

PENGARUH VARIASI PENYETELAN CELAH KATUP MASUK TERHADAP EFISIENSI VOLUMETRIK RATA - RATA PADA MOTOR DIESEL ISUZU PANTHER C 223 T

Sarif Sampurno

Alumni Jurusan Teknik Mesin, FT, Universitas Negeri Semarang

Dwi Widjanarko

e-mail: @yahoo.com, Jurusan Teknik Mesin, FT, Universitas Negeri Semarang

Winarno DR.

e-mail: @yahoo.com, Jurusan Teknik Mesin, FT, Universitas Negeri Semarang

Abstrak

Mesin diesel mesin empat langkah pada kondisi idealnya dapat mengisap udara pada langkah hisap sebanyak volume langkah pistonnya. Namun pada kenyataannya udara yang masuk ke ruang bakar tidak sebanyak itu. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah eksperimen untuk mengetahui besarnya efisiensi volumetrik rata-rata menggunakan alat Air Box Meter pada ukuran celah katup masuk 0,2 mm; 0,3 mm; 0,4 mm; 0,5 mm; dan 0,6 mm dan pengujian mesin pada 1000, 1200, 1400, dan 1600 rpm. Hasil penelitian menunjukkan variasi penyetelan celah katup masuk mempengaruhi efisiensi volumetric motor diesel.

Kata kunci: celah katup, efisiensi volumetrik, diesel

PENDAHULUAN

Banyaknya udara yang dapat masuk ke ruang bakar sangat mempengaruhi performa mesin diesel. Jumlah volume udara yang masuk ke dalam silinder pada saat langkah hisap secara teoritis sama dengan volume langkah torak dari titik mati atas sampai titik mati bawah. Kenyataannya, terdapat beberapa penyimpangan yang menyebabkan volume udara yang masuk ke dalam silinder lebih kecil dari volume langkah torak. Penyimpangan itu antara lain disebabkan oleh beberapa faktor seperti tekanan udara, temperatur udara, sisa – sisa gas bekas, panjang saluran dan bentuk saluran. Besarnya volume udara yang sebenarnya masuk ke dalam silinder dapat dinyatakan dalam suatu angka perbandingan antara volume udara yang masuk dengan volume langkah torak dari titik mati atas sampai titik mati bawah. Angka ini selanjutnya disebut dengan “Efisiensi Volumetrik”. Bila harga dari efisiensi volumetrik semakin besar maka semakin banyak udara yang masuk kedalam silinder.

Kepala silinder motor diesel dilengkapi dengan mekanisme katup. Katup yang dipasang pada kepala silinder terdiri dari katup masuk dan katup buang. Katup masuk adalah katup yang digunakan untuk membuka dan menutup saluran masuk sehingga udara dapat masuk ke dalam silinder, jadi dengan kata lain yang menentukan banyaknya udara yang masuk ke ruang bakar adalah besarnya celah katup masuk. Jika celah katup masuk disetel rapat maka katup akan membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama yang artinya seluruh langkah isap mendapat laluan katup penuh sehingga pengisapan membutuhkan kerja lebih sedikit dan ruang bakar dapat diisi dengan udara yang lebih banyak (efisiensi volumetriknya tinggi), sedangkan katup buang adalah katup yang digunakan untuk membuka dan menutup saluran pembuangan sehingga gas buang dapat keluar dari dalam ruang bakar.

