

# ANALISIS PENGARUH BENTUK PERMUKAAN PISTON TERHADAP KINERJA MOTOR BENJIN

Fitri wjayanti & Dadan Irwan

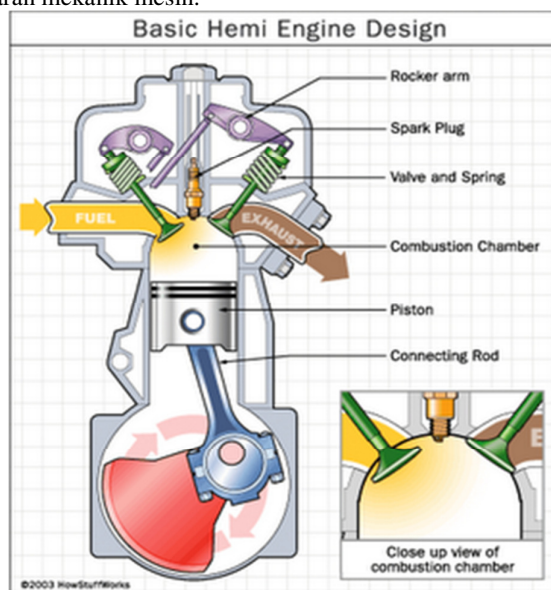
## Abstrak

Secara garis besar motor bensin tersusun oleh beberapa komponen utama meliputi : blok silinder (cylinder block), kepala silinder (cylinder head), poros engkol (crank shaft), torak (piston), batang piston (connecting rod), roda penerus (fly wheel), poros cam (cam shaft) dan mekanik katup (valve mechanic). Berdasarkan diskripsi dari sistem kerja, karakteristik dan bagian komponen mekanik motor bakar torak (piston), adalah memungkinkan modifikasi khususnya pada torak (piston) pada motor bakar torak. Pada penelitian ini maka kita akan memodifikasi permukaan piston menjadi permukaan piston cekung dan permukaan piston cembung. Hasil penelitian ini untuk mencari perbandingan model-model profil permukaan torak (piston face) guna mendapatkan model yang optimal dan dapat mengasilkan kerja maksimal. Model permukaan torak dapat dilakukan dengan modifikasi desain permukaan torak cekung dengan desain permukaan torak cembung. Pelaksanaan identifikasi penelitian ini pada modifikasi desain permukaan torak cekung dengan desain permukaan torak cembung, maka akan diperoleh hasil yaitu desain modifikasi dan karakteristik permukaan torak. Dan peneliti ini dapat mengetahui pengaruh terhadap daya pengisapan dan perbandingan kompresi pada mesin tersebut, serta hasil tenaga atau daya motor. Selain analisis secara matematis, peneliti juga mensimulasikan laju aliran fluida yang terjadi pada silinder tersebut dengan menggunakan program solidworks.

**Kata kunci :** Permukaan piston datar, Permukaan piston cekung, Permukaan piston cembung dan daya motor.

## 1. PENDAHULUAN

Motor bakar torak bensin merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah bahan bakar bensin menjadi tenaga panas dan akhirnya menjadi tenaga mekanik. Secara garis besar motor bensin tersusun oleh beberapa komponen utama meliputi ; blok silinder (cylinder block), kepala silinder (cylinder head), poros engkol (crank shaft), torak (piston), batang piston (connecting rod), roda penerus (fly wheel), poros cam (cam shaft) dan mekanik katup (valve mechanic). Blok silinder adalah komponen utama motor, sebagai tempat pemasangan komponen mekanik dan system-system mekanik lainnya. Blok silinder mempunyai lubang silinder tempat piston bekerja, bagian bawah terdapat ruang engkol (crank case), mempunyai kedudukan bantalan (bearing) untuk pemasangan poros engkol. Bagian silinder dikelilingi oleh lubang-lubang saluran air pendingin dan lubang oli. Kepala silinder dipasang di bagian atas blok silinder, kepala silinder terdapat ruang bakar, mempunyai saluran masuk dan buang. Sebagai tempat pemasangan mekanisme katup. Poros engkol dipasang pada kedudukan blok silinder bagian bawah yang diikat dengan bantalan. Dipasang pula dengan batang piston bersama piston dan kelengkapannya. Sedangkan roda penerus dipasang pada pangkal poros engkol (flens crank shaft). Roda penerus dapat menyimpan tenaga, membawa piston dalam siklus kerja motor, menyeimbangkan putaran dan mengurangi getaran mekanik mesin.



