

# PERHITUNGAN DAYA DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR MOTOR BENSIN YAMAHA LS 100 CC

Tego Wiratno<sup>1</sup>, Samsudi Rahardjo<sup>2</sup> dan Joko Suwignyo<sup>3</sup>

## Abstrak

Pada masa sekarang ini manusia membutuhkan sarana transportasi dalam berbagai bidang. Sarana transportasi itu digunakan untuk memperlancar segala kebutuhan manusia seperti mengantar barang, untuk bepergian ke suatu tempat dan lain sebagainya. Salah satu alat transportasi yang digunakan adalah kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang sekarang ini banyak dipakai adalah kendaraan yang menggunakan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Motor pembakaran dalam yang dipakai pada kendaraan bermotor mempunyai volume silinder dan jumlah silinder yang berbeda-beda sesuai dengan kegunaan kendaraan itu. Untuk dapat mengoptimalkan penggunaan mesin maka diperlukan suatu pemeriksaan. Pemeriksaan meliputi : bagian – bagian mesin secara menyeluruh tentang kondisi, fungsi dan kualitas dari bagian – bagian tersebut. Dari pemeriksaan bagian – bagian mesin tersebut dapat diketahui apakah kondisi, fungsi dan kualitas mesin tersebut masih relevan atau tidak dengan perkembangan teknologi otomotif saat ini.

Kata Kunci: Otomotif, Internal Combustion Engine, Mesin Bensin

## PENDAHULUAN

Selaras dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, dan seiring dengan perkembangan dan kemajuan dibidang industri terutama dalam bidang permesinan, umumnya upaya penataan sistem transportasi yang diterapkan lebih banyak bertujuan memecahkan masalah yang timbul sekarang dan berjangka pendek, tanpa integrasi yang sesuai dengan perencanaan kotanya. Padahal tanpa perbaikan mendasar pada aspek perencanaan sistem transportasi secara menyeluruh, masalah-masalah yang timbul beserta implikasi dampaknya tak akan dapat terpecahkan dengan tuntas. Akibatnya bisa menimbulkan berbagai permasalahan, diantaranya kemacetan dan tingginya kadar polusi udara akibat berbagai pencemaran dari asap kendaraan bermotor . Masalah yang terjadi tidak hanya masalah polusi udara saja tetapi juga banyak sekali masalah kecelakaan serta kemacetan yang terjadi di Indonesia. Banyak sekali kecelakaan

---

<sup>1</sup> S1 Teknik Mesin UNIMUS

<sup>2</sup> S1 Teknik Mesin UNIMUS

<sup>3</sup> S1 Teknik Mesin UNIMUS

yang terjadi di Indonesia, hal ini disebabkan karena kelalaian para kendaraan bermotor serta kondisi jalan yang rusak. Selain itu, masyarakat juga harus ikut berpartisipasi dalam mengatasi masalah tersebut. Berbagai alat diciptakan untuk mempermudah dan menambah kenyamanan manusia dalam mencukupi kebutuhannya. Salah satunya adalah dibidang otomotif kendaraan ringan spektrum sepeda motor, dimana dalam penggunaannya diperlukan pengetahuan tentang mesin tersebut sehingga dapat berjalan seefektif dan seefisien mungkin.

Pada masa sekarang ini manusia membutuhkan sarana transportasi dalam berbagai bidang. Sarana transportasi itu digunakan untuk memperlancar segala kebutuhan manusia seperti mengantar barang, untuk bepergian ke suatu tempat dan lain sebagainya. Salah satu alat transportasi yang digunakan adalah kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang sekarang ini banyak dipakai adalah kendaraan yang menggunakan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Motor pembakaran dalam yang dipakai pada kendaraan bermotor mempunyai volume silinder dan jumlah silinder yang berbeda-beda sesuai dengan kegunaan kendaraan itu.

Untuk dapat mengoptimalkan penggunaan mesin maka diperlukan suatu pemeriksaan. Pemeriksaan meliputi : bagian – bagian mesin secara menyeluruh tentang kondisi, fungsi dan kualitas dari bagian – bagian tersebut. Dari pemeriksaan bagian – bagian mesin tersebut dapat diketahui apakah kondisi, fungsi dan kualitas mesin tersebut masih relevan atau tidak dengan perkembangan teknologi otomotif saat ini.

## LANDASAN TEORI

Motor adalah gabungan dari alat-alat yang bergerak (dinamis) yang bila bekerja dapat menimbulkan tenaga/energi. Sedangkan pengertian motor bakar adalah motor yang sumber tenaganya diperoleh dari hasil pembakaran gas didalam ruang bakar. Motor bensin sendiri mempunyai pengertian motor dimana gas pembakarnya berasal dari hasil campuran antara bensin dengan udara dalam suatu perbandingan tertentu, sehingga gas tersebut terbakar dengan mudah sekali didalam ruang bakar, apabila timbul loncatan bunga api listrik tegangan tinggi pada elektroda busi. Dan alat yang mencampur bensin dan udara supaya menjadi gas pada motor bensin ini adalah karburator.

