

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Motor bakar mulai dikembangkan pada akhir abad 17 pada saat terjadinya revolusi industri di Inggris. Seiring berkembangnya jaman motor bakar telah digunakan dalam berbagai bidang seperti transportasi, pembangkit listrik, pertanian, industri dan lain-lain untuk membantu kegiatan manusia sehari-hari. Motor bensin (*Spark Ignition Engine*) adalah salah satu jenis dari motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) yang banyak digunakan dalam bidang transportasi. Perkembangan motor bensin umumnya dititik beratkan pada torsi dan daya yang dihasilkan, kandungan emisi gas buang, serta kenyamanan dalam pemakaiannya. Dalam kenyataannya pabrikan motor baru masih belum maksimal dalam menghasilkan tenaga dari mesin, terutama di medan yang sulit dan tanjakan di daerah pegunungan yang memerlukan torsi dan daya yang besar dari motor bakar tersebut.

Berawal dari pemikiran tersebut, upaya untuk mengatasi kurangnya performa pada motor bakar 4 langkah, salah satunya dengan merubah dimensi *exhaust valve* dengan diameter lebih besar dari ukuran standar yang bertujuan untuk mengeluarkan gas sisa pembakaran didalam silinder, sehingga tidak akan mengotori campuran antara bahan bakar dan udara barunya. Dengan campuran bahan bakar dan udara yang bersih maka temperatur dan tekanan yang terjadi pada saat pembakaran di ruang bakar akan meningkat, sehingga performa pada motor bakar akan meningkat.

Penelitian mengenai pengaruh *valve* telah dilakukan diantaranya oleh Poernomo (2011), yang meneliti mengenai pengaruh ukuran diameter *intake* dan *exhaust valve* terhadap kinerja motor bakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *intake* dan *exhaust valve* Suzuki Shogun pada motor Supra X 125 mampu meningkatkan daya sebesar 10,4% dan torsi sebesar 2,29%, serta penggunaan *intake* dan *exhaust valve* Honda Sonic mampu meningkatkan daya sebesar 75,4% dan torsi sebesar 163,3%.

Pada penelitian ini, akan diteliti pengaruh dimensi *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bakar 4 langkah. Unjuk kerja pada motor yang diteliti adalah torsi, daya, konsumsi bahan bakar serta kadar CO dan HC dalam gas buang. Perubahan *valve* yang dilakukan hanya pada *exhaust valve*. Dimensi *exhaust valve* yang digunakan adalah 22 mm (standar), 22,5 dan 23 mm. Pada penelitian Poernomo (2011) perubahan yang

dilakukan yaitu dimensi *intake* dan *exhaust valve*, sedangkan unjuk kerja yang diteliti hanyalah torsi dan daya.

### 1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh diameter *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah.

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan permasalahan pada penelitian ini meliputi :

1. Motor yang digunakan adalah Suzuki shogun 110 cc, tahun 2000. Dengan asumsi kendaraan dalam kondisi baik dan standar.
2. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah premium.
3. Lubang *exhaust* juga diperluas.
4. Kinerja yang diteliti adalah torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik serta kadar CO dan HC dalam emisi gas buang.
5. Sudut pengapian dan *timing* buka tutup katup sama.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh diameter *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1 Menambah pengetahuan baru didalam mengembangkan pengetahuan dibidang teknologi konversi energi khususnya motor bakar.
- 2 Mendapatkan *performance* motor bensin yang lebih baik dengan merubah diameter *exhaust valve* pada motor bensin 4 langkah.
- 3 Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan diameter *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah.
- 4 Sebagai media untuk mengaplikasikan teori yang diperoleh selama perkuliahan, khususnya mengenai koversi energi.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Sukidjo (2008) melakukan penelitian mengenai durasi buka tutup katup terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah. Pada penelitian ini durasi yang digunakan adalah  $210^\circ$ ,  $240^\circ$ ,  $270^\circ$  dan  $290^\circ$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya mesin terbesar 7,3 HP, pada putaran 10.000 rpm dengan durasi buka tutup katup  $290^\circ$  dan torsi terbesar 8 N.m, pada putaran 4000 rpm dengan durasi  $240^\circ$ . Untuk konsumsi bahan bakar terendah 3,32 ml/HP.jam, pada putaran 10.000 rpm dengan durasi  $210^\circ$ . Sedangkan untuk emisi gas karbon monoksida mulai putaran 7.000 rpm, konsentrasi CO menurun seiring bertambahnya durasi buka tutup katup, dan pada putaran 10.000 rpm, konsentrasi CO terkecil pada durasi buka tutup katup  $290^\circ$ .

Poernomo (2011) melakukan penelitian tentang pengaruh dimensi *intake* dan *exhaust valve* terhadap torsi dan daya. Penelitian dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja motor bensin bersilinder tunggal dari Honda Supra X. Pengujian dilakukan pada kepala silinder dengan katup *intake* dan *exhaust* standar, kepala silinder dengan katup *intake* dan *exhaust* Suzuki Shogun, dan kepala silinder dengan katup *intake* dan *exhaust* Honda Sonic. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan katup Suzuki Shogun dengan ukuran *intake* 25 mm dan *exhaust* 22 mm mampu meningkatkan daya 10,4% dan torsi 2,29% serta penggunaan katup Honda Sonic dengan ukuran *intake* 28 mm dan *exhaust* 25 mm mampu meningkatkan daya sebesar 75,4% dan torsi sebesar 163,3%.

### 2.2 Pengertian Umum Motor Bensin

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Mesin yang bekerja dengan cara seperti ini disebut motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*). Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut motor pembakaran luar (*External Combustion Engine*).

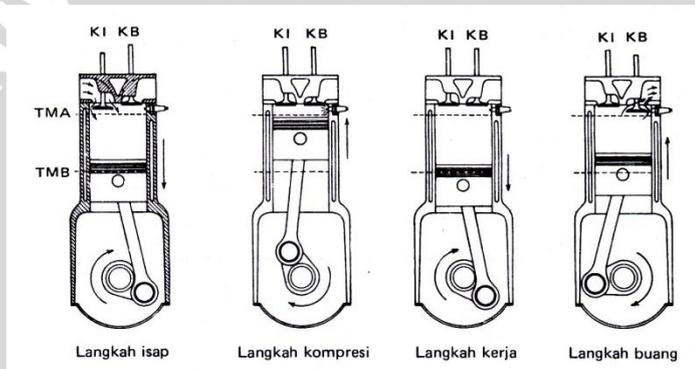
Motor pembakaran dalam adalah mesin yang memanfaatkan fluida kerja/gas panas hasil pembakaran, di mana antara medium yang memanfaatkan fluida kerja dengan fluida kerjanya tidak dipisahkan oleh dinding pemisah. Mesin-mesin konversi

energi yang dapat diklasifikasikan ke dalam mesin jenis ini di antaranya adalah motor bensin dan motor diesel.

Motor bensin (*Spark Ignition Engine*) atau motor Otto merupakan mesin pengkonversi energi tak langsung, yaitu energi bahan bakar dirubah menjadi energi panas kemudian baru menjadi energi mekanis. Jadi energi kimia bahan bakar tidak dikonversikan langsung menjadi energi mekanis.

### 2.3 Siklus Ideal Motor Bensin

Motor bensin 4 langkah adalah motor yang setiap empat langkah torak/piston (dua putaran engkol) sempurna menghasilkan satu langkah kerja. Penjelasan mengenai setiap langkah pada siklus ideal motor bensin :



Gambar 2.1 Prinsip kerja motor 4 langkah  
Sumber : Arismunandar (2005:8)

#### 1) Langkah isap.

Prosesnya adalah :

1. Piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB).
2. Katup buang tertutup dan katup masuk terbuka, bahan bakar masuk ke silinder.
3. Tekanan negatif piston menghisap kabut udara-bahan bakar masuk ke silinder.

#### 2) Langkah kompresi.

Prosesnya sebagai berikut :

1. Piston bergerak kembali dari TMB ke TMA.
2. Katup masuk menutup, katup buang tetap tertutup.
3. Bahan bakar termampatkan ke dalam kubah pembakaran, sehingga suhu dan tekanan akan naik.

4. Sekitar  $\pm 8$  derajat sebelum TMA, busi mulai menyalakan bunga api dan memulai proses pembakaran.

### 3) Langkah kerja.

Prosesnya sebagai berikut :

1. Saat ini kedua katup dalam keadaan tertutup.
2. Gas terbakar dengan tekanan yang tinggi akan mengembang kemudian menekan torak kebawah dari TMA ke TMB
3. menjelang akhir langkah usaha katup masuk menutup penuh dan katup buang mulai sedikit terbuka.
4. Terjadi transformasi gerak bolak-balik piston menjadi energi rotasi pada poros engkol.

### 4) Langkah buang (*Exhaust stroke*).

Prosesnya adalah :

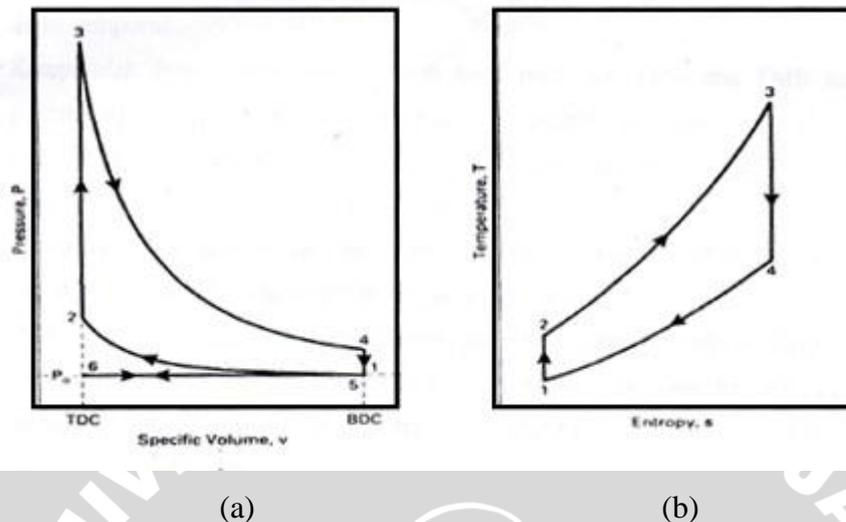
1. Katup buang terbuka sempurna, katup masuk menutup penuh.
2. Torak bergerak dari TMB ke TMA
3. Gas sisa hasil pembakaran didesak keluar oleh piston melalui lubang buang menuju knalpot.

Pembukaan dan penutup katup harus sesuai dengan proses kerja motor. Seperti dijelaskan pada prinsip kerja motor 4 tak, waktu pembukaan dan penutupan katup adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Posisi katup hisap dan katup buang tiap langkah piston

Langkah	Gerakan Piston	Katup Hisap	Katup Buang
Hisap	TMA ke TMB	<b>Terbuka</b>	Tertutup
Kompresi	TMB ke TMA	Tertutup	Tertutup
Usaha	TMA ke TMB	Tertutup	Tertutup
Buang	TMB ke TMA	Tertutup	<b>Terbuka</b>

Siklus kerja pada motor bensin empat langkah disebut juga dengan siklus volume konstan dikarenakan pemasukan kalor terjadi pada volume konstan. Adapun dari langkah dalam siklus motor bensin 4 langkah yang telah dijelaskan di atas, apabila digambarkan dalam bentuk diagram p-V dan T-s dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 (a) Diagram p-v siklus volume konstan  
 (b) Diagram T-s siklus volume konstan  
 Sumber : Pulkrabek (1997 : 75)

Keterangan mengenai proses siklus volume konstan adalah sebagai berikut :

- 1) 6-1 : langkah hisap yang terjadi pada tekanan konstan (isobarik) dan temperatur konstan (isotermik).
- 2) 1-2 : proses kompresi pada entropi konstan (isentropik). Pada proses 1-2 terjadi penyalaan oleh busi untuk melakukan pembakaran bahan bakar.
- 3) 2-3 : proses pemasukan kalor pada volume konstan (isokhorik).
- 4) 3-4 : langkah kerja atau *ekspansi* yang terjadi secara entropi konstan (isentropik).
- 5) 4-1 : proses pengeluaran kalor pada volume konstan (isokhorik).
- 6) 1-6 ; pengeluaran sisa kalor (langkah buang) pada tekanan konstan (isobarik) dan temperatur konstan (isotermik).