Gambar 1.1. Dasar mekanik motor bakar piston

Exhaust Valves	Intake Valves	Timing Belt
Adalah <i>valve</i> yang mengeluarkan gas sisa pembakaran dari <i>cylinder</i> .	Adalah <i>valve</i> yang membuka sebagai pintu masuk campuran bahan bakar (udara dan bensin) ke dalam <i>cylinder</i> .	Belt ini menselaraskan putaran <i>Camshaft</i> yang membuka dan menutup <i>valve</i> sebagai respon dari pergerakan <i>Crankshaft</i> .
Cylinder Head	Cam Shaft	Piston
Permukaan yang sedikit cekung yang membentuk pembakaran.	Digerakkan oleh <i>timing belt</i> , yang membuka dan menutup intakes dan <i>exhaust valves</i> .	Bergerak turun naik di <i>cylinder</i> sebagai akibat dari penerimaan tekanan yang terbentuk oleh ledakan campuran bahan bakar.
Crank Shaft	Oil Pan	
Berfungsi merubah gerakan turun naik dari piston menjadi gerak putar melalui <i>connecting rods</i> .	Tempat untuk oli mesin yang terletak di bawah mesin.	

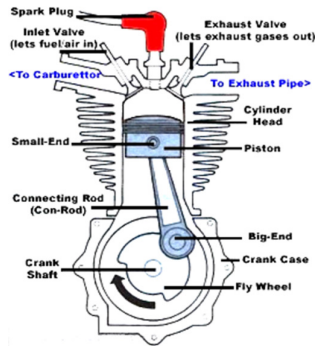
Prinsip kerja motor bensin adalah mesin yang bekerja memanfaatkan energi dari hasil gas panas hasil proses pembakaran, dimana proses pembakaran berlangsung di dalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja menjadi tenaga atau energi panas. Motor bakar torak (*piston*) mempergunakan satu atau lebih silinder dimana terdapat piston yg bergerak bolak-balik atau gerak translasi yang diubah menjadi gerak putar atau rotasi poros engkol (*crank shaft*). Di dalam silinder terjadi proses pembakaran bahan bakar + oksigen dari udara menghasilkan gas pembakaran bertekanan sangat tinggi. Gas hasil pembakaran sebagai gas kerja yang dapat menggerakkan piston dan diteruskan ke batang penghubung piston (*connecting rod*) dan dihubungkan dengan poros engkol (*crank shaft*). Gerak bolak-balik translasi torak (*piston*) menyebabkan gerak rotasi pada poros engkol dan sebaliknya, gerak rotasi poros engkol menimbulkan gerak translasi pada torak/piston.

**Perubahan energi thermal menjadi energi mekanik pada motor bakar torak**



Gambar 1.2. Skema perubahan energi motor bakar torak

Langkah / stroke adalah jarak gerak piston dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) atau sebaliknya. Agar motor dapat bekerja maksimal, syarat yang harus dipenuhi adalah dapat mengisap bahan bakar (campuran bensin dan udara) masuk ke dalam ruang silinder secara maksimal. Menaikkan tekanan silinder atau kompresi gas campuran bensin & udara agar diperoleh tekanan kompresi tinggi atau perbandingan kompresi maksimal 11 : 1 sehingga pembakaran maksimal, maka tenaga yang dihasilkan motor dapat maksimal.