Tenaga yang dihasilkan oleh motor adalah berasal dari adanya pembakaran gas didalam ruang bakar, oleh karena adanya pembakaran gas tersebut, maka timbullah panas. Dan panas ini mengakibatkan gas yang telah terbakar mengembang/ekspansi. Pembakaran dan pengembangan gas ini terjadi di dalam ruang bakar yang sempit dan tertutup/tidak bocor dimana bagian atas dan samping kiri kanan dari ruang bakar adalah statis/tidak bisa bergerak, sedangkan yang dinamis/bisa bergerak hanyalah bagian bawah, yakni piston sehingga dengan sendirinya piston akan terdorong ke bawah dengan kuatnya oleh gas yang terbakar dan mengembang tadi. Pada saat piston terdorong ke bawah ini, membawa tenaga yang sangat dahsyat, dan tenaga inilah yang dimaksud dengan tenaga motor.

### Prinsip Kerja Motor Bensin

Motor bensin sebagai salah satu jenis motor pembakaran dalam banyak digunakan untuk menggerakkan atau sebagai sumber tenaga dari suatu kendaraan. Pada pembahasan ini, motor bensin sebagai sumber tenaga menurut prinsip kerjanya dibedakan menjadi 2 yaitu motor bensin 4 tak dan motor bensin 2 tak.

#### **Motor Bensin 4 Tak**

Motor bensin 4 tak adalah motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakarnya memerlukan 4 langkah piston atau dua kali putaran poros engkol. Secara kasar atau garis besarnya, cara kerja motor bensin 4 tak adalah pertama-tama gas yang merupakan campuran bahan bakar dengan udara yang dihasilkan dari karburator dihisap masuk ke dalam silinder kemudian dimampatkan dan dibakar. Karena panas, gas tersebut mengembang dan karena ruang terbatas maka tekanan didalam silinder atau ruang bakar naik dan tekanan ini mendorong piston diteruskan ke poros engkol akan berputar. Secara terperinci dibawah ini diuraikan masing-masing langkah atau proses sebagai berikut :

#### 1) Langkah hisap

Pada langkah ini piston bergerak dari TMA ke TMB serta engkol berputar  $\frac{1}{2}$  putaran ( $180^\circ$ ). Dan pada langkah ini klep/katup masuk membuka pintu saluran masuk yang berhubungan dengan karburator, sedangkan katup buang menutup pintu saluran

pembuangan. Oleh karena bergeraknya piston dari TMA ke TMB ini mempunyai daya hisap yang sangat kuat, sehingga dengan sendirinya gas baru yang berada dalam karburator terhisap masuk ke dalam silinder dan ruang bakar.

#### 2) Langkah kompresi

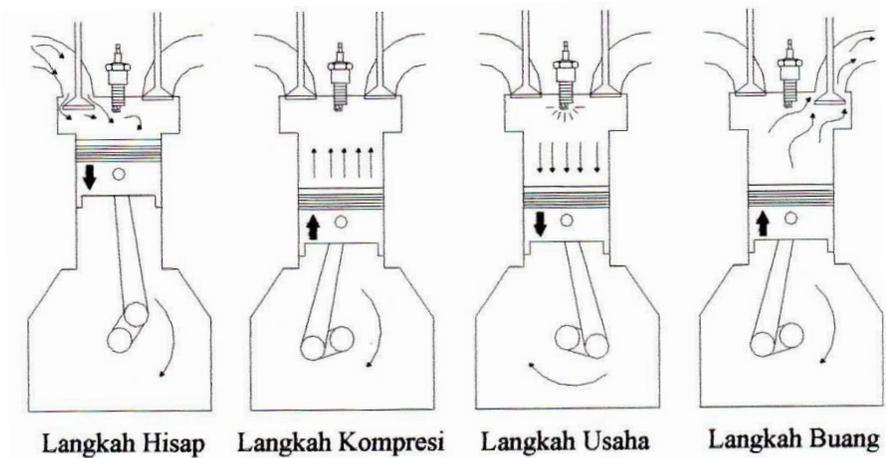
Pada langkah ini piston bergerak dari TMB ke TMA, engkol berputar ( $360^\circ$  atau 1 putaran). Dan pada langkah ini katup masuk dan katub buang menutup pintu salurannya masing-masing. Bergeraknya piston ini makin naik makin membuat ruangan diatas piston semakin sempit sehingga daya kompresi didalam ruangan yang sempit ini menjadi tinggi. Dan oleh karena disekeliling ruangan ini tertutup rapat, maka gas baru yang telah dihisap masuk menjadi termampat oleh piston.

