekanan. Kebocoran disebabkan oleh penundaan waktu *clossing* katup buang. Penelitian ini menunjukkan dimensi gap valve mempunyai efek penting pada kinerja mesin dan emisi gas. Percobaan laboratorium dilaksanakan untuk mengukur kinerja mesin dan emisi gas. Parameter mesin yang diuji adalah 4K jenis empat *stroke* mesin pengapian, dengan sepasang *intake exhaust* gap dimensi bervariasi: 10mm-20mm, 15mm-25mm, 20mm-30mm, 25mm-35mm dan 30mm-40mm. Hasil yang dicapai yaitu jumlah maksimum mesin operasi adalah 3000 rpm dengan sepasang intake-exhaust gap dimensi 25mm-35mm, dengan kondisi itu menghasilkan BHP= 49,40 hp, BTorsi= 11,80 kg-m, BMEP= 11,49 kgf/cm², BSFC= 0,26 kg/ hp- jam dan BTE= 24,29% sedangkan emisi gas CO= 3,6% vol., CO₂= 13,1% vol, HC= 225 ppm, dan O₂= 1,1%.

Kata kunci : dimensi gap, *exhaust*, kinerja mesin, valve

Abstract

Valve is an important part in internal combustion engine. Care must be taken to the valve mechanism in order to keep its ideal gap dimension. The gap dimension can alter because of wearing process and loosen of adjustment screw. Gap dimension indicates the amount of air-fuel mixture entering the combustion chamber and leak of compression pressure. The leakage caused by delay time in closing the exhaust valve. This research work shows that valve gap dimension has significant effect on the engine performance and exhaust gas emission. Laboratory experiment has been performed to establish the engine performance and exhaust gas emission. The engine has been tested is 4K type of four stroke spark ignition engine, with couple intake-exhaust gap dimension varies : 10mm-20mm, 15mm-25mm, 20mm-30mm, 25mm-35mm and 30mm-40mm. The result shows that optimum engine operation is 3000 rpm with couple intake-exhaust gap dimension 25mm-35mm. In that condition engine produces BHP = 49,40 hp, BTorsi = 11,80 kg-m, BMEP = 11,49 kgf/cm², BSFC = 0,26 kg/ hp- hour and BTE = 24,29 % according to the exhaust gases emission CO = 3,6 % vol., CO₂ = 13,1 % vol., HC = 225 ppm, and O₂ = 1,1 %.

Keywords : exhaust, engine performance, gap dimension, valve

1. PENDAHULUAN

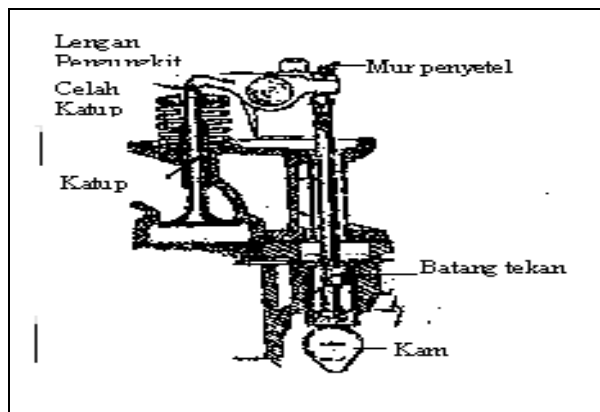
Pertumbuhan jumlah kendaraan berbahan bakar minyak di Indonesia akhir-akhir ini terus mengalami peningkatan. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, maka jumlah polutan yang dilepas ke udara juga semakin meningkat. Dari sisi kesehatan polusi udara sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, terutama gas karbon monoksida

(CO). Hal ini diperparah lagi dengan perawatan yang kurang baik terhadap mesin sehingga mesin boros bahan bakar (hidrokarbon dalam gas buang tinggi). Solusi yang paling mendesak adalah perawatan rutin mesin agar dapat memepertahankan kinerjanya dan meminimalkan emisi gas buang beracun (Course dan William, 1993).

