

PERANCANGAN MOTOR BAKAR UNTUK PENGGERAK MOBIL PENGANGKUT JENIS “PICK UP T 120 SS”

Oleh :

Krisnatal Matondang ¹⁾

Wahyu Julkifli Marpaung ²⁾

Kristian Tarigan ³⁾

Rasta Purba ⁴⁾

Universitas Darma Agung, Medan ^{1,2,3,4)}

E-Mail :

krisnatalm@gmail.com,

wahyumarpaung2019@gmail.com

ABSTRAK

Dalam aktivitas sehari-hari di kehidupan manusia untuk melakukan suatu pekerjaan membutuhkan suatu alat transportasi yang dapat mengefisienkan waktu dan mempercepat suatu pekerjaan pada suatu tempat, maka dari itu dibutuhkannya transportasi untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Oleh sebab itu, alat transportasi dituntut mempunyai mesin tenaga yang besar, kecepatan tinggi, kenyamanan dan fasilitas. Untuk memenuhi tuntutan ini maka diperlukan suatu perancangan yang baik. Dalam perancangan ini penulis merancang sebuah mesin motor bakar dari transportasi roda empat jenis mobil “Pick Up T 120 SS” untuk memperoleh hasil atau tujuan yang diinginkan dalam guna daya meringankan suatu pekerjaan manusia. Motor bakar adalah suatu pesawat pengubah energi thermal dan energy potensial menjadi energi mekanis. Motor bakar yang dipakai dalam perancangan jenis mobil Pick Up T 120 SS yaitu motor bakar bensin (otto). Pada motor bensin terdapat karburator yang berfungsi mencampur bahan bakar dengan udara, campuran udara dan bensin yang masuk ke dalam ruang bakar dimanfaatkan torak, kemudian dibakar dengan percikan bunga api dengan tegangan tinggi. Terbakarnya gas-gas akan mempertinggi suhu tekanan, membuat torak bergerak naik turun dalam silinder sehingga torak memutar poros engkol, dengan prinsip motor bakar empat langkah yakni, langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja/usaha, dan langkah buang. Dalam tahap perancangan ini memperoleh perhitungan daya (HP) 62,98 hp, putaran motor maksimum 5600 rpm, pemakaian bahan bakar 0,14 kg/hp.jam, tekanan efektif rata-rata 6,453 kg/cm² , dengan tipe siklus 4 (empat) langkah dan jumlah silinder 4 (empat) silinder. Perhitungan volume silinder 471,154 cc dan volume ruang bakar 49,01 cc.

Kata Kunci : Motor Bakar, Daya, Putaran, Bahan Bakar

ABSTRACT

In daily activities in human life to do a job requires a means of transportation that can streamline time and speed up a job in a place, therefore transportation is needed to meet these needs. Therefore, means of transportation are required to have a large power engine, high speed, comfort and facilities. To meet these demands, a good design is needed. In this design, the authors design an internal combustion engine from a four-wheeled transportation

type car "Pick Up T 120 SS" to obtain the desired result or goal in order to alleviate human work. An internal combustion engine is a machine that converts thermal energy and potential energy into mechanical energy. The fuel motor used in the design of the Pick Up T 120 SS car type is a gasoline (otto) fueled motor. In gasoline engines, there is a carburetor which functions to mix the fuel with air, the mixture of air and gasoline that enters the combustion chamber is used by the piston, then it is burned with sparks with high voltage. The burning of the gases will increase the pressure temperature, make the piston move up and down in the cylinder so that the piston rotates the crankshaft, with the principle of a four-stroke combustion engine, namely, the suction stroke, the compression stroke, the work/effort stroke, and the exhaust stroke. In this design stage, the calculation of power (HP) is 62.98 hp, maximum motor rotation is 5600 rpm, fuel consumption is 0.14 kg/hp.hour, average effective pressure is 6.453 kg/cm², with 4 (four) cycle type stroke and the number of cylinders 4 (four) cylinders. Calculation of 471.154 cc cylinder volume and 49.01 cc combustion chamber volume.

