



**UJI VARIASI PENYETELAN CELAH KATUP BUANG TERHADAP  
EFISIENSI VOLUMETRIK RATA - RATA PADA MOTOR DIESEL  
ISUZU PANTHER C 223 T**

**SKRIPSI**

Diajukan dalam rangka penyelesaian Studi Strata 1

Untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh :

Nama : Muslikin  
NIM : 5201401033  
Jurusan : Teknik Mesin  
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2006**

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi . Tahun 2006. Uji Variasi Penyetelan Celah Katup Buang Terhadap Efisiensi Volumetrik Rata – Rata Pada Motor Diesel Isuzu Panther C 223 T.

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan tim penguji pada tanggal :

### Panitia Ujian Skripsi

Ketua

Sekretaris

Drs Pramono  
NIP.131474226

Drs. Suprpto, M.Pd.  
NIP. 131125645

### Tim Penguji

Penguji I

Dwi Widjanarko, S.Pd, ST, MT.  
NIP. 132093247

Pembimbing I

Penguji II

Dwi Widjanarko, S.Pd, ST, MT.  
NIP. 132093247

Drs.Suprpto, M.Pd.  
NIP. 131125645

Pembimbing II

Penguji III

Drs.Suprpto, M.Pd.  
NIP. 131125645

Drs. Ramelan MT.  
NIP. 130529948

Mengetahui  
Dekan FT

Prof. Dr. Soesanto, M.Pd.  
NIP. 130875753

## ABSTRAK

### **MUSLIKIN, 2006, UJI VARIASI PENYETELAN CELAH KATUP BUANG TERHADAP EFISIENSI VOLUMETRIK RATA-RATA PADA MOTOR DIESEL ISUZU PANTHER C 223 T. Skripsi PTM - FT UNNES**

Pemakai mobil menghendaki mobilnya memiliki performa mesin yang tangguh dalam segala medan. Ukuran ketangguhan dari suatu kendaraan yang paling berperan adalah daya yaitu tenaga yang dihasilkan oleh mesin. Daya mesin dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah proses pembakaran di ruang bakar. Faktor-faktor yang mempengaruhi sempurna proses pembakaran di ruang bakar salah satunya adalah tekanan dan temperatur udara yang masuk ke ruang bakar.

Secara teoritis udara yang masuk ke ruang bakar pada mesin diesel sama dengan volume langkah piston dari TMA ke TMB. Namun pada kenyataannya terdapat penyimpangan yang menyebabkan udara yang masuk lebih kecil dari volume langkah piston. Perbandingan antara volume udara yang masuk ke ruang bakar dengan volume langkah piston disebut dengan efisiensi volumetrik.

Untuk mengetahui besarnya efisiensi volumetrik rata-rata yaitu dengan cara melakukan penyetelan celah katup buang yang bervariasi pada putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm, dan 1600 rpm. Obyek pada penelitian ini yaitu variasi penyetelan celah katup buang dengan celah katup buang 0,2 mm; 0,3 mm; 0,4 mm; 0,5 mm; dan 0,6 mm yang diukur dengan *Air Box Meter*. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah eksperimen. Desain penelitian jenis ini dilakukan dengan tiga kali pengulangan untuk masing-masing celah katup buang yang berbeda. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini memakai statistik deskriptif yang dilakukan dengan cara menggambarkan dan merangkum hasil-hasil penelitian dalam bentuk grafik dan tabel dengan menggunakan bantuan *Software Microsoft Excel*.

Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan terhadap efisiensi volumetrik rata-rata. Efisiensi volumetrik rata-rata maksimum adalah yang dihasilkan oleh celah katup buang 0,2 mm dengan putaran mesin 1600 rpm yaitu sebesar 85,72% sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata minimum adalah yang dihasilkan oleh celah katup buang 0,6 mm dengan putaran mesin 1000 rpm yaitu sebesar 63,54%.

Simpulan dari penelitian ini yaitu bahwa ada perubahan terhadap efisiensi volumetrik rata-rata dari variasi penyetelan celah katup buang. Penyetelan celah katup buang 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 buang, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Saran, sebaiknya penyetelan celah katup buang harus sesuai dengan spesifikasi mesin, harapannya agar pada kondisi putaran mesin tertentu efisiensi volumetrik rata-rata tetap tercapai dengan maksimum

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

Pemenang bukanlah mereka yang tidak pernah gagal, melainkan mereka yang tidak pernah berhenti mencoba.

Orang yang tidak pernah gagal adalah orang yang tidak pernah mencoba.

Orang yang baik adalah bukanlah orang yang tidak pernah salah tetapi orang yang sanggup memperbaiki dirinya dari kesalahan yang sudah-sudah.

Skripsi ini ku-persembahkan untuk :

1. Ayah dan Ibu tercinta;
2. Adik dan kakak tersayang;
3. Veronica Septiana;
4. Rekan – rekan seperjuangan;
5. Almamater.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ *Uji Variasi Penyetelan Celah Katup Buang Terhadap Efisiensi Volumetrik Rata – Rata Pada Motor Diesel Isuzu Panther C 223T* ”.

Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1 yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesai dan tersusunnya skripsi ini bukan merupakan hasil dari segelintir orang, karena setiap keberhasilan manusia tidak akan lepas dari bantuan orang lain. Oleh karena itu, ijinkanlah penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Prof. Dr. Soesanto, M.Pd. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Pramono. Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T, M.T. Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Drs.Suprptono, M.Pd. Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Drs. Ramelan M.T. Penguji skripsi yang telah memberikan saran dan masukan dalam memperbaiki skripsi ini.
6. Drs. Widi Widayat yang selalu membantu dalam bidang Teknis.

7. Teman – teman seperjuangan yang selalu membantu dalam penelitian.
8. Semua pihak tanpa terkecuali yang telah banyak membantu mulai dari penelitian hingga selesainya penyusunan skripsi ini.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi sempurnanya skripsi ini. Akhir kata, dengan tangan terbuka dan tanpa mengurangi makna serta esensial skripsi ini, semoga apa yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

Semarang, April 2006

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Pembatasan dan Perumusan Masalah.....	4
C. Penegasan Istilah .....	4
D. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS</b>	
A. Landasan Teori .....	6
1. Motor Diesel Empat Langkah .....	6
2. Mekanisme Penggerak Katup.....	8
3. Efisiensi Volumetrik.....	16
4. Efek Celah Katup Terhadap Kinerja Mesin .....	19
5. Putaran Mesin .....	21
B. Kerangka Berpikir .....	21
C. Hipotesis .....	21

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Pendekatan dan Desain Penelitian .....	22
B. Variabel Penelitian .....	22
C. Metode Pengumpulan Data .....	23
1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
2. Bahan dan Alat .....	23
D. Alur penelitian .....	28
E. Metode Analisis Data .....	29

### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian .....	33
1. Data Hasil Penelitian .....	33
2. Hasil Perhitungan Variasi Penyetelan Celah Katup Buang Terhadap Efisiensi Volumetrik Rata-Rata .....	34
B. Pembahasan .....	38

### BAB V SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan .....	50
B. Saran .....	51

DAFTAR PUSTAKA .....	52
----------------------	----

LAMPIRAN .....	53
----------------	----



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Prinsip kerja motor diesel .....	8
Gambar 2 Susunan bagian-bagian mekanisme penggerak katup model OHV .....	9
Gambar 3 Bentuk katup buang.....	10
Gambar 4 Diagram pembukaan dan penutupan katup .....	13
Gambar 5 Diagram katup buang dan katup masuk.....	14
Gambar 6 Bubungan untuk masa kerja katup singkat dan panjang .....	16
Gambar 7 Air box meter .....	17
Gambar 8 Diagram kerangka berpikir .....	21
Gambar 9 Diagram alur penelitian .....	28
Gambar 10 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap celah katup buang pada putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm.....	36
Gambar 11 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,2 mm; 0,3 mm; 0,4 mm; 0,5 mm dan 0,6 mm.....	37
Gambar 12 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap celah katup buang pada putaran mesin 1000 rpm .....	38
Gambar 13 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap celah katup buang pada putaran mesin 1200 Rpm....	39
Gambar 14 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap celah katup buang pada putaran mesin 1400 Rpm....	40
Gambar 15 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap celah katup buang pada putaran mesin 1600 Rpm....	41

Gambar 16 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,2 mm .....	42
Gambar 17 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,3 mm .....	43
Gambar 18 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,4 mm .....	44
Gambar 19 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,5 mm .....	45
Gambar 20 Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,6 mm .....	46

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Lembar observasi .....	26
Tabel 2 Faktor konversi .....	30
Tabel 3 Data hasil penelitian .....	33
Tabel 4 Data hasil pengukuran variasi penyetelan celah katup buang terhadap efisiensi volumetrik rata-rata .....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Contoh perhitungan dalam pengolahan data penelitian .....	53
2. Hasil pengolahan data penelitian efisiensi volumetrik rata-rata .....	57
3. Surat permohonan izin penelitian .....	61
4. Surat tugas Dosen Pembimbing .....	62
5. Gambar alat penelitian .....	63
6. Dokumentasi penelitian .....	64

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan dunia otomotif di Indonesia makin berkembang seiring dengan perkembangan IPTEK. Industri atau perusahaan yang memproduksi berbagai macam merk mobil dari mobil niaga, mobil keluarga hingga mobil mewah sekalipun saling bersaing untuk menjadi produsen yang handal dalam menguasai pasar internasional. Untuk mewujudkan ambisi tersebut mereka selalu menerapkan teknologi yang canggih pada setiap produksinya. Seperti teknologi pada *design body* dan juga pada teknologi *engine* yang semakin *inovatif*. Namun yang sedang marak saat ini adalah pada peningkatan teknologi *engine*.

Para pemilik mobil rela mengeluarkan biaya yang cukup tinggi untuk meningkatkan performa mesin pada mobilnya. Pemakai mobil menghendaki mobilnya memiliki performa mesin yang tangguh dalam segala medan. Ukuran ketangguhan dari suatu kendaraan yang paling berperan adalah daya yaitu tenaga yang dihasilkan oleh mesin.

Daya mesin dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah proses pembakaran di ruang bakar. Faktor-faktor yang mempengaruhi sepenuhnya proses pembakaran di ruang bakar pada motor diesel antara lain: kualitas bahan bakar, tekanan udara yang masuk ke ruang bakar, temperatur udara yang masuk ke ruang bakar, perbandingan kompresi, dan putaran mesin. Pada motor diesel yang diisap hanya udara saja. Kemudian udara dikompresi sampai tekanan dan temperaturnya naik. Bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar mendekati akhir langkah kompresi melalui nozzle pompa injeksi dan bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya akibat temperatur yang tinggi di ruang bakar.

Dengan demikian jika suatu mesin empat langkah dapat mengisap udara pada kondisi isapnya sebanyak volume langkah pistonnya untuk setiap langkah isap, maka hal itu adalah ideal (Arismunandar, 1997 : 32). Namun hal tersebut tidak terjadi dalam keadaan sebenarnya. Perbandingan antara jumlah udara yang terisap dalam keadaan yang sebenarnya terhadap jumlah udara yang terisap dalam keadaan yang ideal disebut efisiensi volumetrik. Jika semakin banyak udara yang masuk ke dalam silinder maka harga dari efisiensi volumetrik semakin besar.

Hal-hal yang mempengaruhi efisiensi volumetrik pada motor diesel diantaranya kecepatan udara yang masuk ke ruang bakar melalui katup masuk dan juga besarnya sudut *overlapping*. *Overlapping* yaitu waktu keadaan dimana katup buang belum menutup penuh tetapi katup masuk sudah mulai membuka. *Overlapping* diperlukan supaya gas buang dapat dibersihkan dari dalam silinder dengan lebih baik, tetapi juga untuk mendinginkan dinding silinder agar udara dapat dimasukkan dalam jumlah yang lebih banyak (Arismunandar, 1997 : 20). Jika *overlapping* semakin besar sudutnya maka efisiensi volumetriknya semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya. *Overlapping* itu sendiri dipengaruhi oleh besarnya celah katup masuk dan celah katup buang.

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 terbang keluar dari dalam ruang bakar.

Besarnya celah katup buang juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi volumetrik yang dihasilkan. Jika celah katup buang disetel rapat maka katup akan membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama yang artinya seluruh langkah pembuangan mendapat laluan katup penuh sehingga pendesakan gas buang membutuhkan kerja lebih sedikit dan gas buang tersebut dapat dikeluarkan seluruhnya. Adanya ruang bakar yang bersih dari gas buang maka udara dapat masuk ke ruang bakar dalam jumlah yang lebih banyak. Setiap silinder mempunyai satu katup masuk dan satu katup buang, namun demikian ada juga mobil dengan empat buah katup pada setiap silindernya bahkan ada yang sampai enam buah katup. Efisiensi volumetrik rata-rata dapat diketahui hasilnya dengan melakukan pengujian menggunakan alat *Air box meter*, sehingga dengan demikian data akan dapat diperoleh yang selanjutnya dapat dianalisis dan dibahas berdasarkan kajian teori. Hal ini merupakan hasil uji variasi dari penyetelan celah katup buang dalam suatu konstruksi.

Berkaitan dengan penjelasan tersebut di atas maka peneliti tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul “ **Uji Variasi Penyetelan Celah Katup Buang terhadap Efisiensi Volumetrik Rata-Rata pada Motor Diesel Isuzu Panther C 223 T** ”.

## **B. Pembatasan dan Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dalam penelitian ini perlu adanya pembatasan masalah yaitu bahwa obyek yang diteliti hanya pada celah katup buang saja tidak pada katup yang lain dan katup buang yang dilakukan penyetelan hanya pada celah katup buang 0,2 mm; 0,3 mm; 0,4 mm; 0,5 mm; dan 0,6 mm.

Permasalahan yang timbul pada penelitian ini yaitu apakah ada perubahan terhadap efisiensi volumetrik rata-rata dari variasi penyetelan celah katup buang.

