



MOTOR BAKAR DIESEL PENGGERAK FORKLIFT

DAYA : 210HP

PUTARAN : 2000 rpm

OLEH :

ZULKIFLI PASARIBU
No. Stb. : 99.813.0009



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2003**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



MOTOR BAKAR DIESEL PENGGERAK FORKLIFT

DAYA : 210HP

PUTARAN : 2000 rpm

OLEH :

ZULKIFLI PASARIBU
No. Stb. : 99.813.0009



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2003**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24

UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
TUGAS SARJANA
MOTOR BAKAR DIESEL PENGGERAK
FORKLIFT



Oleh :

ZULKIFLI PASARIBU

No. Stb : 99 813 0009

Komisi Pembimbing :

Pembimbing I

(Ir. A. Halim Nst , MSc)

Pembimbing II

(Ir. Amrinsyah)

Mengetahui :

Kepala Program Studi

(Ir. Darlanto MSc)



Dekan

(Drs. Dadan Ramdan , M.Eng , Sc)

Tanggal Lulus : 20 Agustus 2003
UNIVERSITAS MEDAN AREA

UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda No :

Diterima Tgl:

Paraf :

Kepada Yth . Sdr . Ir . A .Halim Nst , MSc / Ir . Amrinsyah

Staf Pengajar Jurusan Mesin

Fakultas Teknik UMA

di –

Medan

Dengan Hormat ,

Mahasiswa yang bernama tersebut dibawah ini :

Nama : ZULKIFLI PASARIBU

No . Stambuk : 99 813 0009

Telah memenuhi syarat untuk mengambil tugas :

Tugas Sarjana

Mata Pelajaran yang Diambil :

Motor Bakar

Medan , Juni 2003

Koordinator Rencana Sarjana

(Ir . H . Amirsyam Nasution , MT)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)9/1/24

UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda No :
Diterima Tgl :
P a r a f :

TUGAS AKHIR

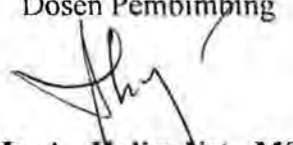
NAMA : ZULKIFLI PASARIBU
No. STAMBUK : 99 813 0009
MATA KULIAH : MOTOR BAKAR
SPESIFIKASI : Rencanakanlah sebuah Motor Bakar Daya 210 HP
Putaran : 2000 rpm meliputi :
– Tinjauan / Spesifikasi Motor Bakar
– Perhitungan Thermodinamika
– Ukuran – ukuran Utama
– Dinamika Bagian yang Bergerak
– Sistem Pendinginan
– Sistem Pelumasan
Diberikan Tanggal : 10 Juni 2003
Selesai Tanggal : 10 September 2003

Medan , Juni 2003

Ketua Jurusan


(Ir . Dariantio , MSc)

Dosen Pembimbing


(Ir . A . Halim Nst , MSc)

Koordinator Rencana Sarjana


(Ir . H . Amirsyah Nasution , MT)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa penulis panjatkan atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir/skripsi ini untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan strata-I (Sarjana) di Universitas Medan Area.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyelesaikan tugas akhir ini, namun penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dalam materi dan sistematika penulisan. Oleh karena itu penulis dengan rendah hati mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan tugas akhir ini.

Sejak awal penulisan tugas akhir ini penulis telah menerima banyak bantuan, saran dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua Orang Tua, Kakak, Adik-adik tercinta.
2. Bapak Ir. Amirsyam Nasution, MT selaku Kajur. Teknik Mesin UMA
3. Bapak Ir. A. Halim, MSc, selaku Pembimbing I
4. Bapak Ir. Amrinsyah, selaku Pembimbing II
5. Rekan-rekan Mahasiswa FT. Mesin Universitas Medan Area.
6. Staf/Pegawai Fakultas Teknik Jurusan Mesin UMA.
7. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Medan, 20 Agustus 2003

Penulis

(ZULKIFLI PASARIBU)

99.013.0009.

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| KATA PENGANTAR..... | i |
| DAFTAR ISI | ii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| I.1. Tinjauan Umum | 1 |
| I.2. Tinjauan Motor Bakar | 5 |
| I.3. Spesifikasi Motor Bakar..... | 9 |
| | |
| BAB II THERMODINAMIKA..... | 18 |
| II.1. Siklus Udara Standard..... | 18 |
| II. 2. Analisa Proses Thermodinamika | 23 |
| | |
| BAB III UKURAN-UKURAN MOTOR BAKAR..... | 31 |
| | |
| BAB IV DINAMIKA BAGIAN-BAGIAN YANG BERGERAK..... | 54 |
| IV.1. Gaya Akibat Tekanan Gas Pembakaran | 54 |
| IV.2. Firing Order..... | 56 |
| IV.3. Poros Engkol, Fly wheel dan Bantalan | 57 |
| IV.4. Katup dan Perlengkapannya | 65 |
| IV.5. Pembakaran dan Ruang Bakar..... | 76 |

| | | |
|-----------------------|--|-----------|
| BAB V | PELUMASAN DAN PENDINGINAN | 82 |
| | V.1. Minyak Pelumas | 82 |
| | V.2. Sistem Pelumasan | 86 |
| | V.3. Sistem Pendinginan | 89 |
| BAB VI | KESIMPULAN..... | 93 |
| DAFTAR PUSTAKA | | |



BAB I

PENDAHULUAN

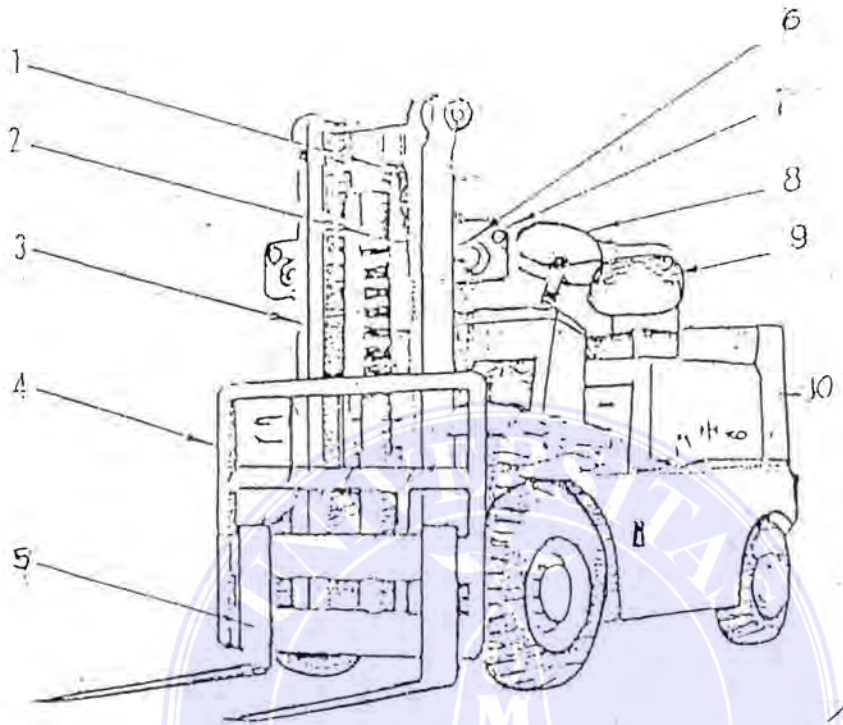
1.1 Tinjauan Umum

Dalam perkembangan industri saat ini, terutama untuk pasar bebas ASEAN (AFTA) 2003, kebutuhan akan alat transportasi jarak jauh semakin meningkat seperti mobil, kereta api, kapal laut dan pesawat terbang. Untuk mengangkut barang dalam jumlah yang banyak serta jarak yang jauh, maka pengangkutan melalui laut merupakan sarana yang cukup efektif. Dan forklift merupakan salah satu peralatan penting dalam menunjang kelancaran pekerjaan di pelabuhan terutama dalam hal pengangkutan.

Forklift terdiri dari bermacam-macam bentuk dan kapasitas angkat sesuai dengan kebutuhan dimana forklift tersebut digunakan. Secara garis besar forklift terdiri dari tiga (3) bagian penting, yaitu :

1. Garpu dan pelindung : terletak dibagian depan, berfungsi sebagai tempat meletakkan barang.
2. Badan mesin dan ruangan cabin, terletak dibagian tengah.
3. Pemberat, terletak dibagian belakang, berfungsi sebagai pertimbangan beban.

Untuk lebih jelas, bagian selengkapnya dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gbr. 1. Forklift dan perlengkapan.

Keterangan gambar :

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 1. Rantai | 6. Lampu utama |
| 2. Tabung pengangkat | 7. Lampu tanda |
| 3. Tiang penyangga | 8. Kemudi |
| 4. Pelindung | 9. Tempat duduk operator |
| 5. Garpu pengangkat | 10. Pemberat |

Roda penggerak terletak pada bagian depan, sedang bagian roda kemudi terletak dibagian belakang, berbeda dengan mobil pada umumnya dimana roda kemudi terletak dibagian depan. Pada forklift roda penggerak dilengkapi juga dengan differential yang dihubungkan ke transmisi oleh sebuah poros (shaft) propeller. Putaran dari motor penggerak dipindahkan melalui sebuah kopling yang dapat dikontrol dari ruangan kemudi.

Forklift berfungsi sebagai alat pengangkut dan alat pemindah jarak dekat, maka forklift harus mampu mengangkat dan memindahkan barang (material) yang terdiri dari berbagai macam bentuk dan ukuran, untuk ini perlengkapan forklift dibuat dengan bentuk dan model yang disesuaikan dengan barang atau material yang dipindahkan.

Dilihat dari bentuk rangkanya kebanyakan forklift mempunyai bentuk rangkanya yang kaku serta medan kerja yang terbatas. Untuk itu forklift harus mempunyai persyaratan umum, antara lain :

1. Stabil dalam pengoperasian
2. mempunyai bentuk yang kokoh dan kuat
3. Mempunyai motor penggerak yang kuat, mudah pelayanannya serta hemat bahan bakar
4. Memmpunyai turning radius yang pendek serta dapat beroperasi pada gangguan yang terbatas. Untuk itu forklift mempunyai beberapa jenis rangka seperti model articulated dimana rangkanya dapat dipatahkan pada bagian tenganya.

5. Memenuhi faktor keselamatan kerja bagi oprator dan material yang dipinadahkan.

Jenis dan tipe forklift dapat dibagi menurut :

1. Jenis motor penggerak yang dipakai terdiri dari :
 - a. Motor bensin (gas oline engine)
 - b. Motor diesel (diesel engine)
2. Type power transmisi (pemindah tenaga) terdiri dari :
 - a. Direct drtive type, sistim pemindahan daya secara langsung dan memakai kopling gesek (disc clutch)
 - b. Torque flow type ; sistim pemindahan daya tidak langsung yaitu dengan memakai konverter (dalam hal ini yang dipakai untuk memindahkan tenaga adalah fluida).
3. Type rangka (frame) terdiri dari :
 - a. Type kaku ; paling banyak digunakan, kapasitas angkat tergolong kecil (sampai dengan 6 ton)
 - b. Type articulated ; rangka dari type ini dapat dipatahkan sekaligus berfungsi sebagai kemudi, untuk kapasitas besar.
4. Kapasitas dan perlengkapan.