#### 2.4 Siklus Aktual Motor Bensin

Efisiensi siklus aktual jauh lebih rendah dari pada efisiensi siklus teoritis karena berbagai penyimpangan yang terjadi dalam operasi mesin (Arismunandar, 2005:29). Penyimpangan-penyimpangan itu antara lain:

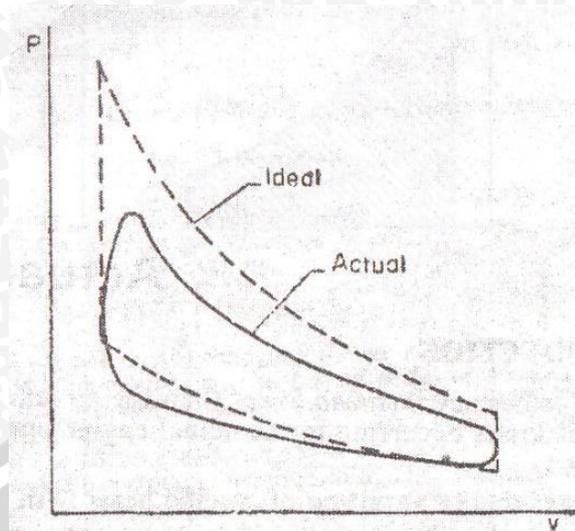
1. Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup yang tidak sempurna.

2. Katup tidak dapat terbuka dan tertutup tepat pada saat TMA dan TMB karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaman fluida kerja. Kerugian tersebut dapat diperkecil bila saat pembukaan dan penutupan katup disesuaikan dengan besarnya beban dan kecepatan torak.
3. Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung
4. Proses pembakaran memerlukan waktu, jadi tidak berlangsung sekaligus. Akibatnya, proses pembakaran berlangsung pada volume ruang bakar yang berubah-ubah karena gerakan dari torak. Dengan demikian, proses pembakaran harus sudah dimulai beberapa derajat sudut engkol sebelum torak mencapai TMA dan berakhir beberapa derajat sudut engkol sesudah torak bergerak kembali dari TMA menuju TMB.

Jadi, proses pembakaran tidak dapat berlangsung pada volume atau pada tekanan yang konstan. Di samping itu, pada kenyataannya tidak pernah terjadi pembakaran sempurna. Karena itu daya dan efisiensinya sangatlah bergantung kepada perbandingan campuran bahan bakar dan udara, kesempurnaan bahan bakar-udara itu bercampur, dan saat penyalaan.

5. Terdapat kerugian kalor yang disebabkan oleh perpindahan kalor dari fluida kerja ke fluida pendingin, terutama pada langkah kompresi, ekspansi, pada waktu gas buang meninggalkan silinder. Perpindahan kalor tersebut terjadi karena terdapat perbedaan temperatur antara fluida kerja dan fluida pendingin. Fluida pendingin diperlukan untuk mendinginkan bagian mesin yang menjadi panas, untuk mencegah bagian tersebut dari kerusakan.
6. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke dalam atmosfer sekitar. Energi tersebut tak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik.
7. Terdapat kerugian karena gesekan antara fluida kerja dengan dinding salurannya.

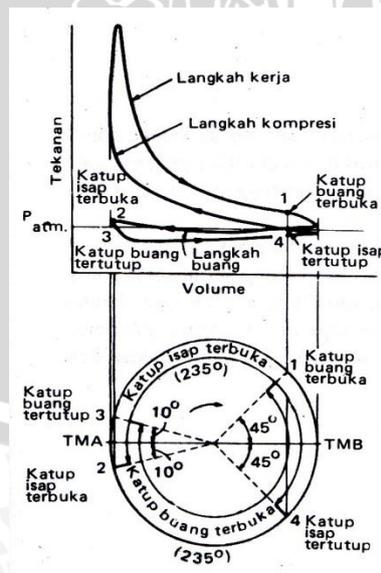
Dalam diagram p-V, perbedaan antara siklus teoritis dan siklus aktual dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Perbandingan siklus teoritis dengan siklus aktual untuk mesin bensin  
 Sumber : Arismunandar (2005:31)

### 2.5 Diagram Pengaturan Katup

Pada keadaan ideal, terbuka dan tertutupnya katup isap dan buang terjadi di titik mati. Katup mulai terbuka saat posisi torak berada di TMA, sedangkan katup buang mulai terbuka saat posisi torak berada di TMB. Pada keadaan aktual baik katup isap maupun katup buang mulai terbuka atau tertutup sempurna beberapa saat sebelum atau sesudah titik mati. Pengaturan waktu terbuka dan tertutupnya katup isap maupun katup buang dijelaskan seperti gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 : Diagram pengaturan katup dengan grafik tekanan *versus* volume untuk motor empat langkah  
 Sumber : Arismunandar (2005: 31)

- a) Pada Langkah isap, torak bergerak dari TMA ke TMB, sudut putar engkol dari  $0^\circ$ - $180^\circ$  dan katup isap terbuka. Namun katup isap mulai terbuka sebelum torak mencapai TMA ( $\theta = -10^\circ$ ) untuk memperoleh kerapatan gas yang maksimum sehingga dapat diperoleh pemasukan udara dan bahan bakar yang lebih besar ke dalam silinder.
- b) Pada langkah kompresi, torak bergerak dari TMB ke TMA, sudut putar engkol dari  $180^\circ$ - $360^\circ$  dan katup isap tertutup. Namun katup isap mulai tertutup sempurna setelah torak melewati TMB ( $\theta = 225^\circ$ ).
- c) Pada langkah ekspansi, torak bergerak dari TMA ke TMB, sudut putar engkol dari  $360^\circ$ - $540^\circ$  dan katup buang tertutup. Namun katup buang telah mulai terbuka sebelum torak mencapai TMB ( $\theta = 585^\circ$ ).
- d) Pada langkah buang, torak bergerak dari TMB ke TMA, sudut putar engkol dari  $540^\circ$ - $720^\circ$  dan katup buang terbuka. Namun katup buang mulai tertutup sempurna setelah torak melewati TMA ( $\theta = +10^\circ$ ).

Dari diagram siklus aktual motor bensin empat langkah yang dihubungkan dengan diagram waktu katup tersebut menunjukkan pembukaan dan penutupan katup masuk dan buang yang periodenya dinyatakan dalam derajat sudut putaran poros engkol. Impitan katup (*valve overlap*) adalah periode saat katup masuk dan katup buang sama-sama dalam keadaan terbuka dan udara yang masuk dapat ikut mendorong sisa-sisa gas hasil pembakaran ke luar melalui katup buang selain dapat menyebabkan fluida kerja ikut mengalir keluar yang menyebabkan kerugian yang cukup besar pada kondisi aktual. Kejadian ini disebut pembilasan (*scavenging*).

Katup dikatakan mendahului bila terbuka sebelum titik matinya dan dikatakan terlambat bila tertutup sesudah titik matinya. Secara teoritis, semestinya katup terbuka dan tertutup tepat pada saat torak mencapai titik-titik matinya pada motor bensin empat langkah. Tetapi dalam prakteknya hal tersebut tidak dapat terlaksana.

## 2.6 Pembakaran dalam Motor Bensin

Pembakaran terjadi karena ada tiga komponen yang bereaksi, yaitu bahan bakar, oksigen dan panas, jika salah satu komponen tersebut tidak ada maka tidak akan timbul reaksi pembakaran.



Gambar 2.5 Skema pembakaran sempurna pada mesin bensin  
Sumber : Syahrani (2006:261)

Gambar 2.5 di atas merupakan reaksi pembakaran sempurna, dimana diasumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna dengan perbandingan udara dan bahan bakar 14,7 : 1. Perbandingan campuran ini disebut AFR atau perbandingan udara dan bensin (bahan bakar).

Persamaan reaksi pembakaran sempurna adalah sebagai berikut :



dimana  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  adalah bahan bakar yang digunakan adalah bensin, kemudian oksigen ( $\text{O}_2$ ) dari udara. Setelah pembakaran berlangsung maka terbentuk yang namanya gas buang yaitu karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang lepas ke udara dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Perlu juga diketahui bahwa jika dilihat pada prakteknya pembakaran dalam mesin sebenarnya tidak pernah terjadi pembakaran dengan sempurna meskipun mesin sudah dilengkapi dengan sistem kontrol yang canggih. Pembakaran tidak sempurna terjadi karena :

- Waktu pembakaran singkat
- *Overlapping* katup
- Udara yang masuk tidak murni hanya oksigen
- Bahan bakar yang masuk tidak murni
- Kompresi tidak terjamin rapat sempurna.

Pembakaran tidak sempurna itu menghasilkan gas buang beracun, misalnya CO, HC,  $\text{NO}_x$ , Pb,  $\text{CO}_2$  dan juga masih menyisakan oksigen disaluran gas buang.

## 2.7 Parameter Unjuk Kerja Motor Bakar Torak

Karakteristik suatu mesin dapat diketahui melalui parameter-parameter unjuk kerjanya (*performance*), sehingga akan dapat ditentukan bagaimana keadaan yang paling ideal. Dengan diketahuinya keadaan paling ideal tersebut pemakaian mesin dapat seefisien mungkin.

Beberapa parameter unjuk kerja yang akan dicari pada penelitian ini adalah sebagai berikut : torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif dan analisa gas buang.

### 2.7.1 Torsi

Torsi merupakan momen putar yang dihasilkan oleh poros. Besarnya torsi suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut *dynamometer*, yang akan menunjukkan besarnya gaya atau beban pengereman pada poros. Sehingga harga torsi dapat dicari mengalikan besarnya beban pengereman dengan panjang lengan yang menghubungkan timbangan dengan poros. Besarnya torsi dapat dirumuskan :

$$T = F \cdot L \quad (\text{Soenarto, 1985: 11}) \quad (2.1)$$

Keterangan :

T = torsi yang dihasilkan (kg.m)

F = besarnya beban pada timbangan (kg)

L = panjang lengan dynamometer (m)

### 2.7.2 Daya Efektif/Daya Poros (Ne)

Daya efektif merupakan daya yang dihasilkan poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya efektif ini dibangkitkan oleh daya indikasi, yaitu suatu daya yang dihasilkan oleh torak, dimana sebagian daya ini digunakan untuk mengatasi gesekan mekanis, misalnya gesekan antara torak dan dinding silinder, gesekan antara poros dan bantalan, untuk menggerakkan peralatan bantu (pompa pelumas) dan lainnya. Daya efektif didapatkan dengan mengalikan torsi (T) dengan kecepatan angular poros ( $\omega$ ).

Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$Ne = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (m \cdot kg/s)$$

$$Ne = \frac{T \cdot n}{716,2} \quad (\text{HP}) \quad (\text{Petrovsky, 1968: 99}) \quad (2.2)$$

Keterangan :

Ne = daya efektif (HP)

T = torsi (kg.m)

$\omega$  = kecepatan angular poros engkol (rad/s)

n = putaran poros engkol (rpm)

### 2.7.3 Specific Fuel Consumption effective (SFCe)

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (*Effective Fuel Consumption*) adalah banyaknya bahan yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif 1 HP selama 1 jam. Nilai konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe) didapatkan dari nilai konsumsi bahan bakar dan daya efektif yang telah diperoleh. Nilai ini didapatkan dengan rumusan sebagai berikut :

$$\text{SFCe} = \frac{FC}{Ne} \quad (\text{Petrovsky, 1968; 63}) \quad (2.3)$$

Keterangan :

SFCe = konsumsi bahan bakar spesifik efektif (kg/HP.jam)

FC = penggunaan bahan bakar tiap jam (kg/jam)

Ne = daya efektif (HP)

### 2.7.4 Analisa Gas Buang

Sisa hasil pembakaran pada motor bakar adalah berupa gas CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, HC dan polutan-polutan. Namun sebagian besar kandungan gas buang tersebut adalah CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>. Emisi gas buang yang dianalisis pada penelitian ini adalah CO dan HC, karena gas CO dan HC merupakan salah satu indikator sempurna atau tidaknya pembakaran yang terjadi. Kadar emisi gas CO dan HC dapat diukur dengan menggunakan *gas analyzer*.

#### a. Gas CO

Gas CO dihasilkan dari proses pembakaran suatu bahan bakar yang tidak sempurna terjadi salah satunya akibat dari kebocoran katup yang menyebabkan terjadinya polusi udara.

Reaksi aktual yang terjadi dalam pembakaran:



Gas CO ini bersifat racun terhadap tubuh karena bila masuk ke dalam darah, CO dapat bereaksi dengan Hemoglobin (Hb) untuk membentuk *Carboxyhemoglobin* (COHb). Bila reaksi tersebut terjadi, maka kemampuan darah mengangkut O<sub>2</sub> untuk kepentingan pembakaran dalam tubuh akan menjadi berkurang. Hal ini disebabkan karena kemampuan Hb untuk mengikat CO jauh lebih besar (sekitar 200 kali lebih) dibandingkan kemampuan Hb

untuk mengikat  $O_2$ . Selain itu kandungan COHb dalam darah dapat menyebabkan terganggunya sistem urat saraf dan fungsi tubuh pada konsentrasi rendah (2-10%) dan bisa menyebabkan kematian pada konsentrasi tinggi (>10%).

b. HC (*Hydrocarbon*)

HC adalah senyawa hidrokarbon yang tidak terbakar yang dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna. HC sangat terkait dengan efisiensi pembakaran dari bahan bakar. Reaksi pembakaran yang tidak sempurna ini bisa disebabkan oleh karena rendahnya rasio udara dan bahan bakar (AFR) atau karena percampuran udara dan bahan bakar yang tidak homogen. HC merupakan senyawa yang bila kandungannya tinggi di udara akan dapat mencemari lingkungan dan dapat menyebabkan gangguan penglihatan.

## 2.8 Katup (*Valve*)

### 2.8.1 Fungsi Katup

Katup dan mekanismenya berfungsi untuk mengatur masuk dan keluarnya gas baru dan gas bekas sesuai dengan durasi buka tutup katupnya. Untuk motor 4 tak selalu dilengkapi dengan *intake valve* dan *exhaust valve*.

### 2.8.2 Jenis-jenis Katup

Jenis – jenis katup dapat dibedakan sebagai berikut:

- Berdasarkan Fungsinya

- a. Katup hisap

Berfungsi sebagai untuk mengatur masuknya campuran bahan bakar dan udara pada saat langkah hisap.

- b. Katup buang

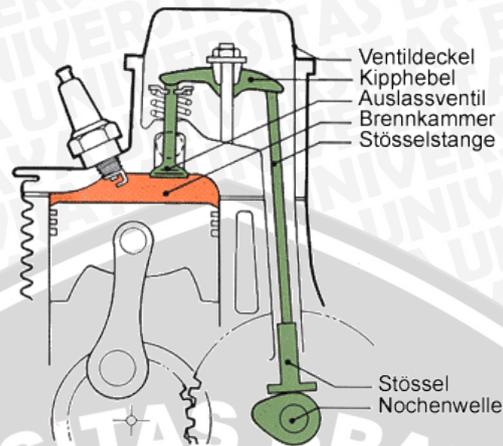
Berfungsi untuk untuk mengatur keluarnya gas sisa pembakaran pada langkah buang.

- Berdasarkan Mekanisme Katup

- a. OHV (*Over Head Valve*)

Letak poros nok disamping silinder, sedangkan letak katup di kepala silinder, untuk memindah gerakan membuka katup diperlukan *lifter*, *push*

*rod dan roker arm*. Tipe ini memungkinkan disain ruang bakar lebih baik. Digunakan pada tipe mesin V, horizontal dan opposed piston.

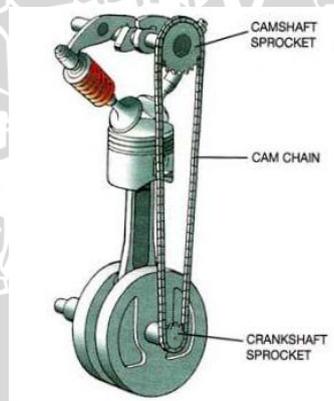


Gambar 2.6 Mekanisme katup OHV

Sumber : [www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin](http://www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin)

b. SOHC (*Single Over Head Camshaft*)

Jumlah poros nok sebuah (*single*), letak poros nok (*camshaft*) di kepala silinder. Letak katup di kepala silinder, katup ditekan *rocker arm*, *rocker arm* langsung ditekan oleh poros nok, jadi pada tipe ini *lifter* dan *push rod* sudah tidak diperlukan, sehingga komponen mekanisme katup lebih sedikit dan keterlambatan penutupan katup saat putaran tinggi dapat dikurangi.



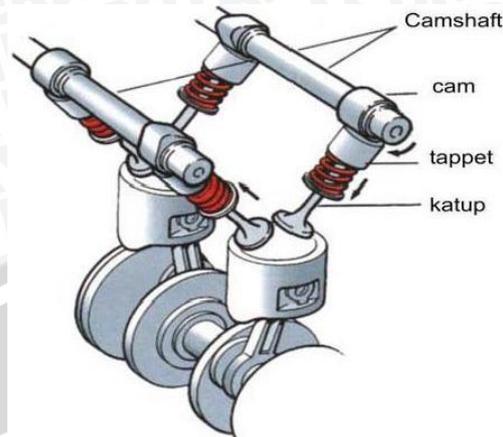
Gambar 2.7 Mekanisme katup SOHC

Sumber : [www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin](http://www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin)

c. DOHC (*Double Over Head Camshaft*)

Jumlah poros nok (*camshaft*) ada dua buah (*Double*) yang diletakkan di kepala silinder. Katup diletakkan di kepala silinder. Tipe DOHC mempunyai keunggulan dalam penempatan katup masuk maupun katup buang, disain ruang bakar lebih baik, total luasan saluran masuk dan buang

dapat ditingkatkan. Dengan keunggulan tersebut tipe ini banyak digunakan untuk mesin dengan jumlah katup lebih dari satu (*multi valve*).



Gambar 2.8 Mekanisme katup DOHC

Sumber : [www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin](http://www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin)

### 2.8.3 Bagian-bagian pada Mekanisme Katup

Mekanisme katup memiliki bagian-bagian sebagai berikut :

1. katup (*valve*), berfungsi membuka dan menutup saluran isap dan buang. Diameter katup isap dibuat lebih besar daripada diameter katup buang.



Gambar 2.9 Katup

Sumber : [www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin](http://www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin)

2. Dudukan pegas katup, sebagai tempat duduknya kepala katup dan pegasnya.



Gambar 2.10 Dudukan pegas katup

Sumber : [www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin](http://www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin)

3. Pegas katup, berfungsi mengembalikan katup pada kedudukan semula setelah katup bekerja (membuka).



Gambar 2.11 Pegas katup

Sumber : [www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin](http://www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin)

4. Tuas katup (*rocker arm*), berfungsi menekan batang katup, sehingga katup dapat membuka.



Gambar 2.12 *Rocker arm*

Sumber : [www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin](http://www.akukha.blogspotcom/2010/06/pemahaman-mesin-bensin)

## 2.9 Modifikasi *Exhaust Valve*

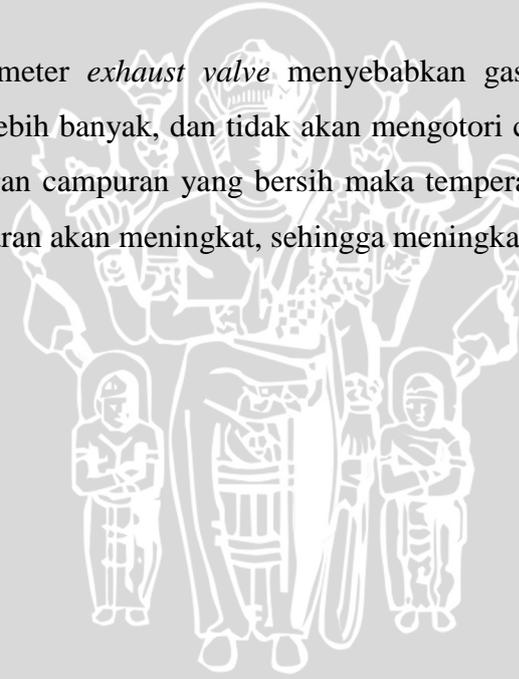
Dalam perkembangan dunia otomotif khususnya mesin SOHC para mekanik berusaha memodifikasi mesin motor untuk mendapatkan torsi dan daya yang besar. Salah satunya dengan cara memperbesar diameter *exhaust valve* yang bertujuan untuk mengeluarkan gas sisa pembakaran didalam silinder, sehingga tidak akan mengeruhkan campuran bahan bakar dan udara barunya. Dengan campuran bahan bakar dan udara yang bersih maka proses pembakaran yang terjadi akan sempurna. Pada gambar 2.13 terdapat gambar *intake valve* dan *exhaust valve* yang berukuran standar.



Gambar 2.13 *Intake valve* dan *exhaust valve*  
Sumber: Dokumentasi pribadi

### 2.10 Hipotesa

Memperbesar diameter *exhaust valve* menyebabkan gas sisa pembakaran di dalam silinder terbuang lebih banyak, dan tidak akan mengotori campuran bahan bakar dan udara barunya. Dengan campuran yang bersih maka temperatur dan tekanan yang terjadi pada saat pembakaran akan meningkat, sehingga meningkatkan unjuk kerja.



### BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu cara yang digunakan dalam penelitian sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian bisa dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*) yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk memperoleh data sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh. Eksperimen dilaksanakan di laboratorium motor bakar teknik mesin Universitas Brawijaya dengan kondisi dan peralatan yang disesuaikan guna memperoleh data tentang pengaruh diameter *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah.

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan 28 Oktober 2013 sampai dengan 12 Desember 2013 di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

#### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### 1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan nilainya dapat diubah-ubah untuk mendapatkan nilai variabel terikat dari obyek penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

Diameter *exhaust valve*: 22 (standar), 22,5 dan 23 mm.

##### 2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat yang diamati pada penelitian ini adalah :

- Torsi (T).
- Daya efektif (Ne).
- Komsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCE).
- Kandungan CO dan HC dalam gas buang.

### 3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya ditentukan peneliti dan dikondisikan konstan. Dalam penelitian ini variabel terkontrolnya adalah :

- Putaran mesin: 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 dan 6000 rpm.
- Temperatur ruangan 28° - 29°.

## 3.3 Peralatan Penelitian

### 3.3.1 Peralatan utama

Motor Suzuki shogun 110 cc, dengan spesifikasi:

Merk	: Suzuki shogun
Tipe mesin	: 4 langkah, SOHC, pendingin udara
Volume silinder	: 109 cc
Perbandingan kompresi	: 9.0 : 1
Kapasitas minyak	: 0,8 liter pada pergantian periodik pelumas
Kopling	: Ganda, otomatis, sentrifugal, tipe basah
Gigi transmisi	: 4 Kecepatan, rotari
Pola pengoperasian gigi	: N-1-2-3-4
Sistem pengapian	: DC-CD, Magneto



Gambar 3.1 Suzuki shogun 110 cc

### 3.3.2 Peralatan bantu

- *Dynamometer Prony Brake*

Digunakan untuk mengukur daya pengereman pada mesin.



