

PERENCANAAN BATANG TORAK MOTOR BENSIN 4 LANGKAH 100 CC

Sasi Kirono, Ery Diniardi, Ridwan Adha
Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta

Abstrak. Dalam komponen motor 4 langkah batang torak merupakan komponen yang penting dalam meneruskan energi didalam ruang bakar ke poros engkol yang menghasilkan gerak putar. Dengan fungsinya untuk meneruskan gaya yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar dari torak ke poros engkol, maka batang torak membutuhkan kekuatan yang tahan terhadap beban dinamis. Untuk mendapatkannya diperlukan perencanaan yang baik.

Kekuatan batang torak perlu diperhitungkan dengan menentukan gaya-gaya yang terdapat di bagian-bagian batang torak tersebut, seperti pada bagian ujung kecil, batang, ujung besar, sehingga kita dapat menentukan dimensi dari bagian-bagian itu. Beban dinamik sangat dominan dalam menentukan kekuatan dan ukuran dari batang torak. Oleh karena itu kita harus memperhitungkan faktor keamanan dan faktor konsentrasi tegangan pada setiap bagian dalam batang torak untuk mendapatkan hasil yang baik.

Kata kunci: batang torak

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penggunaan motor bensin 4 langkah pada saat ini semakin banyak digunakan pada kendaraan sepeda motor. Banyak merek-merek sepeda motor yang mengeluarkan motor bensin 4 langkah. Pada sepeda motor biasanya putaran mesin dapat mencapai 12000 rpm, sehingga diperlukan komponen-komponen mesin yang memenuhi syarat kekuatan selain mempunyai keunggulan-keunggulan tersendiri.

LANDASAN TEORI

Pengertian Mesin Kalor

Pada External Combustion Engine proses pembakarannya terjadi diluar mesin itu sendiri, energi termal dari hasil pembakarannya dipindah ke fluida kerja mesin melalui dinding pemisah. Contohnya pada Turbin Uap. Pembakaran terjadi di Boiler, lalu energi termal berpindah dari gas pembakaran ke fluida kerja yang berupa air dan uap melalui dinding Boiler. Energi termal yang sudah berpindah ke uap air tersebut digunakan untuk memutar turbin uap, dengan cara mengarahkan uap tersebut untuk mendesak sudu-sudu turbin.

Pada Internal Combustion Engine yang lebih dikenal dengan nama motor bakar, prose pembakaran berlangsung didalam mesin. Dengan demikian gas hasil proses pembakaran dapat digunakan langsung sebagai fluida kerja. Ada beberapa jenis mesin yang termasuk dalam Internal Combustion Engine ini, yaitu, Sistem Turbin Gas, Propulsi Pancar Gas dan Motor Bakar Torak.

Mesin propulsi pancar gas adalah mesin yang menghasilkan gaya dorong. Gaya dorong tersebut terjadi karena adanya perubahan momentum gas yang mengalir melalui mesin tersebut. Dalam hal ini momentum gas yang keluar dari mesin dinaikan, terutama dengan menaikkan kecepatannya setelah temperaturnya lebih dulu dinaikan, yaitu dengan mengalirkan melalui nozel. Makin tinggi perbedaan momentum antara gas yang masuk kedalam dan yang keluar dari mesin, makin besar pula gaya dorong yang dihasilkan. Dalam hal tersebut sistim turbin gas berfungsi sebagai pembuat gas panas. Contoh mesin propulsi pancar gas ialah turbo jet, ramjet dan roket.

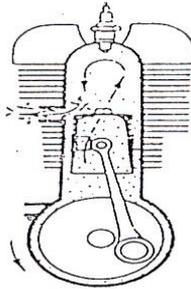
Pada motor bakar torak, bagian utamanya adalah silinder yang didalamnya terdapat torak. Torak bergerak translasi (bolak-balik) didalam silinder sebagai akibat tekanan gas hasil pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar silinder tersebut. torak dihubungkan dengan poros engkol sedemikian rupa, sehingga gerakan translasi tersebut menimbulkan putaran pada poros engkol dan demikian pula sebaliknya.