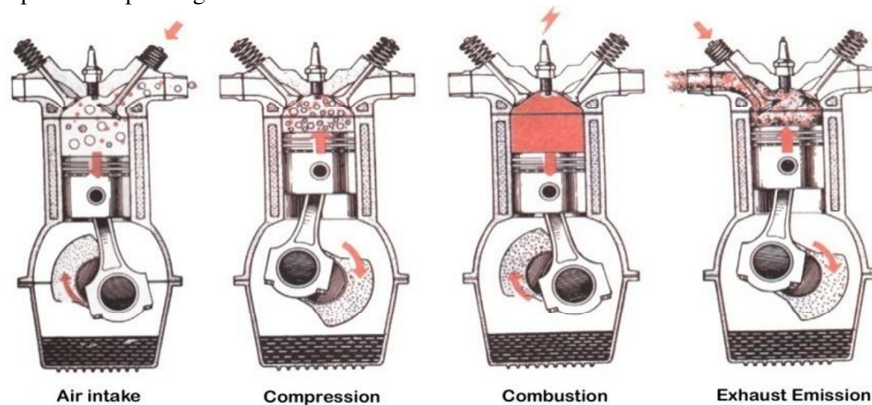


Gambar 1.3. Mekanik utama motor bensin

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Dasar Kerja Motor Empat Langkah

Motor empat langkah adalah motor yang setiap siklus kerjanya diselesaikan dalam empat kali gerak bolak balik langkah piston atau dua kali putaran poros engkol (*crank shaft*). Langkah piston adalah gerak piston tertinggi/teratas disebut titik mati atas (TMA) sampai yang terendah/terbawah disebut titik mati bawah (TMB). Sedangkan siklus kerja adalah rangkaian proses yang dilakukan oleh gerak bolak-balik translasi torak (*piston*) yang membentuk rangkaian siklus tertutup. Proses siklus motor empat langkah dilakukan oleh gerak torak (*piston*) dalam silinder tertutup, yang bekerja sesuai dengan pengaturan gerak katup atau mekanisme katup pada katup isap dan katup buang.



Gambar 2.1. Prinsip kerja motor empat langkah

Langkah kerja motor empat langkah adalah langkah isap, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah buang, lebih jelasnya dapat diuraikan sebagai berikut :

#### 1. Langkah Isap

Torak (*piston*) bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Katup isap dibuka dan katup buang ditutup, sehingga tekanan di dalam silinder menjadi tekanan rendah atau vacuum selanjutnya campuran udara dan bahan bakar terisap masuk melalui katup isap untuk mengisi ruang silinder.

#### 2. Langkah Kompresi

Torak (*piston*) bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA). Katup isap dan katup buang ditutup. Pada proses ini campuran bahan bakar dan udara ditekan atau kompresi, akibatnya tekanan dan temperaturnya naik sehingga akan memudahkan proses pembakaran.

#### 3. Langkah Kerja

Torak (*piston*) bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Katup isap dan katup buang masih ditutup. Sesaat piston menjelang titik mati atas busi pijar menyalakan percikan api seketika campuran bahan bakar dan udara terbakar secara cepat berupa ledakan. Dengan terjadinya ledakan menghasilkan tekanan sangat tinggi untuk mendorong piston ke bawah, sebagai tenaga atau usaha yang dihasilkan mesin.

#### 4. Langkah Buang

Torak (*piston*) bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA). Katup isap ditutup dan katup buang dibuka. Pada langkah/proses ini gas-gas bekas pembakaran didorong torak

(piston) ke atas sampai TMA selanjutnya dibuang melewati katup buang. Dalam satu siklus kerja motor, poros engkol berputar dua kali putaran atau empat kali gerak bolak-balik torak.

## 2.2. Dasar Teori Motor Bensin

Diawali dengan langkah isap sebagai langkah pengisian silinder yaitu dengan proses campuran bahan bakar dan udara oleh karburator (sistem konvensional) atau sistem EFI (*Elektronik Fuel Injection*) masuk ke dalam silinder, kemudian dikompresikan dan dibakar. Sehingga proses pembakaran dapat menghasilkan tenaga ledakan di dalam silinder dan torak akan menerima sepenuhnya tekanan pengembangan gas pembakaran. Torak (piston) mendapat tekanan tinggi akan bergerak turun dari TMA menuju TMB sebagai bentuk kerja menghasilkan tenaga mekanis motor. Kemampuan mesin adalah prestasi suatu motor sangat erat hubungannya dengan daya mesin yang dihasilkan. Beberapa hal yang mempengaruhi kemampuan mesin, antara lain : volume silinder, perbandingan kompresi, efisiensi volumetric, pemasukan campuran udara dan bahan bakar (efisiensi pengisian) dan efisiensi daya motor.