Gambar 3.2 *Dynamometer prony brake*

- *Tachometer*

Digunakan untuk mengukur putaran mesin.

Tipe	: M48 No. 62637
Ketepatan	: $\pm 0.05\%$
Resolusi	: 0.1 rpm
Dimensi	: 160 x 60 x 42 mm
Berat	: 0.15 kg
Lain-lain	: Memory : <i>Min/Max/Last</i>



Gambar 3.3 *Tachometer*

- *Gas Analyzer*

Alat yang digunakan untuk mengetahui kadaremisi gas buang dari motor bakar, khususnya untuk kandungan CO dan HC dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk : Stargas Mod 898

Kemampuan tertera sebagai berikut



Gambar 3.4 *Gas Analyzer*

Tabel 3.1 Kemampuan pengukuran *gas analyzer*

Yang Diukur	Kemampuan	Satuan
CO	0 – 15,00	% Vol
CO <sub>2</sub>	0 – 20,00	% Vol
HC	0 – 3000	Ppm Vol
O <sub>2</sub>	0 – 25,00	% Vol
NO	0 – 5000	Ppm Vol
Lambda	0,5 – 2,000	-

Sumber : *Operating Instruction Manual Books of Gas Analyzer*

- *Barometer*

Digunakan untuk mengukur tekanan udara ruang



Gambar 3.5 *Barometer*

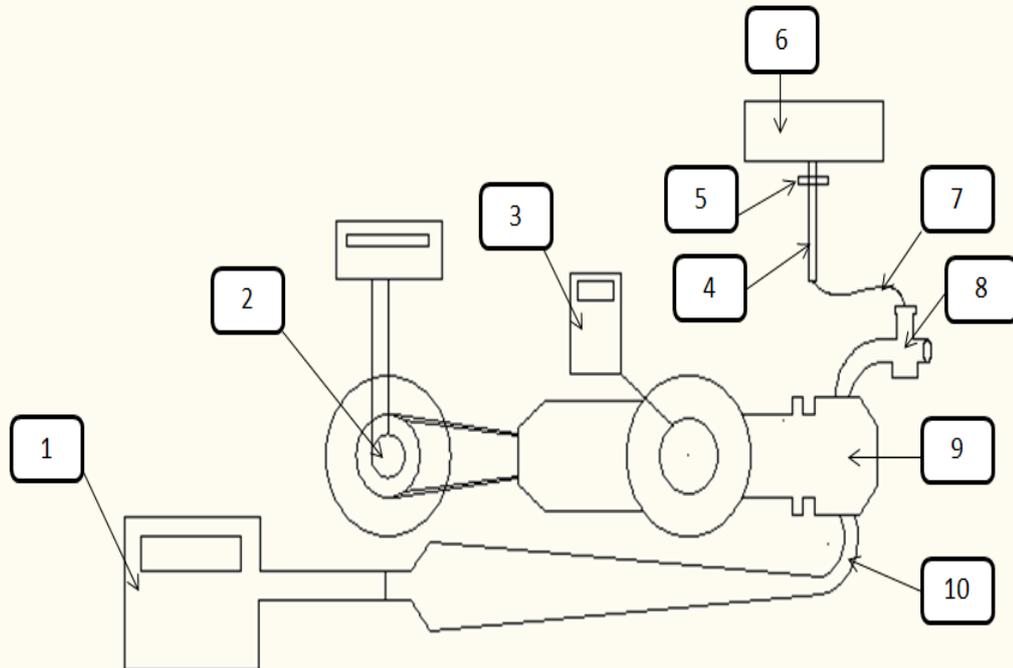
- *Stopwatch*

Digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan motor bakar untuk menghabiskan bahan bakar dengan volume tertentu.



Gambar 3.6 *Stopwatch*

### 3.4 Instalasi Penelitian



Gambar 3.7 Gambar Instalasi

Keterangan

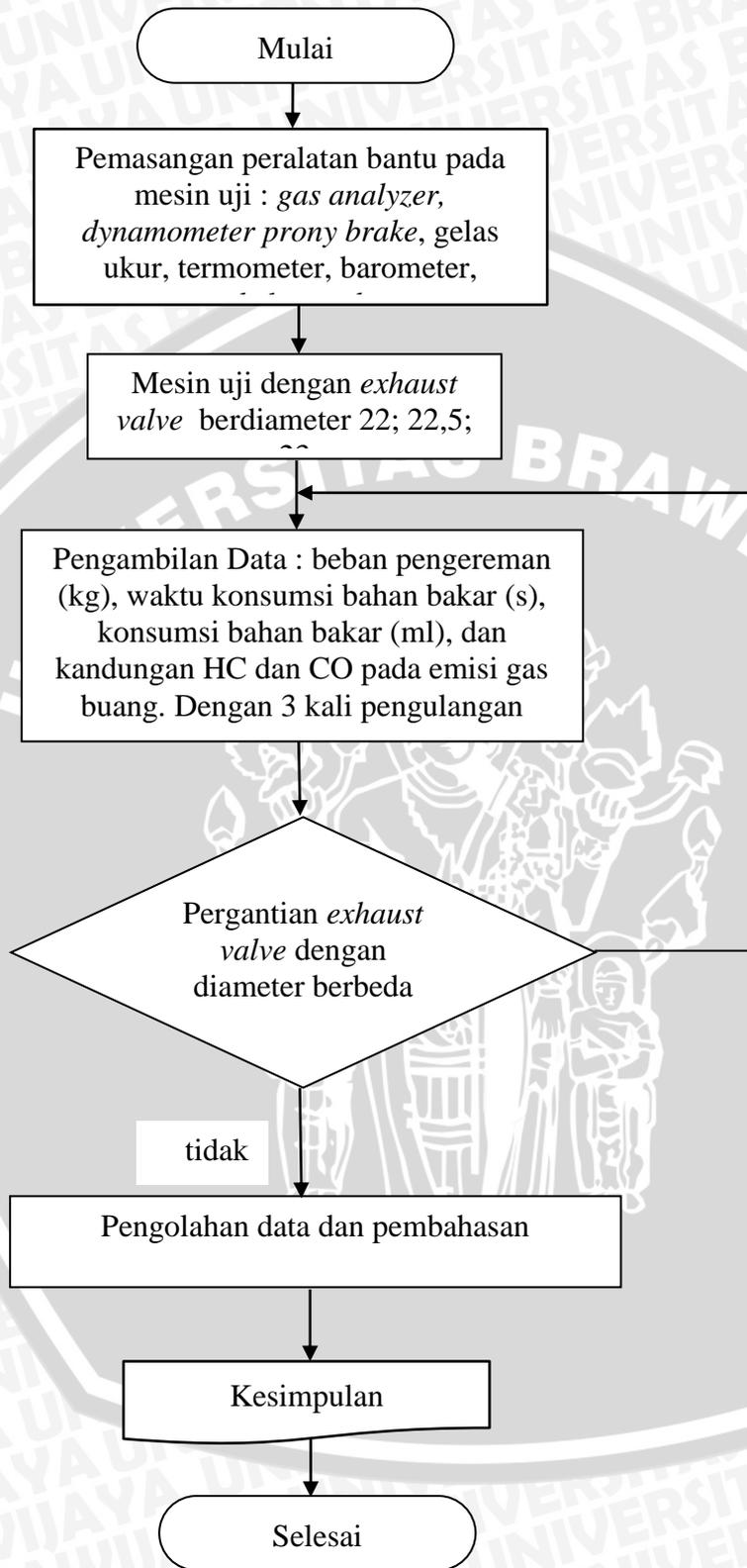
1. Gas Analyzer
2. Dynamometer Prony Break
3. Tachometer
4. Gelas ukur
5. Katup tangki bahan bakar
6. Tangki bahan bakar
7. Selang
8. Karburator
9. Ruang bakar
10. Knalpot

### 3.5 Prosedur Pengujian

Pengujian yang digunakan untuk mengetahui unjuk kerja motor bakar pada penelitian ini adalah menurut cara pengujian putaran bervariasi (variabel speed test) dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pemasangan peralatan bantu pada mesin uji antara lain: *gas analyzer*, *dynamometer prony brake*, gelas ukur, termometer, barometer, *stopwatch* dan *tachometer*.
2. Mesin uji dengan *exhaust valve* berdiameter 22 (standar) dipanaskan sekitar 10 menit.
3. Pengambilan data pada mesin uji menggunakan *exhaust valve* berdiameter 22 mm (standar) dengan putaran 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, dan 6000 rpm. Setiap putaran yang dikehendaki dijaga konstan untuk kemudian dilakukan pengukuran parameter yang diperlukan dengan pengulangan sebanyak 3x untuk mendapatkan hasil yang teliti.
4. Data yang diperoleh dari pengujian adalah beban pengereman (kg), waktu konsumsi bahan bakar (s), volume bahan bakar (ml), kandungan HC dan CO pada emisi gas buang dan temperatur ruang pengujian (°C).
5. Setelah pengujian selesai mesin dimatikan.
6. Langkah pengujian nomer 2-5 dilakukan untuk mesin uji dengan *exhaust valve* 22,5 dan 23 mm.

### 3.6 Diagram Alir Penelitian



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Data

#### 4.1.1 Data Hasil Penelitian

Data-data yang didapat dari pengujian motor bensin 4 langkah, 1 silinder, dan 110 cc adalah sebagai berikut :

Temperatur bola kering	: 29 °C
Temperatur Bola basah	: 27 °C
Tekanan udara saat pengujian	: 714 mmHg
Volume Bahan bakar mesin pengujian	: 10 ml
Temperatur ruangan	: 28 °C

Tabel 4.1 Data hasil pengujian variasi *exhaust valve* diameter 22 mm (standar)

No.	Putaran (rpm)	F (kg)	Waktu konsumsi bahan bakar / t (s)	V bb (ml)	Konsumsi bahan bakar / FC (kg/jam)	Gas buang	
						HC (ppm Vol)	CO (% vol)
1	1000	22	149,2	10	0,171	405	0,13
		22	150,49		0,170	410	0,11
		22	149,4		0,171	409	0,15
2	2000	23	94,01	10	0,272	176	0,642
		23	92,52		0,276	175	0,639
		23	92,30		0,277	179	0,64
3	3000	24,5	80,21	10	0,319	161	1,15
		24,5	80,12		0,319	160	1,16
		25	79,50		0,322	165	1,19
4	4000	26	69,32	10	0,369	150	1,25
		26	68,42		0,374	149	1,21
		26	70,01		0,365	151	1,22
5	5000	23,9	60,21	10	0,425	135	1,275
		24,2	58,41		0,438	131	1,273
		24	59,59		0,429	134	1,277
6	6000	19	50,21	10	0,509	139	1,369
		18,9	49,49		0,516	140	1,367
		19	48,59		0,526	138	1,37

Tabel 4.2 Data hasil pengujian variasi *exhaust valve* diameter 22,5 mm

No.	Putaran (rpm)	F (kg)	Waktu konsumsi bahan bakar / t (s)	V bb (ml)	Konsumsi bahan bakar / FC (kg/jam)	Gas buang	
						HC (ppm vol)	CO (% vol)
1	1000	22,4	141,23	10	0,181	385	0,117
		22,6	142,02		0,180	388	0,115
		22,3	141,49		0,181	389	0,117
2	2000	23,3	95,23	10	0,268	169	0,558
		23,7	94,49		0,271	170	0,547
		23,5	95,07		0,269	169	0,552
3	3000	25,3	77,52	10	0,330	154	1,097
		25,2	76,49		0,334	157	1,099
		25,2	77,02		0,332	158	1,085
4	4000	26,4	65,32	10	0,391	135	1,186
		26,5	64,58		0,396	133	1,186
		26,9	65,07		0,393	139	1,178
5	5000	25	55,27	10	0,462	102	1,224
		24,9	56,67		0,451	107	1,21
		25	55,2		0,463	105	1,231
6	6000	21	41,52	10	0,616	126	1,31
		21,1	42,32		0,604	124	1,297
		20,8	41,59		0,615	122	1,291