Keywords : *Motor Fuel, Power, Rotation, Fuel*

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan hal yang sangat prospektif untuk dikembangkan di zaman sekarang. Transportasi terus berkembang seiring dengan perkembangan kebutuhan manusia. Terdapat beberapa alat transportasi yang dapat digunakan oleh Manusia untuk melakukan aktivitas setiap hari untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, salah satu contoh yang paling banyak digunakan adalah transportasi darat.

Sebagai salah satu contoh mobil pick up jenis bensin T 120 SS, bahwa besar kemampuan daya angkut kendaraan ini sebesar secara keseluruhan 2,7 ton. Dalam hal ini besar keseluruhan yang dimaksud adalah sudah termasuk jumlah berat kosong kendaraan, kemudian jumlah penumpang, kapasitas daya angkut beban, dan lain-lain. Dengan melihat banyaknya para pengguna

kendaraan untuk mencari keuntungan yang lebih besar yaitu untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, terkadang membuat kapasitas daya angkut kendaraan melebihi kapasitas yang sudah ditentukan oleh pabrik.

Perlu diketahui, apabila sudah melebihi kapasitas yang sudah ditentukan, jelas akan berpengaruh total dengan daya atau kemampuan mesin. Dengan berkurangnya daya ini, membuat kinerja daya mesin tidak efisien dan bahkan dapat menimbulkan kerusakan. Maka berdasarkan hal ini diperlukan suatu perencanaan yang dapat memenuhi kebutuhan para pengguna kendaraan ini. Dari uraian diatas, transportasi yang baik berhubungan erat dengan besar kecilnya tenaga yang dihasilkan oleh mesin tersebut. Ukuran komponen-komponen mesin yang tepat

sangat mendukung dalam operasi mesin, sehingga dibutuhkan perancangan komponen mesin yang lebih cermat guna meningkatkan efisiensi dalam operasi mesin.

Manusia sebagai pemikir selalu berusaha unruk menciptakan sistem kerja yang lebih efisien dari sistem yang sudah ada, akhirnya menimbulkan kreasi baru agar berhasil dan berdaya guna, sehingga penggunaannya menjadi lebih baik. Terciptanya suatu perancangan yang lebih baik. Oleh karena itu, penulis ingin merancang motor bakar dengan ruang lingkup Perancangan Motor Bakar Penggerak Mobil Pengangkut Jenis Pick Up.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam perancangan ini adalah :

1. Perhitungan-perhitungan yang mencakup ukuran alat-alat yang ada dalam proses pembakaran pada motor bakar
2. Pemilihan jenis motor bakar yang akan dipakai pada perancangan ini
3. Jumlah campuran bahan bakar dan udara yang akan dipakai untuk melakukan pembakaran di dalam ruang bakar.
4. Menentukan perancangan pada ukuran-ukuran utama yaitu; piston, pena piston, ring piston, dan yang lainnya serta kekuatannya.

5. Rumusan pada perhitungan termodinamika

Dalam perancangan ini, penulis membatasi masalah yang akan dibahas dalam rancangan motor bakar jenis pick up ;

- a. Perhitungan Termodinamika
- b. Pemilihan bentuk dan tipe motor bakar
- c. Sistem penyalaan dan perbandingan bahan bakar
- d. Perhitungan ukuran-ukuran utama komponen motor bakar
- e. Gambar motor otto

TINJAUAN PUSTAKA

Defenisi Motor Bakar

Motor Bakar adalah jenis mesin kalor yang termasuk mesin pembakaran dalam (internal combustion engine). Internal Combustion Engine adalah mesin kalor yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi kerja mekanis, yaitu dalam bentuk putaran poros. Energi kimia bahan bakar pertama diubah menjadi energi panas melalui proses pembakaran atau oksidasi dengan udara dalam mesin.

Motor Bakar adalah suatu pesawat pengubah energi thermal dan energi potensial menjadi enegi mekanis. Panas yang timbul terjadi dari hasil proses pembakaran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi.

