

PENGARUH MODIFIKASI CRANKSHAFT TERHADAP DAYA EFEKTIF PADA MOTOR BAKAR 160 CC

Najamudin, Muhamad Zein dan Komang Sujana
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Bandar Lampung

ABSTRAK

Poros engkol (*crankshaft*) pada sepeda motor memiliki komponen-komponen utama yaitu : poros mesin, roda penerus, pena engkol dan bantalan. Modifikasi poros engkol (*crankshaft*) adalah perubahan posisi letak pena engkol pada roda penerus poros engkol. Poros engkol terbuat dari baja tuang dan terletak pada blok mesin tengah, yang berfungsi untuk mengubah gerakan naik dan turun daripada piston didalam silinder mesin menjadi gerak berputar didalam silinder serta berfungsi untuk menerima tekanan gerak lurus dari piston dan diubah menjadi gerak putar. Di dalam hal ini penulis merencanakan penambahan volume langkah sebuah motor dari 160 cm^3 menjadi $172,51 \text{ cm}^3$, maka besarnya perubahan Panjang Langkah piston (*stroke*) dapat menghasilkan peningkatan daya efektif. Panjang Langkah piston (*stroke*) bertambah sebesar 5 mm, dari 49,5 mm menjadi 54,5 mm. Dimana penambahan tersebut dilakukan dengan menambah jarak antara titik pusat pena engkol ke titik pusat poros engkol, dari 21 mm menjadi 26 mm. Tekanan kompresi meningkat dari $9,0 \text{ kg/cm}^2$ menjadi 11 kg/cm^2 . Dimana alat untuk mengukur tekanan kompresi ini disebut Compression tester. Perbandingan kompresi meningkat dari 9 : 1 menjadi 9,81 : 1. Volume silinder meningkat dari $176,268 \text{ cm}^3$ menjadi $192,095 \text{ cm}^3$. Daya indikator meningkat dari 13,318 DK menjadi 17,922 DK. Momen puntir (*torsi*) menjadi 506,027 kg.cm. Dengan meningkatnya perbandingan kompresi serta tekanan kompresi, maka Daya Efektif Meningkat dari $N_e = 9,323 \text{ DK}$ Menjadi $N_e = 12,545 \text{ DK}$

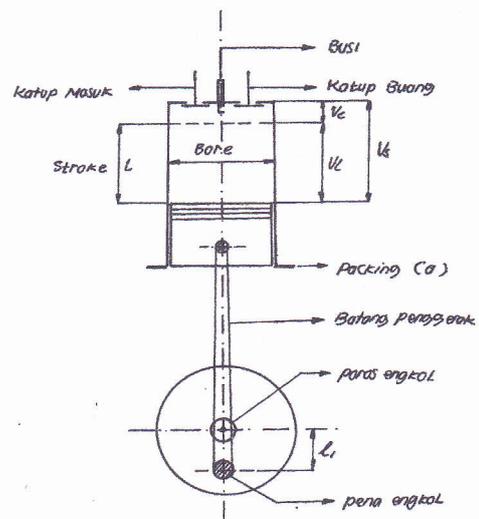
Kata kunci : Crankshaft, Panjang Langkah Stroke), Daya Motor Bakar

PENDAHULUAN

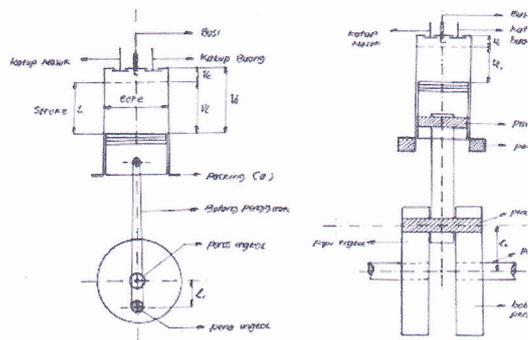
Modifikasi poros engkol (*crankshaft*) adalah perubahan posisi letak pena engkol pada roda penerus poros engkol. Poros engkol terbuat dari baja tuang dan terletak pada blok mesin tengah, yang berfungsi untuk mengubah gerakan naik dan turun daripada piston didalam silinder mesin menjadi gerak berputar didalam silinder serta berfungsi untuk menerima tekanan gerak lurus dari piston dan diubah menjadi gerak putar. Poros engkol pada sepeda motor memiliki komponen-komponen utama yaitu : poros mesin, roda penerus, pena engkol dan bantalan.