Tabel 4.3 hasil pengujian variasi *exhaust valve* diameter 23 mm

No.	Putaran (rpm)	F (kg)	Waktu konsumsi bahan bakar / t (s)	V bb (ml)	Konsumsi bahan bakar / FC (kg/jam)	Gas buang	
						HC (ppm vol)	CO (% vol)
1	1000	23	129,59	10	0,197	353	0,109
		23	130,55		0,196	355	0,11
		22,9	130,60		0,196	352	0,105
2	2000	24	80,16	10	0,319	152	0,376
		24,4	79,90		0,320	155	0,381
		24,2	80,24		0,319	156	0,374
3	3000	26	68,27	10	0,374	146	1,062
		25,9	69,07		0,370	144	1,062
		25,9	68,37		0,374	147	1,069
4	4000	27,5	56,30	10	0,454	129	1,094
		27,7	56,32		0,454	131	1,092
		27,7	56,31		0,454	128	1,092
5	5000	25,8	49,15	10	0,520	100	1,187
		25,8	49,21		0,519	98	1,188
		25,7	49,25		0,519	102	1,182
6	6000	21,8	35,40	10	0,722	120	1,232
		22	35,34		0,723	118	1,23
		21,7	35,46		0,721	116	1,229

#### 4.1.2 Perhitungan Data

Data hasil pengujian dari tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 dilakukan pengolahan data. Contoh perhitungan, diambil data dari pengujian pada kondisi mesin standar terhadap torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik. Adapun data yang diambil pada putaran 1000 rpm.

1. Putaran mesin (n) = 1000 rpm
2. Gaya pengereman (F) = 22 kg
3. Panjang lengan (l) = 0,033 m
4. Waktu konsumsi bahan bakar (t) = 149,2 detik
5. Berat spesifik bensin ( $\rho$ ) = 0,715 kg.liter<sup>-1</sup>
6. Volume bahan bakar (b) = 10 ml

Dari data pengujian motor bakar empat langkah pada tabel 4.1 didapatkan nilai dari :

1. Torsi (T)

$$T = F \times L$$

$$= 22 \times 0,033$$

$$T = 0,726 \text{ kg.m}$$

2. Daya efektif (Ne)

$$Ne = \frac{T.n}{716,2}$$

$$= \frac{0,726 \times 1000}{716,2}$$

$$Ne = 1,014 \text{ [HP]}$$

3. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe)

$$Fc = \frac{b}{t} \cdot \rho \cdot \frac{3600}{1000}$$

$$= \frac{10}{149,57} \cdot 0,710 \cdot \frac{3600}{1000}$$

$$Fc = 0,1709 \text{ [kg.jam}^{-1}\text{]}$$

$$SFCe = \frac{FC}{Ne}$$

$$= \frac{0,1709}{1,014}$$

$$SFCe = 0,165 \text{ [kg.HP}^{-1}\text{.jam}^{-1}\text{]}$$

Torsi, daya efektif, SFCe, kandungan gas HC dan CO yang digunakan untuk penggambaran grafik, yang ditunjukkan pada tabel 4.4, 4.5 dan 4.6. Untuk pengujian gas buang HC dan CO menggunakan *gas analyzer*.

Tabel 4.4 Data hasil perhitungan variasi *exhaust valve* diameter 22 mm (standar)

n (rpm)	T (kg.m)	Ne (HP)	FC (kg/jam)	SFCE (kg/HP.jam)	HC (ppm vol)	CO (% vol)
1000	0,726	1,014	0,171	0,169	405	0,13
1000	0,726	1,014	0,170	0,168	410	0,11
1000	0,726	1,014	0,171	0,169	409	0,15
$\bar{X}$	<b>0,726</b>	<b>1,014</b>	<b>0,171</b>	<b>0,168</b>	<b>408</b>	<b>0,13</b>
2000	0,759	2,120	0,272	0,128	176	0,642
2000	0,759	2,120	0,276	0,130	175	0,639
2000	0,759	2,120	0,277	0,131	179	0,64
$\bar{X}$	<b>0,759</b>	<b>2,120</b>	<b>0,275</b>	<b>0,130</b>	<b>176,67</b>	<b>0,64</b>
3000	0,809	3,387	0,319	0,094	161	1,15
3000	0,809	3,387	0,319	0,094	160	1,16
3000	0,825	3,456	0,322	0,093	165	1,19
$\bar{X}$	<b>0,814</b>	<b>3,410</b>	<b>0,320</b>	<b>0,094</b>	<b>162</b>	<b>1,167</b>
4000	0,858	4,792	0,369	0,077	150	1,25
4000	0,858	4,792	0,374	0,078	149	1,21
4000	0,858	4,792	0,365	0,076	151	1,22
$\bar{X}$	<b>0,858</b>	<b>4,792</b>	<b>0,369</b>	<b>0,077</b>	<b>150</b>	<b>1,226</b>
5000	0,789	5,506	0,425	0,077	135	1,275
5000	0,799	5,575	0,438	0,078	131	1,273
5000	0,792	5,529	0,429	0,078	134	1,277
$\bar{X}$	<b>0,792</b>	<b>5,529</b>	<b>0,430</b>	<b>0,078</b>	<b>133,3</b>	<b>1,275</b>
6000	0,627	5,253	0,509	0,097	139	1,369
6000	0,624	5,225	0,516	0,099	140	1,367
6000	0,627	5,253	0,526	0,100	138	1,37
$\bar{X}$	<b>0,624</b>	<b>5,225</b>	<b>0,517</b>	<b>0,099</b>	<b>139</b>	<b>1,368</b>

Tabel 4.5 Data hasil perhitungan variasi *exhaust valve* diameter 22,5 mm

n (rpm)	T (kg.m)	Ne (HP)	FC (kg/jam)	SFCE (kg/HP.jam)	HC (ppm vol)	CO (% vol)
1000	0,739	1,032	0,181	0,175	385	0,117
1000	0,746	1,041	0,180	0,173	388	0,115
1000	0,736	1,028	0,181	0,176	389	0,117
$\bar{X}$	<b>0,739</b>	<b>1,032</b>	<b>0,181</b>	<b>0,175</b>	<b>387,3</b>	<b>0,116</b>
2000	0,769	2,147	0,268	0,125	169	0,558
2000	0,782	2,184	0,271	0,124	170	0,547
2000	0,776	2,166	0,269	0,124	169	0,552
$\bar{X}$	<b>0,776</b>	<b>2,166</b>	<b>0,269</b>	<b>0,124</b>	<b>169,3</b>	<b>0,552</b>
3000	0,835	3,497	0,330	0,094	154	1,097
3000	0,832	3,483	0,334	0,096	157	1,099
3000	0,832	3,483	0,332	0,095	158	1,085
$\bar{X}$	<b>0,832</b>	<b>3,483</b>	<b>0,332</b>	<b>0,095</b>	<b>156,3</b>	<b>1,094</b>
4000	0,871	4,866	0,391	0,080	135	1,186
4000	0,875	4,884	0,396	0,081	133	1,186
4000	0,888	4,958	0,393	0,079	139	1,178
$\bar{X}$	<b>0,878</b>	<b>4,903</b>	<b>0,393</b>	<b>0,080</b>	<b>135,67</b>	<b>1,183</b>
5000	0,825	5,760	0,462	0,080	102	1,224
5000	0,822	5,737	0,451	0,079	107	1,21
5000	0,825	5,760	0,463	0,080	105	1,231
$\bar{X}$	<b>0,822</b>	<b>5,737</b>	<b>0,459</b>	<b>0,080</b>	<b>104,67</b>	<b>1,221</b>
6000	0,693	5,806	0,616	0,106	126	1,31
6000	0,696	5,833	0,604	0,104	124	1,297
6000	0,686	5,750	0,615	0,107	122	1,291
$\bar{X}$	<b>0,690</b>	<b>5,778</b>	<b>0,611</b>	<b>0,106</b>	<b>124</b>	<b>1,299</b>

Tabel 4.6 Data hasil perhitungan variasi *exhaust valve* diameter 23 mm

n (rpm)	T (kg.m)	Ne (HP)	FC (kg/jam)	SFCE (kg/HP.jam)	HC (ppm vol)	CO (% vol)
1000	0,759	1,060	0,197	0,186	353	0,109
1000	0,759	1,060	0,196	0,185	355	0,11
1000	0,756	1,055	0,196	0,185	352	0,105
$\bar{X}$	<b>0,756</b>	<b>1,055</b>	<b>0,196</b>	<b>0,185</b>	<b>353,2</b>	<b>0,108</b>
2000	0,792	2,212	0,319	0,144	152	0,376
2000	0,805	2,249	0,320	0,142	155	0,381
2000	0,799	2,230	0,319	0,143	156	0,374
$\bar{X}$	<b>0,799</b>	<b>2,230</b>	<b>0,319</b>	<b>0,143</b>	<b>154,3</b>	<b>0,377</b>
3000	0,858	3,594	0,374	0,104	146	1,062
3000	0,855	3,580	0,370	0,103	144	1,062
3000	0,855	3,580	0,374	0,104	147	1,069
$\bar{X}$	<b>0,855</b>	<b>3,580</b>	<b>0,373</b>	<b>0,104</b>	<b>145,67</b>	<b>1,064</b>
4000	0,908	5,068	0,454	0,090	129	1,094
4000	0,914	5,105	0,454	0,089	131	1,092
4000	0,914	5,105	0,454	0,089	128	1,092
$\bar{X}$	<b>0,911</b>	<b>5,087</b>	<b>0,454</b>	<b>0,089</b>	<b>129,3</b>	<b>1,093</b>
5000	0,851	5,944	0,520	0,087	100	1,187
5000	0,851	5,944	0,519	0,087	98	1,188
5000	0,848	5,921	0,519	0,088	102	1,182
$\bar{X}$	<b>0,848</b>	<b>5,921</b>	<b>0,520</b>	<b>0,088</b>	<b>100</b>	<b>1,185</b>
6000	0,719	6,027	0,722	0,120	120	1,232
6000	0,726	6,082	0,723	0,119	118	1,23
6000	0,716	5,999	0,721	0,120	116	1,229
$\bar{X}$	<b>0,719</b>	<b>6,027</b>	<b>0,722</b>	<b>0,120</b>	<b>118</b>	<b>1,195</b>

### 4.1.3 Analisis Statistik

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian dilakukan analisis varian dua arah untuk mengetahui pengaruh dari variasi putaran (faktor  $\alpha$ ) dan variasi diameter *exhaust valve* (factor  $\beta$ ) serta pengaruh interaksi antar keduanya (faktor  $\alpha\beta$ ) terhadap kinerja motor bakar 4 langkah. Analisis statistik dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel.

1.  $H_0^1 : a_1 = a_2 = \dots = a_i$  (tidak ada pengaruh putaran terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah).

$H_1^1$  : paling sedikit satu  $a_i \neq 0$  (ada pengaruh putaran terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

2.  $H_0^2 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j$  (tidak ada pengaruh diameter *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah).