Jenis-jenis Motor Bakar

Berdasarkan cara kerja motor bakar, maka dapat digolongkan dalam dua jenis antara lain

1. Motor bakar bensin
2. Motor bakar diesel

Pemilihan Langkah Kerja Motor Bakar

Pada perancangan ini yang dipilih adalah motor empat langkah dimana jenis ini dilengkapi dengan siklus isap, kompresi, usaha, dan buang. Yang mana putaran engkol 720° atau dua kali putaran poros engkol. Dengan empat kali proses untuk menghasilkan kerja maka diperlukan dua kali putaran.

Adapun alternatif sehingga memilih motor bakar empat langkah dalam perancangan ini didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Kondisi mesin yang lebih tahan lama dan lebih efektif
- Pemakaian bahan bakar yang lebih efektif.
- Jumlah gas yang tidak terbakar lebih kecil dibandingkan dengan motor dua langkah
- Proses kerjanya lembut pada putaran rendah dan titik terdapat kesalahan pembakaran seperti halnya motor dua langkah, dikarenakan proses pembuangan gas buangnya tidak sempurna

- Tidak memakai minyak campur sebagai pembantu pelumas ruang silinder.

Sehingga melalui poin-poin ini sangat cocok digunakan untuk perancangan motor bakar jenis pengangkutan. Disamping mempunyai biaya operasi yang rendah juga ramah terhadap lingkungan.

METODE PERANCANGAN



Gambar 3.1 (Laju Aliran Perancangan)

Kriteria Perancangan

Pemilihan bentuk kendaraan didasarkan pada konstruksi kendaraan dan kapasitas muatan. Dalam perancangan ini, kapasitas muatan direncanakan 3 ton (3000 kg) maka dipilih kendaraan jenis kendaraan Pick-Up T 120 SS.

Berdasarkan survey yang dilakukan di PT.SARDANA BERLIAN MOTOR MEDAN dan analisa terhadap motor bakar di LAB PENGUJIAN MESIN di FAKULTAS TEKNIK UDA,

ANALISIS KETEKNIKAN

Perhitungan Daya Motor Bakar

Perhitungan daya motor penggerak mobil pengangkut jenis pick up didasarkan pada beberapa factor yang menyebabkan yaitu tekanan perlawanan yang diterima oleh motor itu sendiri.yang dimana jenis tekannya yaitu anatara lain :

- a. Tahanan guling/Rolling Resistance (Rr)
- b. Tahanan angin/Air Resistance (Ra)
- c. TahananTanjakan/GradeResistance (Rg)

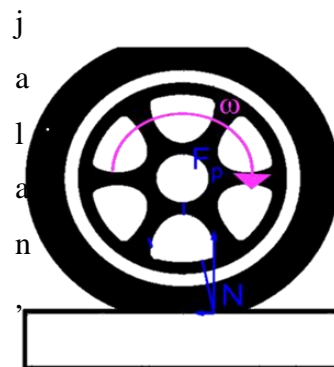
Tahanan Guling (Rolling Resistance)

Rolling Resistance (Rr) adalah tahanan yang terjadi pada roda kaku maupun roda elastis (pada ban karet) yang berputar pada satu permukaan landasan atau jalan.

Gambar 4.1 Rolling, Sumber :Low Rolling Resistance Tires, March, 2003 Resistance

Tahanan yang timbul disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut ;

- Terjadinya pembebanan pada ban yang disebabkan oleh berat kendaraan sendiri ditambah dari muatan kendaraan.
- Adanya resistance antara ban dengan jalan yaitu permukaan permukaan ban, ukuran ban dan kecepatan ban kendaraan.
- Masuknya ban atau terjadinya tekanan terhadap kepermukaan



akibat berat kendaraan. Harga-harga rolling resistance ini tergantung pada keadaan permukaan jalan.