Yang dimaksud dengan kapasitas adalah kemampuan mengangkat beban kerja, yang mana semua forklift memiliki batasan untuk kemampuan angkatnya. Sedangkan perlengkapan dibedakan menurut material yang dipindahkan dan dimana forklift tersebut dipindahkan.

1.2. Tinjauan motor bakar

Salah satu jenis penggerak mula yang banyak dipakai adalah mesin kalor, yaitu mesin yang menggunakan energi thermal untuk melakukan kerja mekanik, atau mesin yang mengubah energi thermal menjadi energi mekanik. Energi itu sendiri diperoleh dari proses pembakaran. Ditinjau dari cara memperoleh energi thermal ini mesin kalor dibagi menjadi dua golongan, yaitu mesin pembakaran dalam (internal combustion engine) dan mesin pembakaran luar (eksternal combustion engine).

Mesin pembakaran dalam pada umumnya dikenal dengan nama motor bakar. Dalam kelompok ini terdapat motor bakar torak (motor bensin dan diesel), sistem turbin gas dan propulsi pancar gas (mesin turbo jet, ramjet dan roket). Proses pembakaran berlangsung didalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja.

Pada mesin pembakaran luar, proses pembakaran terjadi diluar mesin, energi thermal dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin melalui beberapa dinding pemisah. Contohnya adalah mesin uap. Semua energi yang diperlukan mesin itu mula-mula meninggalkan gas hasil pembakaran yang tinggi temperaturnya. Melalui dinding pemisah kalor atau ketel uap, energi itu kemudian masuk ke dalam fluida kerja yang kebanyakan terdiri dari air atau uap. Dalam proses ini temperatur uap dan dinding ketel harus jauh lebih rendah dari pada temperatur gas hasil pembakaran itu untuk mencegah kerusakan material ketel. Dengan sendirinya tinggi temperatur fluida kerja, jadi efisiennya juga sangat dibatasi oleh kekuatan material yang dipakai.

Dengan ini motor bakar yang populer dipakai unuuk menghasilkan tenaga penggerak adalah motor bensin dan motor diesel, keduanya termasuk didalam kelompok motor bakar torak.

Motor bakar torak menggunakan beberapa silinder yang didalamnya terdapat torak yang bergerak trnslasi (bolak-balik). Didalam silinder itulah terjadi pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen (O_2) dari udara gas pembakaran yang dihasilkan oleh proses tersebut mampu menggerakkan torak yang oleh batang penggerak dihubungkan dengan poros engkol. Gerak translasi torak tadi mnyebabkan gerak rotasi poros engkol menimbulkan gerak translasi pada torak.

Pada motor bakar tidak terdapat proses perpindahan kalor dari gas pembakaran ke fluida kerja, karena itulah jumlah komponen motor bakar lebih sedikit dari pada komponen mesin uap. Beberapa keuntungan yang lain dari motor bakar torak dibanding dengan mesin uap antara lain :

1. Motor bakar torak lebih sederhana
2. Lebih kompak
3. Lebih ringan dibandingkan mesin uap
4. Temperatur seluruh bagian mesinnya jauh lebih rendah dari pada temperatur gas pembakaran maksimum
5. Lebih efisien, karena itu penggunaan motor motor bakar torak dibidang transportasi sangat menguntungkan.

Namun demikian tidak berarti mesin uap tidak memiliki kelebihan. Mesin uap lebih menguntungkan jika dipandang dari hal-hal berikut :

1. Mesin uap lebih leluasa mempergunakan bermacam-macam bahan bakar.
2. Mesin uap lebih bebas dari getaran
3. Turbin uap lebih praktis dipakai untuk daya tinggi, misalnya untuk daya 2000 Ps lebih.

Perbedaan yang utama antara motor diesel dengan motor bensin (Otto) terletak pada sistem penyalannya. Bahan bakar pada motor bensin dinyalakan loncatan api listrik diantara kedua elektroda busi. Karena itu motor bensin dinamai juga Sprak Ignition Engines. Percampuran bahan bakar dengan udara terjadi dikarbulator.

Didalam motor diesel, yang biasa juga disebut Compression Ignition Engines, terjadi proses penyalaan sendiri. Pada saat langkah isap hanya udara segar saja yang masuk ke dalam silinder. Pada saat torak hampir mencapai titik mati atas (TMA) bahan bakar yang memiliki tekanan dan temperatur tinggi disemprotkan ke dalam silinder. Terjadilah proses penyalaan untuk pembakaran setelah campuran udara 21% volume O_2 dan bahan bakar tadi mencapai temperatur yang melampaui temperatur nyala bahan bakar dan tekanan kompresi antara antara 26 s/d 40 kg/cm, (perbandingan kompresi 15-25). Temperatur udara sendiri pada saat kompresi kira-kira $500^{\circ}C$. Bahan bakar pada motor diesel mencapai tekanan tinggi karena menggunakan pompa injeksi (injection pump) dan alat pengabut bahan bakar (nozzle). Penggolongan dan daerah penggunaan yang khas dari mesin kalor dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. penggolongan mesin kalor

| Golongan | Kelompok jenis | Gerak | Daya Mesin | Penggunaannya Yang khas | Status (Tahun1970) |
|---|----------------------------|---------------------------------|------------|--|---------------------------|
| Motor Pembakaran luar(External combustion Engine) | Mesin uap torak | Translasi | K&S | Lokomotif | Tidak biasa |
| | Turbin uap | Rotasi | S&B | Pusat tenaga listrik, kapal laut | Aktif |
| | Mesin udara panas | Translasi | K | Tidak ada | Tidak dipergunakan lagi |
| | Turbin gas Siklus tertutup | Rotasi | S&B | Pusat tenaga listrik, kapal laut | Eksperimen (tidak banyak) |
| Motor pembakaran dalam (Internal Combustion Engine) | Motor bensin | Translasi rotasi (motor wankel) | K&S | Kndaraan jalan darat, kapal laut kecil, industri, pesawat terbang | Aktif |
| | Motor diesel | Translasi | K&S | Kendaraan darat, industri, lokomotif, kapal laut, pusat tenaga listrik | Aktif |
| | Motor gas | Rotasi | K&S | Industri, pusat tenaga listrik | Aktif |
| | Turbin gas | Rotasi | S&B | Pusat tenaga listrik, pesawat terbang | Aktif |
| | Propulsi pancar gas | | S&B | Pesawat terbang | Aktif |

K = kecil, dibawah 1000 ps

S = Sedang antar 1000-10000 ps

B = Besar, diatas 10000 ps

1.3. Spesifikasi motor bakar

A. Motor bakar.

Seperti telah dikemukakan pada halaman terdahulubahwa pada prinsipnya motor bakar memperoleh tenaga mekanis dari energi panas yang berasal dari hasil pembakaran bahan bakar + oksigen didalam silinder.

Adapun cara kerja dari motor bensin empat langkah (4 tak) adalah sebagai berikut :

1. Langkah isap.

Pada langkah isap campuran bensin dengan udara yang bercampur dikarbulator diisap kedalam silinder, yakni ketika torak bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik mati bawah). Karena kecepatan gerakan torak, didalam silinder terjadi kevakuman yang mengakibatkan tekanan yang didalam silinder menjadi lebih kecil dibanding tekanan udara luar sehingga pada waktu katup isap terbuka campuran udara dengan bahan bakar tadi masuk ke dalam silinder.

2. Langkah kompresi.

Torak bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas, katup isap maupun katup buang dalam keadaan tertutup. Pada saat gerakan torak tadi menuju titik mati atas, campuran bahan bakar dengan udara dikompresi sehingga mencapai tekanan dan temperatur yang tinggi.

3. Langkah kerja (usaha).

Pada saat torak hampir mencapai titik mati atas, dan tekanan campuran udara dengan bahan bakar tadi cukup tinggi, busi mengeluarkan percikan bunga api listrik yang mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar tersebut terbakar. Proses

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

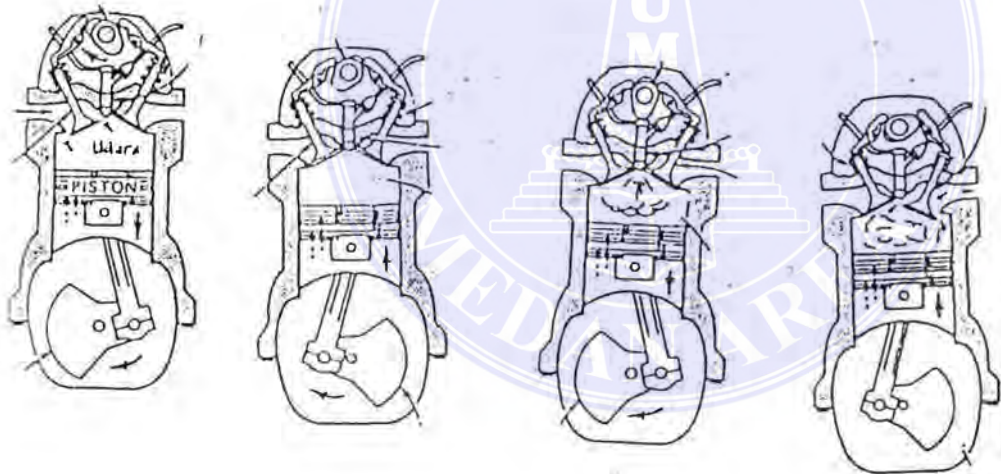
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24

pembakaran tadi mengakibatkan / menimbulkan tenaga yang mendorong torak kembali ke titik bawah. Gaya dorongan yang diterima torak diteruskan oleh batang penggerak (connecting rod) ke poros engkol dan putara poros engkol menghasilkan tenaga mesin. Pada saat ini katup isap dan katup buang masih tertutup.

4 Langkah buang.

Setelah mencapai titik mati bawah, sisa tenaga yang ada pada poros engkol mendorong kembali torak menuju titik mati atas. Torak mendorong sisa gas bekas keluar dari silinder melalui katup buang sedangkan katup isap tertutup.



Gambar 2. Cara kerja motor bensin 4 langkah.

Sedangkan cara kerja motor bensin dua langkah adalah sebagai berikut :

Pada motor dua langkah, langkah isap langkah buang tidak terjadi sendiri-sendiri. Langkah isap dan langkah buang terjadi secara bersamaan dengan cara meminjam sebagian tenaga pada langkah kompresi.