### 2.2.1. Volume Silinder

Volume silinder adalah besarnya volume langkah (*piston displacement*) ditambah volume ruang bakar. Volume langkah dihitung dari volume diatas piston saat posisi piston di TMB sampai garis TMA. Sedangkan volume ruang bakar dihitung volume diatas piston saat posisi piston berada di TMA, juga disebut volume sisa. Besarnya volume langkah atau isi langkah piston adalah luas lingkaran dikalikan panjang piston, dengan persamaan :

$$VL = A \cdot L \quad ; \quad \text{dimana } A = \pi/4 \cdot D^2$$

$$VL = \pi/4 \cdot D^2 \cdot L \tag{1}$$

Volume/isi silinder adalah sebesar, dinyatakan :

$$V_t = VL + V_s \tag{2}$$

Dimana, VL = Volume Langkah (cm<sup>3</sup>) atau (cc)

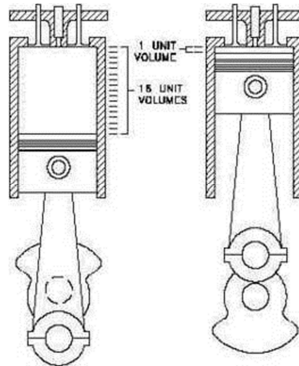
A = Luas penampang silinder (cm<sup>2</sup>)

D = Diameter silinder (cm)

L = Panjang langkah piston (cm)

V<sub>t</sub> = Volume total atau isi silinder (cc)

V<sub>s</sub> = Volume sisa atau volume ruang bakar (cc)



**Gambar 2.2. Langkah kerja piston di dalam silinder**

Untuk menentukan perbandingan kompresi (*r*) motor dapat dicari dengan persamaan :

$$r = (VL + V_s)/V_s \tag{3}$$

Untuk menghitung gaya (*F* dalam Newton) yang bekerja pada piston, dapat menggunakan persamaan momen atau torsi ( $\tau$  dalam Newton meter) dari spesifikasi mesin yaitu ;

$$\tau = F \times L \tag{4}$$

Dan untuk mengetahui tekanan (*P* dalam Pascal) yang bekerja pada piston dapat menggunakan persamaan ;

$$P = F/A \tag{5}$$

Untuk mengetahui muatan volume silinder, pada motor ukuran standar besarnya diameter silinder sama dengan diameter piston atau ( $\emptyset$  piston =  $\emptyset$  silinder) dikalikan langkah piston. Sedangkan untuk pada motor dengan permukaan piston dengan kontur radius gelombang sinus dapat diasumsikan ; ukuran diameter silinder lebih kecil dari pada ukuran diameter piston atau diameter piston lebih besar dari pada diameter silinder ( $\emptyset$  piston >  $\emptyset$  silinder) dikalikan langkah piston. Hal ini akan mempengaruhi kemampuan daya pengisapan campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang silinder dapat lebih besar daripada ukuran standar silinder motor bakar. Berikutnya dapat mempengaruhi terhadap perbandingan kompresi dan tenaga yang dihasilkan kerja motor. Dengan mengetahui parameter tersebut dapat dimungkinkan hasil akhirnya dapat meningkatkan daya/tenaga motor lebih besar bila dibandingkan dengan motor yang mempunyai ukuran silinder piston standar.