Dalam perancangan ini harga rolling resistance didapat dari hubungan rumus sebagai berikut :

$$RR = CRR \times W \text{ (kg) } \dots(\text{Toyota New Step-2 Chasis.PT.TOYOTA ASTRA})$$

Keterangan ;

RR = Rolling resistance

CRR = Coefficient RR (Koefisien RR)

W = Berat Kendaraan + jumlah penumpang dan berat muatan

Dimana :

- Berat Kendaraan = 790 kg
- Berat Penumpang = 2 orang \times 65 kg = 130 kg (diperkirakan berat satu orang penumpang 65 kg)

Maka :

$$W = 790 + 130 + 3000 \text{ kg}$$

$$W = 3920 \text{ kg}$$

Maka :

$$RR = CRR \times W$$

$$Rr = 15 \times 3920$$

$$Rr = 58.800 \text{ kg (pada}$$

permukaan jalan yang baik)

Jadi besar gaya tahanan yang terjadi pada roda untuk kondisi aspal yang baik pembebanan 3000 kg adalah sebesar 58,8 kg.

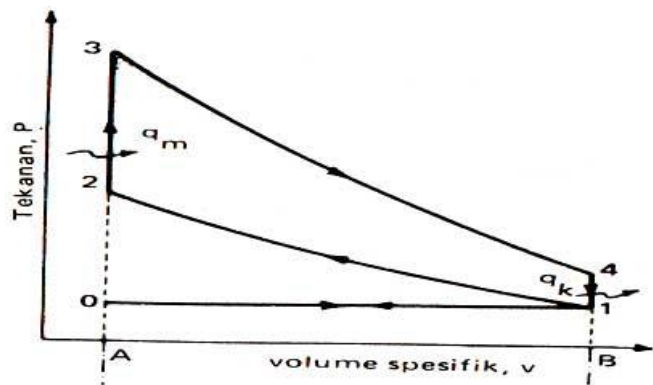
Tahanan Udara (Air Resistance), Ra

Air resistance adalah tahanan udara/angina yang terjadi sewaktu kendaraan berjalan yaitu tahanan antara bagian depan kendaraan dengan udara.

Besar jumlah tahanan yang timbul, hal ini juga dipengaruhi oleh bentuk dari penampang kendaraan.

Perhitungan Putaran, Kecepatan dan Daya

Untuk menentukan putaran dan roda penggerak kendaraan ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan antara lain



- Kecepatan maksimum kendaraan
- Perbandingan transmisi antara mesin dan roda
- Ukuran ban dan kendaraan yang dirancang.

Tabel 4.1 Perbandingan Gigi Transmisi.

Tingkat Kecepatan	Perbandingan Gigi Transmisi
Gigi I	3,752
Gigi II	2,182
Gigi III	1,428
Gigi IV	1,000
Gigi V	0,774
Roda Gigi di Differensial	4,875
Gigi Mundur/Akhir	3,942

Tujuan Perhitungan Thermodinamika

Perhitungan thermodinamika pada perancangan motor bakar untuk mengetahui ;

- a. Kondisi kerja, temperature, tekanan, volume gas pada tiap proses.

- b. Proses-proses yang terjadi pada setiap kondisi kerja.
- c. Efisiensi, tekanan efektif, jumlah konsumsi bahan bakar.

Proses termodinamika dan kimia yang berlangsung pada motor bakar sulit dianalisa secara tepat dengan keadaan yang sebenarnya, karena proses ini sangat berlangsung dengan cepat. Untuk memudahkan penganalisaan proses tersebut maka perlu dianggap bahwa gas tersebut ideal. Makin ideal suatu keadaan suatu gas, makin mudah dianalisa, (Arismunandar 2004), sehingga hasilnya sedikit menyimpang dari keadaan yang sebenarnya, yaitu :

1. Siklus udara volume konstan (siklus otto)
2. Siklus udara tekanan konstan (siklus diesel)
3. Siklus udara tekanan terbatas (siklus gabungan)

Siklus Udara Volume Konstan (Siklus Otto)

Siklus udara volume konstan adalah siklus yang digunakan untuk perhitungan motor bensin pada volume tetap.

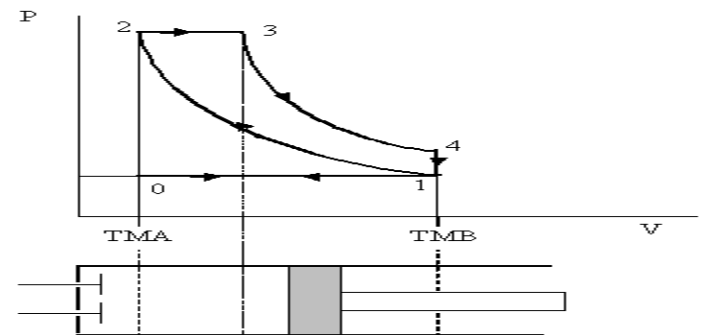
4.