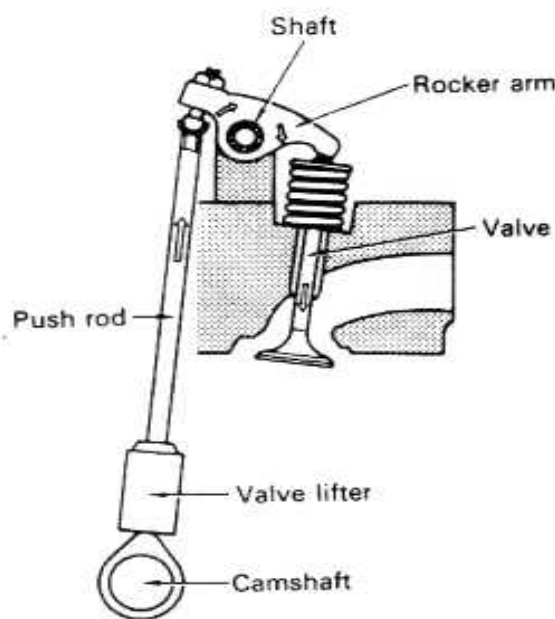
Motor diesel biasanya disebut dengan motor penyalaan kompresi (*Compression Ignition Engine*), karena cara penyalaan bahan bakarnya menggunakan udara kompresi. Adapun cara kerja motor empat langkah yaitu terdiri dari empat langkah piston dan dua putaran poros engkol menghasilkan satu kali langkah kerja. Bahan bakar disemprotkan ke

dalam silinder berbentuk butir-butir cairan halus atau kabut, oleh karena di dalam silinder pada saat itu tekanan dan temperaturnya sudah tinggi, maka butiran cairan halus tersebut akan menguap dan selanjutnya akan bercampur dengan udara tersebut, sehingga akan terjadi pembakaran. Campuran bahan bakar dan udara tersebut dibakar di dalam ruang bakar, yaitu ruangan yang dibatasi oleh dinding silinder, kepala piston dan kepala silinder (Arismunandar, 1997 : 3). Gas pembakaran yang dihasilkan akan mendorong piston ke bawah dan selanjutnya dengan perantaraan *connecting rod*, gerakan tersebut diubah dan diteruskan ke poros engkol menjadi gerak putar.

Mekanisme penggerak katup digunakan untuk mengendalikan pemasukan udara pengisian dan pengeluaran gas buang dari dalam mesin empat langkah (Maleev, 1986 : 89). Ada dua macam mekanisme penggerak katup yang dipakai pada motor saat ini yaitu sistem katup pada kepala atau *Over Head Valve (OHV)* dan sistem poros nok pada kepala silinder atau *Over Head Cam (OHC)*, untuk yang kedua ini masih dibagi menjadi dua jenis yaitu jenis satu poros nok atau *Single Over Head Cam (SOHC)* dan jenis dua poros nok yang disebut *Double Over Head Cam (DOHC)*.

Celah bebas katup adalah celah antara tuas penekan dan batang katup. Penyetelan celah katup berfungsi untuk mendapatkan ketepatan waktu saat membuka dan menutupnya katup sehingga diperoleh tenaga yang optimal. Apabila celah katup terlalu besar maka menimbulkan bunyi yang berisik dan tekanan kompresi menjadi menurun, karena jumlah udara yang masuk ke dalam ruang bakar sedikit. Sebaliknya jika celah katup terlalu rapat akibatnya terjadi kebocoran, karena pembukaan katupnya terlalu lama, tetapi dengan durasi bukaan katup yang lama dan luasan bidang kontak yang terbuka lebih besar udara yang masuk ke ruang bakar juga lebih banyak. Besarnya celah katup disarankan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh industri pembuatnya. Biasanya penyetel katup terdapat pada ujung pelatuk yang berhubungan dengan ujung batang katup, dimana pada ujung pelatuk dilengkapi dengan baut penyetel.

Penyetelan celah katup masuk yang lebih rapat dari standar (0,4 mm) akan menghasilkan durasi bukaan katup masuk yang lebih lama dari kondisi standar dan



Gambar 1. Susunan Bagian-Bagian Mekanisme Penggerak Katup Model *OHV*

penyetelan celah katup masuk yang lebih renggang dari standar akan menghasilkan durasi bukaan katup masuk yang lebih singkat dari kondisi standar. Keadaan sebenarnya apabila langkah piston adalah 180° engkol maka akan terjadi kekurangsempurnaan dalam tiap langkah piston misalnya untuk langkah hisap, apabila katup masuk dibuka pada saat piston berada di titik mati atas dan ditutup pada saat piston berada pada titik mati bawah, pemasukan gas selanjutnya akan sedikit sekali karena mendapat hambatan yang besar pada saluran-saluran isap termasuk tinggi permukaan katup. Begitu juga untuk langkah buang, apabila katup buang di titik mati atas, maka akan terjadi kurang sempurna dalam pembuangan gas bekas yang mana tidak seluruhnya gas buang dapat dibuang keluar.