$H_1^2$  : paling sedikit satu  $\beta_j \neq 0$  (ada pengaruh diameter *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

3.  $H_0^3 : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{ij}$  (tidak ada pengaruh putaran dan diameter *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

$H_1^3$  : paling sedikit satu  $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$  (ada pengaruh putaran dan diameter *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah)

Tabel 4.7 Perhitungan Analisis Varian Torsi

PUTARAN	EXHAUST VALVE		
	22	22,5	23
1000	0,726	0,739	0,759
	0,726	0,746	0,759
	0,726	0,736	0,756
2000	0,759	0,769	0,792
	0,759	0,782	0,805
	0,759	0,776	0,799
3000	0,809	0,835	0,858
	0,809	0,832	0,855
	0,825	0,832	0,855
4000	0,858	0,871	0,908
	0,858	0,875	0,914
	0,858	0,888	0,914
5000	0,789	0,825	0,851
	0,799	0,822	0,851
	0,792	0,825	0,848
6000	0,627	0,693	0,719
	0,624	0,696	0,726
	0,627	0,686	0,716

Dari tabel 4.7 maka dapat dilakukan perhitungan analisis varian untuk torsi sebagai berikut :

- Faktor koreksi (FK)

$$FK = \frac{[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk}]^2}{rcn}$$

$$= \frac{[0,726+0,726+...+0,716]^2}{6.3.3}$$

$$= \frac{42,643^2}{54}$$

$$= 33,67455$$

- Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2 - FK$$

$$= \{(0,726)^2 + (0,726)^2 + \dots + (0,716)^2\} - 33,67455$$

$$= 0,267945$$

- Jumlah Kuadrat Faktor Putaran (JK<sub>putaran</sub>)

$$JKA = \sum_{i=1}^r \frac{y_i^2 + \dots}{cn} - FK$$

$$= \frac{\{(6,673)^2 + (7)^2 + \dots + (6,114)^2\}}{3.3} - 33,67455$$

$$= 0,237317$$

- Jumlah Kuadrat Faktor Variasi *Exhaust valve* (JK<sub>variasi exhaust valve</sub>)

$$JKB = \sum_{j=1}^c \frac{y_j^2 + \dots}{rn} - FK$$

$$= \frac{\{(13,73)^2 + \dots + (14,685)^2\}}{6.3} - 33,67455$$

$$= 0,02535$$

- Jumlah Kuadrat Pengaruh Interaksi Putaran dan Variasi *Exhaust valve* (JKAB)

$$JKAB = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{y_{ij}^2 + \dots}{n} - FK - JKA - JKB$$

$$= \frac{\{(2,178)^2 + (2,221)^2 + \dots + (2,161)^2\}}{3} - 33,67455 - 0,237317 - 0,02535$$

$$= 0,004518$$

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKA - JKB - JKAB$$

$$= 0,267954 - 0,237317 - 0,02535 - 0,004518 = 0,000769$$

Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :

Derajat bebas (Db)

- Db total = 54 - 1 = 53
- Db A = 6 - 1 = 5
- Db B = 3 - 1 = 2
- Db AB = 5 × 2 = 10
- Db eror = 36

- Kuadrat Tengah pengaruh A ( $S_A^2$ )

$$S_A^2 = \frac{JKA}{dfA} = \frac{0,23731}{5} = 0,04746$$

- Kuadrat Tengah pengaruh B ( $S_B^2$ )

$$S_B^2 = \frac{JKB}{dfB} = \frac{0,02535}{2} = 0,01267$$

- Kuadrat Tengah pengaruh interaksi A dan B ( $S_{AB}^2$ )

$$S_{AB}^2 = \frac{JKAB}{dfAB} = \frac{0,00451}{10} = 0,000451$$

- Kuadrat Tengah Galat ( $S^2$ )

$$S^2 = \frac{JKG}{df\ eror} = \frac{0,00076}{36} = 0,0000213$$

Nilai F hitung dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut:

- $F_{hitung}$  pengaruh A

$$F_{A\ hitung} = \frac{S_A^2}{S^2} = \frac{0,04746}{0,0000213} = 2222,921$$

- $F_{hitung}$  pengaruh B

$$F_{B\ hitung} = \frac{S_B^2}{S^2} = \frac{0,012674}{0,0000213} = 593,6158$$

- $F_{hitung}$  pengaruh A dan B

$$F_{AB \text{ hitung}} = \frac{SAB^2}{S^2} = \frac{0,000451796}{0,0000213} = 21,1598$$

#### 4.1.3.1 Analisis Varian untuk Torsi

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran, variasi *exhaust valve* dan interaksi antara putaran dengan variasi *exhaust valve* terhadap torsi motor bensin empat langkah. Dari perhitungan statistik didapat tabel 4.8 :

Tabel 4.8 Analisis Varian Dua arah Torsi

Sumber varian	Db	JK	KT	F hitung	F 5%
Putaran	5	0,237317	0,474635	2222,92	2,48
Diameter <i>Exhaust valve</i>	2	0,025350	0,0126748	593,62	3,28
Interaksi	10	0,004518	0,0004518	21,16	2,10
Error	36	0,000769	0,0000214		
Total	53	0,267954			

Dari tabel *anova* 4.8 terlihat bahwa masing-masing nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ . Hal ini berarti bahwa  $H_{01}$ ,  $H_{02}$ ,  $H_{03}$  ditolak dan  $H_{11}$ ,  $H_{12}$ ,  $H_{13}$  diterima. Artinya bahwa putaran, variasi diameter *exhaust valve* dan interaksi antara putaran dengan diameter *exhaust valve* mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap torsi motor bakar bensin empat langkah dengan tingkat keyakinan 95%.

#### 4.1.3.2 Analisis Varian untuk Daya Efektif

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran, variasi *exhaust valve* dan interaksi antara putaran dengan variasi *exhaust valve* terhadap daya efektif motor bensin empat langkah. Dari perhitungan statistik didapat tabel 4.9 :

Tabel 4.9 Analisis Varian Dua arah Daya Efektif

Sumber varian	Db	JK	KT	F hitung	F 5%
Putaran	5	171,007	34,2013	5768,73	2,48
Diameter <i>Exhaust valve</i>	2	0,834	0,4170	700,71	3,28
Interaksi	10	0,603	0,0603	101,30	2,10
Error	36	0,021	0,0006		
Total	53	172,465			

Dari tabel *anova* 4.9 terlihat bahwa masing-masing nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ . Hal ini berarti bahwa  $H_{01}$ ,  $H_{02}$ ,  $H_{03}$  ditolak dan  $H_{11}$ ,  $H_{12}$ ,  $H_{13}$  diterima. Artinya bahwa putaran, variasi diameter *exhaust valve* dan interaksi antara putaran dengan diameter *exhaust valve* mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap daya efektif motor bakar bensin empat langkah dengan tingkat keyakinan 95%.

#### 4.1.3.3 Analisis Varian untuk Konsumsi Bahan Spesifik Efektif

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran, variasi *exhaust valve*, dan interaksi antara putaran dengan variasi *exhaust valve* terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif motor bensin empat langkah. Dari perhitungan statistik didapat tabel 4.10 :

Tabel 4.10 Analisis Varian Dua arah Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif

Sumber varian	Db	JK	KT	F hitung	F 5%
Putaran	5	0,0592259	0,0118452	12792,80	2,48
Diameter <i>Exhaust valve</i>	2	0,0019743	0,0009872	1066,14	3,28
Interaksi	10	0,0002752	0,0000275	29,72	2,10
Error	36	0,0000333	0,0000009		
Total	53	0,0615088			

Dari tabel *anova* 4.10 terlihat bahwa masing-masing nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ . Hal ini berarti bahwa  $H_{01}$ ,  $H_{02}$ ,  $H_{03}$  ditolak dan  $H_{11}$ ,  $H_{12}$ ,  $H_{13}$  diterima. Artinya bahwa putaran, variasi diameter *exhaust valve* dan interaksi antara putaran dengan diameter *exhaust valve* mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap konsumsi bahan bakar spesifik efektif motor bakar bensin empat langkah dengan tingkat keyakinan 95%.

#### 4.1.3.4 Analisis Varian untuk Gas Buang HC

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran, variasi *exhaust valve*, dan interaksi antara putaran dengan variasi *exhaust valve* terhadap gas buang HC pada motor bensin empat langkah. Dari perhitungan statistik didapat tabel 4.11 :

Tabel 4.11 Analisis Varian Dua arah Gas Buang HC

Sumber varian	Db	JK	KT	F hitung	F 5%
Putaran	5	0,2373	0,474635	2222,92	2,48
Diameter <i>Exhaust valve</i>	2	0,02535	0,0126748	593,62	3,28
Interaksi	10	0,004518	0,0004518	21,16	2,10
<i>Error</i>	36	0,000769	0,0000214		
Total	53	0,267954			

Dari tabel *anova* 4.10 terlihat bahwa masing-masing nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ . Hal ini berarti bahwa  $H_{01}$ ,  $H_{02}$ ,  $H_{03}$  ditolak dan  $H_{11}$ ,  $H_{12}$ ,  $H_{13}$  diterima. Artinya bahwa putaran, variasi diameter *exhaust valve* dan interaksi antara putaran dengan diameter *exhaust valve* mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap gas buang HC pada motor bakar bensin empat langkah dengan tingkat keyakinan 95%.

#### 4.1.3.5 Analisis Varian untuk Gas Buang CO

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh putaran, variasi *exhaust valve*, dan interaksi antara putaran dengan variasi *exhaust valve* terhadap gas buang CO motor bensin empat langkah. Dari perhitungan statistik didapat tabel 4.12 :

Tabel 4.12 Analisis Varian Dua arah Gas Buang CO

Sumber varian	Db	JK	KT	F hitung	F 5%
Putaran	5	171,007	34,2013	57468,73	2,48
Diameter <i>Exhaust valve</i>	2	0,834	0,4170	700,71	3,28
Interaksi	10	0,603	0,0603	101,30	2,10
<i>Error</i>	36	0,021	0,0006		
Total	53	172,465			

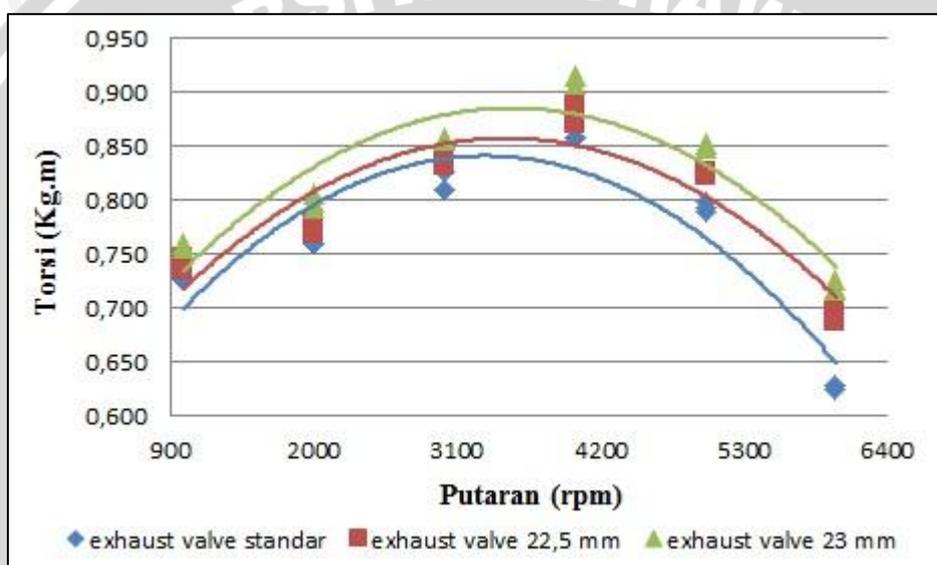
Dari tabel *anova* 4.12 terlihat bahwa masing-masing nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ . Hal ini berarti bahwa  $H_{01}$ ,  $H_{02}$ ,  $H_{03}$  ditolak dan  $H_{11}$ ,  $H_{12}$ ,  $H_{13}$  diterima. Artinya bahwa putaran, variasi diameter *exhaust valve* dan interaksi antara putaran dengan diameter *exhaust valve* mempunyai pengaruh yang nyata dan berbeda terhadap gas buang CO motor bakar bensin empat langkah dengan tingkat keyakinan 95%.