Pada umumnya motor bensin dua langkah tidak dilengkapi dengan katup, sebagai gantinya motor dilengkapi dengan saluran pemasukan, saluran bilas serta saluran buang pada dinding silindernya. Pada saat torak bergerak ke titik mati atas, saluran masuk terbuka maka campuran bahan bakar dengan udara masuk sementara saluran buang dan saluran bilas tertutup. Campuran udara dengan bahan bakar tadi berkumpul dibak engkol (cartel), dan pada saat inilah campuran bahan bakar dengan udara dikompresikan. Ketika torak hampir mencapai titik mati atas busi memercikan bunga api dan pembakaran terjadi yang mengakibatkan torak kembali terdorong menuju titik mati bawah dan terjadilah langkah usaha. Pada saat terjadi langkah kerja torak menekan campuran bahan bakar dan udara yang berada diruang bak engkol (cartel).

Torak terus bergerak ke bawah dan saluran masuk mulai tertutup, sedang campuran bilas mulai terbuka. Campuran bahan bakar dengan udara didalam bak engkol yang tertekan oleh torak keluar melalui saluran pembilasan. Tekanan gas baru yang lebih besar dari gas bekas sisa pembakaran akan mendorong gas bekas sisa pembakaran keluar melalui saluran buang yang mulai terbuka. Bila torak mulai bergerak kembali ke arah titik mati atas, langkah kompresi dimulai kembali bersamaan dengan masuknya campuran bahan bakar dengan udara ke dalam bak engkol (cartel).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

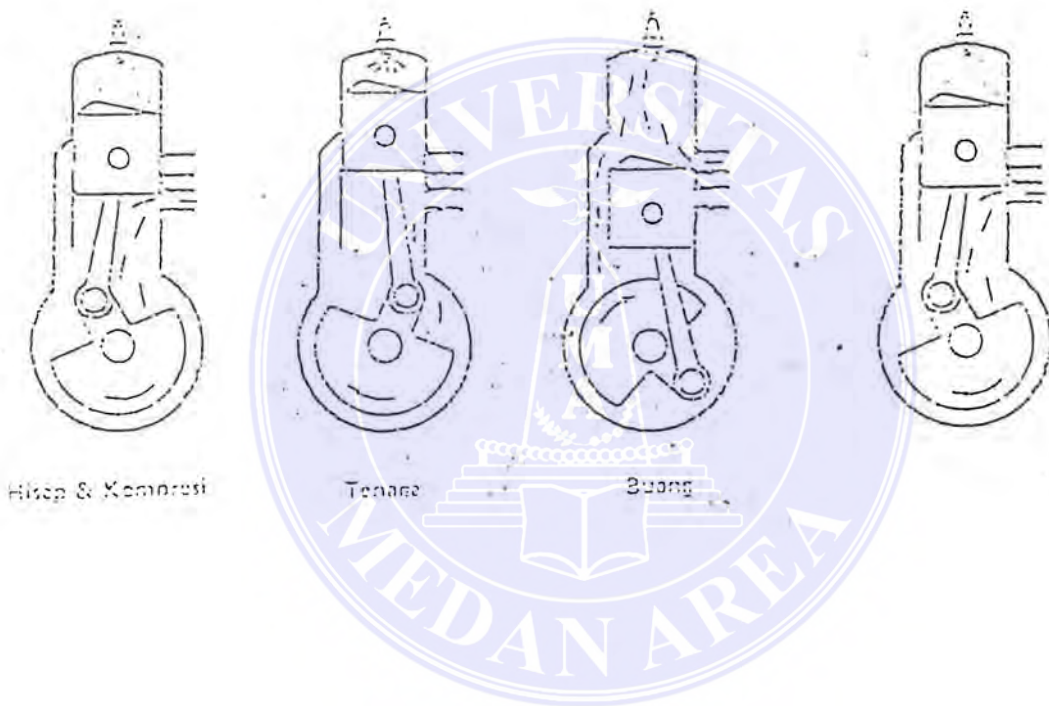
Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24



Gambar 3. Cara kerja motor bensin dua langkah.

Masing-masing sistim mempunyai keuntungan dan kerugian. Adapun keuntungan dan kerugian motor bensin empat langkah adalah sebagai berikut :

Keuntungan.

- 1. Pemakaian bahan bakar hemat dan kerugian dari gas yang terbuang kecil sekaali.
- 2. Motor bekerja lembut pada putaran rendah.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24

Kerugian.

1. Dalam waktu yang sama dengan motor dua langkah, jumlah pembakaran pada motor empat langkah lebih kecil, sehingga dibutuhkan jumlah silinder yang lebih banyak.
2. Karena menggunakan katup maka volume motor bertambah, katup dan mekanismenya memperbesar suara.

Sedangkan keuntungan dan kerugian motor bensin dua langkah dibanding motor bensin empat langkah adalah sebagai berikut :

Keuntungan

1. Hasil kerja lebih baik
2. Dengan volume silinder dan putaran yang sama tenaga yang dihasilkan lebih besar.
3. Karena tidak memerlukan katup maka volume motor relatif lebih kecil.

Kerugian

1. Sukar bekerja pada putaran rendah
2. Boros dalam pemakaian bahan bakar
3. Saaluran pembuangan pada umumnya terletak dibagian tengah silinder, sehingga cenderung menjadi lebih panas (Over Heating), mengakibatkan pelumasan menjadi kurang sempurna, akibatnya bagian-bagian cepat aus.

B. Motor diesel.

Perbedaan antara motor bensin dengan motor diesel adalah dalam penggunaan bahan bakar, cara pemberian bahan bakar dan pembakarannya. Pada motor diesel dipompakan dengan tekanan tinggi ($\pm 100-200$ atm) oleh sebuah pompa injeksi

(injection pump). Motor diesel empat langkah (4 tak) maupun motor diesel dua langkah memiliki persamaan. Jadi yang dimaksud dengan motor diesel empat langkah adalah motor dimana untuk menghasilkan satu kali usaha diperlukan empat kali gerakan turun naik torak dan dua kali putaran poros engkol (720°).

Pada motor bakar diesel bentuk ruang bakarnya cukup rumit dan kompleks. Bentuk ruang bakar sangat menentukan kemampuan motor, oleh sebab itu ruang bakar direncanakan sebaik mungkin agar proses pencampuran bahan bakar dan udara terjadi dengan baik dan mudah terbakar.

Jenis-jenis ruang bakar yang umum dipakai pada motor diesel adalah :

1. Jenis ruang bakar injeksi langsung.
2. Jenis ruang bakar tambahan.

Jenis ruang bakar injeksi langsung biasanya ditempatkan diatas torak. Untuk sistim ini bahan bakar diinjeksikan langsung ke dalam ruang bakar. Untuk mendapatkan proses pencampuran yang baik, bentuk nozzel dan arah injeksi merupakan faktor yang menentukan.

Keuntungan dan kerugian ruang bakar injeksi langsung adalah :

Keuntungan

1. Bentuk ruang bakar sederhana, efisiensi termisnya lebih tinggi sehingga pemakaian bakar lebih hemat.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24

2. Pengabutan motor lebih mudah dan tidak memerlukan alat pemanas.

Kerugian

1. Kualitas bahan bakar harus lebih baik.
2. Karena proses pengabutan sangat menentukan maka tekanan pada waktu injeksi harus lebih tinggi
3. Nozzle sering mendapat gangguan sehingga umumnya ditempatkan pada kepala silinder

(cylinder head) dan bentuk ruang bakar tambahan tersebut antara lain :

- a. Ruang bakar muka (precombustion chamber)
- b. Ruang bakar model pusar (swirl chamber)

Adapun keuntungan dan kerugian ruang bakar tambahan ini adalah :

Keuntungan

1. Pemakaian jenis bahan bakar bisa lebih luas.
2. Turbulensi lebih baik karenanya tidak diperlukan tekanan tinggi pada waktu penyemprotan bahan bakar.
3. Karena nozzle tidak berhubungan langsung dengan ruang bakar utama, maka gangguan pada nozzle lebih kecil dan lebih tahan lama.

2. Turbulensi lebih baik karenanya tidak diperlukan tekanan tinggi pada waktu penyemprotan bahan bakar.
3. Karena nozzle tidak berhubungan langsung dengan ruang bakar utama, maka gangguan pada nozzle lebih kecil dan lebih tahan lama.

Kerugian

1. Bentuk kepala silinder yang lebih rumit mengakibatkan biaya pembuatannya lebih mahal.
2. Pemakaian bahan bakarnya lebih boros.
3. Kemampuan pengabutannya lebih jelek, oleh karena itu dibutuhkan alat pemanas. Sedangkan keuntungan dan kerugian motor diesel dibanding motor bensin

Adalah :

Keuntungan.

1. Biaya operasionalnya lebih rendah, bahan bakar lebih irit dan harga lebih murah.
2. Dengan ukuran yang sama dengan motor bensin tenaga lebih besar dan gangguan lebih kecil karena tidak menggunakan sistim pengapian.
3. Variasi momen yang terjadi pada perubahan tingkat kecepatan kecil sekali.

2. Turbulensi lebih baik karenanya tidak diperlukan tekanan tinggi pada waktu penyemprotan bahan bakar.
3. Karena nozzle tidak berhubungan langsung dengan ruang bakar utama, maka gangguan pada nozzle lebih kecil dan lebih tahan lama.

Kerugian

1. Bentuk kepala silinder yang lebih rumit mengakibatkan biaya pembuatannya lebih mahal.
2. Pemakaian bahan bakarnya lebih boros.
3. Kemampuan pengabutannya lebih jelek, oleh karena itu dibutuhkan alat pemanas. Sedangkan keuntungan dan kerugian motor diesel dibanding motor bensin

Adalah :

Keuntungan:

1. Biaya operasionalnya lebih rendah, bahan bakar lebih irit dan harga lebih murah.
2. Dengan ukuran yang sama dengan motor bensin tenaga lebih besar dan gangguan lebih kecil karena tidak menggunakan sistim pengapian.
3. Variasi momen yang terjadi pada perubahan tingkat kecepatan kecil sekali.

4. Kadar hidrokarbon dan karbon monoksida (CO) pada gas buang lebih kecil.

B. Kerugian.

1. Suara dan geteran lebih besar.
2. Diperlukan pemeliharaan yang lebih baik dan teliti.
3. Bahan dan pembuatan jenis konstruksi motor harus lebih kuat sehingga membutuhkan biaya yang tinggi.
4. Tenaga yang dibutuhkan pada waktu start mula lebih besar dan kapasitas battery (accu) yang lebih besar.

C. Pemilihan jenis motor yang dipakai.

Untuk menentukan jenis motor penggerak yang dipakai pada peralatan forklift, harus ditinjau dari beberapa faktor. Dilihat dari segi penggunaan dan fungsinya, motor diesel lebih tepat digunakan untuk menjadi motor penggerak forklift, karena :

1. Forklift umumnya dipakai untuk pekerjaan yang berat. Sebagai salah satu peralatan dari material handling equipment membutuhkan suatu motor penggerak yang kuat.
2. Dengan ukuran yang sama tenaga motor diesel lebih besar dari motor bensin.