Pada gambar 1. diperlihatkan dimensi mesin sebelum dimodifikasi, dimana jarak antara titik pusat poros engkol dengan titik pusat pena engkol adalah l_1 , dan ketebalan packing standar adalah a . Jika poros engkol (*crankshaft*) tersebut dimodifikasi dengan menambah jarak antara titik pusat poros engkol (*crank jurnal*) dengan titik pusat pena engkol (*crank pin*) menjadi l_2 , maka jarak antara titik pusat poros engkol

dan titik pusat pena engkol akan menjadi l_2 . Dan ketebalan packing akan berubah menjadi a' . Pada gambar 2 diperlihatkan perubahan dimensi mesin setelah dimodifikasi.



Gambar 1. Dimensi mesin sebelum modifikasi



a. *Pandangan samping*

b. *Pandangan de*

Gambar 2. Dimensi mesin setelah modifikasi.

Keterangan gambar :

TMA = Titik Mati Atas.

TMB = Titik Mati Bawah.

V_c = Volume ruang bakar (cm^3).

V_l = Volume langkah (cm^3).

L = Panjang langkah piston (cm).

L' = Perubahan panjang langkah piston (cm).

l_1 = Jarak antara titik pusat poros engkol dan titik pusat pena engkol (cm).

l_2 = Penambahan jarak setelah dimodifikasi (cm).

Untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan akibat perubahan dimensi serta daya pada motor, maka direncanakan penambahan volume langkah dari 160 cm^3 menjadi $172,51 \text{ cm}^3$, yaitu akan dilakukan analisa teoritis pengaruh yang ditimbulkan dalam bentuk kajian ilmiah (*skripsi*) dengan judul : *Pengaruh Modifikasi Crankshaft Terhadap Daya Efektif Pada Motor 160 cm^3 .*

Batasan Masalah

Modifikasi ini dilaksanakan dalam batas-batas tertentu, sehingga dapat mempersempit ruang lingkup permasalahan. Adapun batasan-batasan tersebut adalah:

1. Poros engkol yang dimodifikasi adalah poros engkol pada sepeda motor dengan volume langkah 160 cm^3 .
2. Perhitungan parameter-parameter utama dilaksanakan pada : Volume langkah V_l (cm^3), Volume ruang bakar V_c (cm^3), Volume silinder V_s (cm^3), Perbandingan

kompresi (ϵ), Daya indikator N_i (DK), Daya efektif N_e (DK), Daya spesifik P_s (DK/dm^2), Kecepatan rata-rata piston \bar{S}_m (m/s), Kecepatan piston v_p (m/s), Momen puntir M_p (kg.cm).

3. Perhitungan parameter-parameter mesin dilaksanakan pada : Gaya tangensial F (kg) pada permukaan poros, Tegangan geser τ_k (kg/mm^2), Tekanan permukaan pasak P (kg/mm^2), Momen lengkung M_b (kg.cm) pada pena engkol, Momen puntir M_w (kg.cm) pada pena engkol, Tekanan bidang k (kg/cm^2) pada pena engkol, Tegangan puntir τ_x (kg/cm^2) sumbu x pada pipi engkol, dan Tegangan puntir τ_y (kg/cm^2) sumbu y pada pipi engkol.
4. Efisiensi teoritis (η_{th}), Efisiensi volumetris (η_v), Efisiensi mekanis (η_m), dan Efisiensi total (η_{tot}) ditentukan berdasarkan tabel A-1 (*lampiran*).