#### 3) Langkah usaha

Beberapa saat sebelum piston mencapai TMA, engkol berputar mencapai ( $360^\circ$ ) pada akhir langkah kompresi, busi meloncatkan bunga api listrik tegangan tinggi didalam ruang bakar tepat saat engkol berputar  $360^\circ$  atau torak tepat mencapai TMA sehingga gas baru yang telah termampat didalam ruang bakar menjadi terbakar. Pembakaran ini berlangsung sampai piston mencapai TMA, setelah itu hasil pembakaran gas tersebut dapat menimbulkan panas yang menyebabkan pengembangan gas didalam ruang bakar. Pengembangan gas ini menimbulkan tekanan/tenaga yang dahsyat sekali ke segala arah, yakni bagian atas bawah dan samping kiri kanan didalam ruang bakar adalah statis, sedangkan yang dinamis didalam ruang bakar hanyalah bagian bawah, yaitu piston maka dengan sendirinya piston terdorong dengan kuatnya dari TMA ke TMB. Meluncurnya piston dari TMA ke TMB ini sudah tentu menimbulkan tenaga yang sangat besar pula.

#### 4) Langkah buang

Piston bergerak dari TMB ke TMA, engkol berputar  $270^\circ$ , maka pada langkah ini katub buang terbuka dan gas hasil sisa pembakaran didalam ruang terdorong keluar oleh piston melalui saluran buang.



Gambar 3. Proses kerja motor bensin 4 langkah

### Motor Bensin 2 Tak

Motor bensin 2 tak adalah motor yang setiap kali pembakarannya membutuhkan hanya 2 kali langkah torak atau satu kali putaran engkol, dengan kata lain motor bensin 2 tak tak berbeda jauh dengan motor 4 tak, yaitu pada motor bensin 2 tak tidak bekerja dengan poros yang tunggal pada masing-masing langkahnya melainkan antara proses dan kompresi terjadi dalam satu langkah torak. Sedangkan proses atau cara kerja motor 2 tak sebagai berikut:

#### 1) Langkah hisap dan kompresi

Pada langkah ini piston dari TMA ke TMB sehingga saluran masuk terbuka oleh piston, reed valve, rotary valve, atau crank shaft valvenya. Pada saat piston semakin bergerak keatas, maka akan mengakibatkan ruang bagian bawah piston yakni ruang carter menjadi semakin luas, dan Bergeraknya piston ke arah TMA ini bagian bawah piston menghisap gas baru dari karburator ke dalam ruang carter dan melalui saluran bilas menuju ke ruang bakar. Proses merupakan langkah isap. Selanjutnya piston terus bergerak menuju TMA sampai saluran buang dan saluran bilas tertutup oleh piston bagian atas sehingga terjadilah pemampatan gas yang masuk kedalam ruang bakar dan silinder sebelumnya, maka terjadilah kompresi dan kejadian ini yang disebut langkah kompresi.

## 2) Langkah usaha dan buang

Beberapa saat sebelum mengakhiri langkah kompresi (pada akhir langkah 1), busi meloncatkan bunga api listrik tegangan tinggi didalam ruang bakar sehingga gas baru dikompresikan menjadi terbakar. Pembakaran ini terjadi berlangsung terus menerus sampai piston mencapai TMA. Oleh karena pembakaran tersebut, maka timbullah panas yang menyebabkan gas mengembang. Gas ini terjadi pada saat setelah piston berada di TMA, karena hanya piston yang dinamis (bias bergerak) maka piston terdorong ke arah TMB dengan kuatnya oleh ledakan gas dan tenaga tadi diteruskan ke poros engkol. Peristiwa ini merupakan langkah usaha/kerja pada motor bensin 2 tak. Selanjutnya gerakan piston ke arah TMB ini membuat saluran buang dan saluran bilas menjadi terbuka sehingga gas bekas keluar melalui saluran buang tadi. Oleh karena adanya bantuan desakan dari gas baru yang mulai masuk lagi ke dalam ruang bakar dan silinder melalui saluran bilas. Proses ini disebut langkah buang.

Masuknya gas baru dari ruang carter ke dalam ruang bakar dan silinder karena gas baru yang berada didalam ruang ke atas mendapat tekanan dari piston, sewaktu piston bergerak ke bawah dan proses ini disebut kompresi carter.

## PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Perhitungan ulang untuk mengetahui kinerja dari suatu mesin, apakah kemampuan kerja dari mesin tersebut masih sesuai dengan kelayakan pemakaian atau perlu diadakan perbaikan serta penggantian komponen – komponen mesin agar dapat dioperasikan maksimal.