Motor Bakar Torak

Motor bakar torak terbagi menjadi dua jenis utama yaitu motor Otto (Bensin) dan motor Diesel.¹⁰ Perbedaan utama terletak pada sistem penyalannya. Bahan bakar pada motor bensin dinyalakan oleh loncatan api listrik diantara kedua elektroda busi. Karena itu motor bensin dinamakan juga Spark Ignition Engines. Sedangkan motor Diesel, terjadi proses penyalan sendiri, yaitu karena bahan bakar disemprotkan kedalam silinder berisi udara yang bertemperatur dan bertekanan tinggi. Bahan bakar itu terbakar sendiri oleh udara yang mengandung 21% volume O₂, setelah temperatur campuran itu melampaui temperatur nyala bahan bakar. Sedangkan cara penyalan dengan cara tersebut maka motor diesel disebut juga Compression Ignition Engines. Berdasarkan posisi silindernya terhadap poros, motor bakar torak dapat dibagi menjadi beberapa jenis :¹⁰

a. Motor Bakar Torak Satu Baris (In-Line)

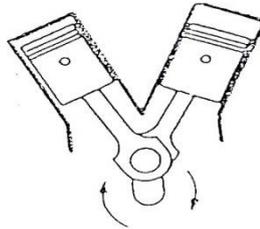
Silinder motor bakar ini semuanya terletak pada satu baris seperti tampak pada gambar 1.



Gambar 1. Motor Bakar Torak Satu Baris. 10

b. Motor Bakar Torak V (V-Line)

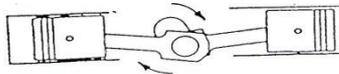
Posisi silinder motor bakar torak jenis ini terdiri dari dua baris membentuk sudut seperti huruf V, dengan satu sumbu poros engkol, seperti diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Motor Bakar Torak V. 10

c. Motor Bakar Torak Berhadapan

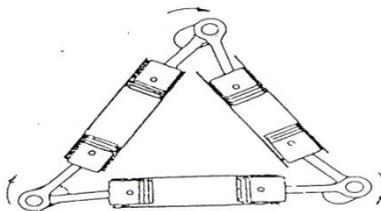
Susunan motor bakar torak ini terdiri dua baris berhadapan dimana tiap baris memiliki poros engkol sendiri, seperti diperlihatkan pada gambar dibawah.



Gambar 3. Motor Bakar Torak Berhadapan. 10

d. Motor bakar torak Segitiga

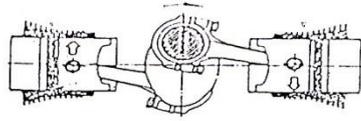
Susunan silinder motor bakar torak ini terdiri dari tiga pasang motor bakar torak berhadapan yang susunannya sedemikian rupa sehingga membentuk segitiga seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Motor Bakar Torak Segitiga.10

e. Moto Bakar Torak Horizontal

Susunan silinder motor bakar torak jenis ini terdiri dari dua baris silinder yang bertolak belakang dengan satu poros engkol seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Motor Bakar Torak Horizontal.10

f. Motor Bakar Torak Radial

Susunan silinder motor bakar torak jenis ini posisi silinder radial terhadap poros engkol seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Motor Bakar Torak Radial. 10

Berdasarkan jumlah langkahnya motor bakar torak dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu, motor 4 langkah dan motor 2 langkah. Pada motor 4 langkah, dalam satu siklus pembakaran terdiri dari empat kali langkah piston, yaitu: langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah buang. Sedangkan pada jenis motor 2 langkah, dalam satu siklus terdiri dari 2 langkah, yaitu langkah kompresi dan langkah kerja yang sekaligus merupakan langkah pembilasan (pembuangan dan pengisian).

Prinsip Kerja Mesin Bensin

Dalam mesin bensin untuk mengubah bahan bakar menjadi tenaga, campuran udara dan bensin dihisap ke dalam silinder dan kemudian dikompresikan oleh torak saat bergerak naik. Bila campuran udara dan bensin terbakar dengan adanya api dari busi yang panas sekali, maka akan menghasilkan tekanan gas pembakaran yang besar di dalam silinder. Dari gerak lurus (naik-turun) torak dirubah menjadi gerak putar pada poros engkol melalui batang torak. Gerak putar inilah yang menghasilkan tenaga pada mesin.