Tujuan Penelitian

Di dalam hal ini penulis merencanakan penambahan volume langkah sebuah motor dari 160 cm^3 menjadi $172,51 \text{ cm}^3$, tujuannya adalah :

1. Untuk mengetahui berapakah panjang langkah (*stroke*) yang harus ditambah? atau berapakah jarak antara titik pusat poros engkol ke titik pusat pena engkol yang harus saya tambah?
2. Untuk mengetahui berapakah daya efektif serta momen puntir yang dihasilkan akibat penambahan langkah tersebut?
3. Untuk mengetahui besarnya gaya-gaya yang terjadi pada poros engkol.

Landasan Teori

Otto, Nikolaus August, (1832-1891), seorang insinyur Jerman penemu "*mesin pembakaran dalam*" 4 langkah yang kemudian dipatenkan pada tahun 1876. Kemudian, Nikolaus A Otto dan Eugen Langen juga berhasil mengembangkan sebuah motor bakar bertekanan atmosfer. Campuran bahan bakar dan udara atmosfer dimasukkan kedalam silinder, dinyalakan dengan busi, sehingga terjadi gas pembakaran yang

bertekanan tinggi dan mampu mendorong piston untuk melakukan langkah ekspansi sampai pembuangan gas pembakaran tersebut.

Pada tahun 1860 ia mendengar kabar adanya penemuan mesin yang digerakkan gas oleh Jean Joseph Etienne Lenoir. Menurut pandangan Otto kalau saja mesin Lenoir menggunakan bahan bakar cair, pastilah akan lebih bertenaga. Oleh karena itu, Otto kemudian merancang karburator, tetapi ciptaannya ini ditolak kantor paten karena peranti ini sudah pernah dibuat orang.

Dengan diilhami mesin gas ciptaan Lenoir, Otto menciptakan mesin gas sendiri dengan kelebihan konsumsi bahan bakar yang lebih ekonomis. Selain itu, Otto membuktikan bahwa ia dapat menghasilkan mesin bertenaga 3 dk., walau memiliki tinggi 4 meter.

Ketika penjualan mesin ini mandeg, pada tahun 1876 Otto mengembangkan mesin 4 langkah yang merupakan mesin yang lebih baik dibanding mesin gas. Mesin ini juga merupakan era dimulainya teknologi mesin modern. Hal ini terbukti dengan berkembangnya mesin berbahan bakar bensin yang sangat baik dan lebih bertenaga berdasarkan mesin Otto saat ini.

Perhitungan Daya Indikator (N_i)

Daya motor indikator adalah data hasil pembakaran bahan bakar di atas piston yang telah dikurangi kerugian-kerugian panas karena pendinginan dan kerugian-kerugian panas karena terbawa oleh gas bekas. Jika jumlah pembakaran dalam tiap putaran = a .

Maka tenaga indikator :

$$N_i = a \left(\frac{\pi D^2 \times P_m \times L \times n \times Z}{100 \cdot 60 \cdot 75} \right) DK$$

Berdasarkan data diketahui :

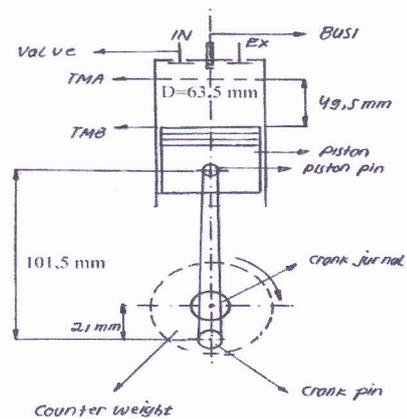
- Diameter piston, D (cm)
- Tekanan rata-rata, P_m ($\frac{kg}{cm^2}$)
- Putaran motor tiap menit n (rpm)
- Panjang langkah piston L (cm)
- Untuk motor 4 langkah $a = \frac{1}{2}$

Perhitungan Daya Efektif (N_e)

Daya indikator (N_i) dikurangi kerugian karena gesekan-gesekan akan menghasilkan daya efektif (N_e). Besar kecilnya kerugian karena gesekan akan mempengaruhi efisiensi mekanis (η_m). Jadi daya efektif adalah tenaga yang akan menggerakkan poros motor, $N_e = \eta_m \cdot N_i$

Dimensi Mesin Sebelum Modifikasi

Dibawah diperlihatkan gambar dimensi mesin pada kondisi sebelum dimodifikasi, dimana ukuran-ukuran seperti : Volume langkah, perbandingan kompresi, langkah piston, diameter piston, diperoleh dari spesifikasi sepeda motor Honda MegaPro 160 cm^3 .