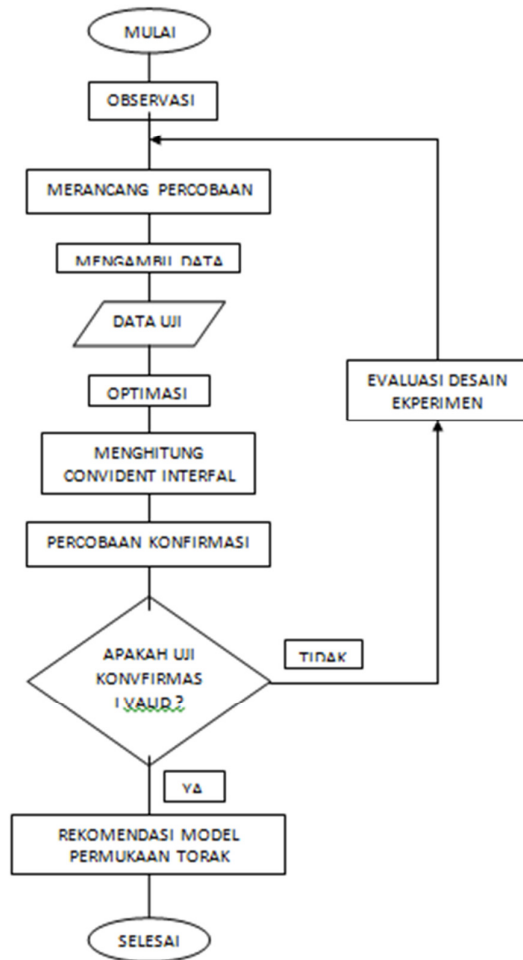
### 2.2.2. Permukaan torak

Penampang permukaan torak adalah lingkaran dapat dirancang dengan menentukan penampang menggunakan ukuran dari jari-jari ( $r$ ) atau diameter ( $D$ ) lingkaran, dimana  $D$  sama dengan  $2r$ . Model permukaan desain torak pada garis besarnya ada tiga model permukaan, yaitu ; torak permukaan datar, torak permukaan cekung dan torak permukaan cembung. Variasi permukaan cekung dan cembung secara teoritis dapat dirancang dengan menggunakan dua cara yaitu, cara matematis atau analitik dan cara grafis. Guna memudahkan analisis dan pembahasan ketiga kontur permukaan torak dengan asumsi variabel yang digunakan adalah menggunakan prosentasi. Kontur permukaan torak datar digunakan sebagai acuan dasar untuk menentukan kontur torak permukaan cekung dan cembung, dengan asumsi untuk kontur torak permukaan datar adalah 0 %. Sedangkan untuk kontur torak permukaan cekung dan cembung merupakan interval mulai dari 1 % minimal sampai 100 % maksimal. Adapun kelengkungan permukaan torak dengan pendekatan minimal 1 % adalah limit terhadap 0 % (paling dekat dengan permukaan datar) sampai kelengkungan permukaan torak maksimal 100 % adalah limit sebanding dengan jari-jari torak atau sebanding dengan diameter silinder motor itu sendiri. Notasi untuk menentukan kelengkungan permukaan torak cekung adalah memberikan tanda negatif /pengurangan prosentasi dari permukaan torak datar. Sebaliknya menentukan kelengkungan permukaan torak cembung adalah memberikan tanda positif/penambahan prosentasi dari permukaan torak datar. Untuk memudahkan pemahaman dapat dibuat dalam bentuk tabel asumsi permukaan torak.

Tabel 2.1. Asumsi permukaan torak

No	Permukaan torak	Notasi	Interval prosentasi
1	Datar	0	0 %
2	Cekung	Negatif (-)	1 – 100 %
3	Cembung	Positif (+)	1 – 100 %

### 3.METODOLOGI PENELITIAN



### 3.1. Merancang Percobaan

Tabel 3.1. berikut menyajikan batasan dan lingkup penelitian.