Campuran udara dan bensin dihisap ke dalam silinder dan gas yang telah terbakar harus keluar, dan ini harus berlangsung secara tetap. Pekerjaan ini dilakukan dengan adanya gerakan torak yang turun naik di dalam silinder. Proses menghisap campuran udara dan bensin ke dalam silinder, mengkompresikan, membakarnya dan mengeluarkan gas bekas dari silinder, disebut satu siklus.

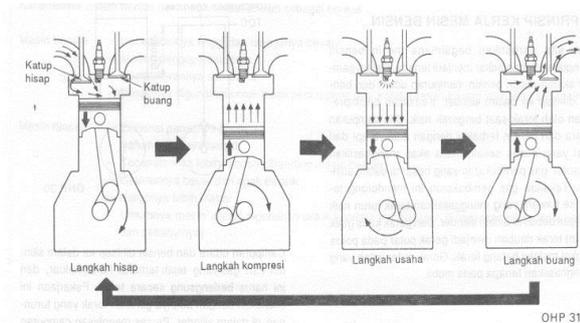
Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah

Prinsip kerja tersebut adalah : 8

- Langkah Hisap
Dalam langkah ini, campuran udara dan bensin dihisap ke dalam silinder. Katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu torak bergerak ke bawah, menyebabkan ruang silinder menjadi vakum, masuknya campuran udara dan bensin ke dalam silinder disebabkan adanya tekanan udara luar (atmospheric pressure).
- Langkah Kompresi
Dalam langkah ini, campuran udara dan bensin dikompresikan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Waktu torak mulai naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) campuran yang dihisap tadi dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperatur menjadi naik, sehingga akan mudah terbakar. Poros engkol berputar satu kali, ketika torak mencapai TMA.
- Langkah Usaha / Kerja
Dalam langkah ini, mesin menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Sesaat sebelum torak mencapai TMA pada saat langkah kompresi, busi memberi loncatan api pada campuran yang telah dikompresikan. Dengan terjadinya pembakaran, kekuatan

dari tekanan gas yang tinggi mendorong torak ke bawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin (engine power)

- Langkah Buang
 Dalam langkah ini, gas yang terbakar dibuang dari dalam silinder. Katup buang terbuka, torak bergerak dari TMB ke TMA, mendorong gas bekas keluar dari silinder. Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan berikutnya, yaitu langkah hisap. Poros engkol telah melakukan 2 putaran penuh dalam 1 siklus terdiri dari 4 langkah, hisap, kompresi, usaha, yang merupakan dasar kerja dari pada mesin 4 langkah.



Gambar 7. Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah

Keuntungan dan kerugian mesin 4 langkah :

- Keuntungan mesin 4 langkah
 - * Putaran mesin dapat lebih tinggi
 - * Bahan bakar tidak dapat dicampur dengan pelumas
 - * Efisiensi termal lebih tinggi
 - * Pemakaian bahan bakar lebih ekonomis
- Kerugian mesin 4 langkah
 - * Tenaga terjadi di setiap kali putaran poros engkol.
 - * Kontruksi lebih rumit karena adanya mekanis yang tertutup.
 - * Perawatan lebih sulit karena adanya komponen-komponen yang memerlukan penyetelan.

METODOLOGI PENELITIAN

Data Mesin dan Komponen

Dalam merencanakan suatu batang torak dibutuhkan data – data mesin yang cukup banyak. Data – data ini sesuai dengan spesifikasi motor yang digunakan. Dibawah ini akan dijelaskan data – data pada setiap bagian komponen mesin yang akan digunakan dalam perencanaan atau sebagai pembanding hasil perencanaan.