Kedua jenis ketidaksempurnaan ini dapat diperbaiki dengan jalan mengatur saat dan lamanya pembukaan katup. Untuk katup buang karena tekanan gas bekas lebih tinggi dari tekanan udara luar maka katup buang mulai dibuka pada saat piston berada hampir mencapai titik mati bawah. Keadaan ini gas buang akan segera keluar dengan mudah, selanjutnya katup buang ini ditutup pada saat berada setelah titik mati atas. Ini dimaksudkan agar gas bekas benar-benar dapat keluar semuanya. Untuk langkah isap, karena pada saat langkah buang dimana katup buang masih terbuka walaupun piston telah melewati titik mati atas, terjadi kecepatan gas buang yang menyebabkan kevakuman pada ruang bakar. Hal ini akan baik dan tepat sekali untuk memulai langkah isap. Karenanya sebelum piston mencapai titik mati atas dimana kecepatan gas keluar sangat tinggi yang menyebabkan kevakuman tersebut, katup masuk sudah mulai dibuka agar terjadi pembersihan gas pada ruang bakar dan pemasukan gas bersih dapat segera dimulai. Selanjutnya dengan Bergeraknya piston menuju titik mati bawah, akan terjadi lagi kecepatan gas masuk yang cenderung untuk mengalir masuk ke dalam silinder. Ini dimaksudkan agar pemasukan gas bersih dapat dilakukan sebanyak mungkin agar efisiensi pengisian dapat sebesar mungkin.

Penyetelan celah katup masuk berpengaruh terhadap penekanan *rocker arm* pada *cam*. Jika penyetelan celah lebih rapat maka bidang kontak *rocker arm* dengan *cam* akan lebih banyak dan durasi bukaan katup lebih lama. Sebaliknya jika penyetelan celah katup lebih renggang, maka bidang kontak antara *rocker arm* dengan *cam* lebih sedikit dan berakibat pada bukaan katup yang singkat serta luasan bukaan katup yang lebih sempit.

Mesin agar dapat bekerja membutuhkan bahan bakar dan udara. Untuk mendapatkan performa mesin yang baik diperlukan pemenuhan kebutuhan yang tepat dari keduanya (bahan bakar dan udara). Pada mesin pembakaran dalam, pemenuhan pemakaian udara yang tepat itu sangat sulit karena aliran yang tidak konstan, disebabkan oleh siklus bawaan dari mesin dan juga karena udara merupakan fluida yang dapat dimampatkan. Dengan demikian jika suatu mesin empat langkah dapat menghisap udara pada kondisi hisapnya sebanyak volume langkah pistonnya untuk setiap langkah isap, dan itu merupakan kondisi idealnya (Arismunandar, 1997 : 32). Namun, hal tersebut tidak terjadi dalam keadaan sebenarnya. Perbandingan antara jumlah udara yang terisap yang sebenarnya terhadap jumlah udara yang terisap dalam keadaan ideal, disebut "efisiensi volumetrik" yang didefinisikan dalam persamaan berikut ini :

$$\eta_v = \frac{\text{Volume udara terisap pada } (p, T)}{\text{Volume udara sebanyak volume langkah piston pada } (p, T)} \dots\dots\dots (1)$$

Besarnya efisiensi volumetrik tergantung pada kondisi isap (p,T) yang ditetapkan. Misalnya, jika dipakai saringan udara pada saluran masuk, η_v yang diperoleh dengan menetapkan (p,T) sesudah saringan adalah lebih besar dari pada η_v dengan menetapkan (p,T) sebelum saringan. Hal itu disebabkan karena hambatan saringan akan menyebabkan (p,T) sesudah saringan menjadi lebih rendah dari pada (p,T) sebelum saringan. Jadi makin besar

penyebut dalam persamaan tersebut diatas maka makin rendah η_v yang diperoleh. Akan tetapi, dalam pengujian prestasi mesin biasanya tidak dipergunakan saringan udara sehingga kesalahan tersebut dapat dihindari. Oleh karena itu maka kondisi (p,T) ditetapkan sebagai kondisi udara atmosfer.