Perhitungan ulang dari motor bensin Yamaha LS ini meliputi :

- Perhitungan Daya
- Perhitungan Pemakaian Bahan Bakar

### **Data Spesifikasi mesin:**

- Diameter silinder (D) = 43,5 mm = 4,35 cm
- Panjang langkah (L) = 65,4 mm = 6,54 cm
- Putaran mesin (n) = 2500 rpm
- Kapasitas silinder = 97,146

### Data Teoritis:

- Temperatur udara luar [ $T_O$ ]  
Dengan memperhitungkan temperatur udara sekitar, diambil :  $T_O = 30^\circ = 303^\circ\text{K}$   
(Semarang)
- Tekanan udara luar [ $P_O$ ]  
Tekanan udara luar adalah :  $P_O = 1\text{ atm} = 1,033\text{ kg/cm}^2$
- Tekanan gas pada permulaan kompresi [ $P_a$ ]
- Harga  $P_a$  (tekanan udara diakhir langkah isap untuk motor 2 langkah berkisar antara  $(0,85 - 0,92) \times P_O$  atm). Untuk perhitungan ini diambil  $P_a = 0,90\text{ atm}$ .
- Kenaikan harga temperatur udara didalam silinder akibat suhu dinding silinder ( $\Delta t_w$ )  
Harga ( $\Delta t_w$ ) berkisar antara  $10^\circ - 20^\circ\text{K}$ . Untuk perhitungan diambil :  $\Delta t_w = 20^\circ\text{K}$  untuk  $T_{res} = 1.000^\circ\text{K}$ .
- Tekanan dari gas bekas ( $y_r$ )  
Koefisien gas bekas untuk mesin 2 langkah :  $0,03 - 0,04$ . Untuk perhitungan diambil :  $y_r = 0,04$
- Tekanan gas pada akhir pembuangan ( $P_r$ )  
Mesin karburator,  $P_r = 1,03 - 1,08\text{ atm}$  Diambil :  $P_r = 1,08\text{ atm}$
- Temperatur gas buang ( $T_r$ )  
Mesin karburator,  $T_r = 800 - 1000^\circ\text{K}$  diambil :  $T_r = 800^\circ\text{K} = 527^\circ\text{K}$
- Koefisien kelebihan udara ( $\alpha$ )  
Mesin karburator,  $\alpha = 1,1 - 1,3$ . diambil :  $A = 1,1$
- Faktor koreksi dari :  
Mesin 2 langkah,  $\phi = 0,95 - 0,97$ . diambil :  $\Phi = 0,95$ .
- Efisiensi mekanis ( $\eta_m$ )  
Mesin karburator 2 langkah  $\eta_m = 0,8 - 0,85$ . diambil :  $\eta_m = 0,8$ .
- Koefisien penggunaan panas hasil pembakaran ( $\xi_z$ )  
Motor bensin,  $\xi_z = 0,85 - 0,95$ . diambil :  $\xi_z = 0,85$ .
- Eksponen politropis ekspansi ( $n_2$ )  
Nilai  $n_2$  berkisar antara  $1,15 - 1,3$ . untuk perhitungan diambil :  $n_2 = 1,15 - 1,3$
- Masa jenis bensin =  $0,73\text{ gr/cm}^3 = 0,73\text{ kg/lt}$

## PERHITUNGAN

### 1. Volume langkah

Adalah besarnya ruang bakar yang ditempuh oleh piston selama melakukan langkah kerja.

$$VL = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L$$

Dimana : D = Diameter silinder (cm)

L = Panjang Langkah piston (cm)

$$VL = 0,785 \cdot 4,35^2 \cdot 6,54 = 97,146 \text{ cc}$$

### 2. Volume ruang bakar ( $V_c$ )

Volume ruang bakar adalah volume ruang bakar dari silinder head dan volume dari gasket.

$$V_c = V_{csh} + V_{cg}$$

$V_{cg}$  adalah volume yang disebabkan ketebalan gasket dengan tebal.

$$V_{cg} = \frac{1}{4} \pi \cdot D_{cg}^2 \cdot L_g$$

$$V_{cg} = \frac{1}{4} \pi \cdot (43)^2 \cdot 0,1$$

$$V_{cg} = 1,451 \text{ cc}$$

$V_{csh}$  adalah volume ruang bakar dari silinder head

$$V_{csh} = \frac{VL}{7} + 1,451$$

$$V_{csh} = \frac{97,146}{7} + 1,451$$

$$V_{csh} = 15,329 \text{ cc}$$

$$V_c = 1,451 + 15,329 = 16,78 \text{ cc}$$

### 3. Perbandingan Kompresi

Adalah perbandingan antara volume total silinder dengan volume sisa.

$$\Sigma = \frac{V_L + V_C}{V_C}$$

Dimana :

$V_L$  : Volume Langkah ( $\text{cm}^3$ )

$V_C$  : Volume ruang bakar ( $\text{cm}^3$ )

$$\Sigma = \frac{97,146 + 16,78}{16,78}$$

$$\Sigma = 6,8 \approx 7$$

4. Temperatur awal kompresi ( $T_a$ )

Adalah temperatur campuran udara – bahan bakar yang berada dalam saat piston mulai melakukan langkah kompresi.

$$T_a = \frac{T_o + \Delta t_w + (T_r \cdot y_r)}{1 + y_r} \quad (\text{Ibid hal 52})$$