## **C. Penegasan Istilah**

Untuk menghindari adanya salah pengertian atau salah penafsiran dan memberi gambaran yang lebih jelas tentang obyek penelitian maka perlu dijelaskan istilah-istilah yang ada pada judul. Istilah yang perlu dijelaskan antara lain :

### **1. Penyetelan**

Penyetelan adalah cara atau proses mencocokkan supaya sesuai. Dalam penelitian ini penyetelan adalah menyetel celah katup buang yang sesuai dengan obyek penelitian.

### **2. Celah Katup Buang**

Celah katup adalah celah antara tuas penekan pada pelatuk dengan batang katup. Sedangkan katup buang adalah katup yang digunakan untuk



membuka dan menutup saluran pembuangan sehingga gas bekas hasil pembakaran dapat terbang keluar dari dalam ruang bakar.

### 3. Efisiensi Volumetrik Rata-rata

Menurut Arismunandar (1997 : 32) efisiensi volumetrik rata-rata adalah perbandingan antara jumlah udara yang terisap dalam keadaan yang sebenarnya terhadap jumlah udara yang terisap dalam keadaan yang ideal sebanyak volume langkah piston pada keseluruhan silindernya.

## **D. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

### 1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya perubahan terhadap efisiensi volumetrik rata-rata dari variasi penyetelan celah katup buang.

### 2. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat dicapai pada penelitian ini adalah :

- a. Dapat dijadikan pembuktian mengenai adanya perubahan terhadap efisiensi volumetrik rata-rata dari variasi penyetelan celah katup buang.
- b. Dapat dijadikan sebagai sumber pengetahuan dalam perbaikan mesin bagi jasa perbengkelan.
- c. Dapat dijadikan sebagai landasan atau pedoman dalam meningkatkan performa mesin agar tetap optimal.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Motor Diesel Empat Langkah**

###### **a. Pengertian**

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 perantara *connecting rod*, gerakan tersebut diubah dan diteruskan ke poros engkol menjadi gerak putar. Kepala silinder mempunyai katup masuk dan katup buang. Katup masuk berfungsi untuk memasukkan udara murni ke dalam silinder, sedangkan katup

buang berfungsi untuk mengeluarkan gas bekas hasil pembakaran yang tidak terpakai.

## **b. Cara Kerja Motor Diesel Empat Langkah**

### 1) Langkah Isap

Katup masuk mulai membuka beberapa saat sebelum piston mencapai TMA dan katup masuk menutup beberapa saat setelah piston bergerak melewati TMB. Gerakan piston menuju TMB akan menyebabkan kevakuman di dalam silinder dan udara luar terisap masuk ke dalam silinder melalui katup masuk yang terbuka. Katup masuk tetap terbuka sampai piston mencapai TMB.

### 2) Langkah Kompresi

Katup masuk dan katup buang dalam keadaan tertutup semua, kemudian piston bergerak dari TMB menuju TMA sehingga akan terjadi pemampatan udara yang ada di dalam silinder sampai tekanan  $\pm 30 - 50 \text{ kg/cm}^2$  dan temperatur  $550^\circ\text{C}$ .

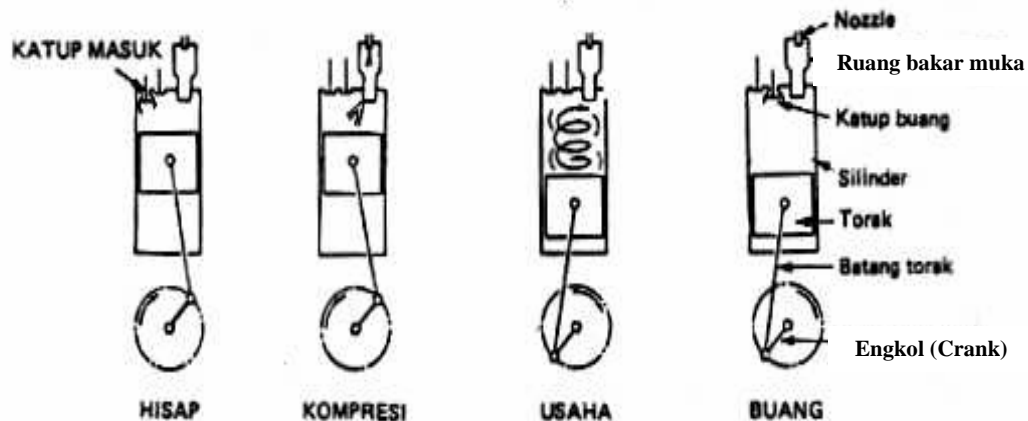
### 3) Langkah Ekspansi

Bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder sebelum piston mencapai TMA dan terjadilah pembakaran. Proses pembakaran tersebut menyebabkan naiknya tekanan dan temperatur di dalam silinder, akan tetapi karena proses pembakaran memerlukan waktu maka tekanan dan temperatur maksimum terjadi beberapa saat setelah piston menuju TMB yaitu  $15 - 20$  derajat sudut poros engkol setelah TMA. Panas pembakaran tersebut akan mendorong piston dari TMA menuju TMB dan oleh *connecting rod* gerakan tersebut diteruskan ke poros engkol menjadi gerak putar.

### 4) Langkah Buang

Katup buang mulai terbuka beberapa saat sebelum piston mencapai TMB sehingga dalam keadaan ini gas buang akan segera keluar dari dalam silinder dengan mudah karena tekanan gas buang lebih tinggi dari tekanan udara

luar, selanjutnya gas buang dipaksa keluar dari dalam silinder oleh piston yang bergerak dari TMB menuju TMA. Setelah itu proses dilakukan kembali mulai dari langkah isap dan seterusnya sampai langkah buang.



Gambar 1. Prinsip kerja motor diesel empat langkah

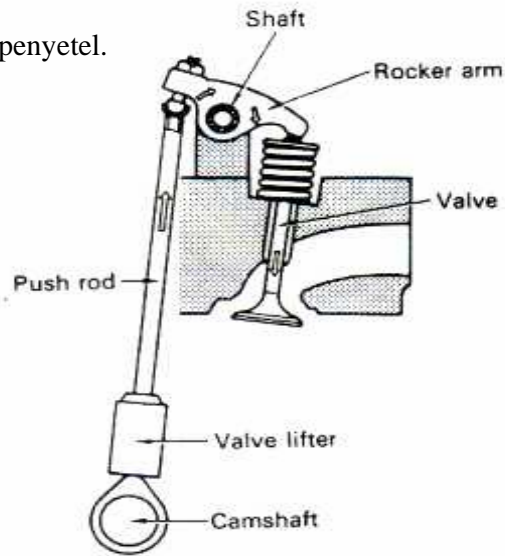
## 2. Mekanisme Penggerak Katup

Mekanisme penggerak katup digunakan untuk menunjukkan kombinasi dari seluruh bagian yang 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)*.

Jenis katup pada kepala (*OHV*) adalah mekanisme penggerak katup dimana poros nok berada pada poros silinder sehingga untuk menggerakkan katup diperlukan beberapa perantara yaitu tappet (*valve lifter*), batang penekan (*push rod*), pelatuk (*rocker arm*), baru sampai pada katup, sedang untuk jenis katup

sistem poros nok pada kepala silinder (*OHC*) yang satu poros nok (*SOHC*) memerlukan perantara yang lebih sederhana yaitu dari poros nok (*cam shaft*) langsung ke pelatuk terus ke katup, bahkan ada yang dari poros nok langsung menggerakkan katup tanpa pelatuk.

Celah katup adalah celah antara tuas penekan pada pelatuk dengan 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 bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar sedikit. Sebaliknya jika celah katup terlalu kecil akibatnya kebocoran pada langkah kompresi, karena pembukaan katupnya terlalu lama sehingga gas di dalam ruang bakar menjadi bocor saat dikompresikan. Besarnya celah katup haruslah sesuai dengan ketentuan yang ditunjukkan dari pabriknya, bila tidak terdapat petunjuk dari pabriknya maka efek yang ditimbulkan seperti yang telah diuraikankan di atas. Biasanya penyetel katup terdapat pada ujung pelatuk yang berhubungan dengan ujung batang katup, dimana pada ujung pelatuk dilengkapi dengan baut penyetel.

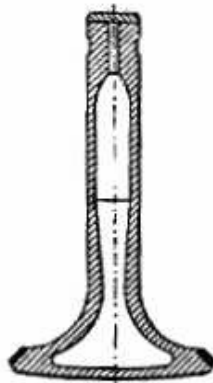


Gambar 2. Susunan bagian-bagian mekanisme penggerak katup model *OHV*

Adapun bagian-bagian dari mekanisme penggerak katup antara lain sebagai berikut :

#### **a. Katup**

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 terbuang keluar dari dalam ruang bakar. Setiap silinder mempunyai satu katup masuk dan satu katup buang, namun demikian ada juga mobil dengan empat buah katup pada setiap silindernya.



Gambar 3. Bentuk katup buang

#### **b. Dudukan Katup**

Dudukan katup adalah bagian dari kepala silinder dimana muka dari katup akan menempel pada dudukan katup saat katup menutup. Dudukan katup ini sebagai alas dari katup sehingga katup dapat menutup dengan rapat jalan atau lubang yang ada baik itu lubang masuk atau keluar. Disamping itu dudukan katup ini sangat membantu untuk mendinginkan katup yaitu pada saat katup menutup

maka ada kontak antara muka katup dengan dudukan katup sehingga memungkinkan terjadinya penyaluran panas dari katup pada kepala silinder melalui dudukan katup ini.

### **c. Bantalan Batang Katup**

Bantalan batang katup adalah lubang yang berada pada kepala silinder yang berfungsi untuk memegang katup atau menjaga katup, dan juga sebagai bantalan dari batang katup untuk bergerak naik turun. Dengan adanya bantalan batang katup ini maka katup dapat selalu tetap terjaga pada posisinya walaupun bergerak naik turun secara terus menerus. Disamping itu bantalan batang katup juga berfungsi sebagai media untuk menyalurkan panas dari batang katup ke kepala silinder.

### **d. Pegas Katup**

Pegas katup berfungsi untuk menutup katup pada saat poros nok bebas, atau sedang tidak mengangkat tappet atau katup. Oleh karena itu pegas katup harus betul-betul menutup atau menahan katup supaya segera tertutup pada saat poros nok melepaskannya. Apabila pegas katup lemah maka akan berakibat penutupan katup tidak rapat atau penutupan katup lamban yang disebut dengan istilah katup mengapung, yang maksudnya katup tidak segera menutup atau terbuka lebih lama dari yang seharusnya. Hal ini terjadi terutama apabila pegas katup lemah dan motor berputar pada kecepatan tinggi. Pada umumnya motor menggunakan pegas katup koil atau disebut juga pegas spiral, hanya saja jumlah lilitan yang dipakai berbeda-beda sesuai dengan perencanaan masing-masing pabrik pembuatnya. Khusus untuk pegas katup dengan jarak antara masing-masing lilitan berbeda, perlu diperhatikan dalam pemasangannya karena jika terbalik maka tujuan untuk mengurangi getaran tidak tercapai. Jarak lilitan terdekat yang dipasangkan pada bagian yang menempel dengan kepala silinder, jika terbalik akan dapat menimbulkan getaran.

**e. Pelatuk (*Rocker Arm*)**

Pelatuk berfungsi sebagai perantara antara batang penumbuk (*push rod*) dengan ujung katup atau antara poros nok (*cam shaft*) dengan ujung katup sehingga apabila poros nok mengangkat tappet maka gerakan ini akan diteruskan ke katup melalui pelatuk.

**f. Tappet dan Batang Penumbuk (*Valve Lifter dan Push Rod*)**

Baik tappet (*valve lifter*) maupun batang penumbuk (*push rod*) adalah piranti yang digunakan pada sistem penggerak katup. Tappet berhubungan dengan poros nok (*camshaft*) dan batang penumbuk (*push rod*), sedang ujung yang lain dari batang penumbuk berhubungan dengan pelatuk (*rocker arm*). Batang penumbuk ini dibuat dengan berlubang di bagian dalam untuk tujuan mengurangi beratnya, kadang-kadang digunakan sebagai saluran pelumasan. Namun demikian batang penumbuk harus kuat sehingga tidak lentur, jika melentur pada saat poros nok menekan untuk membuka katup maka pembukaan katup akan terlambat begitu pula penutupan katup pun tidak akan tepat yang akan menurunkan efisiensi volumetrik dan menurunkan daya motor.

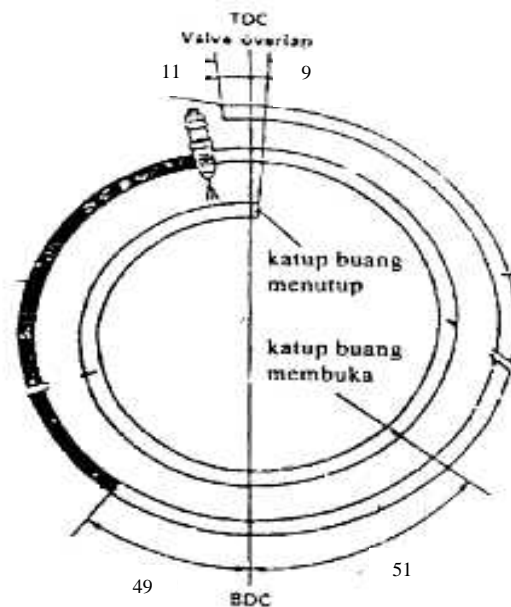
**g. Poros Nok (*Camshaft*)**

Poros nok (*camshaft*) adalah penentu utama kapan saat pembukaan dan penutupan katup terjadi serta berapa lama dan lebar pembukaan katup tersebut. Poros nok (*camshaft*) merupakan suatu poros yang mempunyai beberapa nok sesuai dengan jumlah katup yang terdapat pada motor.