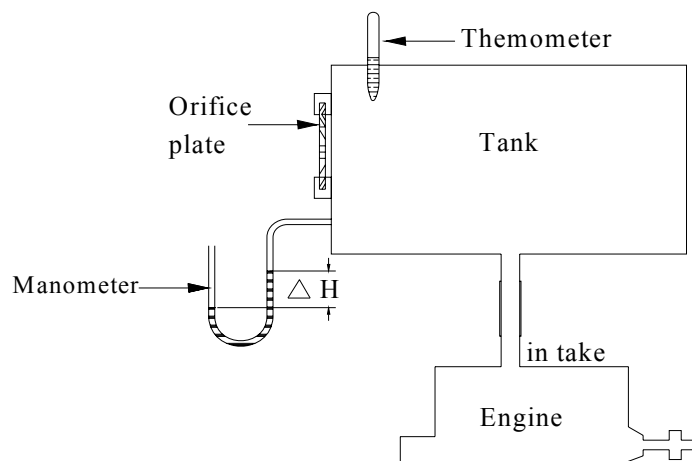
Katup adalah suatu alat dinamis yang terbuat dari logam yang tahan suhu tinggi yang terpasang pada kepala silinder. Katup yang dipasang pada kepala silinder terdiri dari katup masuk dan katup buang. Katup masuk adalah katup yang digunakan untuk membuka dan menutup saluran masuk sehingga udara dapat masuk ke dalam silinder, sedang katup buang adalah katup yang digunakan untuk membuka dan menutup saluran pembuangan sehingga gas bekas pembakaran dapat terbang keluar dari dalam ruang bakar.

Celah bebas katup adalah celah antara tuas penekan dan batang katup. Apabila celah katup terlalu besar maka menimbulkan bunyi yang berisik dan tekanan kompresi menjadi menurun, karena jumlah udara yang masuk ke dalam ruang bakar sedikit. Hal ini disebabkan oleh durasi bukaan katup yang singkat dan luas bukaan katup yang juga lebih sempit. Sebaliknya jika celah katup terlalu kecil akibatnya kebocoran pada langkah kompresi, karena pembukaan katupnya terlalu lama dan luas bukaan katupnya juga lebih luas sehingga gas di dalam ruang bakar menjadi bocor saat dikompresikan. Besarnya celah katup haruslah sesuai dengan ketentuan yang ditunjukkan dari pabriknya.

Celah katup yang terlalu rapat, akan mengakibatkan terbukanya katup menjadi lama, pengisian udara ke dalam ruang bakar dan silinder menjadi lebih banyak (jika katup masuk yang terlalu rapat), pembuangan gas bekas menjadi sangat bersih (jika katup buang yang terlalu rapat), Mesin tidak mau stasioner. Celah katup yang terlalu renggang, akan mengakibatkan terbukanya katup menjadi singkat, pengisian udara ke dalam ruang bakar dan silinder terlalu kurang (jika katup masuk yang terlalu renggang), mesin sulit dihidupkan, pembuangan gas bekas tidak bersih (jika katup buang yang terlalu renggang), hidupnya mesin tidak sempurna dan timbul suara ngelitik dari arah katup pada saat mesin hidup, mesin tidak bertenaga dan cepat panas, dan mesin tidak mau stasioner (Teiseran, 1999 : 56). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya pengaruh variasi penyetelan celah katup masuk terhadap efisiensi volumetrik rata-rata pada mesin diesel.

METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Eksperimen dibagi menjadi dua tahap yaitu : tahap persiapan yang antara lain terdiri tune up



Gambar 2. Air box meter

mesin dan menghidupkannya hingga mencapai kondisi kerjanya sedang tahap kedua adalah tahap pelaksanaan eksperimen terdiri dari pekerjaan menghubungkan mesin dengan *air box meter* serta pengambilan data dan mencatat hasil penelitian dalam lembar observasi. Mesin diesel yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin diesel Isuzu Panther C 223 T. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Air box meter* (gambar 2), alat yang berfungsi untuk mengukur jumlah volume udara yang masuk ke dalam silinder pada tekanan dan temperatur udara sekitar, *tachometer* diesel, alat yang berfungsi untuk menghitung jumlah putaran mesin, dan *thermometer*, alat yang berfungsi untuk mengukur temperatur ruang selama percobaan. Ukuran celah katup masuk yang digunakan dalam penelitian adalah 0,2 mm; 0,3 mm; 0,4 mm; 0,5 mm; dan 0,6 mm dan pengujian mesin pada putaran 1000, 1200, 1400, dan 1600 rpm.

Efisiensi volumetrik pada mesin dapat ketahu melalui pengukuran dengan menggunakan alat *Air box meter* seperti ditunjukkan pada gambar di atas yang dinyatakan dengan rumus:

$$\eta_v = \frac{\text{Laju aliran volume udara aktual}}{\text{Laju aliran volume udara teoritis}} \dots\dots\dots (2)$$

Untuk menganalisis data mentah yang telah diperoleh dari hasil pengukuran dengan *air box meter*, maka data-data tersebut di atas dimasukkan ke dalam persamaan-persamaan sebagai berikut :

1. Menentukan densitas udara (ρ_{udara}) dapat dihitung dari persamaan $p = \rho_{udara} \times R \times T$ maka:

$$\rho_{udara} = p/RT \quad (\text{Mathur dan Sharma, 1980 : hal 531})$$

2. Menentukan kecepatan udara masuk berdasarkan beda tekanan manometer pada saluran masuk udara dapat dihitung dengan rumus :

$$C = \sqrt{2g H_{udara}} \quad (\text{Mathur dan Sharma, 1980 : hal 530 - 531})$$

dimana H adalah perbedaan *head* udara yang disebabkan oleh aliran. Perbedaan *head* ini diukur dengan satuan kolom air sehingga harus dikonversi ke kolom udara maka,

$$p = H_{air} \times 1 \times \rho_{air} = H_{udara} \times 1 \times \rho_{udara}$$

$$H_{udara} = H_{air} \times \rho_{air} / \rho_{udara}$$

sehingga persamaan di atas dapat ditulis :

$$C = \sqrt{\frac{2g(H_{air} \times \rho_{air})}{\rho_{udara}}}$$

3. Menentukan *coefficient of discharge* (Cd), angka *Reynolds* untuk aliran udara masuk,

$$(Re) = \frac{\rho_{udara} \cdot C_{udara} \cdot d}{\mu}$$

koefisien aliran K pada orifice dapat dihitung dengan rumus : $K = Cd \cdot M$

$Cd = Coefficient\ of\ discharge$, $M =$ Faktor kecepatan masuk

$$M = \frac{1}{\sqrt{1 - (A_2 / A_1)}}$$

$$A_2 = \pi/4 \times (\text{diameter orifice})^2$$

$A_1 = \sim$ (Tidak ada penampang karena berhubungan langsung dengan udara luar)

sehingga harga $(A_2/A_1)^2 \approx 0$, sehingga harga dari M dari persamaan di atas sama dengan 1, sehingga $K = Cd$.

4. Menentukan laju aliran volume udara dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q = Cd \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2g(H_{air} \times \rho_{air})}{\rho_{udara}}}$$

5. Menentukan laju *swept* volume dari piston dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{swept} = \frac{\left\{ \frac{\pi}{4} D^2 \times L \times N \times n \right\} / 2}{60}$$