Gambar 3. Dimensi ukuran mesin sebelum modifikasi

Keterangan gambar :

Langkah piston $L = 49,5$ mm

Diameter piston $D = 63,5$ mm

Volume langkah $V_l = 156,683$ cm^3

Perbandingan Kompresi $\epsilon = 9 : 1$

Tekanan rata-rata indikator $P_m = 9$ kg/cm^2

(pengukuran dengan menggunakan compression tester).

Efisiensi mekanis $\eta_m = 70\%$

Efisiensi mekanis $\eta_m = 70\%$

Putaran motor $n = 8500$ rpm

Perhitungan Parameter-parameter Mesin Sebelum Modifikasi

Perhitungan Volume Ruang Bakar (V_c)

Diketahui :

$$\varepsilon = 9 : 1$$

$$V_l = 156,683 \text{ cm}^3$$

$$\varepsilon = \frac{V_l}{V_c} + 1$$

$$\varepsilon - 1 = \frac{V_l}{V_c}$$

Volume Ruang Bakar :

$$V_c = \frac{V_l}{\varepsilon - 1}$$

$$= \frac{156,683}{9 - 1}$$

$$= 19,585 \text{ cm}^3$$

Perhitungan Volume Silinder (V_s)

$$V_l = 156,683 \text{ cm}^3$$

$$V_c = 19,585 \text{ cm}^3$$

Maka volume silinder V_s :

$$V_s = V_l + V_c$$

$$= 156,683 + 19,585$$

$$= 176,268 \text{ cm}^3.$$

Perhitungan Daya Indikator (N_i)

Langkah piston $L = 49,5$ mm

Diameter piston $D = 63,5$ mm

Volume langkah $V_l = 156,683 \text{ cm}^3$

Tekanan rata-rata indikator $P_m = 9 \text{ kg/cm}^2$

(pengukuran lapangan dengan menggunakan compression tester).

Putaran motor tiap menit $n = 8500$ rpm

$$N_i = a \left(\frac{\pi}{4} D^2 \times P_m \times L \times n \times Z \right) DK$$

$$N_i = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{4} (6,35)^2 \cdot 9 \cdot 4,95 \cdot 8500 \cdot 1 \right)$$

$$= 13,318 \text{ DK}$$

Perhitungan Daya Efektif (N_e)

1. Efisiensi mekanis $\eta_m = 70\% = 0,70$

2. Daya indikator $N_i = 13,318 \text{ DK}$

Maka tenaga efektif (Brake Horse Power)

adalah :

$$N_e = \eta_m \cdot N_i$$

$$= 0,70 \cdot 13,318$$

$$= 9,323 \text{ DK}$$

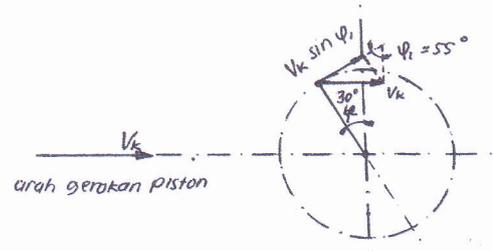
Perhitungan Kecepatan Rata-rata Piston (U_r) dan Kecepatan Piston (v_p)

(U_r) dan Kecepatan Piston (v_p)

Kecepatan piston adalah kecepatan keliling

(V_k) dikali dengan $\sin \varphi_1$. Untuk lebih

jelasnya lihat gambar dibawah.