Data-data yang diperlukan adalah :

- N = Daya maksimum = 8,3 Ps = 8,3 x 0,736 KW = 6108,8 watt
- n = Putaran poros engkol pada daya maksimum 8000 rpm = 8000 / 60 = 133,33 rps
- ds = Diameter silinder = 49 mm = 0,049 m
- s = Panjang langkah (stroke) = 54 mm = 0,054 m
- z = Jumlah silinder = 1
- a = Jumlah siklus per putaran = 1/2 (untuk motor 4 langkah)
- r = Jari-jari putaran poros engkol = 27 mm = 0,027 m
- θ = Sudut posisi penampang pada ujung kecil atau besar [0]
- L = Panjang batang torak yang diijinkan = 90,94 mm = 0,09094 m
- Ls = Panjang batang torak diantara permukaan bantalan = 69,44 mm = 0,06944 m
- Mp = Massa torak = 130 gr = 0,13 kg

Data ujung kecil :

- dg = Diameter pin torak = 15 mm = 0,015m
- θs = Sudut posisi penampang ujung kecil = 45 o
- b = Tinggi penampang ujung kecil = 2,16 mm = 0,00216 m
- h = Lebar penampang ujung kecil = 14 mm = 0,014 m
- d = Diameter lubang pelumas = 4 mm = 0,004 m

Data ujung besar :

- dc = Diameter pin poros engkol = 28 mm = 0,028 m
- θ_b = Sudut posisi penampang ujung besar = 90 o
- b1 = Tinggi penampang ujung besar = 5,3 mm = 0,0053 m
- u1 = Tebal ujung penampang ujung besar = 4 mm = 0,004 m
- h1 = Lebar penampang ujung besar = 14 mm = 0,014 m

Data sifat mekanis bahan :