6. Menghitung efisiensi volumetrik rata-rata

$$\text{Efisiensi Volumetrik } (\eta_v) = \frac{Q_{swept}}{Q_{theoretic}}$$

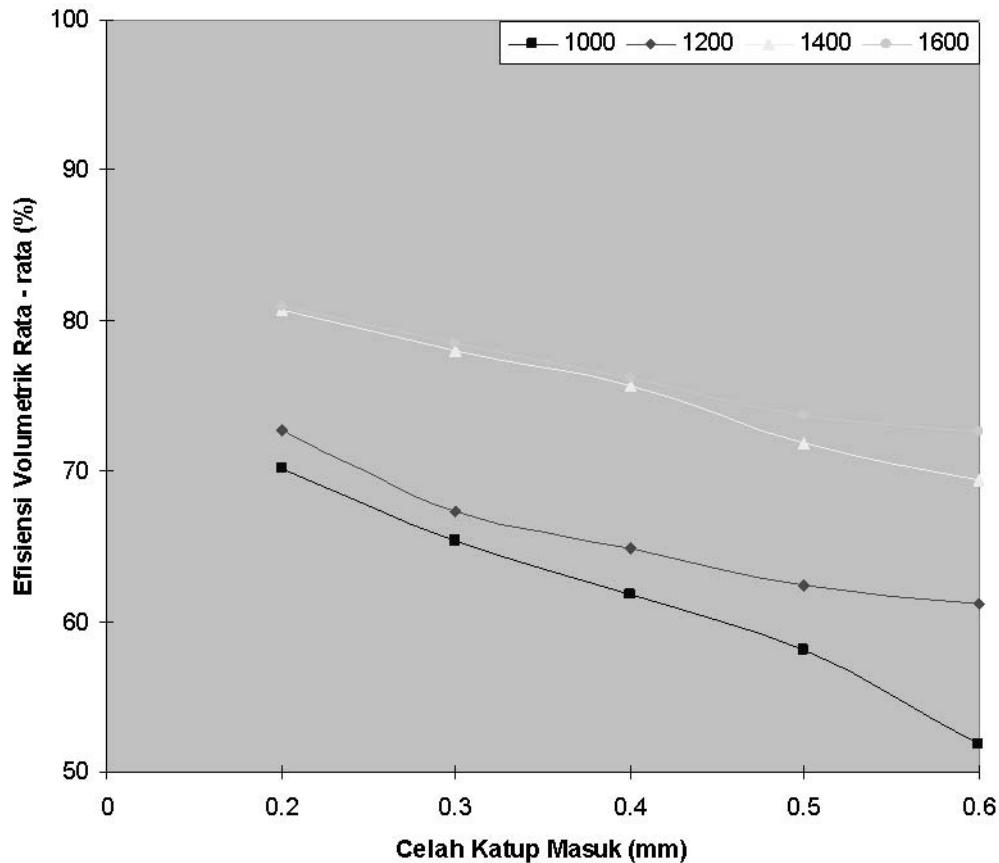
Dari data mentah yang dimasukkan ke dalam persamaan-persamaan tersebut di atas maka diperoleh data hasil pengukuran efisiensi volumetrik rata-rata yang kemudian digambarkan dengan grafik dalam *histogram* atau *polygon frekuensi* serta tabel dengan menggunakan bantuan *Software Microsoft Excel*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengukuran efisiensi volumetrik rata-rata menunjukkan bahwa dengan celah katup masuk yang semakin rapat efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin yang semakin tinggi pada setiap variasi penyetelan celah katup masuk, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan oleh celah katup masuk 0,2 mm dengan putaran mesin 1600 rpm sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah

Tabel Data Hasil Penelitian

Putaran Mesin (rpm)	Efisiensi Volumetrik Rata-rata (%)				
	Celah 0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
1000	69,78	64,90	61,38	57,60	51,49
1200	72,29	66,82	64,48	61,99	60,69
1400	80,23	77,43	75,21	71,29	68,81
1600	80,59	77,80	75,58	73,22	71,97