Gambar 4. Cara menentukan kecepatan piston secara grafis

Kecepatan keliling (V_k)

$$V_k = \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{60} \left(\frac{m}{s} \right).$$

r = Jari-jari poros engkol, (mm)

$$r = 26 \text{ mm} = 0,026 \text{ m}$$

$$\varphi_1 = 55^\circ$$

$$\varphi = 30^\circ$$

$$n = 8500 \text{ rpm}$$

Kecepatan Piston (v_p)

$$v_p = V_k \sin \varphi_1$$

$$= \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{60} \cdot \sin \varphi_1$$

$$= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,026 \cdot 8500}{60} \cdot \sin 55^\circ$$

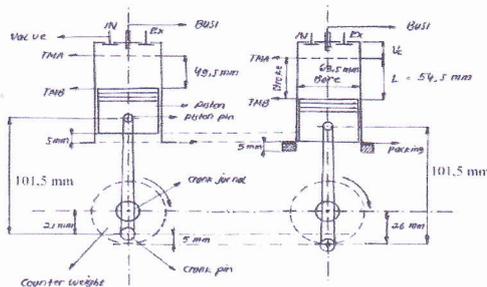
$$= 18,948 \text{ m/s.}$$

Maka, kecepatan rata-ratanya adalah :

$$\begin{aligned} \check{s}_m &= \frac{2 L \cdot n}{60} \\ &= \frac{2 \cdot 4,95 \cdot 8500}{60} \\ &= 1402,5 \text{ cm/s} \\ &= 14,025 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

Dimensi Mesin Sesudah Modifikasi

Dibawah diperlihatkan gambar dimensi mesin setelah di modifikasi, dimana ukuran-ukuran yang mengalami perubahan adalah terletak pada panjang langkah piston yang bertambah sebesar 5 mm, dari 49,5 mm menjadi 54,5 mm. Dan pertambahan ukuran ini terjadi akibat bertambahnya jarak antara titik pusat poros engkol dengan titik pusat pena engkol. Dalam perhitungan dibawah ini akan membahas pengaruh yang ditimbulkan akibat pertambahan langkah piston tersebut terhadap perbandingan kompresi, tekanan kompresi, daya indikator, daya efektif, dan momen mesin (*torsi*).



Gambar 5. Perubahan dimensi standar ke dimensi modifikasi

Dimana :

1. Volume langkah

$$V_l = 172,51 \text{ cm}^3$$

2. Efisiensi mekanis

$$\eta_m = 70 \%$$

$$D = 63,5 \text{ mm}$$

4. Tekanan rata-rata

$$P_m = 11 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

(pengukuran lapangan)

5. Putaran motor tiap menit

$$n = 8500 \text{ rpm}$$

6. Panjang langkah

$$L = 54,5 \text{ mm (dimensi modifikasi)}$$

7. Jarak titik pusat piston pin ke titik pusat crank pin = 101,5 mm

8. Jarak dari titik pusat crank jurnal ke titik pusat crank pin = 26 mm (*dimensi modifikasi*)

9. Penambahan tebal packing = 5 mm (*dimensi modifikasi*)

Perhitungan Parameter-parameter Mesin Setelah Modifikasi

Perhitungan Panjang Langkah piston (*stroke*) (L) adalah volume langkah (V_l) dibagi dengan luas penampang piston (A)

$$\text{atau : } L = \frac{V_l}{A}$$

Dimana :

A = Luas penampang piston

$$= \frac{\pi}{4} D^2 (\text{cm}^2)$$

L = Panjang Langkah piston, (cm)

V_l = Volume langkah, (cm^3)

Berdasarkan data diketahui :

$$V_l = 172,51 \text{ cm}^3$$

$$D = 6,35 \text{ cm}$$

Maka Panjang langkah pistonnya adalah :

$$L = \frac{V_l}{A}$$

$$= \frac{172,51}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

$$= 5,45 \text{ cm atau } 54,5 \text{ mm.}$$

Jadi Panjang Langkah stroke (L) bertambah sebesar $54,5 \text{ mm} - 49,5 \text{ mm} = 5 \text{ mm}$.