Dimana :

$T_o$  = Temperatur udara luar

$\Delta t_w$  = Kenaikan temperature dalam silinder akibat suhu dinding silinder

$y_r$  = Koefisien gas bekas

$T_r$  = Temperatur gas buang

$$T_a = \frac{T_o + \Delta t_w + (T_r \cdot y_r)}{1 + y_r}$$

$$T_a = \frac{303 + 20 + (800 \cdot 0,04)}{1 + 0,04}$$

$$T_a = \frac{345}{1,04}$$

$$= 341,346 \text{ } ^\circ\text{K} \text{ (Standarisasi dari } T_a \text{ berkisar } 310\text{-}350 \text{ } ^\circ\text{K) (Kovack hal 29)}$$

5. Tekanan akhir kompresi ( $P_c$ )

Tekanan akhir kompresi adalah tekanan campuran udara-bahan bakar pada akhir langkah kompresi.

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1} \quad (\text{Ibid hal 32})$$

$$P_1 \cdot V_1^{n_1} = P_2^{n_1}$$

$$P_2 = P_1 \left[ \frac{V_1}{V_2} \right]^{n_1}$$

Dimana  $n_1$  adalah eksponen polytropik yaitu eksponen yang menunjukkan sifat dan bentuk dari proses adiabatik. Eksponen ini menunjukkan perubahan tekanan dan volume yang terjadi pada saat bahan bakar dikompresikan. Dengan menggunakan proses "trial and error, diperoleh harga  $n_1 = 1,34 - 1,39$ , maka diambil  $n_1 = 1,35$ .

$$\begin{aligned} P_c &= P_a \cdot \varepsilon^{n_1} \\ &= 0,85 \cdot (7)^{1,35} \\ &= 9,5 \text{ atm. (Kovack hal 33)} \end{aligned}$$

6. Temperatur kompresi ( $T_c$ )

Adalah temperatur campuran bahan bakar sebelum pembakaran (pada akhir langkah kompresi).

$$\begin{aligned} T_c &= T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1} \text{ (Kovack hal 34)} \\ &= 341,346 \cdot 7^{1,35 - 1} \\ &= 674,49^\circ\text{K (Standarisasi } T_c \text{ untuk motor bensin berkisar antara } 550\text{-}750^\circ\text{K)} \end{aligned}$$

7. Perbandingan tekanan dalam silinder selama pembakaran ( $\lambda$ )

Adalah rasio yang menunjukkan perbandingan tekanan maksimum pada pembakaran campuran bahan bakar dengan tekanan pada awal pembakaran.

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c}$$

Dimana untuk tekanan akhir pembakaran ( $P_z$ ), motor bensin 2 langkah dengan karbulator berkisar antara 30 – 50 atm (N. Petrovsky). Dalam perhitungan ini hingga  $P_z$  diambil 40 atm.

$$\lambda = \frac{40}{9,5}$$

$$\lambda = 4,2$$

8. Nilai kalor pembakaran bahan bakar ( $Q_b$ )

Adalah jumlah panas yang mampu dihasilkan dalam pembakaran 1kg bahan bakar. Pada mesin bensin digunakan bensin ( $C_8H_{18}$ ) sebagai bahan bakar bensin memiliki komposisi sebagai berikut :

$$C = 18\% \quad H = 18\% \quad O = 2\%$$

Menurut persamaan dulong dengan komposisi demikian bensin tersebut mempunyai nilai pembakaran ( $Q_b$ ) sebesar :

$$\begin{aligned}
 Q_b &= 8 \cdot C + 200 \cdot (H - O / 18) \\
 &= 8 \cdot 18 + 200 (18 - O / 18) \\
 &= 9.766,4 \text{ Kkal/Kg}
 \end{aligned}$$

Bensin mempunyai nilai pembakaran 9.500 – 10.500 Kkal/kg. (Jadi kompresi tersebut dapat dipakai).

9. Kebutuhan udara teoritis ( $\dot{L}_O$ )

Adalah kebutuhan udara yang diperlukan membakar bahan bakar sesuai perhitungan.

$$\dot{L}_O = \frac{O_2}{0,21} \text{ (Petrovsky hal 32)}$$

$$\dot{L}_O = \frac{1}{0,21} \left[ \frac{c}{12} + \frac{h}{4} + \frac{o}{32} \right]$$

$$\dot{L}_O = \frac{1}{0,21} \left[ \frac{0,87}{12} + \frac{0,11}{4} + \frac{0,02}{32} \right] = \frac{0,099375}{0,21} = 0,473 \text{ mole}$$

10. Koefisien kimia dari perubahan molekul setelah pembakaran ( $\mu_o$ )

Adalah perubahan volume gas dalam silinder selama pembakaran (perbandingan dari jumlah mol dari pemasukan segar sebelum pembakaran).

$$\mu_o = \frac{M_g}{M_e}$$

$$\mu_o = \frac{M_g}{\alpha \cdot L_o}$$

dimana :

a = Koevisien kelebihan udara, untuk motor bensin harga koevisien kelebihan udara berkisar 0,85 – 1,05.