Tahun 1996 di Surabaya produksi CO sebesar 54.000 ton/tahun dan 96% dihasilkan oleh kendaraan bermotor, produksi HC 3.100 ton/tahun. Sedangkan di Jakarta produksi CO sebesar 378.200,4 ton/tahun dan 98% dihasilkan oleh kendaraan bermotor (Suhariyanto, 2001)

Menurut standar pemerintah, untuk motor 4 tak, komposisi gas buangnya harus mengandung CO < 4,5% vol, HC < 2400 ppm dan CO₂ = 11% vol. Hasil pengukuran yang pernah dilakukan pada tahun 2003, ada beberapa motor baru dengan emisi gas CO melebihi standar pemerintah (>5,34 % vol dan HC > 2610 ppm). Salah satu faktor penyebab tingginya kandungan CO dan HC dalam gas buang adalah ukuran celah katup. Penyetelan celah katup yang tepat merupakan salah satu faktor untuk mendapatkan kinerja mesin optimum dengan emisi gas buang dalam jumlah yang wajar (Suhariyanto, 2001).

Kinerja motor bensin empat langkah sangat bergantung pada celah katup hisap dan katup buang. Saat pembukaan dan penutupan katup harus sinkron dengan proses yang terjadi di dalam silinder. Pembukaan dan penutupan katup diatur melalui mekanisme yang ditunjukkan pada Gambar 1 (Swisscontact, 2000).



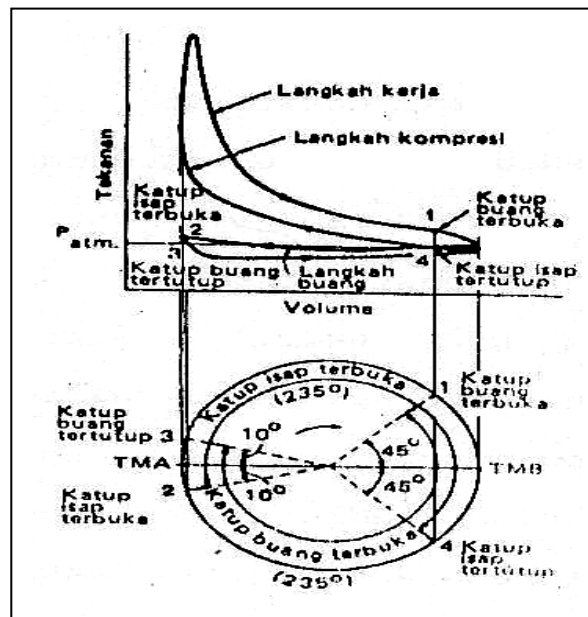
Gambar 1. Mekanisme Katup

Tenaga penggerak katup diambil dari daya poros engkol dengan perantara roda gigi/rantai/timing belt. Melalui perantara tersebut poros engkol menggerakkan poros kam. Kam memiliki tonjolan dengan kontur tertentu yang berfungsi untuk mendorong batang tekan lalu menggerakkan lengan pengungkit dan selanjutnya menggerakkan batang katup. Jadi jika batang katup tertekan maka katup

akan terbuka, sedang gerak menutup dilakukan oleh pegas (Obert, 1983).

Hubungan antara putaran poros engkol dengan putaran poros kam adalah 1 kali langkah kerja motor 4 langkah = 2 putaran poros engkol, 1 kali proses kerja motor 4 langkah = 1 kali pembukaan katup serta 1 kali pembukaan katup = 1 kali putaran poros kam. Jadi 1 kali putaran poros engkol = 1/2 putaran poros kam (Obert, 1983).

Saat membuka dan menutupnya katup berhubungan dengan posisi torak yang bergerak bolak-balik di dalam silinder. Secara teoritis, katup terbuka dan tertutup pada saat torak berada pada posisi titik mati atas TMA atau titik mati bawah TMB, tetapi kenyataannya tidak demikian. Hal ini disebabkan katup tersebut digerakkan oleh mekanisme yang mengubah gerak rotasi (pada lengan pengungkit) menjadi gerak translasi (pada batang katup). Disamping itu juga ada gaya inersia dari katup itu sendiri. Jadi katup tidak terbuka atau tertutup secara mendadak (instan). Gambar 2 menunjukkan diagram waktu kerja katup.