Perhitungan Volume Ruang Bakar (V_c)

Dengan menggunakan dimensi standar, dimana :

$$\epsilon = 9 : 1$$

$$V_l = 156,7 \text{ cm}^3 \text{ (sebelum modifikasi)}$$

Maka volume ruang bakar (V_c) dapat kita ketahui melalui data di atas sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{V_l}{\epsilon - 1} \\ &= \frac{156,683}{9 - 1} \\ &= 19,585 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan Volume Silinder (V_s)

$$\begin{aligned} V_l &= 172,51 \text{ cm}^3 \\ V_c &= 19,585 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Maka volume silindernya V_s :

$$\begin{aligned} V_s &= V_l + V_c \\ &= 172,51 + 19,585 \\ &= 192,095 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

Perhitungan Perbandingan Kompresi (ϵ)

$$V_l = 172,51 \text{ cm}^3 \text{ (volume langkah modifikasi)}$$

$$V_c = 19,585 \text{ cm}^3 \text{ (volume ruang bakar standar sama dengan volume ruang bakar modifikasi).}$$

Maka perbandingan kompresi (ϵ) menjadi :

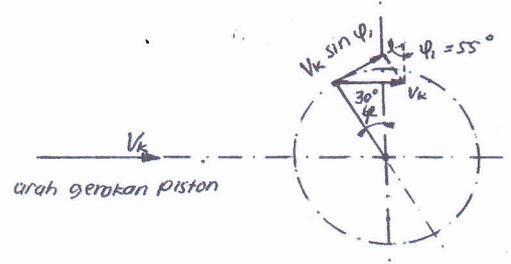
$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{V_l + V_c}{V_c} \\ &= \frac{172,51 + 19,585}{19,585} \\ &= \frac{9,808}{1} \end{aligned}$$

$$= 9,808$$

Perhitungan Kecepatan Rata-rata Piston (\check{S}_m) dan Kecepatan Piston (v_p)

Kecepatan piston adalah kecepatan keliling (V_k) dikali dengan $\sin \varphi_1$.

Untuk lebih jelasnya lihat gambar dibawah.



Gambar 6. Cara menentukan kecepatan piston secara grafis.

Keterangan :

$$V_k = \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{60} \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$R = \text{Jari-jari poros engkol} = 26 \text{ mm} = 0,026 \text{ m}$$

$$\varphi_1 = 55^\circ$$

$$\varphi = 30^\circ$$

Kecepatan pistonnya adalah :

$$\begin{aligned} v_p &= V_k \sin \varphi_1 \\ &= \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{60} \cdot \sin \varphi_1 \\ &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,026 \cdot 8500}{60} \cdot \sin 55^\circ \end{aligned}$$

$$= 18,948 \text{ m/s.}$$

Untuk mencari kecepatan rata-rata piston kita gunakan rumus :

$$\check{S}_m = \frac{2L \cdot n}{60}$$

Diketahui : $n = 8500 \text{ rpm}$

$$\begin{aligned} L &= \text{Panjang langkah piston} \\ &= 5,45 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka, kecepatan rata-ratanya adalah :

$$\begin{aligned} \check{S}_m &= \frac{2L \cdot n}{60} \\ &= \frac{2 \cdot 5,45 \cdot 8500}{60} \\ &= 15,442 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

Perhitungan Momen puntir (M_p)

Momen puntir pada poros adalah gaya tangensial P_t' dikali dengan panjang langkah piston dibagi dengan dua.

$$M_p = P_t' \cdot R \text{ (kg.cm)}$$

$$R = \frac{L}{2}$$

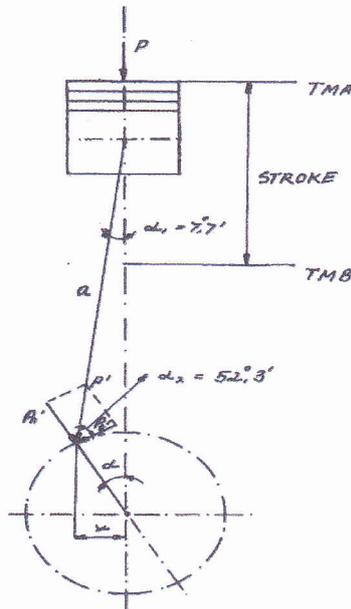
Diketahui :