Gambar 4.5 Diagram P-V Siklus udara volume konstan

Siklus Udara Tekanan Konstan

Pada Siklus tekanan konstan proses atau pemasukan kalor dianggap berlangsung pada tekanan konstan. Dalam hal ini,

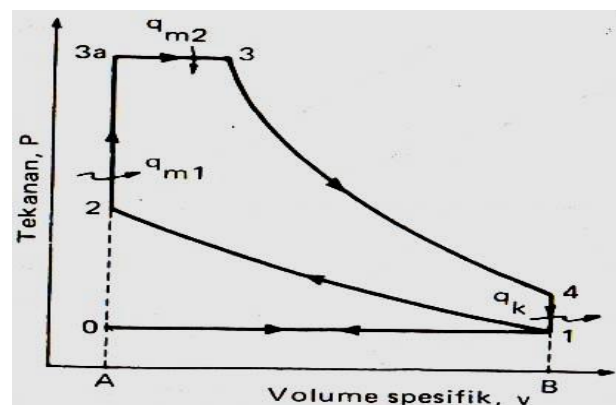
bahan bakar dimasukkan pada saat piston hampir sampai titik mati atas (TMA), tekanan pembakaran diimbangi dengan penambahan volume ruang bakar sesuai perkembangan torak ke titik mati bawah (TMB)



Gambar 4.6 Diagram P-V siklus udara tekanan konstan (lit 2 hal 14)

Siklus Udara Tekanan Terbatas (Volume Gabungan)

Pada siklus gabungan proses pemasukan kalor berlangsung selama proses pada volume konstan dan tekanan konstan (gambar 4.7) atau pada saat berlangsung proses (1.2) dan proses (2.3) pembakaran ini berlangsung pada lebih lama dibanding dengan siklus volume konstan ataupun tekanan konstan, dengan waktu pembakaran yang lama yang lebih baik.



Gambar 4.7 Diagram P-V Siklus Tekanan
Gabungan (lit 2 hal 15)

Perbandingan kompresi

Perbandingan kompresi pada motor bakar tergantung pada sifat-sifat bahan bakar yang digunakan. Perbandingan yang tinggi dapat menyebabkan tekanan akhir kompresi dan temperature yang tinggi. Namun demikian dalam perbandingan kompresi ada beberapa batasan-batasan yang harus diperhatikan antara lain sebagai berikut :

- a. Kemampuan material ruang bakar terhadap tekanan dan temperature yang tinggi.
- b. Jenis bahan bakar yang digunakan
Jadi perbandingan bahan bakar harus disesuaikan dengan daya tahan material yang menerima tekanan dan temperature yang tinggi. Perbandingan kompresi menentukan besarnya tekanan di atas piston dalam gerak langkahnya. Besarnya jumlah perbandingan kompresi untuk motor bensin adalah 7-12.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perencanaan

Adapun hasil dalam perencanaan motor bakar ini adalah :