Material : Baja / ST 7900

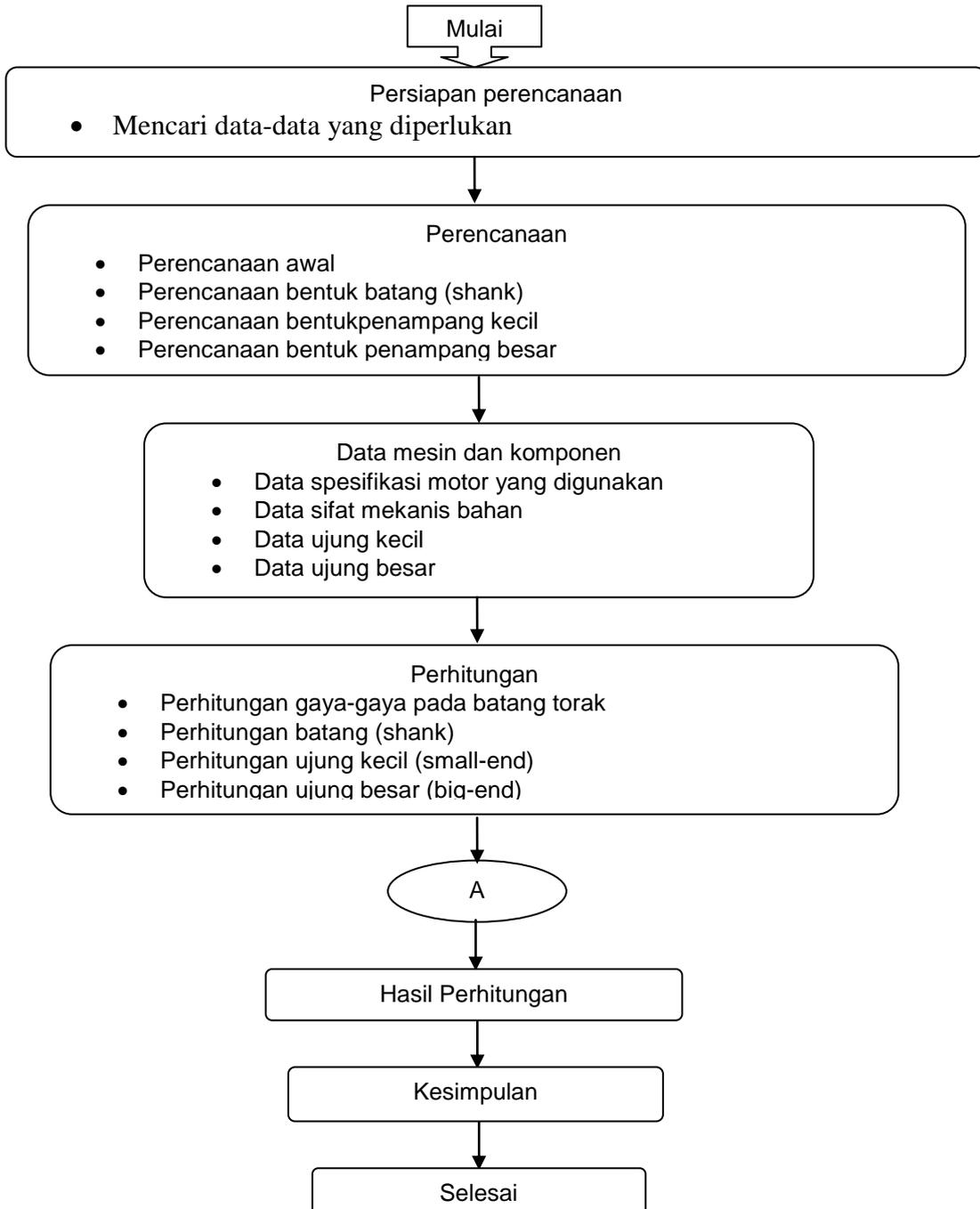
UTS = Tegangan maksimum bahan = 790 MPa

σ_y = Kekuatan tarik luluh (yield) bahan = 560 MPa

σ_{cy} = Tegangan tekan luluh bahan = 587 MPa

E = Modulus young / elastisitas bahan = 207 GPa

ρ = Massa jenis bahan = 7833 kg/m³



Gambar 9 Flow Chart Perencanaan

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Gaya – Gaya

Perhitungan yang tidak boleh dilewatkan dalam merencanakan suatu batang torak adalah menghitung tekanan silinder dan gaya – gaya yang ada dibagian batang torak. Perhitungan ini dimulai dengan menghitung kecepatan sudut pada poros engkol.

Tabel 1 Perhitungan Gaya - Gaya

Perhitungan Gaya – Gaya		
No	Perhitungan	Hasil
1	Kecepatan sudut Poros Engkol	837,33 rad / s
2	Volume langkah Silinder	1,0177 x 10 ⁻⁴ m ³
3	Tekanan maksimum di dalam silinder	90040, 572 N / m
4	Gas pembakaran terhadap torak	16970, 71 N
5	Percepatan yang terjadi pada setiap bagian komponen batang torak. * Percepatan ujung kecil pada TMA * Percepatan ujung besar pada TMA * Percepatan ujung kecil pada TMB * Percepatan ujung besar pada TMB	24575,768 m/s 18949,639 m/s 13323,509 m / s 18949, 639 m / s
6	Gaya inersia yang ada pada setiap komponen batang torak. * Gaya inersia di ujung kecil pada TMA * Gaya inersia di batang pada TMA * Gaya inersia di ujung besar pada TMA * Gaya inersia di ujung kecil pada TMB * Gaya inersia di batang pada TMB * Gaya inersia di ujung besar pada TMB	3194,849 N 3964,29 N 5546,41 N 1732,05 N 2149,202 N 3731,324 N
7	Massa total batang torak	114 gr
8	Gaya tekan atau kompresi pada tiap bagian batang torak. * Gaya tekan pada ujung kecil * Gaya tekan pada batang * Gaya tekan pada ujung besar	- 1497,964 N - 2267,36 N - 3849,48 N

Perhitungan Bentuk Batang (Shank)

Dalam menentukan bentuk penampang batang perlu ditentukan dahulu luas penampang yang mempunyai satu variabel (t). Bentuk penampang batang yang dirancang dapat dilihat dalam teori dasar di bagian sebelumnya. Momen inersia dari bentuk batang juga perlu dihitung yang mempunyai satu variabel juga.

Tabel 2 Perhitungan batang torak (Shank)

Perhitungan batang		
No	Perhitungan	Hasil
1	Konstanta t	1,473 mm
2	Faktor keamanan beban tekuk kritis	7,6 (aman) Syarat $\geq 1,5$

3	Tegangan tarik yang terjadi	135,47 Mpa
4	Faktor keamanan batang	2,8 (aman) Syarat $\geq 1,5$

Perhitungan Bentuk Penampang Ujung Kecil (Small – End)