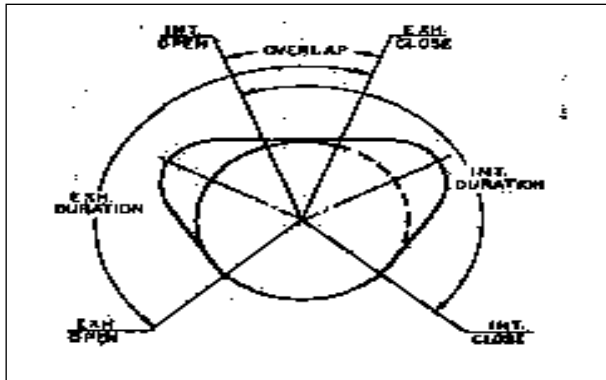


Gambar 2. Diagram Waktu Kerja Katup

Periode katup hisap terbuka 10° (poros engkol) sebelum TMA dan katup masuk tertutup 45° sesudah TMB. Sedangkan periode katup buang terbuka 45° sebelum TMB dan katup buang tertutup 10° sesudah TMA. Jadi besarnya periode katup hisap bekerja 235° sudut engkol dan besarnya katup buang

bekerja 235° sudut engkol, serta besarnya overlap katup 25° .

Yang dimaksud overlap adalah posisi katup hisap dan buang dalam keadaan terbuka pada akhir langkah buang dan awal langkah kompresi. Kedudukan kam pada akhir langkah buang pada posisi bidang penurunan kam. Sedangkan pada awal langkah hisap pada posisi bidang pendakian kam. Gambar 3 menunjukkan kedudukan kam dan kondisi katup.



Gambar 3. Kedudukan Kam dan Kondisi Katup

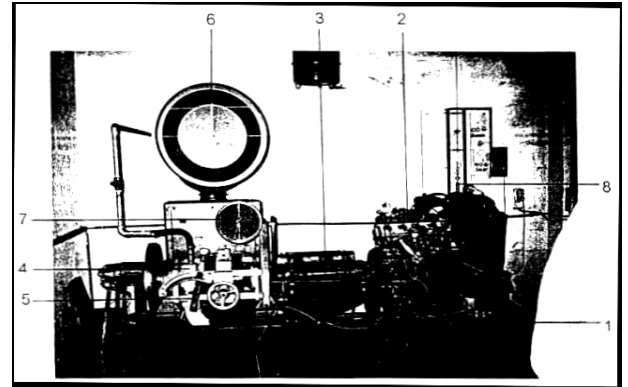
Keterlambatan menutupnya katup hisap ini dimaksudkan untuk memberikan kesempatan masuk campuran udara-bahan bakar sebanyak mungkin, sedangkan saat membukanya katup buang lebih dipercepat agar gas buang dapat segera keluar dari ruang bakar pada saat tekanannya masih cukup tinggi (Jenbacher Energie Systeme, 1996).

Kondisi tersebut masih ditambah lagi dengan adanya celah katup. Tujuan sebenarnya dari rancangan celah katup adalah agar katup dapat membuka dengan panjang langkah tertentu. Jadi ukuran celah katup akan sangat berpengaruh terhadap panjang langkah dan lamanya katup terbuka. Pada celah yang sempit langkah katup lebih lebar dan lamanya katup terbuka juga lebih lama. Sebaliknya jika celah katup terlalu lebar langkah katup lebih sempit dan lamanya katup terbuka lebih singkat.

2. METODOLOGI

Untuk mendapatkan celah katup yang optimum, dilakukan eksperimen pada sebuah mesin. Pengujian dilakukan secara *variable speed* untuk beberapa variasi pasangan ukuran celah katup hisap-katup buang (10mm-20mm, 15mm-25mm, 20mm-30mm, 25mm-35mm dan 30mm-40mm).