$M_g$  = Jumlah mol dari gas setelah pembakaran (kualitas total dari pembakaran gas basah dalam mol per 1 kg bahan bakar)

$$M_g = MCO_2 + MH_2O + MN_2 \text{ (Petrovsky hal 39)}$$

$$(i) = MCO_2 = C/2 = 0,87/2 = 0,435$$

$$(ii) = MH_2O = H/2 = 0,11/2 = 0,055$$

$$(iii) = MO_2 = 0,21 \cdot (a - 1) = 0,21 \cdot (1,05 - 1) = 0,011$$

$$(iv) = MN_2 = 0,79 \cdot (a - 1) = 0,79 \cdot (1,05 - 1) = 0,0392$$

Sehingga :

$$Mg = 0,072 + 0,05 + 0,011 + 0,0392$$

$$= 0,54 \text{ mol}$$

Jadi :

$$\mu = \frac{0.54}{1,05.0,473}$$

$$= 1,087$$

11. Koefisien dari perubahan molekul setelah proses pembakaran ( $\mu_o$ )

Adalah perubahan jumlah sebenarnya dari mol gas setelah pembakaran ( $\mu_o$ )

$$\mu = \frac{\mu + \gamma_r}{\gamma} \text{ (kovack hal 22)}$$

$$= \frac{1,087 + 0,04}{1 + 0,04}$$

$$= \frac{1,127}{1,04}$$

$$= 1,084$$

12. Temperatur gas pada akhir pembakaran ( $T_2$ )

Adalah temperatur gas hasil pembakaran campuran udara-bahan bakar untuk motor bensin yang memiliki status volume tetap  $T_2$  dapat dicari dengan rumus :

$$\frac{\xi_z O_1}{\alpha.L_0.(1 + \gamma_r)} + (mc_p)_{mix} T_c = \mu(mc_p)_g.T_z$$

Dimana ;

$(M c_p)_g$  = kapasitas gas buang

$$= (M_{cp})_{gas} + 1,985$$

$$(M c_p)_{gas} = A_{gas} + B_{gas} \cdot T_c$$

$$(M c_p)_{CO_2} = 7,82 + (125.10^{-5}) \cdot T_2$$

$$= V_{CO_2} \cdot (M c_p)_{CO_2} + V_{H_2O} \cdot (M c_p)_{H_2O} + V_{O_2} \cdot (M c_p)_{O_2} + V_{N_2} \cdot (M c_p)_{N_2}$$

$$(M c_p)_{CO_2} = 7,82 + (125.10^{-5}) \cdot T_2 \text{ (Petrovsky hal 48)}$$

Isi volumetric relative dari unsur pokok dalam hasil pembakaran.

$$v_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}}{V_g} = \frac{c}{12M_g}$$

$$v_{CO_2} = \frac{0,087}{12 \times 0,54847} = 0,13219$$

$$v_{H_2O} = \frac{v_{h_2o}}{V_g} = \frac{h}{2m_g}$$

(Petrovsky hal 39)

$$v_{H_2O} = \frac{0,11}{2 \times 0,54847} = 0,10028$$

$$v_{N_2} = \frac{v_g}{V_g} = \frac{0,79 \cdot \alpha \cdot L_0}{M_g}$$

$$v_{N_2} = \frac{0,79 \times 1,1 \times 0,473}{0,54847} = 0,74942$$

$$v_{O_2} = \frac{v_{O_2}}{V_g} = \frac{0,21(\alpha - 1) \cdot L_0}{M_g}$$

$$v_{O_2} = \frac{0,21(1,1 - 1) \cdot 0,473}{0,5484} = 0,01811$$

(i) menurut N.M Gglagolev :

$$(m_{c_p}) = 7,28 + 125 \times 10^{-5} T_z \text{ Kcal/mol per } ^\circ\text{C}$$

$$(m_{c_p})_{H_2O} = 5,79 + 112 \times 10^{-5} T_z \text{ Kcal/mol per } ^\circ\text{C}$$

$$(m_{c_p})_{N_2} = 4,62 + 53 \times 10^{-5} T_z \text{ Kcal/mol per } ^\circ\text{C}$$

$$(m_{c_p})_{O_2} = 4,62 + 53 \times 10^{-5} T_z \text{ Kcal/mol per } ^\circ\text{C}$$