#### **h. Masa Kerja Katup (*Valve Timing*)**

Membuka dan menutupnya katup sesuai dengan langkah-langkah piston yaitu dari titik mati atas sampai titik mati bawah dan dari titik mati bawah sampai titik mati atas tergantung dari langkahnya. Jadi setiap langkah piston berarti poros engkol berputar  $180^\circ$  atau setengah lingkaran.

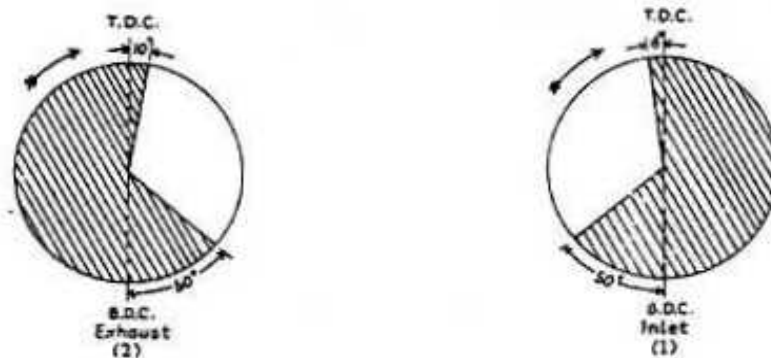


Gambar 4. Diagram pembukaan dan penutupan katup

Keadaan sebenarnya apabila langkah piston adalah  $180^\circ$  engkol maka akan terjadi kurang sempurna dalam tiap langkah piston misalnya untuk langkah isap, apabila katup masuk dibuka pada saat piston berada di titik mati atas dan ditutup pada saat piston berada pada titik mati bawah, pemasukan udara 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

sempurnaan dalam pembuangan gas buang yang mana tidak seluruhnya gas buang dapat dibuang keluar.

Kedua jenis ketidak sempurnaan ini dapat diperbaiki dengan jalan mengatur saat dan lamanya pembukaan katup. Untuk katup buang karena tekanan gas buang lebih tinggi dari tekanan udara luar maka katup buang mulai dibuka pada saat piston berada hampir mencapai titik mati bawah. Dalam 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 buang benar-benar dapat keluar semuanya. Saat membuka dan menutupnya katup buang ini dapat dilihat pada gambar 5 (2) di bawah ini.



Gambar 5. Diagram katup buang dan katup masuk

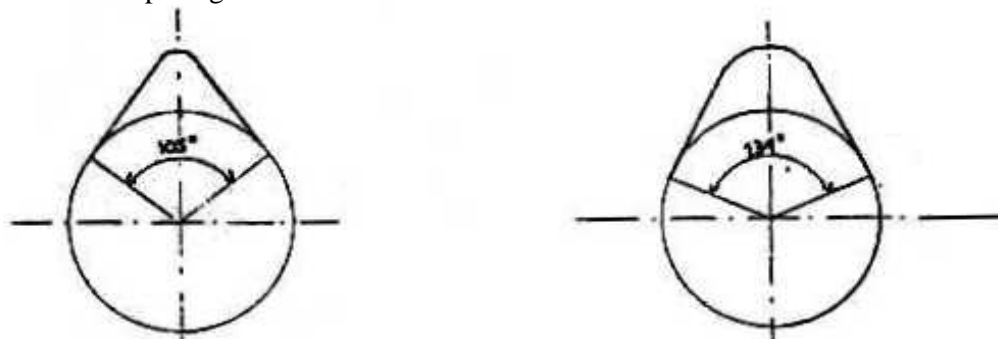
Untuk langkah isap, karena pada saat langkah buang dimana katup buang masih terbuka walaupun piston telah melewati titik mati atas, terjadi kecepatan gas buang yang menyebabkan kevakuman pada ruang bakar. Hal ini akan baik dan tepat sekali untuk memulai langkah isap. Karenanya sebelum piston mencapai titik mati atas dimana kecepatan gas buang ke luar sangat tinggi yang menyebabkan kevakuman tersebut, katup masuk sudah mulai dibuka agar terjadi pembersihan gas buang pada ruang bakar dan pemasukan udara dapat segera dimulai. Selanjutnya dengan Bergeraknya piston menuju titik mati bawah, akan terjadi lagi kecepatan udara yang cenderung untuk mengalir masuk ke dalam

silinder. Ini dimaksudkan agar pemasukan udara dapat dilakukan sebanyak mungkin agar efisiensi pengisian dapat sebesar mungkin. Diagram dari katup masuk dapat dilihat pada gambar 5 (1) di atas.

Kedua diagram ini jika digabungkan, maka akan terlihat suatu diagram kerja dari katup masuk dan katup buang dan diagram ini disebut diagram kerja katup. Keadaan dimana katup masuk dan katup buang sama-sama terbuka dikenal dengan istilah “*overlapping*”. Pada mesin-mesin berdaya tinggi dimana udara segar dimasukkan ke dalam silinder dengan tekanan, *overlapping*nya biasanya dibuat lebih besar. Hal itu diperlukan supaya gas buang dapat dibersihkan dari dalam silinder dengan lebih baik, tetapi juga untuk mendinginkan dinding silinder supaya udara dapat dimasukkan dalam jumlah yang lebih banyak (Arismunandar, 1997 : 20).

Derajat pembukaan katup ini tergantung dari kebutuhan dan jenis mesinnya. Misalnya untuk mesin-mesin kecepatan rendah, derajat pembukaan katup dibuat lebih sedikit dari mesin-mesin kecepatan tinggi. Begitu juga *overlapping* katup untuk mesin-mesin kecepatan rendah dibuat lebih kecil dari mesin-mesin kecepatan tinggi.

Masa kerja katup ini diatur oleh bentuk dari bubungan (*cam*) dimana untuk masa kerja katup yang singkat, bentuk dan bubungan lancip sedangkan untuk masa kerja katup yang lama (panjang), bentuk dari bubungannya tumpul seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Bubungan untuk masa kerja katup singkat dan panjang

### 3. Efisiensi Volumetrik

Mesin agar dapat bekerja membutuhkan bahan bakar dan udara. Untuk mendapatkan performa mesin yang baik diperlukan pengukuran yang tepat dari keduanya (bahan bakar dan udara). Pada mesin pembakaran dalam, pengukuran 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

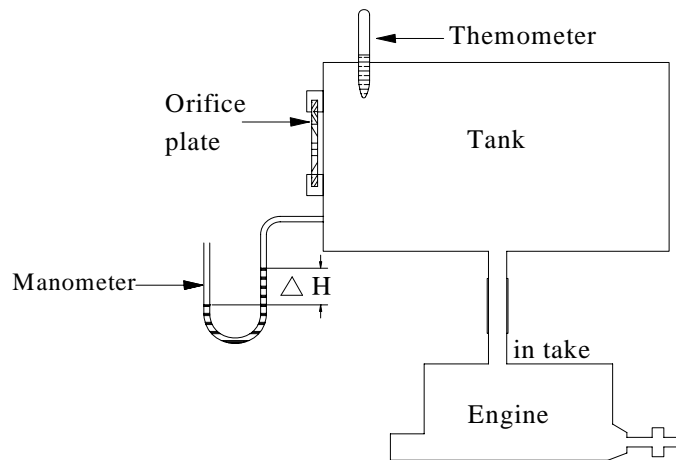
Dengan demikian jika suatu mesin empat langkah dapat menghisap udara pada kondisi hisapnya sebanyak volume langkah pistonnya untuk setiap langkah isap, maka hal itu merupakan sesuatu yang ideal (Arismunandar, 1997 : 32). Namun, hal tersebut tidak terjadi dalam keadaan sebenarnya. Perbandingan antara jumlah udara yang terisap yang sebenarnya terhadap jumlah udara yang terisap dalam keadaan ideal, disebut “efisiensi volumetrik” yang didefinisikan dalam persamaan berikut ini :

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

Besarnya efisiensi volumetrik tergantung pada kondisi isap (p,T) yang ditetapkan. Misalnya, jika dipakai saringan udara pada saluran masuk,  $\eta_v$  yang diperoleh dengan menetapkan (p,T) sesudah saringan adalah lebih besar dari pada  $\eta_v$  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  $\eta_v$  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.

Efisiensi volumetrik pada mesin juga dapat ketahui melalui pengukuran dengan menggunakan alat *Air box meter* seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini yang dinyatakan dengan rumus:

$$\eta_v = \frac{\text{Laju aliran volume udara aktual}}{\text{Laju aliran volume udara teoritis}}$$



Gambar 7. Air box meter

Kecepatan udara berdasarkan beda tekanan manometer pada saluran masuk udara dihitung menggunakan rumus:

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

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

untuk mencari laju aliran volume udara dapat dinyatakan dengan rumus:

$$Q = Cd \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2g(H_{air} \times \rho_{air})}{\rho_{udara}}} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

dimana  $\rho_{udara} = p/RT$  (kg/m<sup>3</sup>)

untuk mencari laju aliran massa udara dapat dinyatakan dengan rumus:

$$m_{udara} = Q \cdot \rho_{udara} \quad (\text{kg/jam})$$

Keterangan : Cd = Coefficient of discharge

A = Luas Orifice (m<sup>2</sup>)

g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

H = Tinggi kolom air pada manometer (m)

p = Tekanan udara (kg/cm<sup>2</sup>)

R = Konstanta gas (kg.m/ kg.K)

T = Temperatur ruang (K)

sedangkan untuk mencari laju *swept* volume piston dari titik mati atas (TMA)

sampai titik mati bawah (TMB) dapat ditentukan dari persamaan di bawah ini.

$$Q_{swept} = \frac{\left\{ \frac{\pi}{4} D^2 \times L \times N \times n \right\} / 2}{60s} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Keterangan: D = Diameter silinder (m)

L = Panjang langkah (m)

N = Jumlah silinder

n = Putaran mesin (rpm)

2 = Konstanta untuk motor 4 langkah dan 1 untuk motor 2 langkah

#### **4. Efek Celah Katup Terhadap Kinerja Mesin**

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 bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar sedikit. Sebaliknya jika celah katup terlalu kecil akibatnya kebocoran pada langkah kompresi, karena pembukaan katupnya terlalu lama sehingga gas di dalam ruang bakar menjadi bocor saat dikompresikan. Besarnya celah katup haruslah sesuai dengan ketentuan yang ditunjukkan dari pabriknya, bila tidak terdapat petunjuk dari pabriknya maka berikut ini dapat dijadikan suatu pedoman yang antara lain sebagai berikut : (Teiseran, 1999 : 56)

##### **a. Celah katup yang terlalu rapat, akan mengakibatkan :**

- 1) Terbukanya katup menjadi lama.
- 2) Pengisian udara ke dalam ruang bakar dan silinder menjadi berlebihan (jika katup masuk yang terlalu rapat).
- 3) Pembuangan gas bekas menjadi lebih bersih (jika katup buang yang terlalu rapat).
- 4) Hidupnya mesin tidak sempurna dan tidak bertenaga.
- 5) Mesin tidak mau stasioner.

**b. Celah katup yang terlalu renggang, akan mengakibatkan :**

- 1) Terbukanya katup menjadi singkat.
- 2) Pengisian udara ke dalam ruang bakar dan silinder terlalu kurang (jika katup masuk yang terlalu renggang).
- 3) Mesin sulit dihidupkan.
- 4) Pembuangan gas bekas tidak bersih (jika katup buang yang terlalu renggang).
- 5) Hidupnya mesin tidak sempurna dan timbul suara ngelitik dari arah katup pada saat mesin hidup.
- 6) Mesin tidak bertenaga dan cepat panas.
- 7) Mesin tidak mau stasioner.

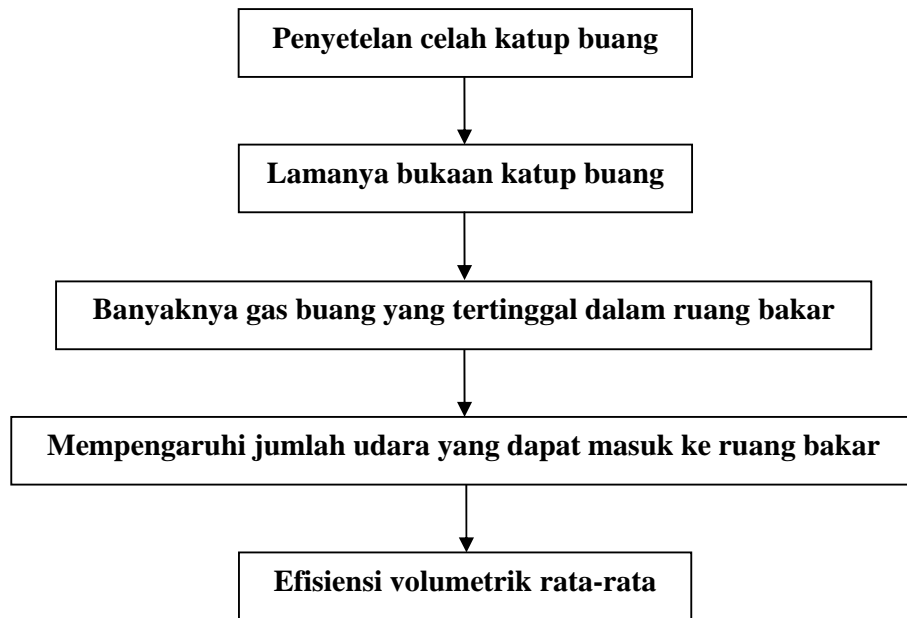
Biasanya penyetel katup terdapat pada ujung pelatuk yang berhubungan dengan ujung batang katup, dimana pada ujung pelatuk dilengkapi dengan baut penyetel. Agar performa mesin tetap terjaga dengan baik maka mesin perlu di servis secara rutin yang salah satunya adalah penyetelan celah katup.