## 4.2 Pembahasan

Hasil pengolahan data pada pengujian motor bensin empat langkah dalam bentuk grafik hubungan antara tingkat putaran poros mesin dengan karakteristik kinerja motor bensin yang meliputi torsi, daya efektif, *specific fuel consumption effective* dan emisi gas buang CO dan HC. Yang dapat dilihat gambar 4.1 – 4.5.

### 4.2.1 Hubungan antara Putaran Poros dengan Torsi

Hubungan antara putaran poros motor bensin empat langkah dengan torsi pada variasi *exhaust valve* 22 mm (*standard*), 22,5 mm dan 23 mm dapat dilihat pada gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Hubungan antara putaran poros dengan torsi pada variasi *exhaust valve*

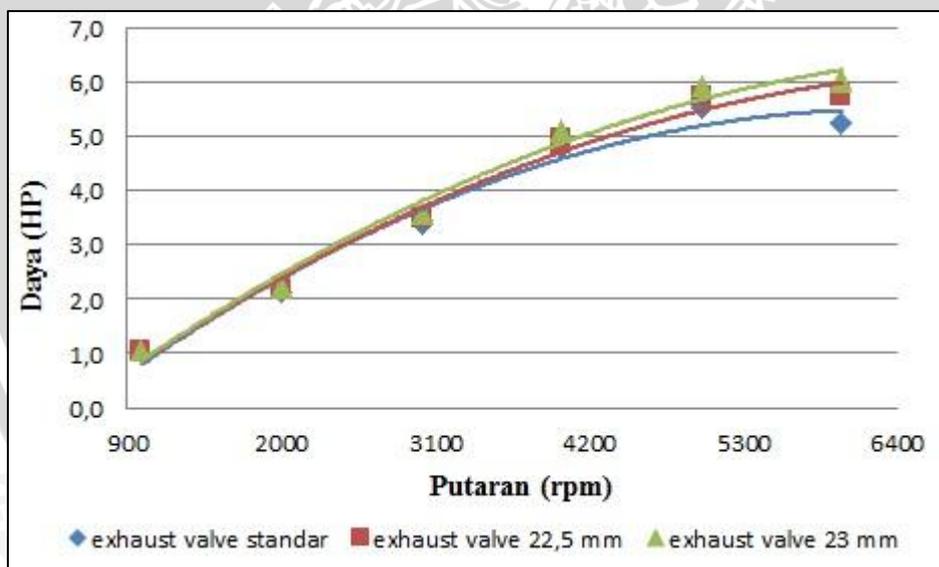
Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya putaran maka torsi yang terjadi akan semakin meningkat. Menurut Susilo (2011), hal ini dikarenakan semakin bertambah putaran maka semakin banyak langkah kerja yang terjadi pada satuan waktu yang sama, hal ini mengakibatkan jumlah bahan bakar dan udara yang masuk dalam silinder lebih banyak sehingga torsi yang dihasilkan semakin meningkat. Pada grafik diatas torsi terbesar terjadi pada putaran 4000 rpm, lalu mengalami penurunan torsi pada putaran selanjutnya. Hal ini terjadi karena pada putaran tinggi proses buka tutup katup yang terjadi terlalu cepat yang mengakibatkan pengisian silinder tidak optimal, sehingga menurunkan torsinya.

Selain karena mekanisme buka tutup katup, penurunan torsi juga disebabkan oleh daya mekanis yang hilang akibat gesekan antara piston dengan dinding silinder semakin besar dan menjadi faktor dominan menurunnya torsi pada putaran tinggi.

Dari gambar 4.1 terlihat bahwa dengan menggunakan diameter *exhaust valve* 22,5 mm dan 23 mm, torsi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan *exhaust valve* standar. Torsi tertinggi terjadi pada saat menggunakan diameter *exhaust valve* 23 mm, dan mampu meningkatkan torsi sebesar 6,17%. Hal ini disebabkan karena penggunaan *exhaust valve* lebih besar akan memperlancar aliran gas sisa pembakaran untuk keluar dari ruang bakar pada saat langkah buang, sehingga tidak mengotori campuran barunya. Dengan campuran yang bersih, temperatur dan tekanan di ruang bakar pada saat pembakaran akan meningkat, sehingga ledakan yang terjadi di ruang bakar menjadi lebih sempurna, dan akan meningkatkan nilai torsinya.

#### 4.2.2 Hubungan antara Putaran Poros dengan Daya Efektif

Hubungan putaran dengan daya efektif pada pemakaian variasi *exhaust valve* standar, 26 mm dan 28 mm dapat dilihat pada gambar 4.2 :



Gambar 4.2 Hubungan antara putaran poros dengan Daya Efektif pada variasi *exhaust valve*

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa grafik cenderung mengalami kenaikan. Semakin tinggi putaran maka daya efektif yang dihasilkan semakin tinggi. Dari ketiga penggunaan *exhaust valve* yang berdiameter berbeda, daya terbesar terjadi pada putaran 5000 rpm, dan mengalami penurunan untuk putaran selanjutnya. Hal ini sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$Ne = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2}$$

Dengan :

T = Torsi (kg.m)

$\omega$  = Kecepatan anguler poros (rad . detik<sup>-1</sup>)

n = Putaran poros (rpm)

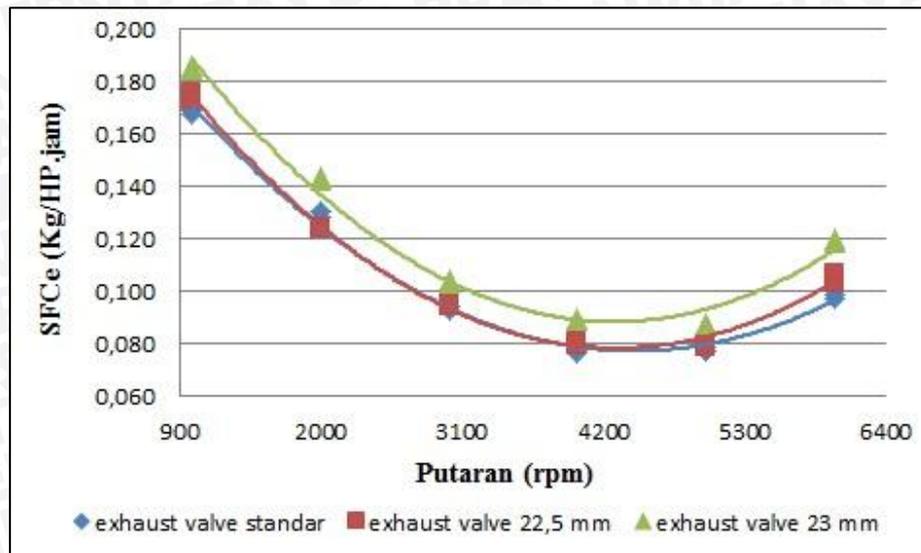
1 PS = 75 kg.m/detik

Pada persamaan diatas terlihat bahwa kenaikan daya efektif berbanding lurus dengan naiknya putaran, karena dengan bertambahnya putaran maka semakin banyak langkah kerja yang dialami pada satuan waktu yang sama yang mengakibatkan jumlah bahan bakar dan udara yang masuk silinder lebih banyak, sehingga dalam proses pembakaran menghasilkan torsi yang semakin besar. Akan tetapi setelah mencapai kenaikan maksimum, daya efektif mengalami penurunan dikarenakan kenaikan putaran tidak bisa mengimbangi penurunan torsi yang terjadi. Hal ini terjadi karena pada putaran tinggi proses buka tutup katup yang terjadi terlalu cepat yang mengakibatkan pengisian silinder tidak optimal, sehingga menurunkan torsinya.

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa dengan menggunakan diameter *exhaust valve* 22,5 mm dan 23 mm, daya efektif yang dihasilkan lebih besar 7,09% dibandingkan dengan *exhaust valve* standar. Dan daya efektif tertinggi terjadi pada saat menggunakan diameter *exhaust valve* 23 mm. Hal ini disebabkan penggunaan *exhaust valve* lebih besar akan memperlancar aliran gas sisa pembakaran keluar dari ruang bakar, sehingga tidak mengeruhkan campuran barunya. Dengan campuran yang bersih, ledakan yang terjadi di ruang bakar akan semakin baik, sehingga torsi yang didapat akan semakin besar. Karena kenaikan torsi yang terjadi berbanding lurus dengan naiknya daya efektif, maka daya efektif yang dihasilkan akan semakin tinggi.

#### 4.2.3 Hubungan antara Putaran poros dengan *Spesiffic Fuel Consumption effective*

Hubungan antara putaran dengan *spesiffic fuel consumption effective* pada pemakaian variasi diameter *exhaust valve* 22 mm (standar), 22,5 mm dan 23 mm dapat dilihat pada gambar 4.3 :



Gambar 4.3 Hubungan antara putaran poros dengan *Specific Fuel Comsumption effective* pada variasi *exhaust valve*

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa pada putaran awal, konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang terjadi cukup tinggi. Seiring bertambahnya putaran, SFCe mengalami penurunan mencapai titik minimum pada putaran 5000 rpm, dan kembali naik pada putaran berikutnya. Hal ini dikarenakan pada putaran rendah memerlukan campuran bahan bakar dan udara yang lebih banyak untuk penggerak mula mesin. Seiring bertambahnya putaran, konsumsi bahan bakar spesifik efektif mulai menurun. Hal ini dikarenakan pengisian silinder sesuai dengan kebutuhan silinder sehingga terjadi pembakaran sempurna yang menghasilkan daya efektif yang maksimal. Kemudian konsumsi bahan bakar spesifik efektif akan mengalami peningkatan karena penurunan daya akibat gesekan yang terjadi antara torak dengan dinding silinder yang semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan:

$$SFCe = \frac{F_c}{N_e} [\text{kg} \cdot \text{HP}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}]$$

Dengan :

$F_c$  = Konsumsi bahan bakar ( $\text{kg} \cdot \text{jam}^{-1}$ )

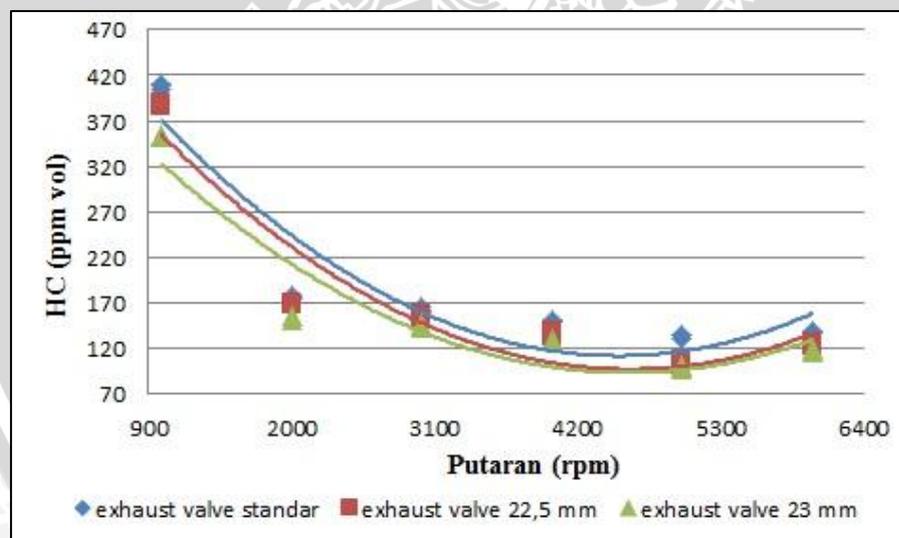
$N_e$  = Daya efektif (HP)

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa konsumsi bahan bakar spesifik efektif (SFCe) berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar ( $F_c$ ), dan berbanding terbalik dengan daya efektif ( $N_e$ ). Dengan meningkatnya  $F_c$  dan menurunnya  $N_e$  akibat putaran yang meningkat, maka SFCe cenderung meningkat.