(ii) Volume relatif gas hasil pembakaran

$$V_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_{gas}} = \frac{0,435}{0,54} = 0,805$$

$$V_{H_2O} = \frac{M_{H_2O}}{M_{gas}} = \frac{0,055}{0,54} = 0,102$$

$$V_{O_2} = \frac{M_{O_2}}{M_{gas}} = \frac{0,011}{0,54} = 0,02$$

$$V_{N_2} = \frac{M_{N_2}}{M_{gas}} = \frac{0,0392}{0,54} = 0,73$$

Dari persamaan diatas diperoleh :

$$\begin{aligned} A_{gas} &= VCO_2.ACO_2 + VH_2O.AH_2O + VO_2.AO_2 + VN_2.AN_2 \\ &= 0,805 \cdot 7,82 + 0,102 \cdot 5,79 + 0,02 \cdot 4,62 + 0,073 \cdot 4,62 \\ &= 7,309 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{gas} &= VCO_2.BCO_2 + VH_2O.BH_2O + VO_2.BO_2 + VN_2.BN_2 \\ &= 0,805 \cdot 125 + 0,102 \cdot 112 + 0,02 \cdot 53 + 0,073 \cdot 53,10^{-5} \end{aligned}$$

$$Tz = 116,978 \cdot 10^{-5} \cdot Tz$$

$$(M_{cp})_{gas} = 7,309 + 116,978 \cdot 10^{-5} \cdot Tz$$

Sehingga :

$$= 7,309 + 116,978 \cdot 10^{-5} \cdot Tz$$

$$= 9,294 + 116,978 \cdot 10^{-5} \cdot Tz$$

$(Mcp)_{max}$  = kapasitas panas udara akhir langkah kompresi

$$= 4,62 + 53 \cdot 10^{-5} Tc$$

$$= 4,62 + (53 \cdot 10^{-5} \cdot 674,49)$$

$$= 4,977$$

Dari sini dapat diperoleh :

$$1,127 \cdot (7,167 + 68,981 \cdot 10^{-5} \cdot Tz) \cdot Tc$$

$$= \frac{P_1 \cdot Q_b}{a \cdot L_o \cdot (1 \cdot \lambda_r)} + (M_{cp_{gas}} \cdot 1,985) \cdot Tc$$

$$= \frac{0,85 \cdot 9766,4}{1,05 \cdot 0,473 \cdot (1 + 0,04)} + (4,977 + 1,985) = 674,49$$

$$= 16088,06 + 6663,51 = 22751,57$$

$$= 8,07 \cdot Tz + 73,369 \cdot 10^{-5} \cdot Tz$$

$$= 73,369 \cdot 10^{-5} \cdot Tz^2 + 8,07 \cdot Tz - 22751,57 = 0$$

$$Tz = \frac{-B \pm (B^2 - 4AC)^{0,5}}{2a}$$

$$Tz = \frac{-8,07 \pm [(8,07)^2 - 4 \cdot (0,00073396) \cdot -22751,57]^{0,5}}{2 \cdot 0,00073396}$$

$$Tz = \frac{-8,07 \pm [(65,125 + 66,79)^{0,5}]}{0,00146792}$$

$$T_z = \frac{-8,07 \pm 11,48}{0,00146792}$$

$$T_z = \frac{3,41}{0,00146792} = 2323,01 \text{ } ^\circ\text{K (Standar 2300 – 2700 } ^\circ\text{K Kovack hal 47)}$$

13. Perbandingan ekspansi ( $\rho$ )

Rasio yang menunjukkan perubahan yang terjadi gas hasil pembakaran campuran udara – bahan bakar pada awal langkah kompresi. Perbandingan ekspansi pendahuluan dapat dicari dengan rumus :

$$\rho = \frac{\mu}{\lambda} \cdot \frac{T_z}{T_c} \quad (\text{Kovack hal 46})$$

$$\rho = \frac{1,084 \cdot 2323,01}{4,2 \cdot 674,49}$$

$$\rho = \frac{2518,14}{2832,85} = 0,89$$

14. Perbandingan ekspansi selanjutnya ( $\delta$ )

Adalah perbandingan ratio yang menunjukkan perubahan pada gas hasil pembakaran selama langkah ekspansi :

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} \quad (\text{Kovack hal 46})$$

$$\delta = \frac{7}{0,89} = 7,87$$

15. Tekanan gas pada akhir ekspansi ( $P_b$ )

$P_z$  untuk motot 2 langkah berkisar antara 30 – 50 diambil  $P_z = 40$

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}}$$

$$P_b = \frac{40}{7,87^{1,35}}$$

$$P_b = \frac{40}{16,20} = 2,46 \quad (\text{Kovack Hal 46})$$

16. Tekanan indikator rata – rata teoritis ( $P_{it}$ )

$$P_{it} = \frac{P_c}{\Sigma - 1} \left[ \lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n - 1} \left( 1 - \frac{1}{\delta^{ln1}} \right) - \frac{1}{n \cdot 1} \left( 1 - \frac{1}{\Sigma^{n-1}} \right) \right]$$

$$P_{it} = \frac{11,76}{7 - 1} \left[ 4,2(0,89 - 1) + \frac{4,2 \cdot 0,89}{1,35 - 1} \left( 1 - \frac{1}{7,87^{1,35-1}} \right) - \frac{1}{1,35 - 1} \left( 1 - \frac{1}{7^{1,35-1}} \right) \right]$$

$$P_{it} = 1,96 [-0,462 + 0,69 \cdot (0,51) - 2,857 \cdot (0,49)]$$

$$= 7,05 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\text{Kovack hal 56})$$