**5. Putaran Mesin**

Putaran mesin adalah besarnya gerak putar atau keliling poros engkol yang diukur dalam rpm, dengan menggunakan alat ukur *tachometer*. Gerak putar ini terjadi akibat adanya gas hasil pembakaran yang mendorong torak ke bawah. Dengan perantaraan *connecting rod* gerakan tersebut diubah dan diteruskan ke poros engkol menjadi gerak putar. Putaran mesin sangat ditentukan oleh kualitas pembakaran. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses pembakaran di dalam silinder pada motor diesel antara lain : kualitas bahan bakar, tekanan udara masuk, temperatur udara masuk, perbandingan kompresi dan kecepatan motor.



## B. Kerangka Berpikir



Gambar 8. Diagram kerangka berpikir

## C. Hipotesis

Berdasarkan kajian teori yang telah dibahas di atas, maka hipotesis dalam penelitian ini adalah ada perubahan terhadap efisiensi volumetrik rata-rata dari variasi penyetelan celah katup buang.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Pendekatan dan Desain Penelitian**

Setelah semua bahan dan peralatan disiapkan, langkah selanjutnya adalah melaksanakan uji coba/eksperimen. Desain Penelitian jenis ini dilakukan dengan tiga kali pengulangan untuk masing-masing celah katup buang yang berbeda.

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Eksperimen pada penelitian ini yaitu dengan mengadakan percobaan secara langsung di laboratorium tentang pengukuran efisiensi volumetrik rata-rata dengan variasi penyetelan celah katup buang,

#### **B. Variabel Penelitian**

Variabel dalam penelitian ini adalah :

##### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penyetelan celah katup buang.

##### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah efisiensi volumetrik rata-rata

##### 3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel diluar variabel penelitian yang tidak termasuk diteliti tetapi dapat mempengaruhi hasil penelitian. Dalam hal ini sebagai variabel kontrol adalah :

- a. Setelan celah katup masuk, yaitu 0,4 mm.
- b. Temperatur kerja mesin, yaitu 80°C.
- c. Putaran mesin, yaitu 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm.

### **C. Metode Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data adalah cara-cara yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data penelitian adalah dengan cara melakukan eksperimen. yaitu variasi penyetelan celah katup buang dilihat perubahannya terhadap efisiensi volumetrik rata-rata pada mesin diesel Isuzu Panther 2238 CC.

#### **1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Pelaksanaan eksperimen dan pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan pada :

Hari : Minggu  
Tanggal : 19 Februari 2006  
Jam : 08.00 WIB – 18.00 WIB  
Tempat : Laboratorium Community College Teknik Mesin UNNES  
Jl. Kelud Raya No. 2 Semarang.

#### **2. Bahan dan Alat**

##### **a. Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu unit mesin diesel Isuzu Panther C 223 T sebagai bahan yang diteliti hasil efisiensi volumetrik rata-ratanya dengan spesifikasi mesin sebagai berikut:

- 1) Tipe mesin : C 223 T empat silinder empat langkah
- 2) Ruang bakar : Swirl chamber type (tak langsung)
- 3) Diameter x langkah (mm) : 88 x 92
- 4) Isi silinder (CC) : 2238
- 5) Perbandingan kompresi : 21 : 1
- 6) Putaran stasioner (Rpm) : 725 – 775
- 7) Tekanan kompresi ( $\text{kg/cm}^2$ ) : 31 pada 200 Rpm
- 8) Tipe pompa bahan bakar : Model Bosch distributor VE
- 9) Tipe governor : Mekanik/sentrifugal
- 10) Tipe nozzle : Throttle type
- 11) Tekanan nozzle ( $\text{kg/cm}^2$ ) : 185
- 12) Celah katup masuk (mm) : 0,4
- 13) Celah katup buang (mm) : 0,4
- 14) Katup masuk membuka :  $11^\circ$  sebelum TMA  
     Katup masuk menutup :  $49^\circ$  setelah TMB  
     Katup buang membuka :  $51^\circ$  sebelum TMB  
     Katup buang menutup :  $9^\circ$  setelah TMA

b. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1) *Air box meter*, alat yang berfungsi untuk mengukur jumlah volume udara yang masuk ke dalam silinder pada tekanan dan temperatur udara sekitar.
- 2) *Tachometer* diesel, alat yang berfungsi untuk menghitung jumlah putaran mesin pada masing-masing kondisi percobaan, sebelum memulai pengukuran jarum penunjuk pada alat ukur ditepatkan pada posisi nol melalui pengaturnya, apabila jarum penunjuk berada pada posisi nol, maka *tachometer* tersebut dapat digunakan. Pengukuran dapat dimulai dengan menempelkan ujung tachometer pada lubang tengah magnet dan menekan tombol start, dengan

demikian akan tampak pada layar besar putaran yang dihasilkan oleh jarum penunjuk. Pengukuran selanjutnya jarum *tachometer* diposisikan pada nol dan pengukuran dapat dilakukan lagi.

- 3) *Stop watch*, alat yang berfungsi untuk mengukur waktu yang digunakan pada setiap kondisi percobaan.
- 4) *Thermometer*, alat yang berfungsi untuk mengukur temperatur ruang selama percobaan.
- 5) *Tool sets*, alat yang berfungsi untuk melakukan engine tune-up.
- 6) Lembaran observasi, yang berfungsi untuk mencatat data-data yang diperoleh selama percobaan.



Adapun pelaksanaan dari eksperimen dibagi menjadi dua tahap yaitu :

### **1. Tahap persiapan eksperimen.**

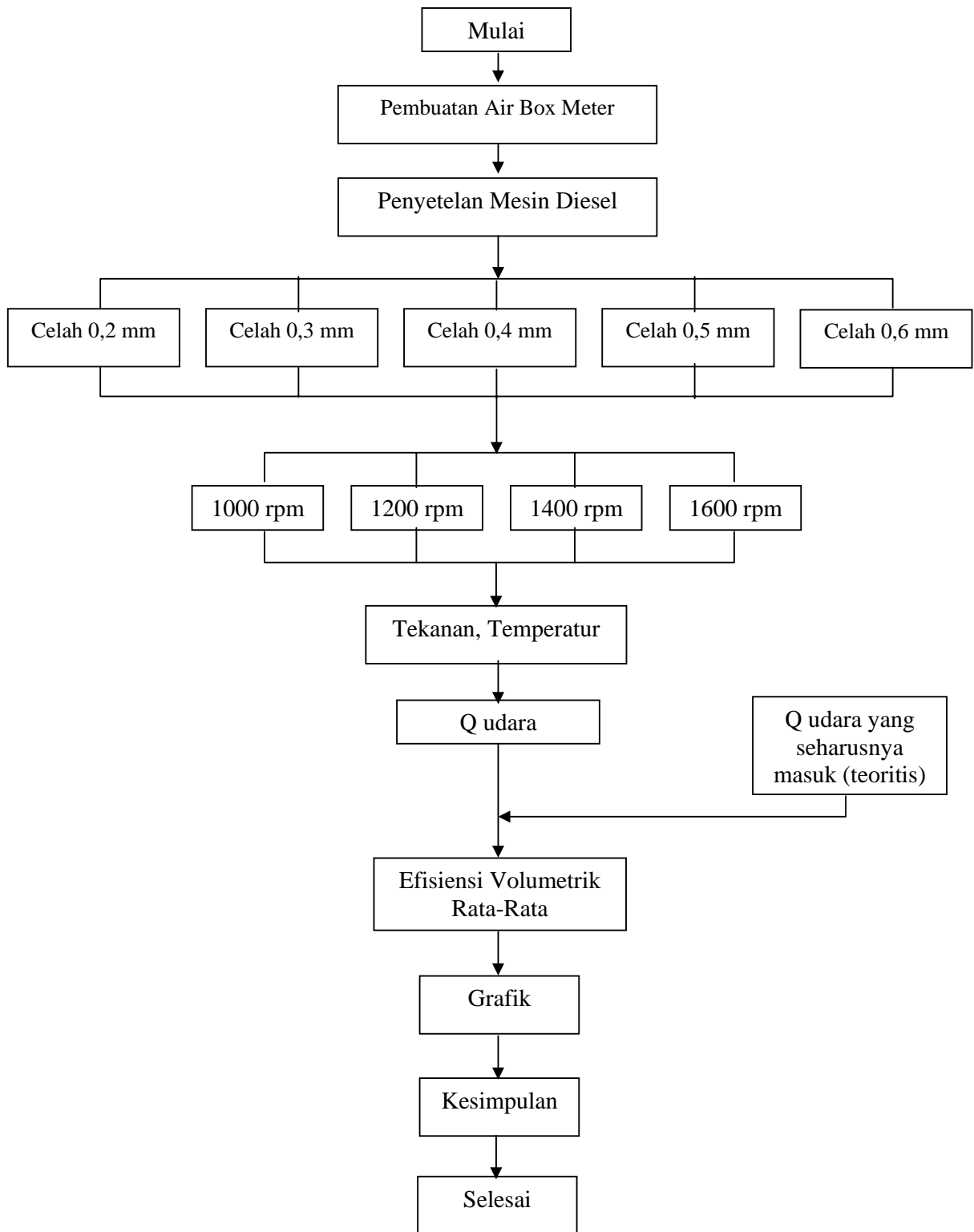
Tujuan dari tahap persiapan eksperimen adalah mengkondisikan obyek penelitian pada kondisi yang siap pakai untuk dikenai perlakuan. Langkah-langkah pada tahap persiapan eksperimen antara lain sebagai berikut :

- a. Siapkan bahan dan peralatan yang akan digunakan selama penelitian.
- b. Lakukan pengecekan keadaan mesin dalam kondisi normal.
- c. Lakukan tune-up mesin agar sesuai dengan spesifikasi mesin.
- d. Lakukan pemanasan awal mesin dengan asumsi bahwa mesin telah mencapai suhu kerja mesin kira-kira selama 10 – 15 menit.

### **2. Tahap pelaksanaan eksperimen.**

- a. Lakukan penyetelan celah katup buang yang diinginkan misalnya celah katup buang 0,4 mm.
- b. Pasang *air box meter* pada mesin yaitu dengan cara menghubungkan slang dari alat ukur ke intake manifold yang mana filter udaranya telah dilepas.
- c. Hidupkan mesin.
- d. Setel putaran mesin yang diinginkan misalnya 1000 rpm dengan menggunakan tachometer diesel.
- e. Aktifkan stop watch.
- f. Amati pengukuran tinggi fluida pada *manometer* dan temperatur ruang pada *thermometer*.
- g. Catat hasil pengamatan dalam lembar observasi.
- h. Ulangi langkah a – g hingga diperoleh tiga kali pengulangan.
- i. Lakukan percobaan yang sama seperti langkah-langkah yang sudah tersebut di atas untuk celah katup buang lainnya.

#### D. Alur Penelitian



Gambar 9. Diagram alur penelitian



## E. Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dari eksperimen masih berupa data mentah yang harus diolah lebih lanjut menjadi parameter efisiensi volumetrik rata-rata. Data mentah tersebut masih berupa :

1.  $p$  pada manometer ( $\Delta H$ ) dalam satuan mm.
2. Temperatur ruang ( $T$ ) dalam satuan  $^{\circ}\text{C}$ .
3. Tekanan udara ( $p$ ) dalam satuan  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , tekanan untuk udara yaitu  $1,033 \text{ kg}/\text{cm}^2 = 760 \text{ mmHg} = 1 \text{ atm}$
4. Putaran mesin ( $n$ ) dalam satuan rpm.
5. Diameter orifice ( $d$ ) dalam satuan mm.
6. Coeficient of discharge ( $C_d$ ) yaitu 0,6.
7. Diameter silinder ( $D$ ) dalam satuan mm.
8. Panjang langkah ( $L$ ) dalam satuan mm.
9. Konstanta gas ( $R$ ) dalam satuan  $\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}\cdot\text{K}$ , konstanta gas untuk udara adalah  $287 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{kg}\cdot\text{K}$ .
10. Percepatan gravitasi ( $g$ ) dalam satuan  $\text{m}/\text{s}^2$ , percepatan gravitasi di atas bumi adalah  $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$ .

Data mentah tersebut perlu dikonversikan terlebih dahulu untuk dijadikan sebagai data yang siap diolah. Konversi yang dimaksudkan adalah menyamakan satuan lain ke dalam satuan metrik.

**Tabel 2. Faktor konversi**

No.	Yang diukur	Satuan awal	Satuan akhir	Faktor konversi
1	p	kg/cm <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	x 10 <sup>4</sup>
2	T	°C	K	+ 273
3	H	mm	m	x 10 <sup>-3</sup>
4	R	N.m/kg.K	kg.m/kg.K	$\frac{1}{9,81}$
5	d	mm	m	x 10 <sup>-3</sup>
6	D	mm	m	x 10 <sup>-3</sup>
7	L	mm	m	x 10 <sup>-3</sup>

Untuk menganalisis data mentah yang telah diperoleh dari hasil penelitian, maka data-data tersebut di atas dimasukkan ke dalam persamaan-persamaan sebagai berikut :

1. Menentukan densitas udara ( $\rho_{udara}$ ) 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 :

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

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

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

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

$Cd = \text{Coefficient of discharge}$

$M = \text{Faktor kecepatan masuk}$

$$M = \frac{1}{\sqrt{1 - (A_2 / A_1)}} \text{ , dimana :}$$

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

$A_1 = \sim$  (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 :

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

## 6. Menghitung efisiensi volumetrik rata-rata

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

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*.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Data Hasil Penelitian

**Tabel 3. Data hasil penelitian**

rpm	Celah Katup Buang									
	0,2 mm		0,3 mm		0,4 mm		0,5 mm		0,6 mm	
	$\Delta H$ (mm)	T (°C)	$\Delta H$ (mm)	T (°C)	$\Delta H$ (mm)	T (°C)	$\Delta H$ (mm)	T (°C)	$\Delta H$ (mm)	T (°C)
1000	10	30	9	31,2	8	31	7	31	6	30,5
1200	15	30	13,7	31	12,7	31	11	31	10	31
1400	20,7	30	19	31,3	18	31	17	31	16,3	31
1600	28	30	25,7	31,5	24	31	22,7	31	22	31

Keterangan :

1. Data dari tabel 3 di atas hanya menunjukkan rata-rata hasil penelitian saja, untuk lebih lengkapnya lihat pada lampiran 2.
2. Saat pengambilan data pada penelitian ini putaran mesin hanya sampai pada 1600 rpm saja, karena pada putaran mesin yang melebihi 1600 rpm, putaran mesinnya cenderung semakin naik sehingga sulit untuk dikontrol putarannya oleh karena tidak adanya pembebanan pada mesin.