BAB II

THERMODINAMIKA

2.1. Siklus Udara standard

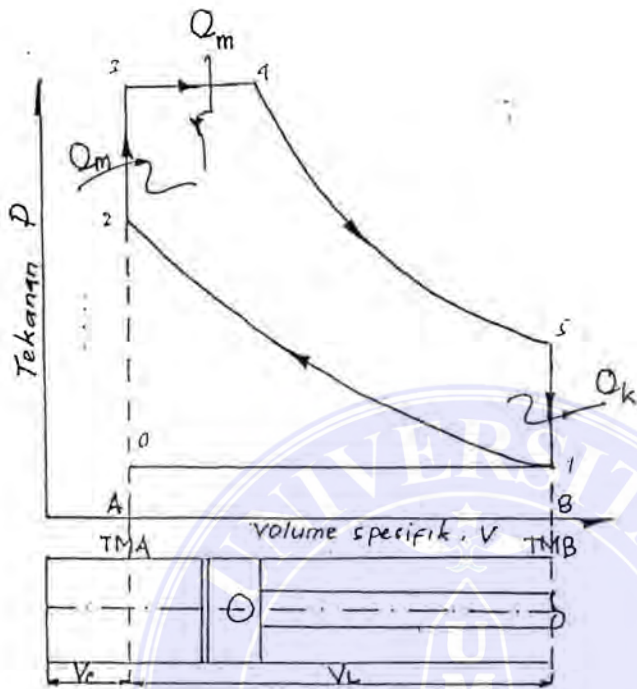
Pada motor bakar torak, proses yang terjadi didalam silinder merupakan proses termodinamika dan proses kimia. Proses termodinamika dan kimia yang terjadi didalam motor bakar amat kompleks untuk dianalisa menurut teori. Untuk memudahkan analisa tersebut, perlu dibayangkan suatu keadaan yang ideal. Makin ideal suatu keadaan makin mudah dianalisa, akan tetapi dengan sendirinya makin jauh menyimpang dari keadaan sebenarnya.

Pada umumnya untuk menganalisa motor bakar torak dipergunakan siklus udara sebagai siklus yang ideal. Siklus udara mempergunakan beberapa keadaan yang sama dengan siklus yang sebenarnya, misalnyan mengenai urutan prosesnya, perbandingan kompresi, pemilihan temperatur dan tekanan pada suatu keadaan dan penambahan kalor yang sama persatuan berat udara. Dalam penganalisaan siklus udara, khususnya pada motor bakar torak akan dibahas :

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

Ad.1. Siklus udara volume konstan (siklus otto).

Dalam menganalisa siklus udara konstan digambarkan suatu hubungan antara tekanan dan volume yang dikenal dengan "*grafik pressure v, volume*" (*diagram p,v*).



Gbr 4. Diagram Pv siklus udara volume konstan

Keterangan gambar :

P : tekanan fluida kerja, kg/cm^2

V : volume spesifik, m^3/kg

Q_m : jumlah kalor yang dimasukkan, kcal/kg

Q_k : jumlah kalor yang dikeluarkan, kcal/kg

V_l : volume langkah torak, m^3 atau cm^3

TMA : titik mati atas

TMB : titik mati bawah

Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan

Langkah isap (0-1), udara berada pada kondisi atmosfer, proses berlangsung pada tekanan konstan.

Langkah kompresi (1-2), volume campuran gas dimampatkan, tekanan naik hingga 7 atmosfer, proses berlangsung secara isentropik.

Proses pembakaran (2-3), dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan. Tekanan meningkat maksimum 28 atm.

Langkah kerja (3-4) proses ekspansi berlangsung secara isentropis.

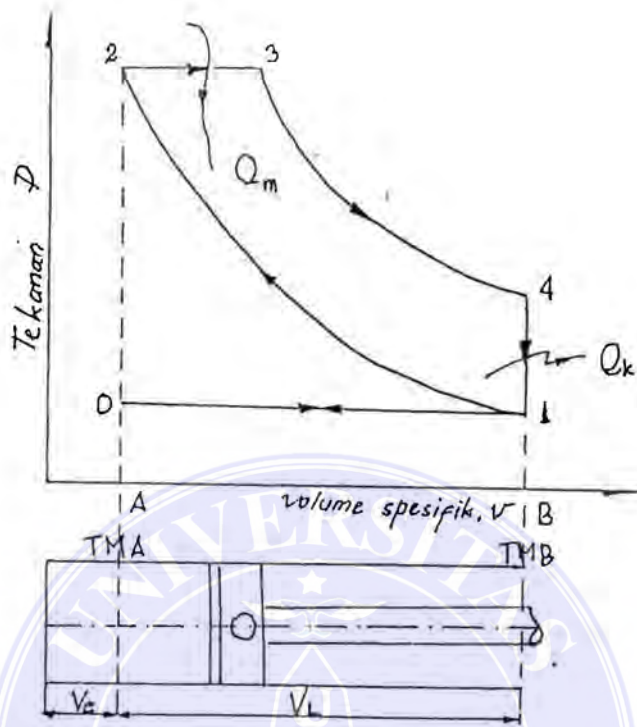
proses pembuangan (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor berlangsung pada volume konstan.

Langkah buang (1-0) proses pembuangan yang berlangsung pada tekanan konstan.

Ad.2. Siklus udara tekanan konstan (siklus diesel).

Dalam siklus udara tekanan konstan, pembakaran atau pemasukan kalor Q_m diidealkan berlangsung pada tekanan konstan. Proses ini umumnya dipakai pada motor diesel putaran rendah (low speed engine).

Pada siklus ini bahan bakar disemprotkan menjelang piston mendekati titik mati atas (TMA), dan pembakaran terjadi padat titik mati atas. Bahan bakar terbakar karena adanya temperatur dan tekanan udara yang tinggi yang dihasilkan pada waktu kompresi (udara dikompresikan). Diagram Pv untuk proses siklus tekanan konstan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gbr 5. Diagram Pv siklus udara tekanan konstan

- # Langkah isap (0-1) pemasukan udara, berlangsung pada tekanan konstan.
- # Langkah kompresi (1-2) berlangsung secara isentropis.
- # proses pembakaran (2-3) pemasukan kalor Q_m , berlangsung pada tekanan konstan.
- # Langkah kerja (3-4) berlangsung secara isentropis.
- # Proses pembuangan (4-1) pengeluaran kalor Q_k berlangsung pada volume konstan.
- # Langkah buang (1-0) berlangsung pada tekanan konstan.

Ad. 3. Siklus udara tekanan terbatas (dual cycle).

Dalam siklus udara tekanan terbatas, pembakaran mula-mula dianggap berlangsung pada volume konstan kemudian disusul dengan pembakaran pada tekanan konstan. Anggapan ini dipakai pada motor diesel putaran tinggi (high speed engine). Pembakaran pada volume konstan kemudian disusul pada tekanan konstan terjadi akibat putaran yang tinggi (cepat sekali). Penyemprotan bahan bakar dilakukan jauh sebelum titik mati atas (TMA) akibat waktu pembakaran yang tersedia sangat singkat. Pembakaran yang terjadi TMA diidealkan terjadi pada volume konstan, kemudian disusul pembakaran pada tekanan konstan yaitu pada saat piston bergerak dari titik mati atas menuju titik mati bawah.

Menurut wiranto Arismunandar (Motor Diesel Putaran Tinggi), motor diesel dengan putaran 2000 rpm termasuk pada motor diesel putaran tinggi. Dengan demikian dalam perhitungan termodinamika ini kita dasarkan pada siklus tekanan terbatas (dual cycle).

Gbr. 6 Diagram Pv siklus tekanan terbatas (dual cycle)

- # Langkah isap (0-1) pemasukan udara, terjadi pada tekanan konstan.
- # Langkah kompresi (1-2) berlangsung secara isentropis.
- # Proses pembakaran (2-3) berlangsung pada volume konstan.
- # proses pembakaran (3-4) berlangsung pada tekanan konstan.
- # Langkah kerja (4-5) proses berlangsung secara isentropis.
- # Proses pembuangan (5-1) berlangsung pada volume konstan.
- # Langkah buang (1-0) berlangsung pada tekanan konstan.

II. 2. Analisa proses Thermodinamika.

Analisa proses thermodinamika didalam suatu motor bakar torak secara teoritis dapat dilakukan dengan cara :

a. Analisa sistim udara standart adalah sistim yang sederhana. Proses analisa menganggap fluida kerja siklus udara sebagai gas ideal yang mempunyai kalor spesifik dan berat molekul tertentu yang konstan (berat molekul $M : 29$, kalor spesifik $C_p : 0,24 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{k}$, dan $C_v : 0,1715 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{k}$).

b. Analisa pada proses yang sebenarnya.

Dalam kenyataan tiada satu siklus pun yang merupakan siklus volume konstan, siklus tekanan konstan atau siklus tekanan terbatas. Tetapi dapat dikatakan antara efisiensi siklus udara dan siklus sebenarnya terdapat hubungan tertentu pada efisiensi indikatornya. Jadi analisa yang dilakukan adalah analisa yang mendekati siklus yang sebenarnya.

Bila udara yang masuk ke dalam silinder pada waktu langkah isap (0-1)

dianggap ideal (suatu gas yang ideal) maka berlaku hubungan :

$$PV = G \cdot R \cdot T \text{ atau } Pv = R \cdot T$$

Dimana :

P : tekanan gas, kg/cm^2

v : volume spesifik gas, m^3/kg

V : volume gas, m^3

G : berat gas, kg

R : konstanta gas ($29,3 \text{ m kg/kg } ^\circ\text{k}$)

T : teperatur mutlak/absolut, $^\circ\text{k}$

Tekanan udara pada waktu langkah isap diperkirakan 1 atm. (1 kg/cm^2)

yaitu pada tekanan P_1 . Temperatur pada awal langkah kompresi $T_1 = T + T_0$

Dimana :

T : temperatur udara luar ($^\circ\text{C}$)

T_0 : teperatur tambahan akibat gesekan dari sisa gas bekas

Bila temperatur udara diperkirakan 30°C dan tambahan temperatur (T_0)

Diperkirakan sama dengan teperatur udara luar (T) maka :

$$\begin{aligned} T_1 &= T + T_0 = 2 \times T \\ &= 2 \times 30^\circ\text{C} = 60^\circ\text{C} \\ &= 343,16^\circ\text{k} \end{aligned}$$

Dari perbandingan rasio (compression ratio) diketahui $r : 16$, sedangkan r

diketahui dari persamaan :

$$r = \frac{V_1}{V_2}$$

$$16 = \frac{V_1}{V_2}$$

Maka, $V_1 = 16$

$$V_2 = 1$$

Udara dalam hal ini seolah-olah melakukan kerja sebesar :

$$\frac{W_o - 1}{j} = \frac{P_o (V_1 - V_o)}{j}$$

Langkah kompresi (1-2), berlangsung secara isentropik (adiabatik dan reversible), maka berlaku suatu hubungan :

$$P \cdot v^k = \text{konstan atau } P_1 V_1 = P_2 V_2^k$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k = P_1 (r)^k$$

Dimana :

$$K : \text{nisbah panas spesifik} = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$$

R : perbandingan kompresi

Pada umumnya motor diesel bekerja dengan perbandingan kompresi antara 12-25, tetapi berdasarkan pertimbangan kekuatan material para perancang cenderung pada perbandingan kompresi yang rendah yaitu berkisar antara 12-17.