Gambar 4 menunjukkan instalasi pengujian mesin 4 langkah 1300 cc tipe 4-K dengan beban *water break dynamometer*. *Gas analyser* menggunakan Tecnotest Bosch GE.



Gambar 4. Instalasi Pengujian pada Mesin 4 K

Spesifikasi mesin yaitu tipe 4-K, model operasi 4 tak, Spark Ignition Engine; daya maximum 55 HP/5600 rpm; jumlah silinder 4 silinder, sebaris; diameter silinder (bore) 75 mm; langkah torak (*stroke*) 73 mm; ratio kompresi 9; volume silinder 1300 CC; celah busi 0,8 mm; sudut pengapian 10° sebelum TMA/idling; putaran idle 750 rpm.

Celah katup pada kondisi mesin panas, hisap 0,2 mm, buang : 0,3 mm. Kondisi mesin dingin hisap 0,13 mm, buang 0,23 mm dan sumber listrik batere 12 V

Konsumsi bahan bakar 3.1 liter/jam per 5000 rpm, kapasitas ruang pelampung 56 CC, kapasitas tangki bahan bakar 30 liter dan kapasitas air pendingin 5,6 liter

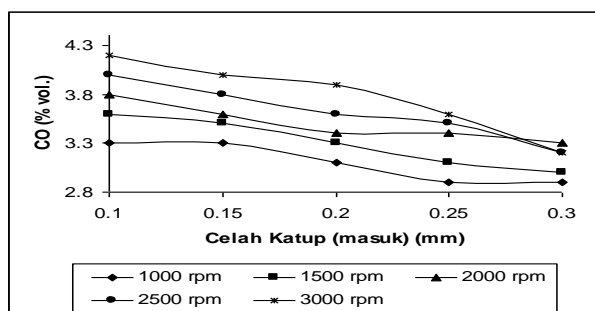
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi gas buang dipengaruhi oleh beberapa faktor pembakaran yaitu konstruksi ruang bakar, konstruksi dan celah katup, sistim pengapian, putaran mesin, beban mesin, rasio kompresi, AFR (*air-fuel ratio*), distribusi campuran udara-bahan bakar di ruang bakar, derajat pengabutan bahan bakar.

Pada celah katup sempit emisi CO tinggi karena langkah katup lebar dan katup hisap terbuka lebih lama sehingga massa campuran udara-bahan bakar yang masuk ke silinder pada langkah hisap cukup banyak. Hal ini menyebabkan harga AFR tinggi (campuran kaya), jika tidak didukung oleh faktor

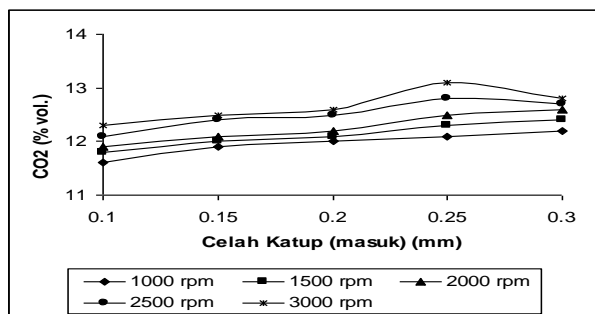
pembakaran yang lain maka proses pembakaran tidak sempurna, sehingga emisi gas CO tinggi. Hal tersebut terjadi sebaliknya pada celah katup yang lebar.

Pada putaran rendah emisi gas CO tinggi sedangkan pada putaran tinggi cenderung menurun. Hal ini disebabkan mesin bekerja pada putaran rendah dengan beban besar sehingga campuran diperkaya (AFR tinggi) untuk mengatasi beban tersebut sehingga emisi CO juga relatif tinggi seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Variasi Celah Katup dengan CO