2. Hasil Pengukuran Variasi Penyetelan Celah Katup Buang terhadap Efisiensi Volumetrik Rata-Rata.

**Tabel 4. Data hasil perhitungan efisiensi volumetrik rata-rata dalam %.**

Putaran Mesin (rpm)	Efisiensi Volumetrik Rata-rata (%)				
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
1000	81.96	77.91	73.43	68.69	63.54
1200	83.65	79.98	77.00	71.75	68.42
1400	84.16	80.88	78.68	76.46	74.94
1600	85.72	82.27	79.49	77.25	76.11

Berdasarkan data hasil perhitungan efisiensi volumetrik rata-rata pada tabel 4 menunjukkan bahwa dengan celah katup buang 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 variasi celah katup buang, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan oleh celah katup buang 0,2 mm dengan putaran mesin 1600 rpm sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan oleh celah katup buang 0,6 mm dengan putaran mesin 1000 rpm.

Celah katup buang yang disetel rapat, akan menyebabkan katup membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama dan sudut *overlapping*nya lebih besar. *Overlapping* diperlukan supaya gas sisa pembakaran dapat dibersihkan dari dalam silinder dengan lebih baik, tetapi juga untuk mendinginkan dinding silinder agar udara dapat dimasukkan dalam jumlah yang lebih banyak (Arismunandar, 1997 : 20). Penyetelan dengan celah katup buang yang semakin rapat berarti pembukaan katupnya lebih lama sehingga gas buang dapat dikeluarkan

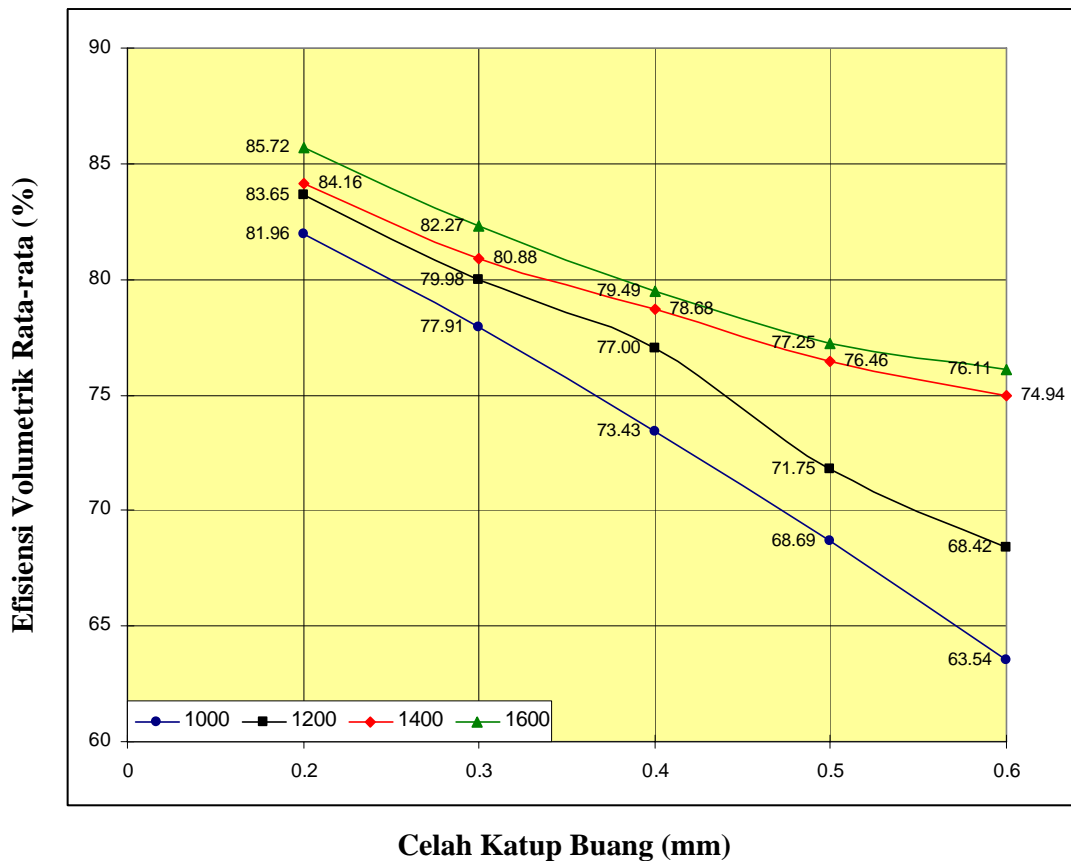
seluruhnya. Oleh karena itu jumlah udara yang masuk ke ruang bakar melalui katup masuk akan lebih banyak. Semakin banyak udara yang masuk ke ruang bakar, berarti efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan semakin meningkat.

Celah katup buang yang disetel renggang, akan menyebabkan katup membuka lebih lambat dan menutup lebih awal dan sudut *overlappingnya* lebih kecil. Penyetelan dengan celah katup buang yang semakin renggang berarti pembukaan katupnya lebih singkat sehingga gas buang kemungkinan tidak dapat dikeluarkan seluruhnya dari dalam ruang bakar oleh karena itu jumlah udara yang masuk ke ruang bakar melalui katup masuk menjadi berkurang. Semakin sedikit udara yang masuk ke ruang bakar, berarti efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan semakin menurun.

Putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 rpm pada setiap variasi celah katup buang, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Hal ini karena dengan putaran mesin yang tinggi, gas buang dapat keluar dari dalam ruang bakar dengan cepat, sehingga udara yang masuk ke ruang bakar dapat lebih banyak akibat ruang bakar yang kosong dan juga pada putaran mesin yang tinggi udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran dalam ruang bakar juga semakin banyak dari jumlah kebutuhan udara yang minimal, agar tiap-tiap bagian bahan bakar mendapat cukup udara untuk dapat membakar dengan waktu yang cepat. Sedangkan pada putaran mesin yang rendah, gas buang tidak dapat keluar dengan cepat dari dalam ruang bakar sehingga gas buang tidak dapat keluar seluruhnya, oleh karena itu dapat mengurangi jumlah udara yang masuk ke ruang bakar akibat ruang bakar yang sudah terisi sebagian oleh gas buang yang tertinggal didalamnya.

Berdasarkan tabel hasil perhitungan efisiensi volumetrik rata-rata di atas dapat dibuat grafik hasil penelitian sebagai berikut :

### GRAFIK HASIL PENELITIAN



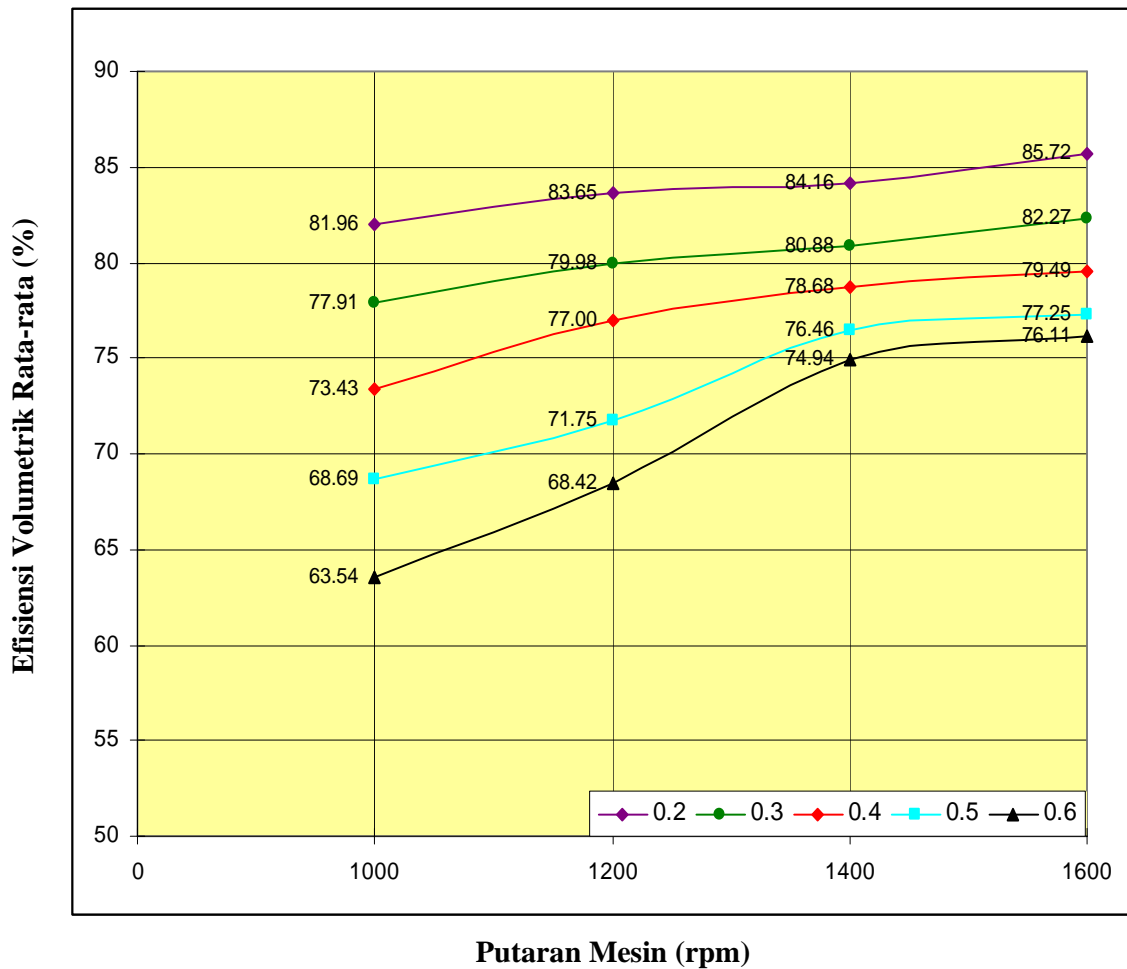
Gambar 10. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap celah katup buang pada putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm.

Berdasarkan grafik hasil penelitian pada gambar 10 menunjukkan bahwa dengan celah katup buang yang semakin rapat pada setiap putaran mesin, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Demikian juga dengan putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 rpm pada setiap variasi celah katup buang, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga cenderung



meningkat. Efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan oleh putaran mesin 1600 rpm dengan celah katup buang 0,2 mm, sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan oleh putaran mesin 1000 rpm dengan celah katup buang 0,6 mm.

### GRAFIK HASIL PENELITIAN

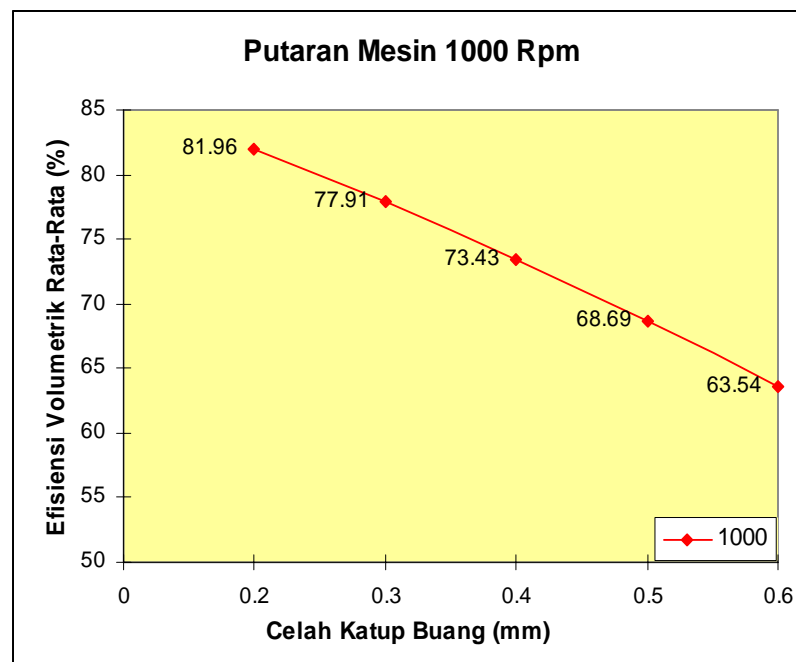


Gambar 11. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,2 mm; 0,3 mm; 0,4 mm; 0,5 mm dan 0,6 mm.

Berdasarkan grafik hasil penelitian pada gambar 11 menunjukkan bahwa dengan putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 rpm pada setiap variasi celah katup buang, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan oleh celah katup buang 0,2 mm dengan putaran mesin 1600 rpm sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan oleh celah katup buang 0,6 mm dengan putaran mesin 1000 rpm.