- Diameter silinder $D = 6,35 \text{ cm}$
- Tekanan efektif $P_e = 9,5 \text{ kg/cm}^2$
- Sudut $\alpha = 30^\circ$
- Langkah piston $L = 54,5 \text{ mm}$
 $= 5,45 \text{ cm}$

Maka momen puntir dapat kita ketahui secara grafis seperti gambar dibawah :

Gaya yang menekan Piston :

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P_e \text{ (kg)} \\ &= 0,785 (6,35)^2 \cdot 9,5 \\ &= 0,785 \cdot 40,323 \cdot 9,5 \\ &= 300,705 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 7. Cara menentukan momen puntir secara grafis

Keterangan :

$$\alpha_1 = 7^\circ, 7'$$

$$\alpha_2 = 52^\circ, 3'$$

$$R = \frac{L}{2} = \frac{54,5}{2} = 27,25 \text{ mm.}$$

Gaya maksimum yang menekan pena engkol adalah :

$$P' = \frac{P_e}{\cos \alpha_1}$$

Dimana :

$$\alpha_1 = \text{Arc Sin } \frac{x}{a}$$

$$\begin{aligned} x &= \frac{L}{2} \sin \alpha \\ &= 27,25 \sin 30^\circ \\ &= 13,625 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \text{Arc Sin } \frac{13,625}{101,5} \\ &= \text{Arc Sin } 0,1342 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} P' &= \frac{P}{\cos \alpha_1} \\ &= \frac{300,705}{\cos 7^\circ, 7'} \\ &= \frac{300,705}{0,991} \\ &= 303,436 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Gaya tangensial yang bekerja pada pena engkol adalah :

$$\begin{aligned} P_t' &= P' \cos \alpha_2 \\ &= 303,436 \cdot \cos 52^\circ, 3' \\ &= 303,436 \cdot 0,612 \\ &= 185,698 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n' &= P' \sin \alpha_2 \\ &= 303,436 \cdot \sin 52^\circ, 3' \\ &= 303,436 \cdot 0,791 \\ &= 240,018 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Dengan demikian momen puntirnya diperoleh :

$$\begin{aligned} M_p &= P_t' \cdot R \\ &= 185,698 \cdot 27,25 \\ &= 5060,271 \text{ kg} \cdot \text{mm} \\ &= 506,027 \text{ kg} \cdot \text{cm} \end{aligned}$$

Berdasarkan data diketahui :

1. Diameter piston $D = 6,35 \text{ cm}$
2. Tekanan rata-rata $P_m = 11 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
3. Putaran motor $n = 8500 \text{ rpm}$
4. Panjang langkah piston $L = 5,45 \text{ cm}$
5. Untuk motor 4 langkah $a = \frac{1}{2}$

$$\begin{aligned} N_i &= a \left(\frac{\pi D^2 \times P_m \times L \times n \times Z}{100 \cdot 60 \cdot 75} \right) DK \\ N_i &= \frac{1}{2} \left(\frac{\pi (6,36)^2 \cdot 11 \cdot 5,45 \cdot 8500 \cdot 1}{450000} \right) \\ &= 17,922 DK \end{aligned}$$

Perhitungan Daya Efektif (N_e)

1. Efisiensi mekanis $\eta_m = 70 \% = \frac{70}{100}$
 $= 0,70$
2. Daya indikator $N_i = 17,922 DK$

Maka Daya efektif (Brake Horse Power) adalah :

$$\begin{aligned} N_e &= \eta_m \cdot N_i \\ &= 0,70 \cdot 17,922 \\ &= 12,545 DK \end{aligned}$$