17. Tekanan indikator rata – rata ( $P_i$ )

Adalah besarnya tekanan rata – rata yang dihasilkan pembakaran bahan campuran bakar.

$$P_i = Q \cdot P_{it}$$

Dimana :

Q = Faktor koreksi berkisar antara 0,80 – 0,90 (N. Petrovsky)

Dalam perhitungan diambil 0,90

$$P_i = 0,9 \cdot 7,05 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 6,34 \text{ kg/cm}^2$$

18. Efisiensi Pengisian ( $\eta_{ch}$ )

Adalah rasio yang menunjukkan kemampuan silinder dalam menghisap campuran bahan bakar.

$$\eta_{ch} = \frac{\Sigma P_a T_o}{(\Sigma - 1) \cdot P_o \cdot (T_o + \Delta tw + \gamma \cdot T_r)}$$

Dimana :

$P_a$  : Tekanan campuran bahan bakar dalam silinder pada akhir langkah hisap antara 0,85 – 0,92 atm diambil = 0,85

$P_o$  : Tekanan udara luar

$\Sigma$  : Perbandingan kompresi

$$\eta_{ch} = \frac{7,085 \cdot 303}{(7 - 1) \cdot 1 \cdot (303 + 14 + 0,04) \cdot 800}$$

$$= \frac{1802,8}{1268}$$

$$= 1,42$$

19. Pemakaian bahan bakar Indikator ( $F_1$ )

Adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan tekanan indikator.

$$F_1 = \frac{318,4 \cdot \eta_{ch} \cdot P_o}{P_1 \alpha \cdot L_o \cdot T_o}$$

$$F_1 = \frac{318,4 \cdot 1,42 \cdot 1}{6,34 \cdot 1,05 \cdot 0,473 \cdot 303}$$

$$= \frac{452,1}{954,07}$$

$$= 0,473 \text{ kg/HP.jam}$$

20. Pemakaian bahan bakar ( $F_e$ )

Adalah jumlah konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan kerja efektif.

$$F_e = \frac{F_h}{N_i}$$

$$F_e = \frac{1,57}{3,323}$$

$$= 0,473 \text{ liter/HP.jam}$$

21. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik ( $F$ )

$$F = \frac{F_1}{\eta_m}$$

$$= \frac{0,473}{0,85}$$

$$= 0,556 \text{ kg/HP.jam}$$

22. Tekanan efektif ( $P_e$ )

Adalah besar rata-rata tekanan efektif yang bekerja pada permukaan piston

$$P_e = P_1 \cdot \eta_m$$

$$= 6,34 \cdot 0,85$$

$$= 5,39 \text{ kg/cm}^2$$

23. Daya efektif ( $N_e$ )

$$N_e = \eta_m \cdot N_i$$

$$\text{Jika } \eta_m = 0,85$$

Maka  $N_e = \eta_m \times n_1$

$$N_e = 0,85 \times 3,323$$

$$N_e = 2,82 \text{ HP}$$

#### 24. Daya Indikator

$$\begin{aligned} N_i &= \frac{P_i V_L n_z}{60.75.100} \\ &= \frac{6,34.0,785.1849.6,5.2,500.}{450000} \\ &= 3,323 \text{ HP} \end{aligned}$$

#### 25. Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} F_h &= F_i \cdot N_i \\ &= 0,473 \cdot 3,323 \\ &= 1,57 \text{ liter / jam} \end{aligned}$$

### KESIMPULAN

Perhitungan ulang mengambil obyek motor bakar bensin 2 tak 1 silinder 100 cc ada beberapa hal yang sangat penting diantaranya adalah perhitungan bahan bakar yang digunakan. Dari hasil perhitungan didapatkan daya efektif sebesar 3,40 Hp. Sedangkan dalam pengoperasiannya diperlukan 1,89 liter / jam yang ekonomis.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aris Munandar, Wiranto, 1988. *Penggerak mula motor bakar torak*. Institut Teknologi Bandung.
- Korach, 1977. *Motor Whicle Engine*. Mir Pubisher : Moscow.
- Petrovsky, N. 1968. *Marine Internal Combustion Engine*, Mir Publiser : Moscow.
- R.S. Khurmi : J.K. Gupta, 1980, *Machine Design*, *Eurasin Publishing House*; New Delhi.
- V.L Malev, 1985. *Internal Combustion Engine*. Mc Graw – Hill Book Company : Singapore.
- Fundamentals, 1959. *Internal Combustion Engines*, Paul W. Gill, James H. Smith, JR.