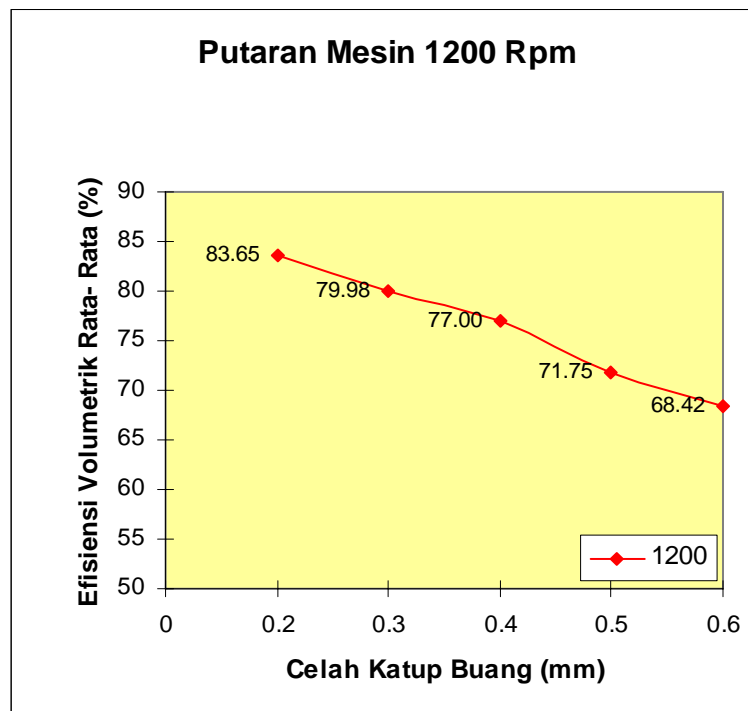
## B. Pembahasan

Tabel 4 berisi tentang hasil pengukuran efisiensi volumetrik rata-rata dengan variasi penyetelan celah katup buang pada putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm dan 1600 rpm. Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian menunjukkan bahwa dengan variasi penyetelan celah katup buang dapat diketahui besarnya efisiensi volumetrik rata-rata pada motor diesel Isuzu Panther.



Grafik 12. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap celah katup buang pada putaran mesin 1000 rpm.

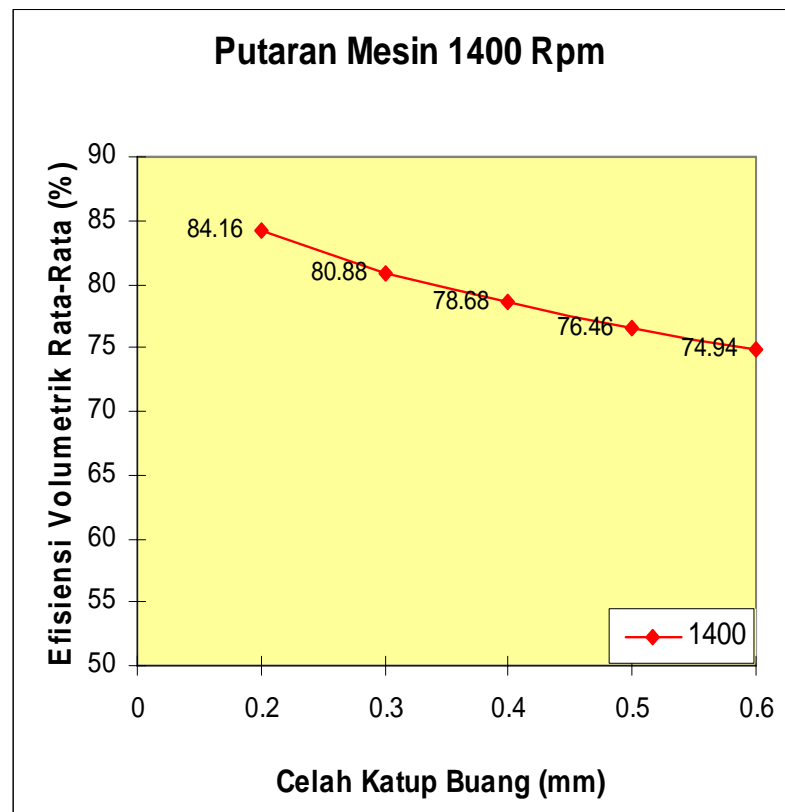
Berdasarkan grafik pada gambar 12 menunjukkan bahwa dengan penyetelan celah katup buang yang semakin rapat, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin 1000 rpm, efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup buang 0,4 mm yaitu sebesar **81,96%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup buang 0,6 mm yaitu sebesar **68,42%**.



Gambar 13. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap celah katup buang pada putaran mesin 1200 rpm.

Berdasarkan grafik pada gambar 13 menunjukkan bahwa dengan penyetelan celah katup buang yang semakin rapat, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin 1200 rpm, efisiensi

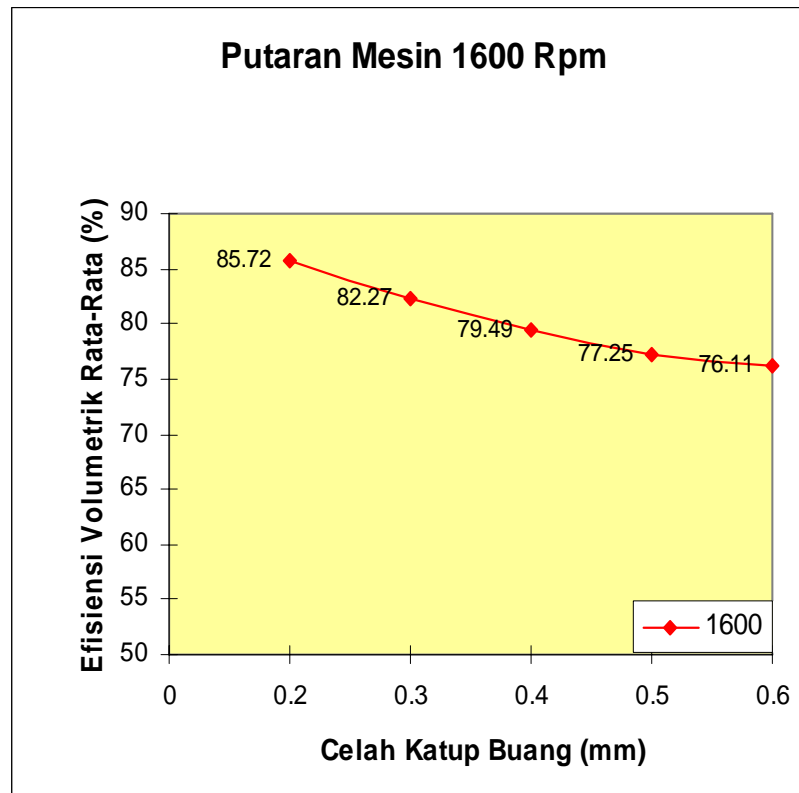
volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup buang 0,2 mm yaitu sebesar **83,65%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup buang 0,6 mm yaitu sebesar **68,42%**.



Gambar 14. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap celah katup buang pada putaran mesin 1400 rpm.

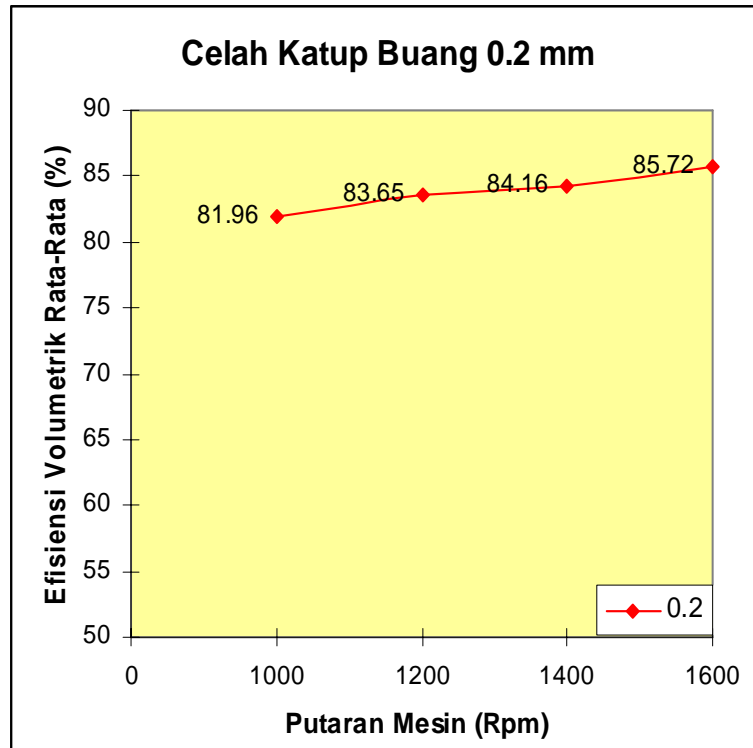
Berdasarkan grafik pada gambar 14 menunjukkan bahwa dengan penyetelan celah katup buang yang semakin rapat, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin 1400 rpm, efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup buang 0,2 mm yaitu sebesar **84,16%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata

terendah adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup buang 0,6 mm yaitu sebesar **74,94%**.



Gambar 15. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap celah katup buang pada putaran mesin 1600 rpm.

Berdasarkan grafik pada gambar 15 menunjukkan bahwa dengan penyetelan celah katup buang yang semakin rapat, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada putaran mesin 1600 rpm, efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup buang 0,2 mm yaitu sebesar **85,72 %**, sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan dari penyetelan celah katup buang 0,6 mm yaitu sebesar **76,11%**.

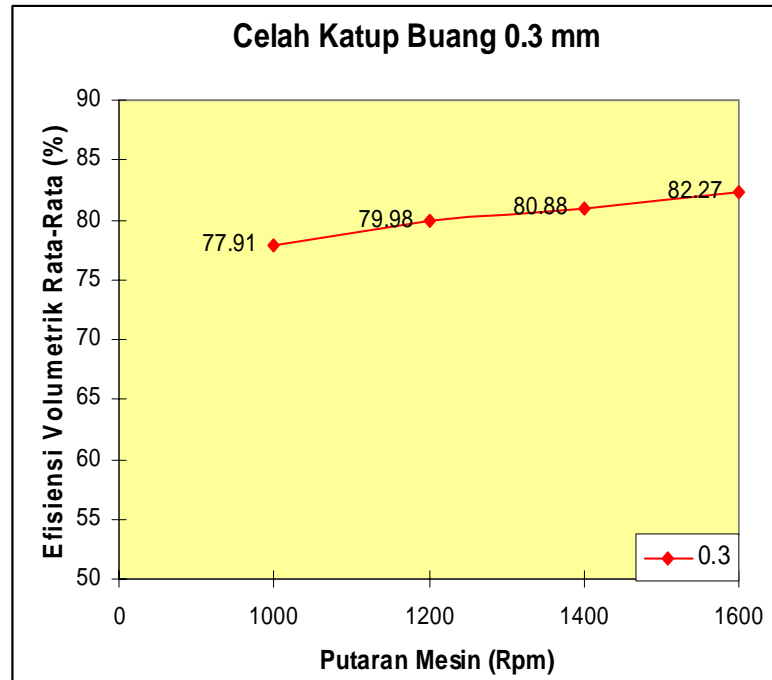


Gambar 16. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,2 mm.

Berdasarkan grafik pada gambar 16 menunjukkan bahwa dengan putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 rpm, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada celah katup buang 0,2 mm, efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1600 rpm yaitu sebesar **85,72%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1000 rpm yaitu sebesar **81,96%**.

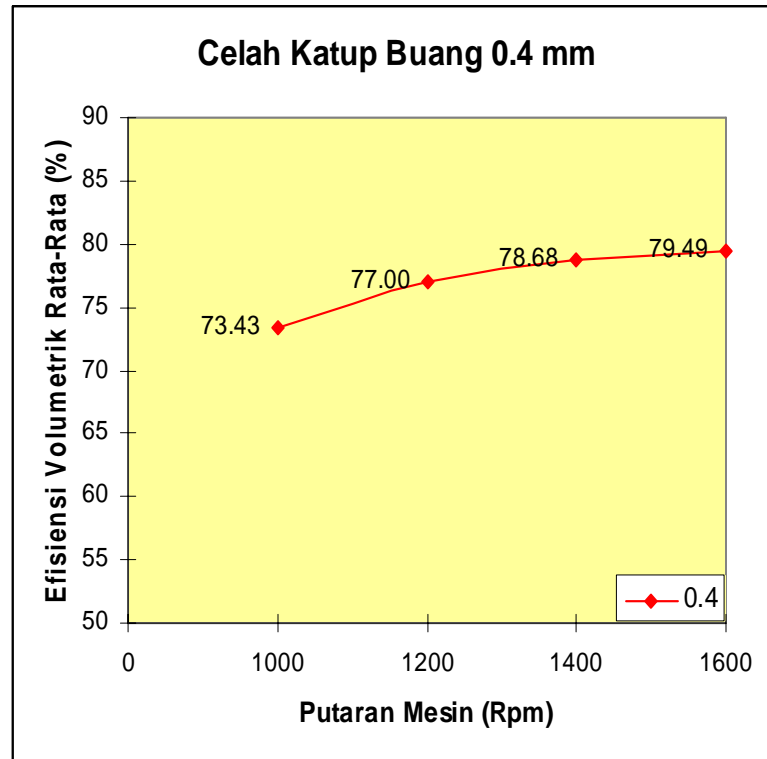
Celah katup buang yang disetel rapat pada putaran mesin yang semakin tinggi, berarti pembukaan katupnya lebih lama sehingga gas buang dapat dikeluarkan seluruhnya dari dalam ruang bakar dengan waktu yang lebih cepat

jika dibandingkan dengan penyetelan celah katup buang yang rapat pada putaran mesin rendah, oleh karena itu jumlah udara yang masuk ke ruang bakar dapat lebih banyak akibat ruang bakar yang kosong.



Gambar 17. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,3 mm.