Tabel 3.1. Batasan dan Lingkup Penelitian

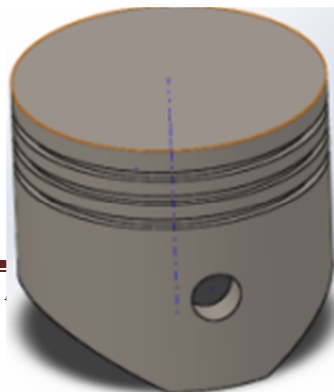
Kode	Variabel bebas atau faktor	Notasi	Level 1	Level 2	Level 3
A	Torak permukaan datar	0	0 %	0 %	0 %
B	Torak permukaan cekung	-	10 %	20 %	30%
C	Torak permukaan cembung	+	10 %	20 %	30 %

Metode penelitian yang dipilih adalah metode eksperimen. Kombinasi tiga variabel bebas atau faktor dan tiga level penelitian seperti pada tabel 3.1. Setelah nilai tersebut dimasukkan ke dalam rumus lalu disimulasikan dengan menggunakan software solidwork, untuk menentukan dari ketiga permukaan torak guna mendapatkan performance atau prestasi mesin yang paling maksimal.

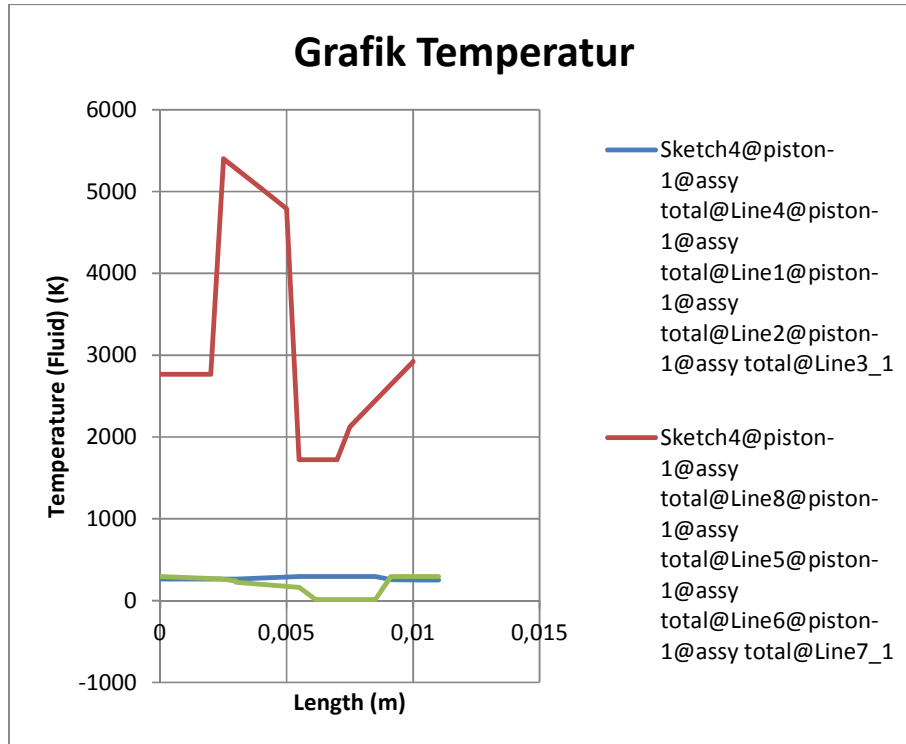
## 4. Hasil dan pembahasan

### 4.1. Piston Permukaan Datar

Piston pada permukaan datar diasumsikan sebagai tekanan dasar atau memiliki nilai tekanan 0 Pa.



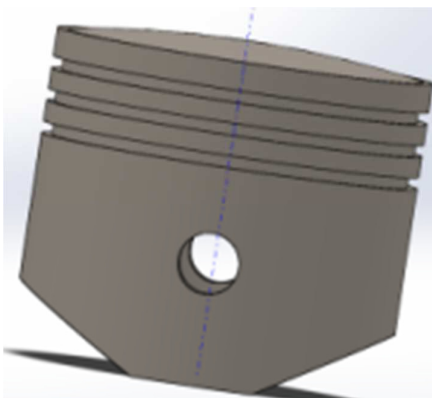
Gambar 4.1. Gambar piston permukaan datar