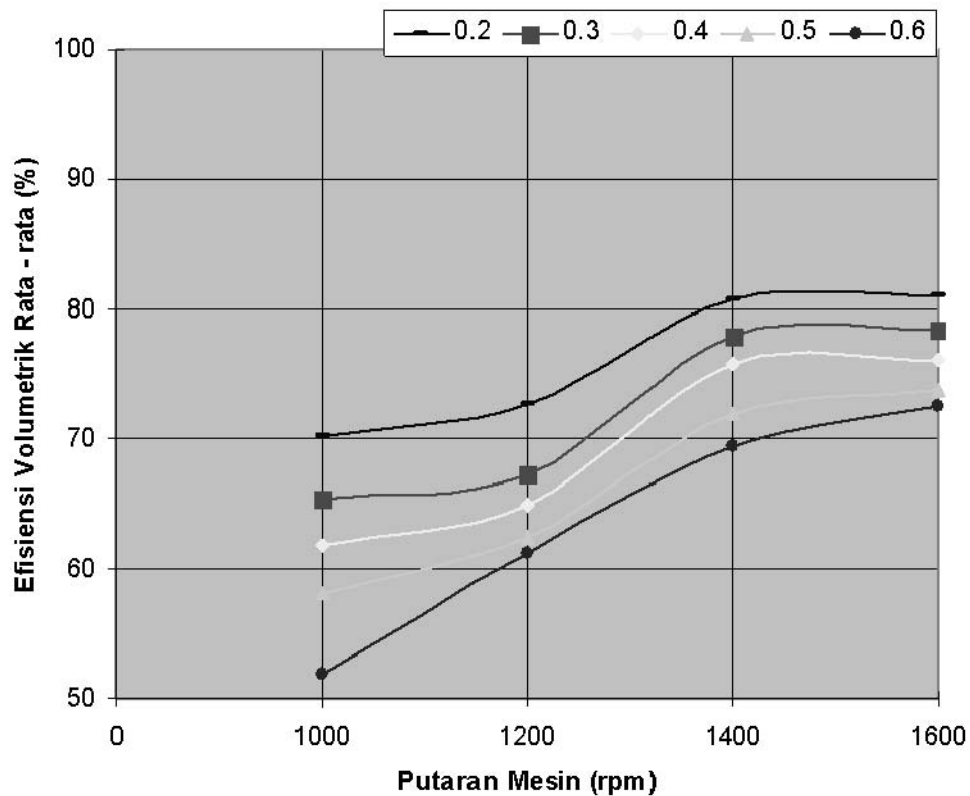
Gambar 3. Grafik hubungan efisiensi volumetrik rata – rata dengan celah katup masuk

yang dihasilkan oleh celah katup masuk 0,6 pada putaran mesin 1000 rpm.

Penyetelan celah katup masuk yang rapat akan menyebabkan katup membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama, berarti bukaan katupnya lebih lama sehingga udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak, Semakin banyak udara yang masuk ke ruang bakar berarti efisiensi volumetrik rata rata yang dihasilkan semakin besar. Sedangkan dengan penyetelan celah katup yang renggang akan menyebabkan katup membuka lebih lambat dan menutupnya lebih awal berarti bukaan katupnya lebih singkat sehingga udara yang masuk ke ruang bakar lebih sedikit. Semakin sedikit udara yang masuk ke ruang bakar berarti efisiensi volumetrik rata – ratanya semakin kecil.

Putaran mesin yang semakin tinggi pada setiap variasi celah katup masuk efisiensi volumetrik rata – rata yang dihasilkan juga semakin meningkat. Hal ini karena dengan putaran mesin yang tinggi udara yang masuk ke ruang bakar bergerak lebih cepat akibat hisapan piston yang juga bergerak dengan cepat, sehingga udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak. Begitu juga sebaliknya. Secara grafis hasil penelitian tersebut digambarkan sebagai berikut.

Grafik di atas menunjukkan bahwa dengan celah katup masuk yang semakin rapat efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin yang semakin tinggi pada setiap variasi penyetelan celah katup masuk, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat juga. Efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan oleh celah katup masuk 0,2 mm dengan putaran mesin 1600 rpm, sedangkan efisiensi volumetrik rata – rata terendah dihasilkan pada setelan celah katup masuk 0,6 mm dengan putaran mesin 1000 rpm.