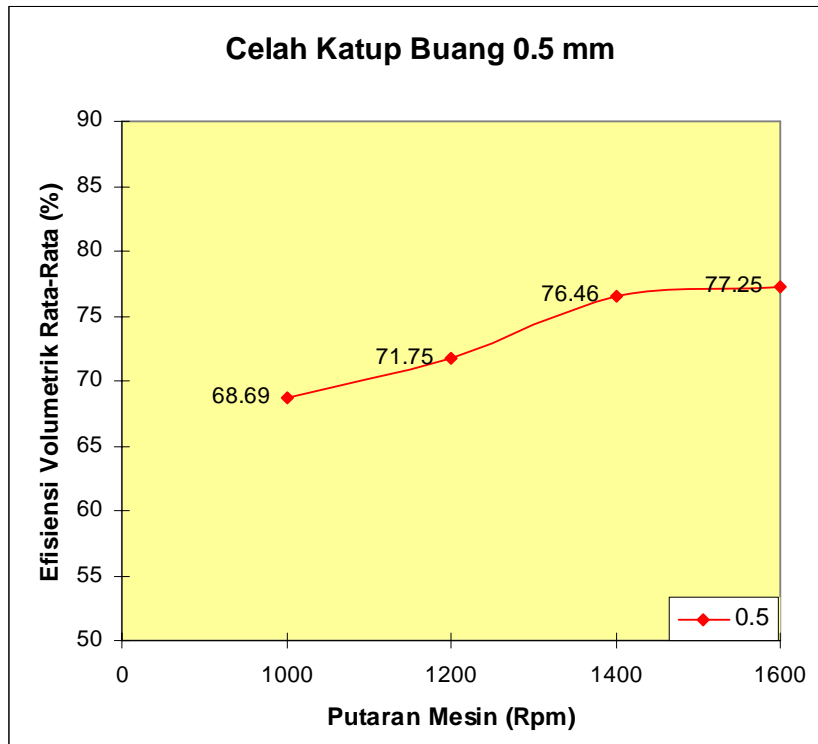
Berdasarkan grafik pada gambar 17 menunjukkan bahwa dengan putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 rpm, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada celah katup buang 0,3 mm, efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1600 rpm yaitu sebesar **82,27%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1000 rpm yaitu sebesar **77,91%**.



Gambar 18. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,4 mm.

Berdasarkan grafik pada gambar 18 menunjukkan bahwa dengan putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 rpm, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada celah katup buang 0,4 mm, efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1600 rpm yaitu sebesar **79,49%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1000 rpm yaitu sebesar **73,43%**.



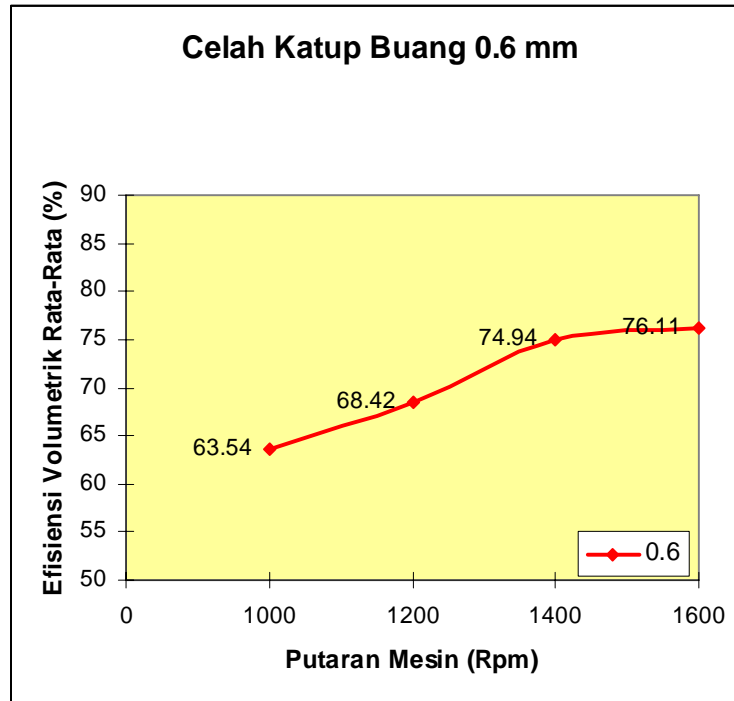


Gambar 19. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,5 mm.

Berdasarkan grafik pada gambar 19 menunjukkan bahwa dengan putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 rpm, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada celah katup buang 0,5 mm, efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1600 rpm yaitu sebesar **77,25%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1000 rpm yaitu sebesar **68,69%**.

Celah katup buang yang disetel renggang dengan putaran mesin semakin rendah berarti pembukaan katupnya lebih singkat sehingga gas buang kemungkinan tidak dapat dikeluarkan seluruhnya dari dalam ruang bakar karena untuk mengeluarkan gas buang tersebut membutuhkan waktu yang lebih lama jika

dibandingkan dengan penyetelan celah katup buang yang renggang pada putaran mesin tinggi oleh karena itu jumlah udara yang masuk ke ruang bakar melalui katup masuk menjadi berkurang.



Gambar 20. Grafik hubungan antara efisiensi volumetrik rata-rata terhadap putaran mesin pada celah katup buang 0,6 mm.

Berdasarkan grafik pada gambar 20 menunjukkan bahwa dengan putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 rpm, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Pada celah katup buang 0,6 mm, efisiensi volumetrik rata-rata tertinggi adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1600 rpm yaitu sebesar **76,11%**, sedangkan efisiensi volumetrik rata-rata terendah adalah yang dihasilkan dari putaran mesin 1000 rpm yaitu sebesar **63,54%**.

Berdasarkan grafik hasil penelitian pada gambar 10 menunjukkan bahwa dengan celah katup buang yang semakin rapat pada setiap putaran mesin, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Demikian juga halnya dengan putaran mesin yang semakin tinggi pada setiap variasi celah katup buang, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga cenderung meningkat.

Celah katup buang yang disetel rapat, akan menyebabkan katup membuka lebih awal dan menutupnya lebih lama dan sudut *overlapping*nya lebih besar. *Overlapping* diperlukan supaya gas sisa pembakaran dapat dibersihkan dari dalam silinder dengan lebih baik, tetapi juga untuk mendinginkan dinding silinder agar udara dapat dimasukkan dalam jumlah yang lebih banyak (Arismunandar, 1997 : 20). Penyetelan dengan celah katup buang yang semakin rapat berarti pembukaan katupnya lebih lama sehingga gas buang dapat dikeluarkan seluruhnya. Oleh karena itu jumlah udara yang masuk ke ruang bakar melalui katup masuk akan lebih banyak. Semakin banyak udara yang masuk ke ruang bakar, berarti efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan semakin meningkat.

Celah katup buang yang disetel renggang, akan menyebabkan katup membuka lebih lambat dan menutup lebih awal dan sudut *overlapping*nya lebih kecil. Penyetelan dengan celah katup buang yang semakin renggang berarti pembukaan katupnya lebih singkat sehingga gas buang kemungkinan tidak dapat dikeluarkan seluruhnya dari dalam ruang bakar oleh karena itu jumlah udara yang masuk ke ruang bakar melalui katup masuk menjadi berkurang. Semakin sedikit udara yang masuk ke ruang bakar, berarti efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan semakin menurun.

Berdasarkan grafik pada gambar 11 menunjukkan bahwa dengan putaran mesin yang semakin tinggi hingga 1600 rpm pada setiap variasi celah katup buang, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan cenderung meningkat. Hal ini karena dengan putaran mesin yang tinggi, gas buang dapat keluar dari dalam ruang bakar dengan cepat, sehingga udara yang masuk ke ruang bakar dapat lebih banyak akibat ruang bakar yang kosong dan juga pada putaran mesin yang tinggi udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran dalam ruang bakar juga semakin banyak dari jumlah kebutuhan udara yang minimal, agar tiap-tiap bagian bahan bakar mendapat cukup udara untuk dapat membakar dengan waktu yang cepat. Sedangkan pada putaran mesin yang rendah, gas buang tidak dapat keluar dengan cepat dari dalam ruang bakar sehingga gas buang tidak dapat keluar seluruhnya, oleh karena itu dapat mengurangi jumlah udara yang masuk ke ruang bakar akibat ruang bakar yang sudah terisi sebagian oleh gas buang yang tertinggal di dalamnya.

Penyetelan celah katup buang yang rapat pada putaran mesin tinggi, berarti pembukaan katupnya lebih lama sehingga gas buang dapat dikeluarkan seluruhnya dari dalam ruang bakar dengan waktu yang lebih cepat jika dibandingkan dengan penyetelan celah katup buang yang rapat pada putaran mesin rendah, oleh karena itu jumlah udara yang masuk ke ruang bakar dapat lebih banyak akibat ruang bakar yang kosong.

Penyetelan celah katup buang yang renggang pada putaran mesin rendah, berarti pembukaan katupnya lebih singkat sehingga gas buang tidak dapat dikeluarkan seluruhnya dari dalam ruang bakar karena untuk mengeluarkan gas buang tersebut membutuhkan waktu yang lebih lama jika dibandingkan dengan penyetelan celah katup buang yang renggang pada putaran mesin tinggi oleh

karena itu jumlah udara yang masuk ke ruang bakar menjadi lebih sedikit akibat ruang bakar yang sudah terisi sebagian oleh gas buang yang tertinggal di dalamnya.

Efisiensi volumetrik rata-rata yang tertinggi dihasilkan oleh penyetelan celah katup buang 0,2 mm, namun penyetelan celah katup buang yang terbaik adalah pada celah katup buang 0,4 mm yang sesuai dengan spesifikasi mesin, harapannya agar pada kondisi putaran mesin tertentu efisiensi volumetrik rata-rata tetap tercapai dengan maksimum.

Penyetelan celah katup buang yang sesuai dengan spesifikasi mesin supaya diperoleh ketepatan waktu saat membuka dan menutupnya katup sehingga diperoleh tenaga mesin yang optimal. Apabila celah katup terlalu renggang maka menimbulkan bunyi yang berisik dan tekanan kompresi menjadi menurun, karena jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar sedikit. Sebaliknya jika celah katup terlalu rapat akibatnya kebocoran pada langkah kompresi, karena pembukaan katupnya terlalu lama sehingga gas di dalam ruang bakar menjadi bocor saat dikompresikan. Oleh karena itu besarnya celah katup haruslah sesuai dengan spesifikasi mesin, bila tidak maka efek yang ditimbulkan seperti yang telah diuraikankan di atas

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa ada perubahan terhadap efisiensi volumetrik rata-rata dari variasi penyetelan celah katup buang. Penyetelan celah katup buang 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 variasi celah katup buang, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan juga cenderung meningkat. Pada putaran mesin sampai dengan 1600 rpm, efisiensi volumetrik rata-rata yang dihasilkan meningkat, namun pada putaran mesin di atas 1600 rpm, efisiensi volumetrik rata-ratanya menurun. Hal ini dikarenakan kecepatan udara yang masuk ke ruang bakar tidak mampu mengimbangi putaran mesin sehingga efisiensi volumetrik rata-ratanya menurun. Efisiensi volumetrik rata-rata yang terbaik dihasilkan oleh penyetelan celah katup buang 0,4 mm yang mana sesuai dengan spesifikasi mesin. Penyetelan celah katup buang yang sesuai dengan spesifikasi mesin supaya diperoleh ketepatan waktu saat membuka dan menutupnya katup sehingga diperoleh tenaga mesin yang optimal.

## **B. Saran**

1. Sebaiknya penyetelan celah katup buang harus sesuai dengan spesifikasi mesin, harapannya agar pada kondisi putaran mesin tertentu efisiensi volumetrik rata-rata tetap tercapai dengan maksimum.
2. Untuk menghindari celah katup buang 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.
- Teiseran, E. 1999. *Teknik Motor*. Yogyakarta. Liberty



## Lampiran 1

### Contoh Perhitungan Dalam Pengolahan Data Penelitian

Aliran udara pada mesin empat silinder empat langkah dengan bahan bakar solar murni. Untuk putaran mesin 1600 rpm dengan celah katup 0,2 mm.

Data-data pengukuran yang diketahui sebagai berikut:

- p pada manometer ( $\Delta H$ ) : 28 mmH<sub>2</sub>O
- Temperatur ruang (T) : 30°C
- Tekanan udara (p) : 760 mmHg
- Diameter orifice (d) : 50 mm
- Diameter silinder (D) : 88 mm
- Panjang langkah (L) : 92 mm

### Menentukan Laju Aliran Massa Udara Yang Masuk Ke Dalam Silinder

Dari persamaan (Mathur dan Sharma, 1980 : hal 531)  $p = \rho_{udara} \times R \times T$ , maka

$$\rho_{udara} = p/RT \quad (1)$$

Harga R untuk udara adalah (Chengel dan Boles, 1994 : hal 65)

$$R = 287 \text{ Pa.m}^3/\text{kg.K} = 287 \text{ N/m}^2 \text{ m}^3/\text{kg.K} = 287 \text{ N.m/kg.K}$$

$$= \frac{287}{9,81} \text{ kg.m/kg.K}$$

$$= 29,26 \text{ kg.m/kg.K}$$

Dari persamaan (1) maka densitas udara dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\rho_{udara} &= \{760 (1,013 \times 10^5) \text{ Pa}\} / \{29,26 \text{ m/K} \times (30 + 273)\text{K}\} \\ &= \{1(1,013 \times 10^5 / 9,81) \text{ kg/m}^2\} / \{29,26 \text{ m/K} \times 303 \text{ K}\} \\ &= \{1(1,033 \times 10^4) \text{ kg/m}^2\} / \{8865,78 \text{ m}\} \\ &= 1,165 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Kecepatan udara masuk berdasarkan beda tekanan manometer pada saluran masuk udara dihitung dengan rumus (Mathur dan Sharma, 1980 : hal 530 - 531) :

$$C = \sqrt{2 g H_{udara}} \quad (2)$$

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 (2) dapat ditulis :

$$C = \sqrt{\frac{2g(H_{air} \times \rho_{air})}{\rho_{udara}}} \quad (3)$$

Dari data yang ada, maka kecepatan udara masuk adalah :

$$C = \sqrt{\frac{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 (0,028 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3)}{1,165 \text{ kg/m}^3}} = 21,71 \text{ m/s}$$