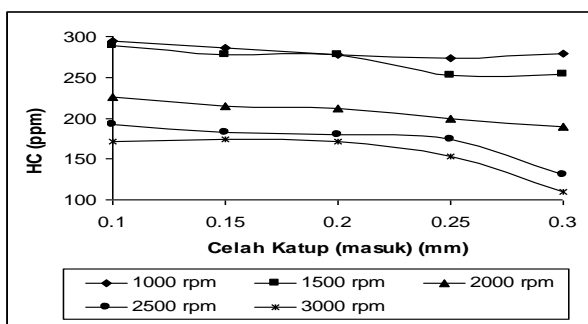
Pengaruh celah katup terhadap emisi gas CO₂ menunjukkan kecenderungan yang berlawanan dengan pengaruh celah katup terhadap emisi gas CO. Hal ini merupakan konsekuensi logis dari fenomena proses pembakaran. Jika proses pembakaran mendekati sempurna maka komposisi CO₂ pada produk besar. Sebaliknya jika proses pembakaran tidak sempurna prosentase CO₂ pada produk kecil. Celah katup sempit (AFR tinggi) dan beban mesin tinggi (putaran turun) adalah faktor yang kontra produktif terhadap kesempurnaan pembakaran seperti Gambar 6



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Variasi Celah Katup dengan CO₂

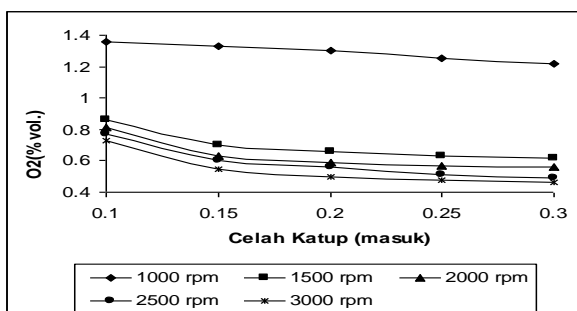
Kecenderungan grafik pengaruh celah katup terhadap emisi HC mirip dengan kecenderungan grafik

CO. Hal ini membuktikan bahwa pada celah katup sempit terjadi pemborosan bahan bakar akibat kebocoran kompresi (katup hisap terlambat menutup pada awal langkah kompresi). Hal demikian tidak terjadi pada celah katup yang sempit pada Gambar 7. HC adalah bagian bahan bakar yang tidak ikut terbakar pada proses pembakaran. Karena itu semakin tinggi konsentrasi HC dalam gas buang berarti banyak bahan bakar yang tidak terbakar yang berarti semakin boros dan daya yang dihasilkan mesin makin berkurang. Pada tabel 1 dan gambar 8 ditunjukkan untuk pasangan celah katup hisap 0,25 m-buang 0,35 mm konsentrasi HC relatif rendah.



Gambar 7. Grafik Hubungan antara Variasi Celah Katup dengan HC

Pengaruh celah katup terhadap emisi gas O₂ menunjukkan kecenderungan yang berlawanan dengan grafik CO₂. Ini juga merupakan konsekuensi logis dari fenomena pembakaran. Pembakaran dianggap sempurna jika produk pembakaran mengandung CO₂ tinggi dan O₂ rendah. Pembakaran tidak sempurna jika terjadi hal sebaliknya pada Gambar 8.

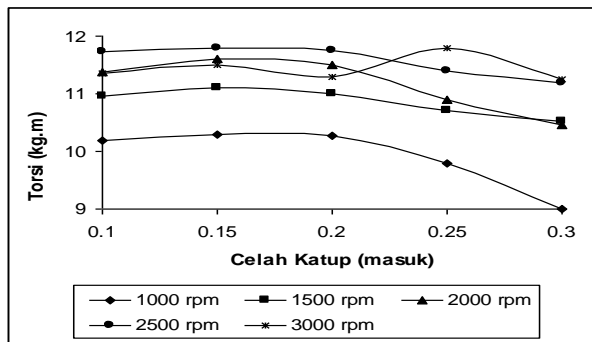


Gambar 8. Grafik Hubungan antara Variasi Celah Katup dengan O₂

Dari Gambar 5 sampai 8 terlihat bahwa pada pasangan celah katup hisap 0,25 mm mm-buang 0,35 mm menghasilkan kadar CO rendah (3,6% vol.). Hal ini disebabkan pada celah katup ini campuran udara-bahan bakar yang masuk dalam ruang bakar