Gambar 4. Grafik hubungan efisiensi volumetrik rata – rata dengan putaran mesin

Grafik di atas menunjukkan bahwa dengan putaran mesin yang semakin tinggi pada setiap celah katup masuk, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan oleh celah katup masuk 0,2 mm dengan putaran mesin 1600 rpm. Penyetelan celah katup masuk yang rapat akan menyebabkan katup membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama, berarti bukaan katupnya lebih lama sehingga udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak, Semakin banyak udara yang masuk ke ruang bakar berarti efisiensi volumetrik rata rata yang dihasilkan semakin besar, hal ini sesuai dengan mekanisme timing valve diagram yang disajikan pada gambar 5 dan 6. Sedangkan dengan penyetelan celah katup yang renggang akan menyebabkan katup membuka lebih lambat dan menutupnya lebih awal berarti bukaan katupnya lebih singkat sehingga udara yang masuk ke ruang bakar lebih sedikit. Semakin sedikit udara yang masuk ke ruang bakar berarti efisiensi volumetrik rata – ratanya semakin kecil.

Putaran mesin yang semakin tinggi, efisiensi volumetrik rata-rata pada setiap celah katup masuk yang dihasilkan cenderung meningkat pada putaran yang dilakukan pengujian. Hal ini karena pada putaran mesin yang tinggi, udara yang masuk ke ruang bakar bergerak lebih cepat akibat hisapan piston yang juga bergerak dengan cepat, sehingga udara yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak. Hal ini sesuai dengan rumusan yang menjadi dasar perhitungan dalam penelitian ini yaitu $C = \sqrt{2gh}$. Hal tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut : pada putaran tinggi, tekanan udara di dalam ruang bakar semakin rendah hal ini terjadi karena kebutuhan udara untuk pembakaran semakin banyak. Ditambah lagi gerakan translasi piston semakin cepat yang juga mengakibatkan hisapan yang juga semakin cepat. Dengan adanya hisapan yang semakin cepat dan perbedaan tekanan yang semakin tinggi maka semakin banyak pula udara yang dapat dimasukkan. Hal ini sesuai dengan rumus di atas

bahwa perbedaan tekanan berbanding lurus dengan kecepatan alir fluida yang diakibatkan oleh hisapan akibat gerakan piston. Disamping itu pada putaran tinggi kerugian akibat penghisapan semakin kecil. Celah katup masuk yang disetel rapat maka hal ini sangat membantu untuk memenuhi kebutuhan udara yang maksimal tersebut, sehingga efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan akan meningkat. Kelemahan dalam penelitian ini adalah Suhu lingkungan yang tidak dikondisikan, penelitian yang dilakukan terbatas pada rpm 1600, sehingga tidak terdeteksi pengaruh penyetelan celah katup terhadap efisiensi volumetrik pada putaran yang lebih tinggi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh efisiensi volumetrik rata-rata dari variasi penyetelan celah katup masuk. Penyetelan celah katup masuk yang semakin rapat pada setiap putaran mesin, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Demikian juga halnya dengan putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 rpm pada setiap celah katup masuk, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga cenderung meningkat.

Saran

1. Sebaiknya penyetelan celah katup masuk harus sesuai dengan spesifikasi mesin, harapannya agar pada kondisi putaran mesin tertentu efisiensi volumetrik rata-rata tetap tercapai dengan maksimum.
2. Untuk menghindari setelan celah katup yang tidak sesuai dengan spesifikasi mesin, lakukanlah tune-up mesin secara rutin agar performa mesin tetap dalam kondisi yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Arismunandar, W. 1983. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta : Pradya Paramita.
- Arismunandar, W. 1977. *Motor Bakar Torak*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Holman, J.P. 1985. *Metode Pengukuran Teknik* Edisi ke – 4. Jakarta : Erlangga
- Maleev, V. L. 1991. *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*. Jakarta : Erlangga.
- Maleev, V. L. 1993. *Internal Combustion Engine Second Edition*. New York McGraw – Hill Book Company, Inc.
- Sharma, R.P & Mathur, M.L. 1980. *Internal Combustion Engine*. New Delhi. Hanpar Rai & Sons.