1. Spesifik Motor

Jenis Motor : Motor Bensin

Proses Kerja : Empat (4) Langkah

Jumlah Silinder: Empat (4) Silinder

Daya Motor : 62,98 Hp

Putaran Motor Maksimum : 5600 rpm

Perbandingan Kompresi : 9 : 1

Siklus Kerja : Siklus Bensin atau Otto

Kerja Indikator : 122,550 kkal

Kerja Efektif : 98,04 kkal

Tekanan Indikator Rata-Rata : 80665,08
kg/m²

Tekanan Efektif Rata-Rata : 6,453
kg/cm²

Efisiensi Thermal : 55,77 %

Efisiensi Thermal Indikator : 49,5636 %

Efisiensi Thermal Efektif : 44,6067 %

Pemakaian Bahan Bakar : 0,145 kg/Hp.jam

2. Ukuran Utama Motor Bakar

Volume Langkah : 595,911 cm³

Diameter Silinder : 8,5 cm

Panjang Langkah Piston : 11,05 cm

Kecepatan Piston Rata-Rata : 18,048
m/det

Volume Ruang Bakar /Clereance : 49,01 cc

Volume Silinder : 471,154 cc

Jari-Jari Engkol : 23 cm

Faktor Brix : 0,71 cm

3. Piston

Toleransi Piston Bagian Atas Silinder

Toleransi Piston Bagian Bawah Silinder
: 0,17 mm

Tebal Kepala PistoN: 11,35 mm

Tebal Dinding Piston Bagian Atas : 5,71
mm

Tebal Dinding Piston Bagian Bawah :]
1,713 mm

Diameter Piston Bagian Dalam Atas

: 7,358 cm
Diameter Piston Bagian Dalam Bawah
: 8,157 cm
Jarak Pena Piston Ke Kepala Silinder : 6,5
cm
Panjang Piston : 10,2 cm
Diameter Bos Piston: 2,295 cm

4. Ring Piston

Lebar Ring Piston : 0,255 mm
Tebal Ring Piston : 0,299 mm
Jarak Antara Kedua Ring Piston Keadaan
Bebas : 0,9 mm
Jarak Antara Kedua Ring Piston Keadaan
Terpasang: 0,255 mm
Jumlah Ring Piston: 3 Buah
Perhitungan Kekuatan Ring Piston: 48,433
kg/cm²

5. Pena Piston

1) Ukuran-Ukuran Pena Piston
Diameter Dalam Pena Piston: 14,45 mm
Diameter Luar Pena Piston: 22,95 mm
Panjang Pena Piston: 71,4 mm
2) Perhitungan Kekuatan Pena Piston
Gaya Maksimal Pena Piston
: 3987,719 kg
Tegangan Lembang Pada Pena Piston
: 25.302,232 Psi

6. Batang Penggerak

1) Ukuran Kepala Kecil

Tebal Lapisan Metal : 1,15 mm
Diameter Dalam Kepala Keci: 25,25 mm
Diameter Kepala Kecil : 32,82 mm

2) Ukuran Kepala Besar

Diameter Luar Kepala Besar : 51 mm
Diameter Dalam Kepala Besar: 56,1 mm
Diameter Luar Lapisan Metal: 72,38 mm

1) Ukuran Profil

Lebar Batang : 51 mm
Lebar Batang Bagian Tengah: 31,45 mm
Lebar Batang Bagian Bawah: 29,15 mm
Lebar Batang Bagian Atas: : 20,14 mm
Pemeriksaan Kekuatan Batang Penggerak:
5.302,817

7. Poros Engkol

Panjang Pena Engkol : 3,57 cm
Diameter Poros Utam: 5,525 cm
Panjang Poros Utama: 2,762 cm
Lebar Pipa Engkol: 6,375 cm
Tebal Pipa Engkol: 10,274 cm

8. Katup

Sudut Katup: 45°
Diameter Lubang Gas: 19,87 mm
Diameter Luar Piring Katup: 2,334 mm
Tebal Katup: 0,336 cm
Tinggi Pengangkat Katup: 0,676 cm
Diameter Batang Katup: 0,521 inc

PEMBAHASAN

1. Piston

Dengan menggunakan bahan Cast Aluminium Alloy yang mempunyai tegangan tarik 83.000 Psi atau 5.835,73 kg/cm² dengan faktor keamanan 8, maka tegangan tarik yang diijinkan adalah 729,466 kg/cm². Setelah melakukan perhitungan bahwa tegangan yang terjadi pada piston akibat tekanan gas pembakaran

maksimum 295,542 kg/cm², maka sesuai dengan tegangan yang diijinkan, sehingga pengguna bahan dan ukuran aman untuk digunakan.