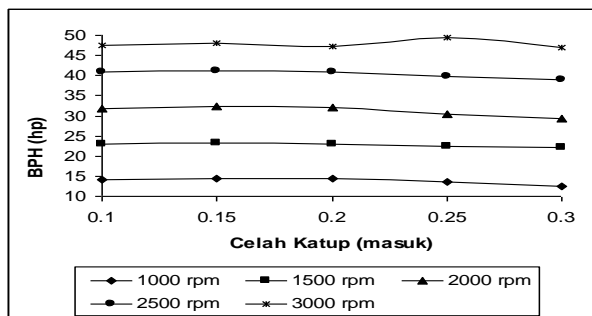
dapat terbakar mendekati sempurna, hal ini juga ditunjukkan kadar CO₂ yang terbesar (13,1% vol.). Salah satu indikator pembakaran sempurna adalah jika menghasilkan CO₂ besar dan CO kecil.

Torsi dan BHP terbesar didapat pada pasangan celah katup hisap 0,25 mm-buang 0,35 mm yakni 11,80 kgf.m dan 49,40 hp. Hal ini disebabkan waktu pembukaan katup hisap tepat (langkah katup ideal) sehingga campuran udara-bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar proporsional, dan pada awal langkah kompresi katup hisap cepat tertutup sehingga tidak terjadi kebocoran kompresi. Sedangkan pada pasangan celah katup hisap 0,15 mm-buang 0,25 mm pada kecepatan rendah (1000 rpm -2500 rpm) didapat harga torsi dan BHP yang relatif lebih besar, karena langkah katup lebih panjang sehingga campuran udara-bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar lebih banyak, tetapi dengan bertambahnya kecepatan torsi dan BHP yang dihasilkan turun. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.



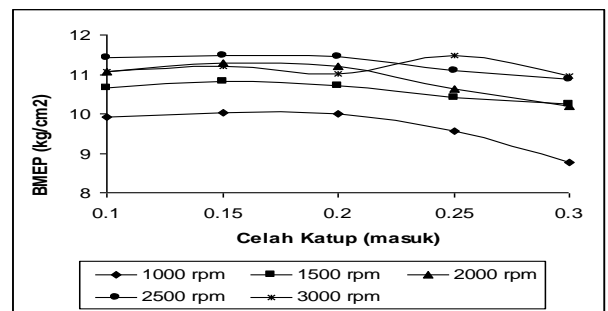
Gambar 9. Grafik Hubungan antara Variasi Celah Katup dengan Torsi

Hal ini disebabkan waktu pembukaan katup hisap lebih lama dan pada awal langkah kompresi katup masuk terlambat tertutup, sehingga terjadi kebocoran kompresi.



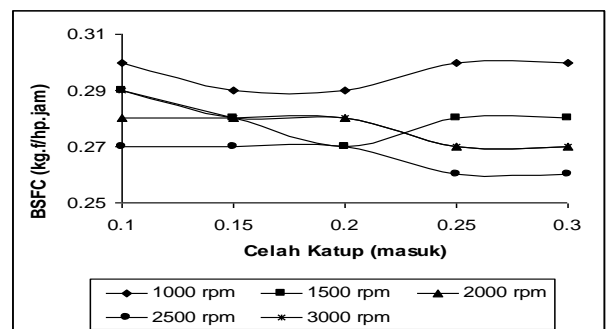
Gambar 10. Grafik Hubungan antara Variasi Celah Katup dengan BHP

Pasangan celah katup hisap 0,25 mm-buang 0,35 mm menghasilkan BMEP terbesar yakni 11,49 kg.f/cm². Hal ini disebabkan pada penyetelan celah katup yang cukup renggang, waktu pembukaan katup masuk lebih singkat dan campuran udara-bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar lebih sedikit. Pada pasangan celah katup hisap 0,15 mm-buang 0,25 mm pada kecepatan rendah (1000 rpm – 2500 rpm) didapat harga BMEP yang relatif lebih tinggi tetapi dengan bertambahnya kecepatan harga BMEP semakin turun seperti pada Gambar 11. Hal ini disebabkan semakin lama waktu pembukaan katup hisap maka campuran udara-bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar semakin banyak. Tetapi pada saat langkah kompresi terjadi kebocoran kompresi sehingga daya yang dihasilkan turun.