Dari gambar 4.3 terlihat bahwa *exhaust valve* diameter 23 berada paling atas, dibawahnya ada grafik *exhaust valve* berdiameter 22,5 mm, dan yang paling bawah adalah grafik *exhaust valve* standar. Konsumsi bahan bakar yang dipakai pada diameter *exhaust valve* 23 mm lebih banyak 12,82% dari *exhaust valve* standarnya, Hal ini disebabkan pada penggunaan *exhaust valve* 23 mm, dapat mengeluarkan gas sisa pembakaran lebih banyak, sehingga tekanan di ruang bakar yang menggunakan *exhaust valve* 23 mm lebih rendah daripada tekanan di diruang bakar yang menggunakan *exhaust valve* standar (di dalam ruang bakar yang menggunakan *exhaust valve* standar masih terdapat gas sisa pembakaran). Dengan tekanan di ruang bakar yang lebih rendah maka kecepatan isap pada penggunaan *exhaust valve* 23 mm lebih tinggi, yang berakibat pada peningkatan konsumsi bahan bakar.

#### 4.2.4 Hubungan antara Putaran Poros dengan Kandungan Gas HC

Hubungan antara putaran dengan kandungan gas HC pada gas buang pada pemakaian variasi diameter *exhaust valve* standar, 22,5 mm dan 23 mm dapat dilihat pada gambar 4.4 :



Gambar 4.4 Hubungan antara putaran poros dengan kandungan gas HC pada emisi gas buang

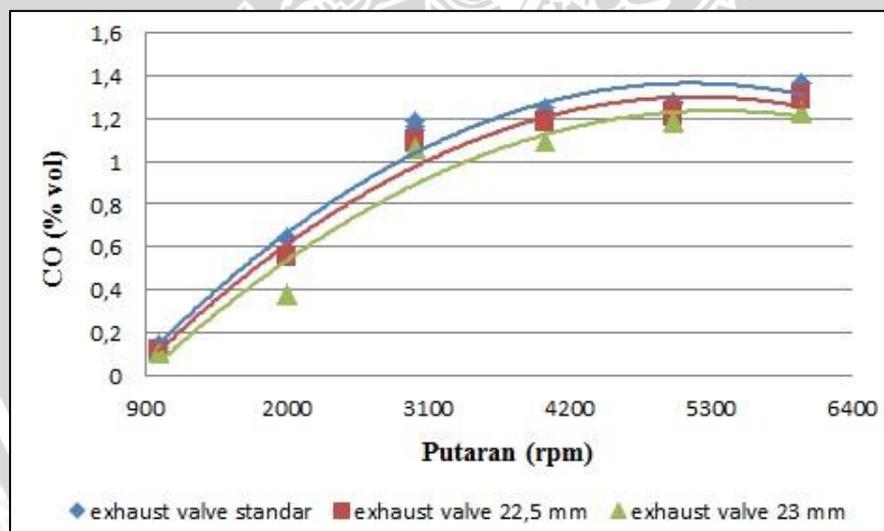
Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pada putaran awal, nilai HC yang terjadi sangat tinggi. Seiring bertambahnya putaran, gas HC mengalami penurunan mencapai titik minimum pada putaran 5000 rpm, dan kembali naik pada putaran berikutnya. Menurut Sukidjo (2011) penurunan HC dikarenakan pada saat putaran semakin tinggi suhu mesin semakin tinggi, sehingga proses atomisasi menjadi lebih baik. Oleh karena

itu emisi gas HC yang dihasilkan semakin menurun. Akan tetapi setelah melewati putaran tertentu, emisi gas HC terlihat meningkat. Hal ini dikarenakan semakin tinggi putaran, menghasilkan campuran kaya bahan bakar sehingga banyak bahan bakar yang tidak terbakar dan menghasilkan emisi gas HC yang keluar menjadi lebih banyak.

Penggunaan variasi *exhaust valve* dengan diameter 23 mm terlihat memiliki emisi gas HC lebih rendah 33,3% dibandingkan dengan *exhaust valve* standarnya. Hal ini dikarenakan penggunaan *exhaust valve* diameter 22,5 mm dan 23 mm mampu mengeluarkan gas sisa hasil pembakaran lebih banyak, sehingga tidak mengotori campuran barunya. Dengan campuran yang bersih, akan meningkatkan temperatur dan tekanan pada ruang bakar, sehingga proses atomisasi menjadi lebih baik, dan dapat menurunkan nilai HC.

#### 4.2.5 Hubungan antara Putaran Poros dengan Kandungan Gas CO

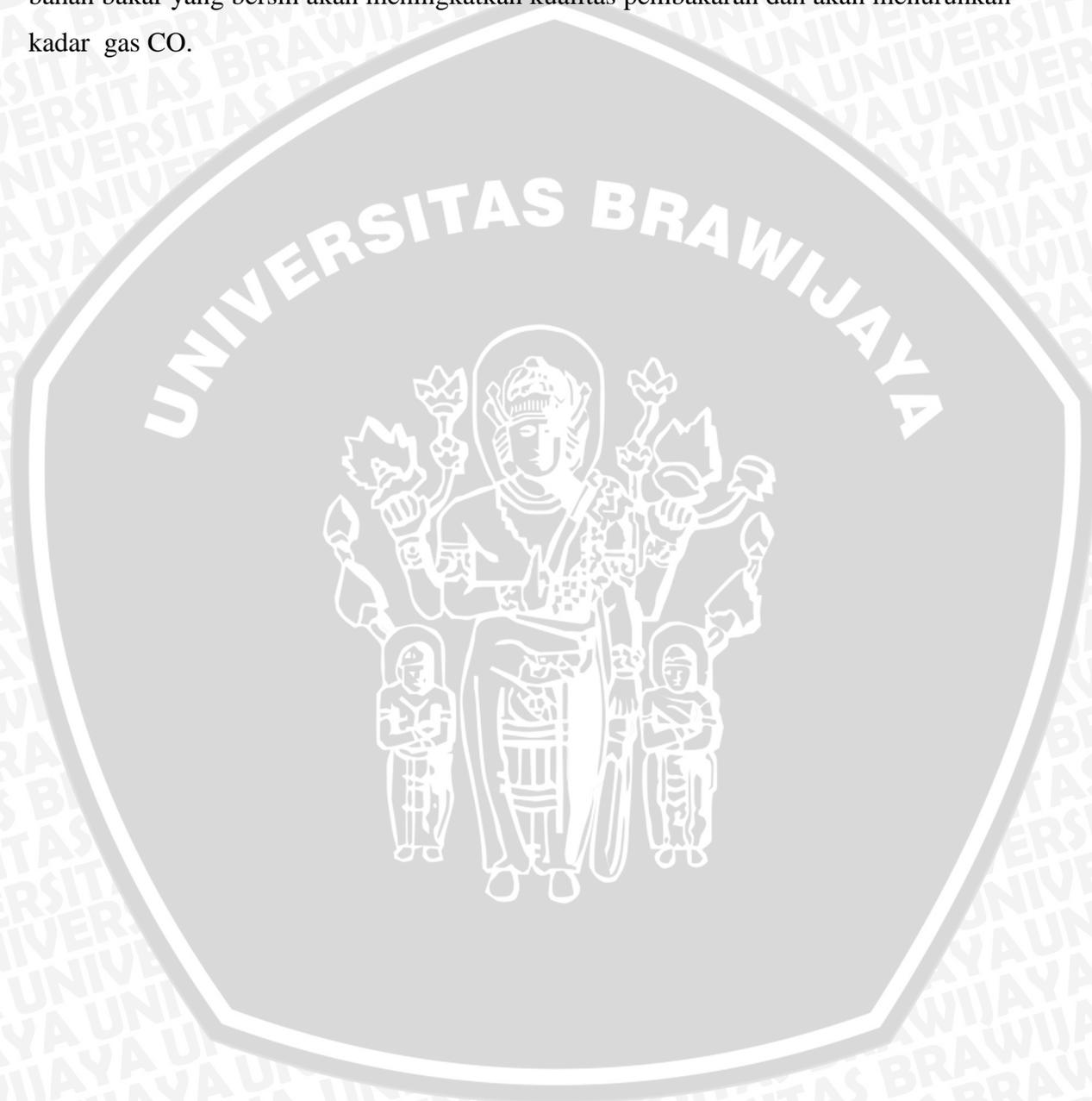
Hubungan antara putaran dengan kandungan gas CO pada gas buang pada pemakaian variasi diameter *exhaust valve* 22 mm (standar), 22,5 mm dan 23 mm dapat dilihat pada gambar 4.5 :



Gambar 4.5 Hubungan antara putaran poros dengan kandungan gas CO pada emisi gas buang

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa nilai kandungan gas CO mengalami peningkatan seiring bertambahnya putaran. Hal ini disebabkan karena pada putaran tinggi, kandungan gas O<sub>2</sub> dalam proses pengabutan bahan bakar kurang, sehingga dalam proses pembakarannya ada sebagian bahan bakar yang tidak terbakar sempurna, sehingga emisi gas CO yang dihasilkan semakin tinggi.

Penggunaan variasi *exhaust valve* dengan diameter 23 mm terlihat memiliki emisi gas CO lebih rendah 14,47% dibandingkan dengan penggunaan *exhaust valve* standarnya. Hal ini dikarenakan penggunaan *exhaust valve* diameter 22,5 mm dan 23 mm mampu mengeluarkan gas sisa hasil pembakaran lebih banyak, sehingga tidak mengotori campuran udara dan bahan bakar barunya. Jadi dengan campuran udara dan bahan bakar yang bersih akan meningkatkan kualitas pembakaran dan akan menurunkan kadar gas CO.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan tentang pengaruh diameter *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bakar empat langkah. Dengan variasi *exhaust valve* diameter 22 mm (standar), 22,5 mm dan 23 mm. Penggunaan *exhaust valve* berdiameter lebih besar mempunyai pengaruh yang nyata terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah.

- Torsi terbesar dihasilkan oleh mesin dengan penggunaan *exhaust valve* 23 mm, yaitu sebesar 0,914 kg.m pada putaran 4000 rpm, lebih besar 6,17% dari torsi standarnya.
- Daya efektif terbesar dihasilkan oleh mesin dengan penggunaan *exhaust valve* berdiameter 23 mm, yaitu sebesar 6,082 HP pada putaran 6000 rpm, lebih besar 7,09% dari daya efektif standarnya.
- Konsumsi bahan bakar spesifik efektif terkecil dihasilkan oleh mesin dengan penggunaan *exhaust valve* standar (22 mm), yaitu sebesar 0,077 kg/HP.jam pada putaran 4000 rpm, lebih rendah 12,82% dari penggunaan *exhaust valve* 23 mm.
- Emisi gas HC yang terendah dihasilkan oleh mesin dengan penggunaan *exhaust valve* 23 mm, yaitu sebesar 100 ppm vol gas buang pada putaran 5000 rpm, lebih rendah 33,3% dari emisi gas HC standarnya.
- Emisi gas CO yang terendah dihasilkan oleh mesin dengan penggunaan *exhaust valve* 23 mm, yaitu sebesar 0,109 %vol pada putaran 1000 rpm, lebih rendah 20,37% dari emisi gas CO standarnya.

### 5.2 Saran

Adapun saran yang menulis harapkan dari penelitian tentang pengaruh diameter *exhaust valve* terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah adalah sebagai berikut :

1. Dari penelitian ini bisa dilanjutkan untuk motor bensin empat langkah dengan menggunakan bahan bakar pertamax plus.
2. Perlu ditinjau lebih jauh lagi apabila penggunaan variasi *exhaust valve* ini digunakan pada mesin lain.