Kesimpulan

Dari pembahasan yang dilakukan dalam merencanakan Volume langkah sebuah motor sebesar $172,51 \text{ cm}^3$ berdasarkan spesifikasi sepeda motor Honda MegaPro 160 cm^3 , maka besarnya perubahan langkah piston (*stroke*) serta peningkatan daya efektif dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Langkah piston (*stroke*) bertambah sebesar 5 mm , dari $49,5 \text{ mm}$ menjadi $54,5 \text{ mm}$. Dimana penambahan tersebut dilakukan dengan menambah jarak antara titik pusat pena engkol ke titik pusat poros engkol, dari 21 mm menjadi 26 mm .
2. Tekanan kompresi meningkat dari $9,0 \text{ kg/cm}^2$ menjadi 11 kg/cm^2 . Dimana alat untuk mengukur tekanan kompresi ini disebut Compression tester.
3. Perbandingan kompresi meningkat dari $9 : 1$ menjadi $9,81 : 1$.
4. Volume silinder meningkat dari $176,268 \text{ cm}^3$ menjadi $192,095 \text{ cm}^3$.
5. Daya indikator meningkat dari $13,318 DK$ menjadi $17,922 DK$.
6. Momen puntir (*torsi*) menjadi $506,027 \text{ kg} \cdot \text{cm}$.
7. Dengan meningkatnya perbandingan kompresi serta tekanan kompresi, maka Daya Efektif Meningkat dari $N_e = 9,323 DK$ Menjadi $N_e = 12,545 DK$

Saran

Dari perubahan daya efektif serta perubahan langkah piston (*stroke*) tersebut, maka penulis menyarankan :

1. Dalam melakukan pengelasan, re-boring, serta penggerindaan, untuk menentukan jarak pena engkol yang baru harus dilakukan secara teliti sehingga hasil yang didapatkan maksimal.
2. Dalam melakukan pemasangan pena engkol pada poros engkol, harus dilakukan secara hati-hati agar titik pusat poros engkol sebelah kanan dan poros engkol sebelah kiri itu segaris.

3. Dengan meningkatnya perbandingan kompresi serta tekanan kompresi dalam silinder motor, maka baut kepala silinder akan lebih cepat kendur. Untuk itu sebaiknya pengencangan baut kepala silinder dilakukan sebulan sekali.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonym, "*Parts Catalog Honda MegaPro*", PT. Astra Honda Motor, 2006.
2. Arends.BPM dan Berenschot.H,"*Motor Bensin*", Erlangga, Jakarta (Agustus, 1980).
3. Daryanto," *Mesin Perkakas Bengkel*", PT. Rineka Cipta, Cetakan ketiga, Jakarta (September 1996).
4. Edwin J.Purchel dan Dale Varberg, Alih bahasa oleh I Njoman Susila.M.sc, Bana Kartasmita Ph.D, dan Drs. Rawuh, "*Kalkulus dan Geometri Analitis*", Jilid 1, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta, 1984.
5. Ganesan.V,"*Internal Combustion Engines*", McGraw-Hill,Inc., 1997.
6. Karyanto. E, "*Panduan Reparasi Mesin Diesel*", CV. Pedoman Ilmu Jaya, Cetakan kedua, Jakarta, 2002.
7. Marsudi. Ir, "*Motor Bakar 3*", Edisi ketiga, Jakarta (1 Mei 1979).
8. Nugroho Amein, "*Ensiklopedi Otomotif*", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta,
9. Sularso.Ir. MSME, Kiyokatsu Suga, "*Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*", PT. Pradnya Paramita, Cetakan kesepuluh, Jakarta, 2002.
10. Tedja Suarpradja.Ir, "*Bagian-Bagian Mesin 2*", Edisi kedua, Jakarta (1 Mei 1979).
11. Werlin S nainggolan,"*THERMODINAMIK A*", CV. ARMICO, Bandung, 1987.
12. Wiranto Arismunandar.Ir, "*Motor Bakar I*", Edisi pertama, Jakarta (Oktober, 1977).
13. Williard W. Pulkrabek, "*Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*", Second edition, Printed by United States of America, 1997.
14. Williar W.Pulkrabek,"*Engineering Fundamentals Of The Internal Combustion Engine*", Pearson Prentice Hall, Second edition, 2002.
15. Zevy D. Maran, "*Peralatan Bengkel Otomotif*", CV. Andi Offset, Yogyakarta, 2007.