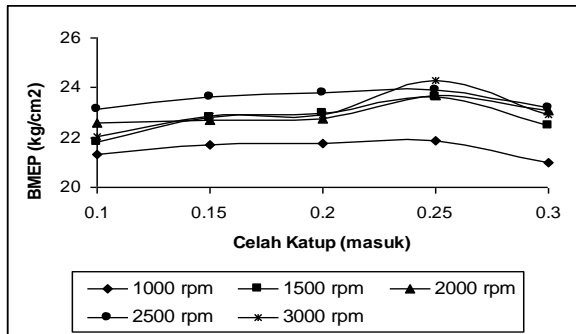
Gambar 11. Grafik Hubungan antara Variasi Celah Katup dengan BMEP

Pada Gambar 12 terlihat konsumsi bahan bakar pada mesin dengan pasangan celah katup hisap 0,25 mm-buang 0,35 mm relatif lebih irit dari pasangan celah katup lain. Didapat harga BSFC terkecil yakni 0,26 kgf.jam/hp. BSFC yang kecil, mengindikasikan kinerja yang optimal. BSFC berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar dan berbanding terbalik dengan daya efektif (BHP). Semakin rapat ukuran celah katup konsumsi bahan bakar semakin boros, sehingga BSFC semakin besar.



Gambar 12. Grafik Hubungan antara Variasi Celah Katup dengan BSFC

Pada gambar 14 untuk pasangan celah katup hisap 0,25 mm-buang 0,35 mm didapat BTE paling tinggi 24,29 %. Ini merupakan konsekuensi logis karena BHP juga relatif tinggi. Effisiensi thermis berbanding lurus dengan daya efektif (BHP) dan berbanding terbalik dengan konsumsi bahan bakar.



Gambar 13. Grafik Hubungan antara Variasi Celah Katup dengan BTE

4. KESIMPULAN

Ukuran celah katup sangat berpengaruh terhadap kinerja dan emisi gas buang. Pada ukuran celah katup yang tepat emisi CO dan HC kecil sedangkan CO₂ besar serta menghasilkan kinerja yang optimum. BTE terbesar dicapai jika emisi gas CO dan HC kecil atau CO₂ besar. Hal ini terjadi pada pasangan celah katup hisap 0,25 mm-buang 0,35 mm (3000 rpm). Pada kondisi ini menghasilkan pembakaran yang paling optimal untuk mesin 4K tersebut. Pasangan celah katup yang paling tepat

untuk mesin 4 K adalah hisap 0,25 mm-buang 0,35 mm (3000 rpm), karena pada kondisi ini menghasilkan BHP = 49,40 hp, Torsi = 11,80 kg-m, BMEP = 11,49 kg/cm², BSFC = 0,26 kg/hp-jam dan BTE = 24,29 %. Sedangkan komposisi gas buangnya adalah CO = 3,6 % vol., CO₂ = 13,1 % vol, HC = 225 ppm, dan O₂ = 1,1 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Crouse dan William H (1993). **Automotive Mechanics**. 10 th edition. Mc Graw Hill International. New York
- Jenbacher Energie Systeme. (1996). **Internal Combustion Engine, Lecturing Script for Technical Universities in Indonesia**, jes Austria,.
- Obert, E.F. (1983). **Internal Combustion Engine and Air Pollution**. Internal Textbook Co. Pennsylvania.
- Suhariyanto. (2001). **Pengaruh Saat Penyalaan Terhadap Kinerja dan Emisi Gas Buang Pada Motor Bensin Kijang 4K**. Surabaya,.
- Swisscontact. (2000). **Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi**. Seri Teknik Otomotif. Jakarta