Tabel 3 Perhitungan bentuk penampang ujung kecil

Perhitungan bentuk penampang ujung kecil		
No	Perhitungan	Hasil
1	Gaya yang terjadi pada ujung kecil	1344,405 N
2	Jarak pin torak ke sumbu tengah penampang ujung kecil	$8,58 \times 10^{-6}$ m
3	Momen yang terjadi pada bagian penampang ujung kecil	0,61482 Nm
4	Jarak dari sumbu netral ke serat terluar ujung kecil	$1,0345 \times 10^{-3}$ m
5	Jari –jari lingkaran terluar ujung kecil	$7,5 \times 10^{-3}$ m
6	Tegangan maksimum	200 Mpa
7	Faktor keaman ujung kecil	1,98 (aman) Syarat $\geq 1,6$

Perhitungan Bentuk Penampang Ujung Besar (Big – End)

Tabel 4 Perhitungan bentuk penampang ujung besar

Perhitungan bentuk penampang ujung besar		
No	Perhitungan	Hasil
1	Gaya yang terjadi pada ujung besar	2817,576 N
2	Jarak dari sumbu poros ke sumbu tengah penampang ujung besar	$16,3401 \times 10^{-3}$ m
3	Momen yang terjadi pada bagian penampang ujung besar	1,34583 Nm
4	Luas minimum penampang ujung besar	$65,1 \times 10^{-6}$ m ²
5	Jari – jari lingkaran sumbu netral ujung besar	$16,22549 \times 10^{-3}$ m
6	Eksentrisitas sumbu netral penampang ujung besar	$0,1146 \times 10^{-3}$ m
7	Jarak dari sumbu netral ke serat terluar ujung besar	$2,22549 \times 10^{-3}$ m
8	Jari – jari lingkaran terluar ujung besar	14×10^{-3} m
9	Tegangan maksimum	72 MPa
10	Faktor keaman ujung besar	5,48 (aman) Syarat $\geq 1,6$

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan pada perencanaan batang torak motor bensin 4 langkah 100 cc, didapat hasil sebagai berikut :

1) Panjang batang torak = 90,94 mm

2) Ukuran penampang batang

B = 5,89 mm

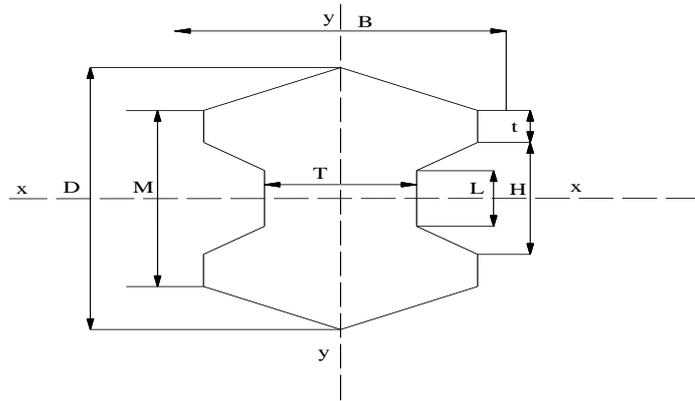
D = 10,31 mm

H = 6,62 mm

$L = 4,41 \text{ mm}$

$T = 2,50 \text{ mm}$

$M = 9,57 \text{ mm}$



Gambar 10 Bentuk penampang batang (shank)