Dari sifat-sifat udara ( Borman dan Raglan, 1998 hal 572) harga  $\mu$  untuk udara dihitung dengan interpolasi :

$$(\mu - 1,853) / (2,294 - 1,853) = (303 - 300) / (400 - 303)$$

$$\mu = 1,867 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

Angka *Reynolds* untuk aliran udara masuk adalah

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

$$Re = \frac{1,165 (kg/m^3) \cdot 21,71 (m/s) \cdot 0,05 (m)}{1,867 \times 10^{-5} (kg/m.s)} = 67735$$

Menentukan koefisien aliran K pada orifice :

$$K = Cd \cdot M$$

$$Cd = \text{Coeficient of discharge}$$

$$M = \text{Faktor kecepatan masuk}$$

$$M = \frac{1}{\sqrt{1 - (A_2 / A_1)}} \text{ , dimana :} \quad (4)$$

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

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

Sehingga harga  $(A_2/A_1)^2 \approx 0$ , karena harga dari M dari persamaan (4) sama dengan

1, maka  $K = Cd$ . Dengan rasio diameter orifice terhadap diameter pipa  $\beta = 0$ , dari

grafik koefisien aliran (Holman, 1994 hal 242) dengan angka Reynolds 67735

maka didapat harga  $K = Cd \approx 0,6$ . Dengan demikian laju aliran volume udara

dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q = Cd \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2g(H_{air} \times \rho_{air})}{\rho_{udara}}} \quad (5)$$

$$Q = 0,6 \cdot \pi/4 \cdot (0,05)^2 \text{ m}^2 \cdot 21,71 \text{ m/s} = 0,0256 \text{ m}^3/\text{s} = 2,56 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$$

Laju aliran massa udara dihitung dengan  $m_{\text{udara}} = Q \cdot \rho_{\text{udara}}$

$$\begin{aligned}
 &= 2,56 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} \times 1,165 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 2,982 \times 10^{-2} \text{ kg/s} \times 3600 \\
 &= 107,247 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Jadi laju aliran massa udara yang masuk ke dalam silinder adalah **107,247 kg/jam**

### Menghitung Efisiensi Volumetrik Rata-rata

Laju *swept* volume dari piston adalah

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{swept}} &= \frac{\left\{ \frac{\pi}{4} D^2 \times L \times N \times n \right\} / 2}{60} \\
 Q_{\text{swept}} &= \frac{\left\{ \frac{\pi}{4} (0,088)^2 \text{ m}^2 \times 0,092 \text{ m} \times 4 \times 1600 \text{ rpm} \right\} / 2}{60 \text{ s}} \\
 &= 0,0298 \text{ m}^3/\text{s} = 2,98 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi Volumetrik } (\eta_v) &= \frac{\text{Laju aliran volume udara aktual}}{\text{Laju aliran volume udara teoritis}} \\
 &= \frac{2,56 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}}{2,98 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}} = 85,72 \%
 \end{aligned}$$

Lampiran 2

Hasil Pengolahan Data Penelitian Efisiensi Volumetrik Rata-rata

rpm	Celah Katup Buang									
	0.2 mm		0.3 mm		0.4 mm		0.5 mm		0.6 mm	
	$\Delta H(\text{mm})$	$T(^{\circ}\text{C})$	$\Delta H(\text{mm})$	$T(^{\circ}\text{C})$	$\Delta H(\text{mm})$	$T(^{\circ}\text{C})$	$\Delta H(\text{mm})$	$T(^{\circ}\text{C})$	$\Delta H(\text{mm})$	$T(^{\circ}\text{C})$
1000	10	30	9	31	8	31	7	31	6	30.5
1000	10	30	9	31	8	31	7	31	6	30.5
1000	10	30	9	31.5	8	31	7	31	6	30.5
<b>1000</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>9</b>	<b>31.2</b>	<b>8</b>	<b>31</b>	<b>7</b>	<b>31</b>	<b>6</b>	<b>30.5</b>
1200	15	30	13	31	13	31	11	31	10	31
1200	15	30	14	31	13	31	11	31	10	31
1200	15	30	14	31	12	31	11	31	10	31
<b>1200</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>13.7</b>	<b>31</b>	<b>12.7</b>	<b>31</b>	<b>11</b>	<b>31</b>	<b>10</b>	<b>31</b>
1400	21	30	19	31	18	31	17	31	16	31
1400	21	30	19	31.5	18	31	17	31	16	31
1400	20	30	19	31.5	18	31	17	31	17	31
<b>1400</b>	<b>20.7</b>	<b>30</b>	<b>19</b>	<b>31.3</b>	<b>18</b>	<b>31</b>	<b>17</b>	<b>31</b>	<b>16.3</b>	<b>31</b>
1600	28	30	26	31.5	24	31	23	31	22	31
1600	28	30	25	31.5	24	31	23	31	22	31
1600	28	30	26	31.5	24	31	22	31	22	31
<b>1600</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>25.7</b>	<b>31.5</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>22.7</b>	<b>31</b>	<b>22</b>	<b>31</b>

Lanjutan

P (kg/cm <sup>2</sup> )	R (m/k)	Suhu Celcius (°C)					Suhu Kelvin (K)				
		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
1.033	29.26	30	31	31	31	30.5	303	304	304	304	303.5
1.033	29.26	30	31	31	31	30.5	303	304	304	304	303.5
1.033	29.26	30	31.5	31	31	30.5	303	304.5	304	304	303.5
<b>1.033</b>	<b>29.26</b>	<b>30</b>	<b>31.2</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>30.5</b>	<b>303</b>	<b>304.2</b>	<b>304</b>	<b>304</b>	<b>303.5</b>
1.033	29.26	30	31	31	31	31	303	304	304	304	304
1.033	29.26	30	31	31	31	31	303	304	304	304	304
1.033	29.26	30	31	31	31	31	303	304	304	304	304
<b>1.033</b>	<b>29.26</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>303</b>	<b>304</b>	<b>304</b>	<b>304</b>	<b>304</b>
1.033	29.26	30	31	31	31	31	303	304	304	304	304
1.033	29.26	30	31.5	31	31	31	303	304.5	304	304	304
1.033	29.26	30	31.5	31	31	31	303	304.5	304	304	304
<b>1.033</b>	<b>29.26</b>	<b>30</b>	<b>31.3</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>303</b>	<b>304.3</b>	<b>304</b>	<b>304</b>	<b>304</b>
1.033	29.26	30	31.5	31	31	31	303	304.5	304	304	304
1.033	29.26	30	31.5	31	31	31	303	304.5	304	304	304
1.033	29.26	30	31.5	31	31	31	303	304.5	304	304	304
<b>1.033</b>	<b>29.26</b>	<b>30</b>	<b>31.5</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>303</b>	<b>304.5</b>	<b>304</b>	<b>304</b>	<b>304</b>

Lanjutan

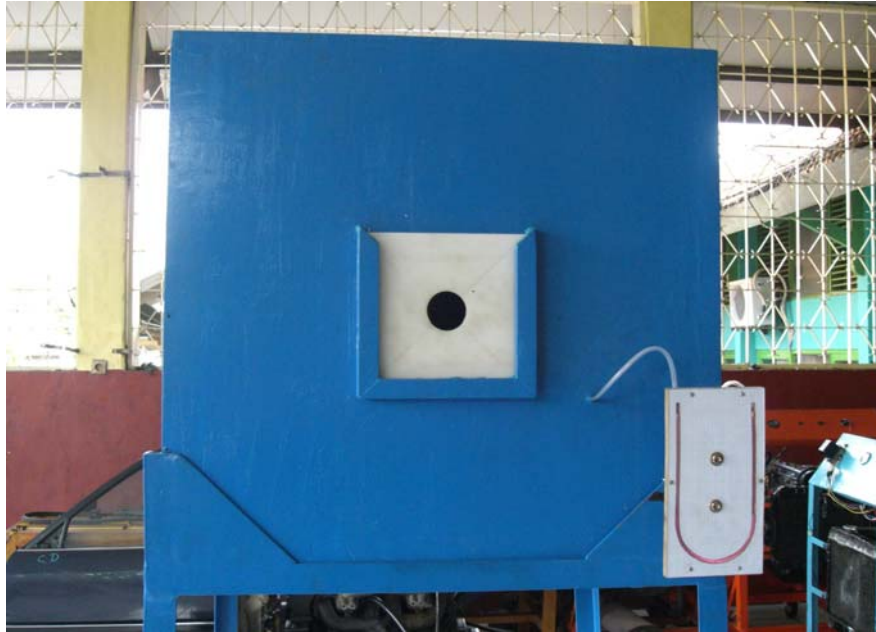
Densitas Udara (kg/m <sup>3</sup> )					Laju Aliran Volume Udara (m <sup>3</sup> /s)					Laju Aliran Massa Udara (kg/jam)				
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
1.165	1.161	1.161	1.161	1.163	0.0153	0.0145	0.0137	0.0128	0.0118	64.092	60.703	57.231	53.535	49.605
1.165	1.161	1.161	1.161	1.163	0.0153	0.0145	0.0137	0.0128	0.0118	64.092	60.703	57.231	53.535	49.605
1.165	1.159	1.161	1.161	1.163	0.0153	0.0145	0.0137	0.0128	0.0118	64.092	60.653	57.231	53.535	49.605
<b>1.165</b>	<b>1.161</b>	<b>1.161</b>	<b>1.161</b>	<b>1.163</b>	<b>0.0153</b>	<b>0.0145</b>	<b>0.0137</b>	<b>0.0128</b>	<b>0.0118</b>	<b>64.092</b>	<b>60.686</b>	<b>57.231</b>	<b>53.535</b>	<b>49.605</b>
1.165	1.161	1.161	1.161	1.161	0.0187	0.0175	0.0175	0.0161	0.0153	78.496	72.956	72.956	67.110	63.987
1.165	1.161	1.161	1.161	1.161	0.0187	0.0181	0.0175	0.0161	0.0153	78.496	75.710	72.956	67.110	63.987
1.165	1.161	1.161	1.161	1.161	0.0187	0.0181	0.0168	0.0161	0.0153	78.496	75.710	70.094	67.110	63.987
<b>1.165</b>	<b>1.161</b>	<b>1.161</b>	<b>1.161</b>	<b>1.161</b>	<b>0.0187</b>	<b>0.0179</b>	<b>0.0172</b>	<b>0.0161</b>	<b>0.0153</b>	<b>78.496</b>	<b>74.803</b>	<b>72.015</b>	<b>67.110</b>	<b>63.987</b>
1.165	1.161	1.161	1.161	1.161	0.0221	0.0211	0.0205	0.0200	0.0194	92.878	88.199	85.847	83.428	80.937
1.165	1.159	1.161	1.161	1.161	0.0221	0.0211	0.0205	0.0200	0.0194	92.878	88.127	85.847	83.428	80.937
1.165	1.159	1.161	1.161	1.161	0.0216	0.0211	0.0205	0.0200	0.0200	90.640	88.127	85.847	83.428	83.428
<b>1.165</b>	<b>1.160</b>	<b>1.161</b>	<b>1.161</b>	<b>1.161</b>	<b>0.0220</b>	<b>0.0211</b>	<b>0.0205</b>	<b>0.0200</b>	<b>0.0196</b>	<b>92.138</b>	<b>88.151</b>	<b>85.847</b>	<b>83.428</b>	<b>81.776</b>
1.165	1.159	1.161	1.161	1.161	0.0256	0.0247	0.0237	0.0232	0.0227	107.247	103.091	99.128	97.041	94.907
1.165	1.159	1.161	1.161	1.161	0.0256	0.0242	0.0237	0.0232	0.0227	107.247	101.089	99.128	97.041	94.907
1.165	1.159	1.161	1.161	1.161	0.0256	0.0247	0.0237	0.0227	0.0227	107.247	103.091	99.128	94.907	94.907
<b>1.165</b>	<b>1.159</b>	<b>1.161</b>	<b>1.161</b>	<b>1.161</b>	<b>0.0256</b>	<b>0.0245</b>	<b>0.0237</b>	<b>0.0230</b>	<b>0.0227</b>	<b>107.247</b>	<b>102.428</b>	<b>99.128</b>	<b>96.335</b>	<b>94.907</b>

Lanjutan

Laju Swept Volume Piston (m <sup>3</sup> /s)	Efisiensi Volumetrik Rata-rata (%)				
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.0186	81.96	77.89	73.43	68.69	63.54
0.0186	81.96	77.89	73.43	68.69	63.54
0.0186	81.96	77.95	73.43	68.69	63.54
<b>0.0186</b>	<b>81.96</b>	<b>77.91</b>	<b>73.43</b>	<b>68.69</b>	<b>63.54</b>
0.0224	83.65	78.01	78.01	71.75	68.42
0.0224	83.65	80.95	78.01	71.75	68.42
0.0224	83.65	80.95	74.94	71.75	68.42
<b>0.0224</b>	<b>83.65</b>	<b>79.98</b>	<b>77.00</b>	<b>71.75</b>	<b>68.42</b>
0.0261	84.84	80.83	78.68	76.46	74.18
0.0261	84.84	80.90	78.68	76.46	74.18
0.0261	82.80	80.90	78.68	76.46	76.46
<b>0.0261</b>	<b>84.16</b>	<b>80.88</b>	<b>78.68</b>	<b>76.46</b>	<b>74.94</b>
0.0298	85.72	82.80	79.49	77.82	76.11
0.0298	85.72	81.20	79.49	77.82	76.11
0.0298	85.72	82.80	79.49	76.11	76.11
<b>0.0298</b>	<b>85.72</b>	<b>82.27</b>	<b>79.49</b>	<b>77.25</b>	<b>76.11</b>



## Dokumentasi Penelitian



**Gambar 1.** *Air box meter*



**Gambar 2.** *Pemasangan air box meter pada mesin*



**Gambar 3. Tool sets**



**Gambar 4. Penyetelan celah katup buang**



**Gambar 5. Pengukuran putaran mesin dengan *tachometer* diesel**



**Gambar 6. Pembacaan *manometer***



**Gambar 7. Penulisan data penelitian pada lembar observasi**