2. Ring Piston

Jenis bahan yang digunakan untuk ring piston ini adalah Gray Cast Iron yang mempunyai tegangan tarik 14.062 kg/cm² dengan faktor keamanan 8, sehingga tegangan tarik yang diijinkan adalah 1.757,75 kg/cm². Sesuai dengan ukuran yang ditentukan, maka tegangan yang terjadi untuk ring piston adalah 478,860 kg/cm². Sesuai dengan tegangan yang diijinkan, maka penggunaan bahan ini aman untuk digunakan.

3. Pena Piston

Bahan yang digunakan untuk pena piston yaitu Low Alloy dengan tegangan tarik 12.655,8 kg/cm² dan faktor keamanan 7 sehingga tegangan lastrik yang diijinkan adalah 1.807,971 kg/cm². Besar gaya bekerja pada pena piston adalah 1.779 kg/cm² sehingga aman untuk digunakan.

4. Batang Penggerak

Untuk batang penggerak bahan yang digunakan adalah Carbon Steel yang mempunyai tegangan tarik 9.140,3 kg/cm². Setelah menghitung kekuatan pada batang penggerak, maka tegangan yang terjadi akibat gas pembakaran adalah 1.231,538 kg/cm². Sesuai dengan tegangan yang diijinkan, maka perencanaan batang penggerak aman untuk digunakan.

5. Poros Engkol

Dengan menggunakan bahan Alloy Steel AISI tipe 4140 yang mempunyai tegangan tarik 8.788,75 kg/cm² kemudian faktor keamanan 8, maka tegangan tarik yang diijinkan adalah 1.098,593 kg/cm².

6. Katup

Untuk perencanaan katup bahan digunakan adalah baja chrom JIS 64104 dengan spesifik tegangan tarik 4.921,7 kg/cm kemudian faktor keamanan 8, maka tegangan tarik yang diijinkan adalah 615,212 kg/cm².

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan pada perencanaan motor bakar ini adalah :

1. Bahwa besar daya yang dihasilkan oleh motor bakar ini sangat berhubungan dengan berat total dan luas penampang kendaraan yang direncanakan. Karena semakin besar jumlah beban kendaraan yang akan direncanakan, maka daya yang dibutuhkan juga akan semakin besar.
2. Bahwa untuk menentukan daya dari motor bakar ini harus dijumlahkan dengan jumlah tahanan yang terjadi pada kendaraan seperti, tahanan pada roda, tahanan akibat tahanan udara, kemudian kondisi jalan.
3. Untuk mengetahui kondisi kerja, temperature, tekanan, dan volume gas seperti proses pada motor bakar ini dapat diketahui dengan menggunakan

perhitungan termodinamika, yaitu menggunakan siklus udara volume konstan.

4. Dalam pemilihan jenis bahan pada setiap bagian utama motor bakar ini, harus disesuaikan dengan besar tegangan yang bekerja pada setiap bagian tersebut. Karena besar tegangan yang terjadi pada komponen ini didasarkan pada ukuran-ukuran utama motor bakar tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Rolling Resistance, Suspensi. Toyota New Step-2. PT YOYOTA ASTRA
- Arismunandar, 2004 , *Penggerak Mula Motor Bakar, perhitungan putaran, kecepatan dan daya .Edisi Kelima* Bandung. ITB. Bandung.
- Daryanto,2003, *Teknik Automotif* : Jakarta : Bumi Aksara Jln. Sawo Rayo No. 18.
- Ginting,RV.2008.*Termodinamika Teknik.* Fakultas Teknik Unimed Medan.
- Khovak, M, 1979.*Motor Vehicle Engine Grade Resistance* : mir Moscow, Publiser.
- Maleev, VL, 1945, *Internal Combustion Engine Design* : Tokyo : Mc, Grow Hill Company.
- Petrovsky, N. 1945, *Marine Internal Combustion Enginers*, Moscow ; Nst. Publisher.
- Pudjanarsa . A. 1978. *Mesin Konversi Energi* : Jakarta: Erlangga.
- Suganda , H. 1996, *Mekanik Auto Mobil* : Jakarta Pradya Peramita.
- L.A. de Bruijn dan L. Muilwijk.1979, *Motor Bakar* : Bhratara Karya Aksara. Jakarta.
- Ir. Sularso, MSME . Institut Teknologi Bandung