Dalam penganalisaan ini perbandingan kompresi = 16 maka :

$$\begin{aligned} P_2 &= P_1 (r)^k \\ &= 1 \text{ kg/cm}^2 \cdot (16)^{1,4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= P_1 (r)^k \\
 &= 1 \text{ kg/cm}^2 \cdot (16)^{1,4} \\
 &= 48,5 \text{ atm.}
 \end{aligned}$$

Kemudian dari persamaan :

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} \text{ atau } (r)^{k-1}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 T_2 &= T_1 (r)^{k-1} = 343,16 \times (16)^{1,4-1} \\
 T_2 &= 1040,26 \text{ } ^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Proses pemasukan kalor (2-3) berlangsung pada volume konstan, dalam

hal ini jumlah kalor yang dimasukkan adalah :

$$Q_{2-3} = G \cdot C_v (T_3 - T_2)$$

Dimana :

$$Q_{2-3} = Q_m : \text{jumlah kalor masuk}$$

G : berat fluida dalam silinder

C_v : panas spesifik pada volume konstan

Terlebih dahulu dicari harga T_3 (teperatur pada titik 3) dengan persamaan :

$$T_3 = T_2 \left(\frac{P_3}{P_2} \right) = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} \left(\frac{P_3}{P_2} \right)$$

bila $\frac{P_3}{P_2} = \frac{P_4}{P_2} = \alpha$ (disebut laju ledakan);

$$\frac{P_4}{P_2} = \frac{V_4}{V_2} = \frac{T_4}{T_3} = \beta \text{ (disebut persamaan pemotongan dari } \alpha > 1 \text{ atau } \beta > 1).$$

Maka :

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{P_4}{P_2} = 1,44 (\alpha) \dots\dots\dots (\text{Marine power by akimo hal. 22})$$

$$P_3 = P_2 \left(\frac{P_4}{P_2} \right) = P_2 \cdot \alpha = 48,5 \cdot 1,44 = 69,84 \text{ atm.}$$

$$T_3 = T_2 \left(\frac{P_3}{P_2} \right) = T_2 \cdot \alpha = 1040,26 \cdot 1,44 = 1497,97^0 \text{ k}$$

Sehingga :

$$Q_{2-3} = 1.0,24 (1497,97 - 1040,26) \\ = 109,85 \text{ kcaal/kg udara.}$$

$$V_2 = V_3 = 1 \text{ m}^3 / \text{kg (volume konstan).}$$

Proses pemasukan kalor (3-4) berlangsung pada tekanan konstan dimana $P_3 =$

$P_4 = 69,84 \text{ atm}$, dalam hal ini jumlah kalor yang dimasukkan :

$$Q_{3-4} = G \cdot C_p (T_4 - T_3).$$

Dimana :

$$T_4 = T_3 \left(\frac{V_4}{V_3} \right) = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} \left(\frac{P_3}{P_2} \right) \left(\frac{V_4}{V_2} \right) (\text{Material Data Book for Engineer}).$$

Bila kalor yang dimasukkan pada proses (3 – 4) dianggap dua kali kalor pada

proses (2 – 3) maka :

$$K \cdot \alpha (\alpha - 1) = (\alpha - 1) \text{ sehingga :}$$

$$\beta = 1 + 2 \left(\frac{\alpha - 1}{k \cdot \alpha} \right)$$

$$= 1 + 2 \left(\frac{1,44 - 1}{1,4 \cdot 1,44} \right) = 1,436$$

$$T_4 = T_3 \left(\frac{V_4}{V_3} \right) = T_3 \cdot (\beta)$$

$$T_4 = 1497,97 \times 1,436 = 2151 \text{ } ^0\text{k.}$$

Dari persamaan :

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{P_4}{P_2} \frac{T_3}{T_2}$$

$$P_4 = P_2 \left(\frac{P_3}{P_2} \right) \text{ atau:}$$

$$P_4 = P_2 \cdot \alpha$$

$$P_4 = 48,5 \times 1,44$$

$$= 69,84 \text{ atm. (tekanan konstan, } P_3 = P_4).$$

Jadi jumlah kalor yang dimasukkan adalah :

$$Q_{3-4} = 1,0,1715 (2151 - 1497,97)$$

$$= 111,99 \text{ kcal/kg udara.}$$

Proses ekspansi (4 – 5) dianggap terjadi secara isentropik dimana berlaku

hubungan :

$$P \cdot v^k = \text{konstan atau } P_4 V_4^k = P_5 V_5^k$$

$$V_5 = V_1 = 16 \text{ m}^3/\text{kg udara.}$$

$$P_5 = P_4 \left(\frac{V_4}{V_5} \right)^k = 69,84 \cdot \left(\frac{1,436}{16} \right)^{1,4}$$

$$= 2,3 \text{ atm.}$$

$$T_5 = T_4 \left(\frac{V_4}{V_1} \right)^{k-1} = 2151 \cdot \left(\frac{1,436}{16} \right)^{0,4}$$

$$= 820 \text{ }^0\text{k.}$$

Proses pengeluaran kalor (5 – 1), jumlah kalor yang dikeluarkan adalah :

$$Q_{5-1} = G \cdot C_v (T_5 - T_1)$$

$$= 1 \cdot 0,1715 (820 - 343,16)$$

$$Q_k = 81,78 \text{ kcal/kg udara.}$$

Jumlah kalor yang dimasukkan (Q_m), adalah :

$$Q_A = C_v (T_3 - T_2) + C_p (T_4 - T_3)$$

$$= 109,85 \text{ kcal/kg} + 111,99 \text{ kcal/kg}$$

$$= 221,84 \text{ kcal/kg udara.}$$

Jadi jumlah kalor yang berguna untuk kerja per siklus adalah :

$$W_{in} = Q_m - Q_k$$

$$= 221,85 \text{ kcal/kg} - 81,78 \text{ kcal/kg.}$$

$$= 140,06 \text{ kcal/kg udara.}$$

Kerja indikator = kerja per siklus x faktor diagram adalah efisiensi thermal sebenarnya dibagi dengan efisiensi thermal dari siklus ideal. Untuk motor diesel empat langkah, faktor diagram berkisar antara 0,60 – 0,90 ; Dalam hal ini faktor diagram dari siklus udara sekitar 0,75.

$$\text{Jadi } W_{ind} = 140,06 \text{ kcal/kg} \times 0,75 = 105,045 \text{ kcal/kg.}$$

$$\text{Kerja efektif } (W_{eff}) = W_{ind} \times \eta_m ;$$

Bila dalam hal ini efisiensi mekanis adalah 90% = 0,9; maka :

$$W_{eff} = 105,045 \text{ kcal/kg} \times 0,9 = 94,54 \text{ kcal/kg udara.}$$

Effisiensi thermal ideal (η_{id}) siklus udara dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$\eta_{id} = 1 - \frac{T_5 - T_1}{(T_3 - T_2) + k(T_4 - T_3)}$$

$$= 1 - \frac{820 - 343,16}{(1497,97 - 1040,26) + 1,4(251 - 1497,97)}$$

$$= 0,65.$$

Sedangkan,

$$P_1 = \frac{P_3(V_4 - V_3) + \frac{(P_4 \cdot V_4 - P_5 \cdot V_5)}{k-1} - \frac{(P_2 \cdot V_2 - P_1 \cdot V_1)}{k-1}}{(V_1 - V_2)}$$

dimana : P_1 = tekanan rata-rata indikator

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 1 \text{ atm.} = 1 \text{ kg/cm}^2 \\
 P_2 &= 48,5 \text{ atm.} = 48,5 \text{ kg/cm}^2 \\
 P_3 &= P_4 = 69,84 \text{ kg/cm}^2 \\
 P_5 &= 2,3 \text{ atm.} = 2,3 \text{ kg/cm}^2 \\
 V_1 &= 16 \text{ m}^3/\text{kg} \\
 V_2 &= V^3 = 1 \text{ m}^3/\text{kg} \\
 V_4 &= 1,436 \text{ m}^3/\text{kg} \\
 V_5 &= V_1 = 16 \text{ m}^3/\text{kg}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{69,84(1,436 - 1) + (69,84 \cdot 1,436 - 2,3 \cdot 16)}{1,4 - 1} - \frac{(48,5 \cdot 1 - 1 \cdot 16)}{1,4 - 1} \\
 &= \frac{30,45 + 158,72 - 81,25}{15} \\
 &= 7,2
 \end{aligned}$$

Tekanan rata-rata efektif (P_e), diperoleh berdasarkan persamaan berikut ini :

Dimana $\eta_m = 0,9$;

Maka :

$$P_e = 7,2 \times 0,9 = 6,5 \text{ atm.}$$

Sedangkan efisiensi thermal indikatornya (η_{thi}) :

$$\eta_{thi} = \eta_{du} \times \eta_{uid}$$

dimana:

η_{du} = faktor diagram siklus udara

η_{uid} = efisiensi thermal ideal

maka :

$$\eta_{thi} = 0,75 \times 0,65 = 0,49$$

Sedangkan efisiensi thermal efektif (η_{the}) :

$$\eta_{the} = \eta_m \times \eta_{thi}$$

maka :

$$\eta_{the} = 0,9 \times 0,49$$

BAB III

UKURAN-UKURAN UTAMA MOTOR BAKAR

1. Daya Motor Penggerak

Besar daya motor penggerak berikut beban yang dipindahkan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya :

a. Rolling Resistance (Rr)

Rr adalah suatu hambatan terhadap forklift karena adanya gesekan pada bantalan dan permukaan ban dengan jalan, besar hambatan ini diperoleh dengan persamaan :

$$Rr = k \cdot W \dots\dots (Mechanical Engine hand Book power, by Kent's)$$

Dimana : k = koefisien perlawanan rolling (0,06)

$$W = \text{Berat Forklift} + \text{beban} + \text{operator}$$

Berat forklift : 7750 kg

Berat beban : 8000 kg (direncanakan)

Berat operator : 75 kg (diperkirakan)

$$\text{Jadi } W = 15.825 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } Rr &= 0,06 \times 15.825 \\ &= 2094,75 \end{aligned}$$

b. Air resistance (Ra)

Ra adalah suatu hambatan akibat aliran turbulen udara terhadap permukaan forklift. Besarnya hambatan ini dapat ditentukan dari persamaan :

$$Ra = k_f \cdot A \cdot (Vr)^2$$

Dimana : k_1 = koefisien air resistance (0,0010 – 0,0020)

Diambil 0,0015

A = Luas penampang kendaraan forklift berikut beban

= 42 ft² (asumsi)

V_r = kecepatan max. forklift + kecepatan udara

V_{forklift} = 16 mil / jam (direncanakan)

V_{udara} = 11,2 mil/jam

V_r = (16 + 11,2) mil/jam

= 27,2 mil/jam

maka : $R_a = 0,0015 \cdot 42 (27,2)^2$

= 14 kg

c. Grade Resistance (R_g)

Grade Resistance adalah hambatan yang dialami oleh forklift akibat tanjakan. Dalam perencanaan ini grade resistance sebenarnya kurang tepat diperhitungkan karena penggunaan forklift direncanakan di pelabuhan laut yang umumnya jalan dibuat datar.