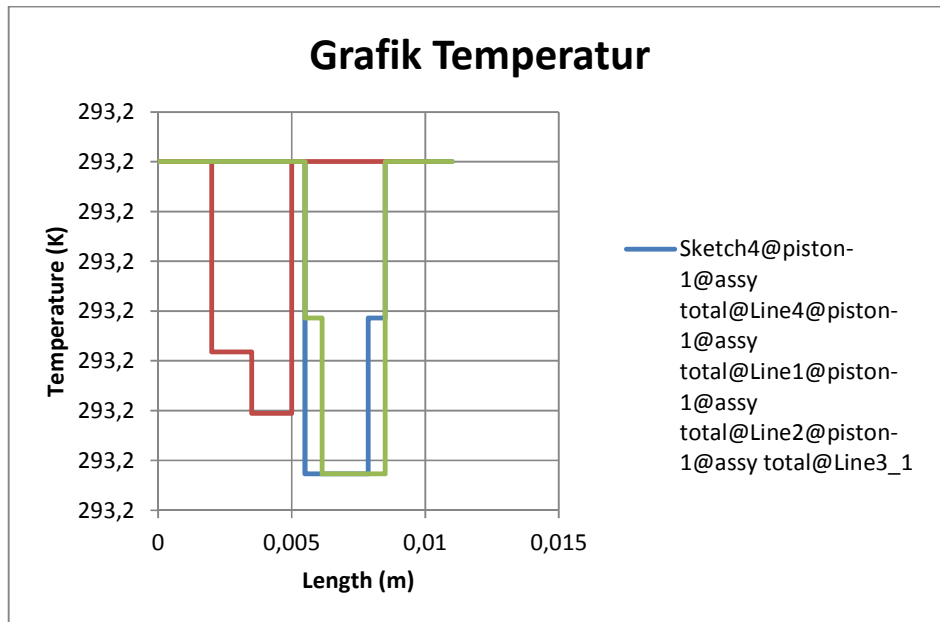
Gambar 4.2. Grafik temperatur pada piston permukaan datar

#### 4.2. Piston Permukaan Cembung

Pada permukaan ini, luas ruang bakar didalam silinder menjadi lebih sempit sehingga tekanan yang dihasilkan pada saat langkah kompresi lebih besar bila dibandingkan dengan permukaan torak datar.



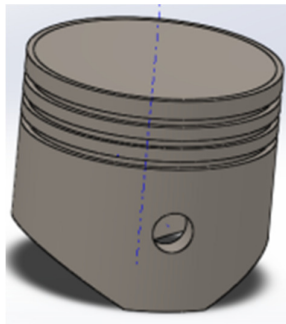
Gambar 4.3. Gambar piston permukaan cembung