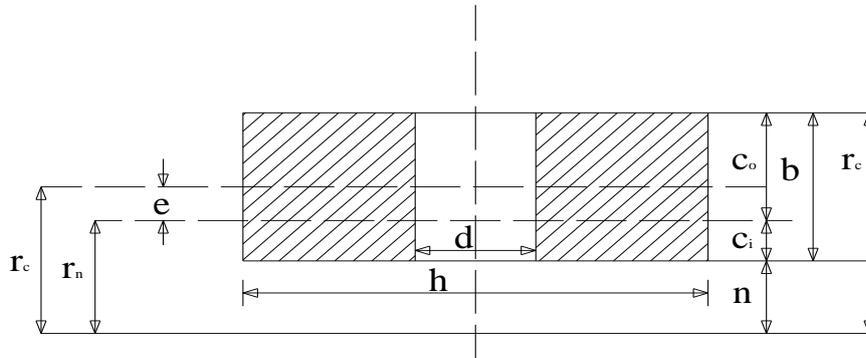
3) Ukuran ujung kecil

Diameter dalam = 15 mm

$b = 2,16 \text{ mm}$

$h = 14 \text{ mm}$

$d = 4 \text{ mm}$



Gambar 11 Penampang Ujung Kecil (small end).9

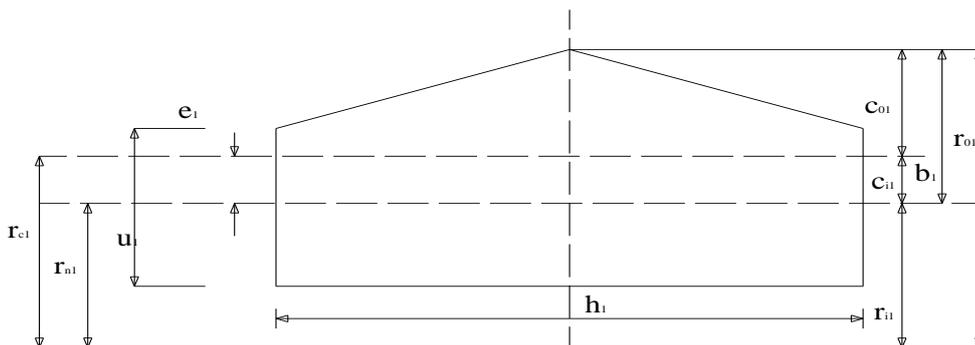
4) Ukuran ujung besar

Diameter dalam = 28 mm

$b_1 = 5,3 \text{ mm}$

$u_1 = 4 \text{ mm}$

$h_1 = 14 \text{ mm}$



Gambar 12 Penampang ujung besar (big - end).9

5) Faktor keamanan yang tinggi sangat diperlukan pada batang torak karena beban yang ada pada batang torak besar dan dinamis. Faktor keamanan pada bagian batang sangat besar untuk menghindari tekuk (buckling), kelelahan (fatigue).

SARAN

Untuk mendapatkan suatu hasil perencanaan yang baik dimasa- masa yang akan datang, oleh karena itu saya akan memberikan saran pada semua pihak yang bersangkutan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini :

- 1) Perencanaan ini akan lebih baik jika dilakukan dengan analisis yang lengkap, oleh karena itu diperlukan pengujian kelelahan (fatigue) komponen, untuk memperoleh pembebanan yang bervariasi.
- 2) Untuk menggunakan metoda perencanaan yang sangat mendasar dalam teknik mesin perlu adanya kuliah perencanaan mesin (khususnya peminatan konstruksi mesin).
- 3) Untuk mengetahui terjadinya tekuk (buckling) pada batang maka diperlukan suatu pengecekan, biasanya faktor keamanan pada batang itu cukup besar karena tidak ada sirkulasi minyak pelumas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arkhangelsky, Khovakh, Stepanov, Trusov, Vikhert, Voinov, *Motor Vehicle Engines*, Edisi Terjemahan, Penerbit MIR Publishers, Moscow, 1979
2. Daryanto, *Motor Bensin Pada Mobil*, CV.Yrama Widya, Malang, 2003.
3. Hall, Holowenko, Laughlin, *Theory and Problem Of Machine Design*, Penerbit Mc Graw-Hill Company, Edisi SI (metrik), Singapura, 1982
4. Heinz Grohe, *Otto-Und Dieselmotoren*, Penerbit Vogel-verlag
5. Lingaiah, K, *Machine Design Data Handbook*, Mc Graw – Hill, 1994
6. Mallev, V. L, *Internal Combustion Engine*, Penerbit Mc Graw-Hill Company, Edisi II, 1979
7. Petrovsky, N, *Marine Internal Combustion Engines*, Terjemahan dari Bahasa Rusia oleh Horace E. Isakton, Mir Publisers, Moscow
8. PT. Toyota Astra Motor, *New Step 1 Training Manual*, Jakarta, 1996
9. Reaney ,D, Ricardo, *Classical Design Analysis Connecting Rod*, Penerbit Ricardo Consulting Engineers Ltd, England, 1995
10. Wiranto Arismunandar, *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, Edisi IV, Penerbit ITB, Bandung, 1988