Walaupun demikian untuk menjaga keamanan dalam perencanaan, kemungkinan tanjakan itu ada dan kecepatan forklift akan dipengaruhi tanjakan ini. Faktor yang mempengaruhi daya akibat ini adalah :

- ✗ Besar sudut tanjakan
- ✗ Rolling resistance pada saat menanjak

Diperkirakan besar tahanan maksimum 22°

$$\text{Maka : } K = W \cdot \cos \alpha$$

Dimana : $W = \text{berat total (berat forklift + beban + operator)}$

$$= 12.815 \text{ kg}$$

sehingga $K = 12.815 \cos 22^{\circ}$

$$= 11.876,2 \text{ kg}$$

Rolling resistance pada saat menanjak :

$$R_f = f \cdot K$$

Dimana : $f = 0,11$ untuk jalan beton

$$\text{Maka : } R_f = 0,11 \cdot 11876,2$$

$$= 131 \text{ kg}$$

Tahanan akibat gaya berat forklift (R_g) :

$$R_g = W \sin \alpha$$

$$= 12815 \times \sin 22^{\circ}$$

$$= 4798 \text{ kg}$$

Tahanan total (R_{tot}) :

$$R_{tot} = R_f + R_g$$

$$= 131 + 4798$$

$$= 4929 \text{ kg}$$

Daya yang dibutuhkan untuk tahanan ini (N) :

$$N = \frac{R_{tot} \cdot V}{270 \cdot \eta_{tot}} (HP)$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id)9/1/24

$$\begin{aligned} \text{Maka : } V &= \frac{270 \cdot \eta_{\text{tot}} \cdot N}{R_{\text{tot}}} \\ &= \frac{270 \cdot 0,94 \cdot 210}{4929} \\ &= 11 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

maka kecepatan maksimum untuk menaiki tanjakan maksimum 22° adalah 11 km/jam, berarti pada kecepatan $v = 11$ km/jam.

d. Transmissi Resistance (Rt)

Transmissi Resistance adalah hambatan yang sering disebut dengan kehilangan daya akibat proses transmissi yang meliputi :

- ✘ Kopling Transmissi
- ✘ Gear Transmissi
- ✘ Diffrential Transmissi

Besar dari hambatan ini dalam bentuk efisiensi total yaitu :

$$\eta_{\text{tot}} = \text{kopling} \cdot \text{gearbox} \cdot \text{diffrential gear}$$

kopling = 99 % (direncanakan)

gear box = 97 % (direncanakan)

diffrential gear = 98 % (direncanakan)

maka : $\eta_{\text{tot}} = 0,99 \times 0,97 \times 0,98$

$$= 0,94$$

Jadi besar daya motor penggerak berikut beban dan berat forklift itu sendiri di dapat

$$\text{dari : } N_f = \frac{(R_t \div R_a) \cdot V_{\max}}{375 \cdot \eta_{\text{tot}}}$$

Dimana : N_f = daya forklift (HP)

$$R_t = 4929 \text{ kg}$$

$$R_a = 14 \text{ kg}$$

$$V_{\max} = 16 \text{ mil/jam}$$

$$\eta_{\text{tot}} = 0,94$$

$$\begin{aligned} \text{sehingga } N_f &= \frac{(4929 \div 14) \cdot 16}{375 \cdot 0,94} \\ &= 176,12 \text{ HP} \end{aligned}$$

Untuk mengatasi over load, maka diperhitungkan tambahan daya sebesar 15 %.

$$\begin{aligned} \text{Jadi } 176,12 + 26,418 &= 202,538 \text{ HP} \\ &= 210 \text{ HP (dibulatkan)} \end{aligned}$$

2. Volume Silinder (V_{cyl})

Dengan daya motor yang direncanakan yaitu 210 HP kita dapat menghitung volume silindernya dari persamaan :

$$N_e = \frac{V_{\text{cyl}} \cdot P_v \cdot n \cdot i}{900000} \dots \dots \dots \text{HP}$$

Dimana :

N_e : Daya efektif

V_{cyl} : volume silinder

P_e : tekanan rata-rata efektif

n : putaran engine

i : jumlah silinder

maka :

$$N_e = \frac{V_{\text{cyl}} \cdot 6,5 \cdot 2000 \cdot 6}{900000}$$

$$V_{\text{cyl}} = \frac{210 \cdot 900000}{6,5 \cdot 2000 \cdot 6}$$

$$= 2446,15 \text{ cm}^3$$

- ✗ Volume tiap (1) silinder motor bakar (V_{e1}) : 407,69 cc.
- ✗ Volume tiap (2) silinder motor bakar (V_{e2}) : 815,38 cc.
- ✗ Volume tiap (3) silinder motor bakar (V_{e3}) : 1223,07 cc.
- ✗ Volume tiap (4) silinder motor bakar (V_{e4}) : 1630,76 cc.
- ✗ Volume tiap (5) silinder motor bakar (V_{e5}) : 2034,45 cc.
- ✗ Volume tiap (6) silinder motor bakar (V_{e6}) : 2446,15 cc.

3. Volume kompresi (V_c)

$$r = \frac{V_{\text{cyl}} \cdot V_e}{V_c} \text{ atau } = \frac{V_{\text{cyl}}}{V_c} \div 1$$

$$V_c = \frac{2446,15}{16-1}$$

$$= 163 \text{ cc.}$$

4. Diameter silinder dan langkah torak

Perbandingan langkah torak (S) dengan diameter silinder : S/D : 0,9 – 1,9

(Internal combustion engine).

Direncanakan : S/D = 0,9

$$= 0,9 \cdot D$$

Volume silinder (V_{cl}) = 407,69 cc

$$= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot 0,9 \cdot D$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot 0,9 \cdot D^3$$

$$D^3 = \frac{407,69}{\pi \cdot 0,9}$$

$$D = \sqrt[3]{144,190}$$

$$= 5,2 \approx 6 \text{ cm}$$

$$S = 0,9 \cdot 6 = 5,5 \approx 6 \text{ cm}$$

5. Kecepatan rata-rata piston (C_m).

$$C_m = S \frac{n}{30}$$

$$= 6 \frac{2000}{30}$$

$$= 400 \text{ cm/det.}$$

Menurut Internal combustion Engine $C_m = 3,3 - 18,29$ m/det, dengan demikian kecepatan piston masih dalam batas yang diijinkan. Jadi $S/D = 0,9$ masih dalam kondisi aman.

6. Jari-jari engkol dan panjang batang penggerak

- jari-jari engkol (R) adalah setengah dari panjang langkah torak.

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{2} \cdot S \\ &= \frac{1}{2} \cdot 6 \\ &= 3 \text{ cm.} \end{aligned}$$

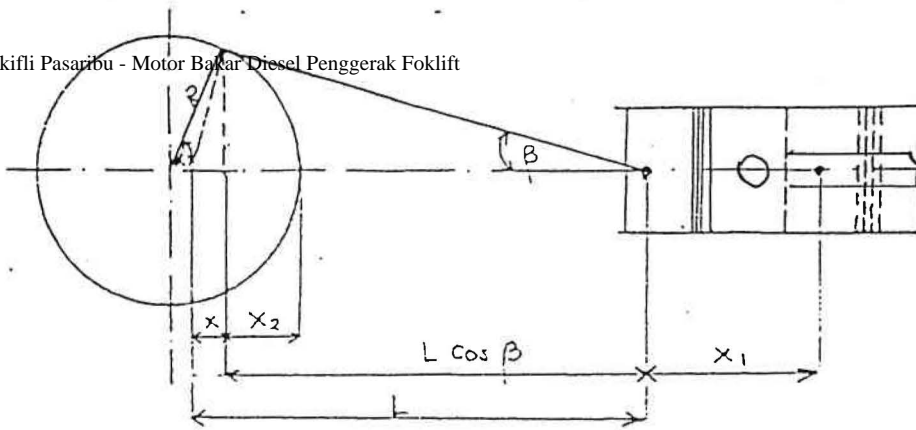
- panjang batang penggerak

Menurut Internal Combustion Engine, panjang batang penggerak adalah :

$$L/R = 3,7 \text{ s/d } 5,0$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil : } L/R &= 5 \\ &= R \cdot 5 \text{ cm} \\ &= 3 \cdot 5 \text{ cm} \\ &= 15 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brix faktor : } x &= \frac{R^2}{2 \cdot L} \\ &= \frac{3^2}{2 \cdot 15} = 0,3 \text{ cm.} \end{aligned}$$



R = Jari-jari engkol

L = Panjang connecting rod

Brix faktor adalah faktor koreksi dari hubungan derajat engkol dengan displacement piston.

7. Piston (torak)

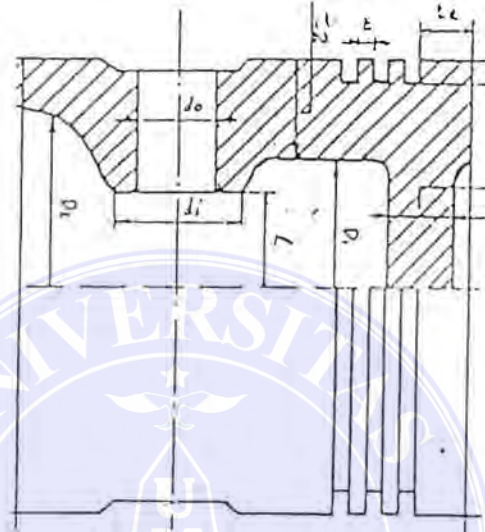
- ✍ Piston adalah bagian yang sangat penting pada motor bakar sesuai dengan fungsinya, bahan piston harus memenuhi syarat :
- ✍ Koefisien pemuaian yang rendah
- ✍ Harus dapat menahan tekanan dan gaya yang timbul akibat pembakaran di dalam silinder
- ✍ Berat jenis material harus sekecil mungkin
- ✍ Tahan terhadap temperatur tinggi
- ✍ Tahan aus karena piston meluncur di dalam ruang silinder.

Pada umumnya bahan piston yang dipakai terbuat dari : besi tuang (cast iron) dan paduan Aluminium (Alluminium alloy). Penulis memilih bahan piston Alluminium alloy dengan berat jenis ρ : $2,7 - 2,85 \text{ kg/dm}^3$ (Elemen Mesin oleh Gustav Newman hal . 103) dengan alasan :

- ✍ Kekuatan Alluminium alloy relatif tinggi

- ✍ Cocok untuk alat atau bagian yang bergerak seperti piston dan batang engkol
- ✍ Memiliki sifat penghantar listrik dan panas yang baik.