Gambar 4.4. Grafik temperatur pada piston permukaan cembung

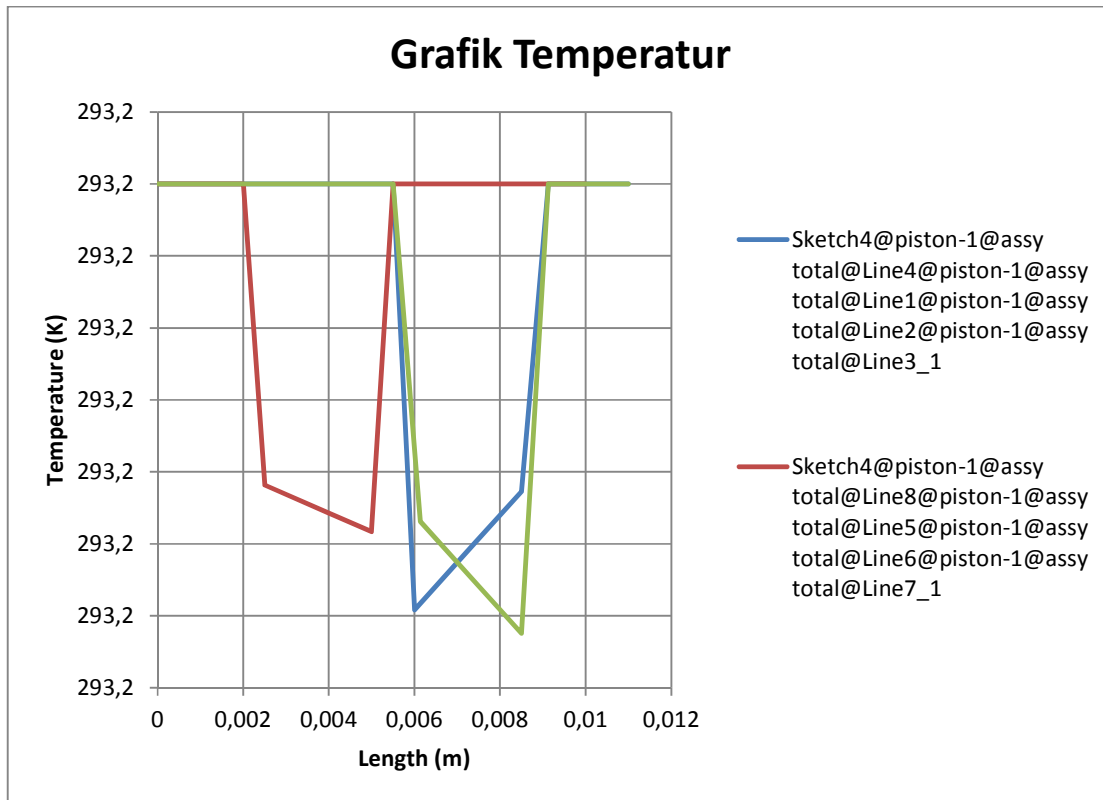
#### 4.3. Piston Permukaan Cekung

Pada permukaan ini, luas ruang bakar didalam silinder menjadi lebih luas sehingga tekanan yang dihasilkan pada saat langkah kompresi lebih kecil bila dibandingkan dengan permukaan torak datar.



Gambar 4.5. Gambar piston permukaan cembung





Gambar 4.6. Grafik temperatur pada piston permukaan cembung

#### 5. Kesimpulan

1. Pada penelitian ini permukaan piston datar dianggap sebagai nilai hasil pembandingan standar terhadap pengembangan permukaan torak cekung dan cembung.
2. Pada permukaan piston cembung akan menghasilkan tingkatan kompresi yang lebih besar dari permukaan piston yang standar. Karena pada langkah kompresi yang cukup besar sehingga akan menghasilkan daya motor yang besar juga.
3. Sebaliknya yang terjadi pada permukaan piston cekung, pada bentuk ini langkah kompresi akan mengalami penurunan nilai kompresi dari permukaan piston berbentuk datar, sehingga pada bentuk permukaan piston cekung akan mengalami penurunan daya pada motor bensin.

#### 6. Daftar Pustaka

- 1) Barendschot BPM, Arends H. 1996. *Motor Bensin*, Jakarta : Erlangga.
- 2) *Combustion in Spark Ignition Engine dan Perkembangan Teknologi Otomotif dan Potensi Pengembangan Energi Bahan Bakar Alternatif*, Materi kuliah pasca sarjana Program FT. MT. Universitas Panacasila Jakarta, 2011 disusun oleh : Prof. Dr. Ir. Prawoto, DEA. MSAE.
- 3) Heywood John B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamental*, Mc Graw-Hill Publishing Company, New York.
- 4) Hidayat Wahyu, 2012. *Motor Bensin Modern*, Jakarta : Rineka Cipta.
- 5) Maleev VL, Bambang Priambodo, 1995, *Operasi dan Pemeliharaan Motor Diesel*. Jakarta : Erlangga.
- 6) *New Step 1 Training Manual*, 1995. Jakarta : PT. Toyota Astra Motor.
- 7) Sucahyo, Bagyo, Darmanto, Soemarsono, 1999. *Otomotif Mesin Tenaga*. Solo : Tiga Serangkai.
- 8) Suprpto Otim, 1999. *Motor Otomotif 2*. Bandung : Angkasa.
- 9) Surbhakti BM, Koesnadi 1977. *Motor Bakar 1*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.