-Ukuran-ukuran piston :



-Tebal piston (t_1)

$$t_1 = 0,43 \cdot D \cdot \frac{P}{S} \text{ (Internal Combustion Engine hal. 498)}$$

dimana :

t_1 = tebal kepala piston

D = diameter piston

P = tekanan pembakaran maksimum

S = tegangan izin

“

Maka :

$$t_1 = 0,43 \cdot 6 \text{ cm} \cdot \frac{70,35 \text{ kg/cm}^2}{422,1 \text{ kg/cm}^2}$$

$$= 0,43 \text{ cm} \approx 4,3 \text{ mm}$$

- alur ring (b)

$$\begin{aligned} b &= t_p + \frac{1}{64} \text{ (lihat lit. 8)} \\ &= 0,286 + 0,0156 \\ &= 0,3016 \text{ inch} = 7,54 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tebal piston (t_2)

$$\begin{aligned} t_2 &= 0,18 + (0,03 \cdot D) + b \\ &= 0,18 + (0,03 \cdot 6) + 0,3016 \\ &= 0,6616 \text{ inch} \\ &= 16,54 \text{ mm.} \end{aligned}$$

- Jarak dinding atas (D_1)

$$\begin{aligned} D_1 &= D \cdot (2 \cdot t_2) \\ &= 6 \cdot (2 \cdot 0,6616) \\ &= 7,939 \approx 8 \text{ inch} \\ &= 198,48 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tebal dinding bawah (t_4)

$$\begin{aligned} t_4 &= (0,23 - 0,36), \text{ dipilih } 0,30 \\ &= 0,30 \cdot 0,6616 \\ &= 0,198 \text{ inch} \\ t_4 &= 4,96 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Jarak cincin torak pertama ke kepala torak (t_0)

$$\begin{aligned} t_0 &= 0,18 \cdot D \\ &= 0,18 \cdot 6 \end{aligned}$$

$$= 1,08 \text{ inch}$$

$$t_0 = 27 \text{ mm}$$

Ternyata $t_0 > t_1$, berarti cukup aman.

- Dalam alur cincin torak (t)

$$t = 2,5 \rightarrow 4 \text{ mm (lit. 3 hal. 355), diambil } t = 4 \text{ mm}$$

- Tinggi torak (L) diambil berdasarkan persamaan :

$$L = (1,0 \rightarrow 1,1) \cdot D \text{ (lit. 13 hal. 201, S Thimosenko)}$$

$$\text{Diambil : } 1,0$$

$$= 1,0 \cdot 6$$

$$= 6 \text{ cm} = 60 \text{ mm.}$$

Jarak titik sumbu piston pin dari puncak atas piston (K).

$$K = (0,55 - 0,85), \text{ diambil : } 0,8$$

$$= 0,8 \cdot 6$$

$$= 4,8 \text{ inch}$$

$$= 120 \text{ mm}$$

- Luas penampang kepala piston (A)

$$A = 6 \cdot \pi \cdot D^2 \text{ (lit. 3 hal 201)}$$

$$= 6 \cdot 3,14 \cdot 0,06 \text{ m}^2$$

$$= 0,0678 \text{ m}^2$$

- Toleransi piston (C_1)

Dapat diketahui dari persamaan :

$$C_1 = 0,01 \cdot D \text{ (lit. 3 hal 731)}$$

$$= 0,01 \cdot 6$$

$$= 0,06 \text{ cm} = 0,6 \text{ mm}$$

- Toleransi diameter dinding piston (C_2)

$$C_2 = (0,0018 \rightarrow 0,0025) \cdot C_1$$

$$= 0,0022 \cdot 0,6$$

$$= 0,0013 \text{ mm}$$

- Berat piston (B_p)

$$B_p = V_p \cdot B_d$$

Dimana : B_d = berat jenis Alluminium alloy, $\rho = 2,85 \text{ kg/dm}^3$

$$V_p = \text{Volume total torak}$$

$$= V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

• Volume kepala torak (V_1)

$$V_1 = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot t_1$$

$$= 0,785 \cdot 6^2 \cdot 0,43$$

$$= 12,16 \text{ cm}^3$$

• Volume dinding atas torak (V_2)

$$V_2 = \pi \cdot \frac{(D \div D_1)}{2} (K - t_1) \left[\frac{\pi}{4} \cdot \frac{d_1^2}{2} \cdot t_0 \right]$$

$$V_2 = 3,14 \cdot \frac{(6 \div 19,848)}{2} \cdot (12,0 - 0,43) \cdot 1,65 \left[\frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,25^2}{2} \cdot 2,7 \right]$$

$$= 102,67 \text{ cm}^3$$

• Volume dinding bagian bawah (V_3)

$$V_3 = \pi \cdot \frac{(D \div D_1)}{2} \cdot (L \div k) T_4 - \left[\frac{\pi}{4} \cdot \frac{d_1^2}{2} \cdot t_0 \right]$$

$$V_3 = 3,14 \cdot \frac{(6 \div 19,848)}{2} \cdot (6,0 \div 12,75) 0,5 - \left[\frac{3,14}{4} \cdot \frac{0,25^2}{2} \cdot 2,7 \right]$$

$$V_3 = 252,116 \text{ cm}^3$$

- Volume penumpu torak (V_4)

$$V_4 = 0,785 (d_0^2 - D_1^2) t_3 \cdot 2$$

$$d_0 = 2,1 + 19,84 = 21,94 \text{ mm}$$

$$t_3 = \frac{D_1 - t_1}{2} = \frac{19,84 - 4,3}{2} = 97,27 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_4 &= 0,785 (21,94 - 19,84)^2 97,27 \cdot 2 \\ &= 13.399,1 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

maka diperoleh volume total torak :

$$\begin{aligned} V_p &= 12,16 + 102,67 + 252,116 + 13.399,1 \\ &= 13.766,04 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

maka berat piston :

$$\begin{aligned} B_p &= 1376,6 \text{ cm}^3 \cdot 2,85 \text{ kg/dm}^3 \\ &= 1,3766 \text{ dm}^3 \cdot 2,85 \text{ kg/dm}^3 \\ &= 3,923 \approx 4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ukuran pena torak

- Panjang pena torak (L_p) = $0,8 \cdot D$ (lit. 8 hal.478)

Dimana :

$$D : \text{diameter piston} = 6 \text{ cm}$$

$$L_p = 0,8 \cdot 6$$

$$= 4,8 \text{ cm}$$

jarak tumpuan pusat (L_1)

$$L_1 = \frac{D - l_1}{2} \text{ (lit. 12 hal. 546)}$$

$$= \frac{6 - 2,7}{2}$$

$$= 1,65 \text{ cm}$$

Panjang tumpuan (L_t)

$$L_t = \frac{L_p - L_1}{2}$$

$$= \frac{4,8 - 1,65}{2}$$

$$= 1,575 \text{ cm}$$

Ukuran pena torak (d_{pt})

$$d_{pt} = 4,2 \cdot D$$

$$= 4,2 \cdot 0,24$$

$$= 1,008 \text{ inch}$$

$$= 22,52 \text{ mm}$$

- Ukuran ring piston

Dari Internal Combustion Engine ukuran ring piston di dapat dari persamaan :

$$b = (0,029 \rightarrow 0,033) \cdot D \text{ (diambil 0,030)}$$

Dimana :

b = lebar ring piston

$$D = \text{diameter piston} = 6 \text{ cm}$$

$$b = 0,030 \cdot 6$$

$$= 0,18 \text{ cm} = 1,8 \text{ mm} = 2 \text{ mm}$$

$$n = (0,6 \rightarrow 1,0) b \dots (\text{diambil } 1,0)$$

dimana ;

$$n = \text{tebal ring piston}$$

$$= 1,0 \cdot 2$$

$$= 2 \text{ mm}$$

jarak ujung ring dalam keadaan terpasang (t_n)

$$t_n = (3,5 \rightarrow 4) \cdot b, (\text{lit. 7 hal. 506}), \text{dipilih } 3,5$$

$$= 3,5 \cdot 2$$

$$= 7 \text{ mm}$$

jarak ujung ring dalam keadaan terpasang dalam silinder (t_{n1})

$$t_{n1} = (0,002 \rightarrow 0,004) D, \text{diambil } 0,004$$

$$= 0,004 \cdot 6$$

$$= 0,24 \text{ mm}$$

Ring minyak 9oil ring)

$$\text{Lebar } (b_0) = 0,033 \cdot D$$

$$= 0,033 \cdot 6 \text{ cm}$$

$$= 1,98 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm}$$

$$\text{tebal } (h_0) = (0,6 \rightarrow 1) b, \text{dipilih } 1,0$$

$$= 1,0 \cdot 2$$

$$= 2 \text{ mm}$$

Jumlah ring piston : 3 buah

Batang penggerak (connering rod)

- Batang penggerak adalah suatu komponen motor yang berfungsi sebagai ;
- Alat untuk meneruskan gaya dari piston ke poros engkol akibat tekanan gas pembakaran di dalam ruang pembakaran.
- Alat penghubung piston dengan poros engkol
- Alat untuk merubah gerakan translasi piston menjadi gerak rotasi pada poros engkol.

-Ukuran-ukuran batang penggerak (L_{cr})

$$L_{cr} = 4 \cdot R$$

R = jarak torak dari perhitungan

$$\begin{aligned} L_{cr} &= 4 \cdot 4 \\ &= 16 \text{ cm} \end{aligned}$$

-Ukuran kepala kecil (d_k)

Dari perhitungan pena piston untuk kepala kecil diperoleh

$$D_{pt} = \text{tebal metal} = 2,52 \text{ mm}$$

$$T = (0,08 \longrightarrow 0,085) d_{pt}$$

$$= 0,08 \cdot 2,52$$

$$= 0,205 \text{ cm}$$

$$= 3 \text{ mm}$$

$$d_{kl} = d_{pt} + 2t$$

$$= 2,52 + 2 \cdot 0,205$$

$$d_{k2} = (1,2 \longrightarrow 1,3) d_{k1}, \text{ dipilih } 1,3$$

$$= 1,3 \cdot 4,65$$

$$= 6,04 \text{ cm}$$

Ukuran kepala besar

* Diameter bantalan raun (D_k)

$$D_k = (0,15 \longrightarrow 0,65)D$$

$$= 0,60 \cdot 6$$

$$= 3,6 \text{ cm} = 4 \text{ cm} = 40 \text{ mm}$$

* Tebal lapisan metal (t_k)

$$T_k = (0,03 \longrightarrow 0,05) D_k$$

$$= 0,05 \cdot 40$$

$$= 2 \text{ mm} = 0,2 \text{ cm}$$

* Diameter luar lapisan metal (d_{ko})

$$D_{ko} = D_k + 2 t_k$$

$$= 40 + 2 \cdot 2$$

$$= 44 \text{ mm} = 4,4 \text{ cm}$$

* Diameter dalam rumah lapisan metal (D_{ki})

$$D_{ki} = (1,2 \longrightarrow 1,5) d_{ko}, \text{ dipilih } 1,5$$

$$= 1,5 \cdot 4,4 \text{ cm}$$

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

* Lebar kepala besar (L_{ko})

$$L_{ko} = (0,4 \longrightarrow 0,6)D, \text{ dipilih } 0,6 \text{ (lit 1, hal 553)}$$

Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan penelitian, pengajaran dan penyusunan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

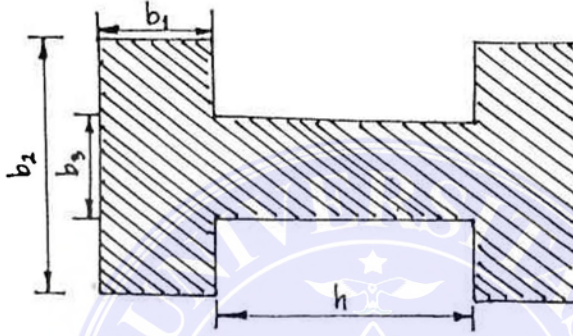
$$= 0,6 \cdot 6$$

$$= 3,6 \text{ cm}$$

$$= 36 \text{ mm}$$

- Ukuran penampang batang penggerak (Λ - Λ)

Untuk menentukan penampang Λ - Λ dapat diperoleh dari lit. 1 hal. 520



Gambar 8. Penampang Batang Penggerak

-Ukuran penampang (A)

$$A = 2 \cdot b_1 \cdot b_2 + (h - 2b_1)b_3$$

Dimana, $b_1 = 7,5 \text{ mm}$

$$b_2 = 3 \cdot b_1 = 3 \cdot 0,75 = 2,25$$

$$b_3 = 2 \cdot b_1 = 2 \cdot 0,75 = 1,5 \text{ cm}$$

$$H_1 = 6 \cdot 0,75 \cdot 2,25 + (6 - 2 \cdot 0,75)1,5$$

$$= 10,125 \text{ cm}^2$$

-Luas penampang terkecil dari batang penggerak (A_f)

$$A_f = 2 \cdot b_2 \cdot b_1 + (h_1 - 2 \cdot b_1)b_3$$

$$= 2 \cdot 2,25 \cdot 0,75 + (0,45 - 2 \cdot 0,75)1,5$$

$$= 7,87 \text{ cm}^2$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Berat batang penggerak

1. Dilarang Mengutip Sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24

$$G_t = G_1 + G_2 + G_3$$

Dimana :

G_1 = berat kepala kecil

$$\begin{aligned} &= \frac{\pi}{4} (D_{ki} - d_{kl})^2 t_0 \cdot B_d \\ &= \frac{3,24}{4} (6,6 - 4,65)^2 2,7,8,5 \\ &= 364,9gr \\ &= 0,3649gr \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_2 &= \frac{\pi}{4} (d_{ko} - d_k)^2 3,6,7,8,5 \\ &= 141,97gr \\ &= 0,142kg \end{aligned}$$

G_3 = Berat kepala besar

$$G_3 = D_{ki} \cdot L_0 \cdot B_d$$

$$L_0 = L \cdot \left(\frac{d_{k2} + d_{k1}}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} &= 16 - 5,355 \\ &= 10,645cm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_3 &= 6,6 \cdot 10,645 \cdot 7,85 \\ &= 551,5gr \\ &= 0,551kg \end{aligned}$$

Maka berat total penggerak (G_t)

$$G_t = G_1 + G_2 + G_3$$

$$G_t = 0,364 + 0,141 + 0,551$$

$$= 1,056 \text{ kg}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Berat Bantalan

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

- * Berat Bantalan Kecil (W)
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24

$$W_1 = \frac{\pi}{4} (D_{ki} - d_{ki})^2 h_1 W_{pt}$$

Dimana : W_{pt} = berat bantalan pena torak = 0,002 kg

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{3,14}{4} (6,6 - 4,65)^2 \cdot 4,5 \cdot 0,0024 \\ &= 0,785 \cdot 21,937 \cdot 4,5 \cdot 0,0024 \\ &= 0,1859 \text{ kg} \end{aligned}$$

*Berat Bantalan Besar (W_2)

$$\begin{aligned} W_2 &= \frac{\pi}{4} (d_{ko} - D_i)^2 h_1 W_{pt} \\ &= 0,785 (4,4 + 3,6) \cdot 4,5 \cdot 0,0024 \\ &= 0,274 \text{ kg} \end{aligned}$$

*Berat Batang Penggerak + Bantalan :

$$\begin{aligned} Gt + W_1 + W_2 &= 1,056 + 0,1859 + 0,274 \\ &= 1,499 \text{ kg} \\ &= 2 \text{ kg (dibulatkan)} \end{aligned}$$

Silinder dan ruang bakar.

Silinder pada motor bakar diesel berfungsi sebagai tempat piston

(pembakar berlangsung).

Material silinder mempunyai sifat-sifat :

- Tahan terhadap gesekan
- Tahan terhadap korosi

UNIVERSITAS MEDAN AREA

- Tahan terhadap tekanan dan temperatur tinggi

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

- Tabung silinder

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Dilarang menggunakan untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24

Untuk motor bakar diesel ini direncanakan tabung silinder menggunakan bahan Gray cast Iron type basah (wet type) dimana langsung didinginkan dengan air pendingin pada dinding silinder.

- Tebal tabung silinder (t_{sl}) dapat diperoleh dari :

$$T_{sl} = \left(\frac{p \cdot D}{2 \cdot T_{if}} \right) + K \text{ (lit.3hal351)}$$

Dimana : t_{sl} = tebal tabung silinder

D = diameter piston

T_{if} = tegangan izin

K = tebal interpolasi faktor penambahan untuk bantalan

Maka,

$$\begin{aligned} T'_{sl} &= \left(\frac{72,30}{2} \cdot \frac{6}{633,8} \right) + 0,1139 \\ &= 0,389 \text{ cm} \\ &= 3,89 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kepala silinder.

Tebal kepala silinder (t_{ch})

$$T_{ch} = D \cdot c \frac{P}{S_i}$$

Dimana :

D = diameter piston = 6

UNIVERSITAS MEDAN AREA interpolasi faktor penambahan bantalan = 1

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

P = tekanan gas pembakaran maksimum

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24

S_i = tegangan izin

$$= 6.1. \frac{70,42}{492,95}$$

$$= 0,857 \text{ cm}$$

$$= 8,57 \text{ mm}$$



S_i = tegangan izin

$$= 6.1. \frac{70,42}{492,95}$$

$$= 0,857 \text{ cm}$$

$$= 8,57 \text{ mm}$$



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)9/1/24

BAB VI

KESIMPULAN

I. Forklift

| | |
|------------------|--------------|
| Kapasitas Angkat | : 8000 kg |
| Tinggi Angkat | : 3000 mm |
| Kecepatan Angkat | : 460 mm/sec |
| Kecepatan | : 16 mil/jam |
| Persnelling | : 1 buah |

II Motor Penggerak

| | |
|-------------------------------|---|
| Engine model | : Disesuaikan dengan hasil survey (6D20CT) Mitsubishi |
| Type | : 4 langkah, in-line |
| Jenis Motor | : Motor Diesel |
| Diameter / langkah | : 6 cm /6cm |
| Jumlah silender | : 6 buah |
| Firing Order | : 1 – 5 – 3 – 6 – 4 – 2 |
| Tekanan efektif rata-rata | : 6,5 kg / cm ² |
| Daya putaran | : 210 HP / 2000 rpm |
| Kecepatan piston rata-rata | : 4 m/ det |
| Jenis bahan bakar | : C ₆ H ₃₀ |
| Pemakaian bahan bakar minimal | : 9,80 kg/hr |

Ruang bakar : Ruang bakar terbuka penyemprotan
Langsung.

Clearance Volume : 50,5 cm²

Interval Stroke : 120⁰ poros engkol

III Silinder.

Bahan : Alluminium Alloy

Ring Piston : 2 ring kompress
1 ring minyak

Katup Isap membuka 9⁰ sebelum TMA

Katup Isap menutup 20⁰ sebelum TMB

Katup buang membuka 60⁰ sebelum TMA

Katup buang menutup 20⁰ sebelum TMB

IV Pompa Injeksi

Type/ jenis : Pribadi / Bosch

Tekanan Semprot : 220 kg / cm²

Lama Semprot : 9,3 mil / det

Volume semprot total : 0,068 cm³

V Sistem Pelumasan

Sistem : Penekanan penuh

Pompa : Roda gigi

Kapasitas Carter : 23,8 ltr

Tekan : 3,0 atm gauge

UNIVERSITAS MEDAN AREA : 0,068 HP

Temperatur kerja

Minyak Pelumas : 72,39⁰C

VI Sistem Pendinginan

Sistem : Tekan tertutup

Media pendingin : Air + Udara

Kapasitas : 24 liter

Tekanan air pendingin keluar : 1,5 atm gauge

Daya pompa : 0,235 HP

Jenis pompa : Centrifugal

- Kapasitas ton udara 3850 ft³/Sec
- Temperatur udara masuk radiator 67⁰C
- Temperatur udara keluar radiator 75⁰C
- Kecepatan air mengalir dalam pompa 30 cm / Sec
- Jumlah pipa dalam radiator 47 buah

Fforklift dipergunakan untuk mengangkat dan menyusun material dalam gudang.

LITERATUR :

1. Hadi Suganda Ir. MSME : Mekanika Auto Mobil,
Dept. Mesin ITB 1983.
2. L. C. ichty : Internal Combustion Engine,
Sixth Edition Mc. Graw-Hill Book Company.
3. V. L. Maleev : Internal Combustion Engine, q. nd edition,
Mc. Graw- Hill Book Company,
Kogakusha Company Ltd. Tokya.
4. N. Petrovsky : Marine Internal Combustion Engine,
Mir Publisher Moscow.
5. M. Khovach : Motor Vehicle Engine,
Mir Publisher Moscow.
6. P. M. Held : Nigh Speed Combustion Engine,
Chilton Publisher Philadelpia
7. Wiranto Arismunandar : Penggerak Mula Motor Bakar
Torak, ITB 1983.
8. Earl R. Parker : Material data book for engines
Mc. Graw-Hill Book Company inc. 1967.
9. J. P. Holman : Perpindahan kalor, terjemahan edisi 5,
Penerbit Erlangga, Jakarta 1984
- UNIVERSITAS MEDAN AREA : Teknik Mobil, Bharata Karya Aksara

Jakarta 1980.

11. S. P. Sen : Internal of Machinery, John Willy & Sons Inc.

London.

12. Joseph E. Shigley : Mechanical Engineering Design Third Edition

Mc. Graw-Hill Book Company.

