

**PERBANDINGAN EMISI GAS BUANG MESIN MOTOR
BAKAR JENIS MULTY PURPOSE VEHICLE (MPV)
DENGAN MIXER LPG 70" DAN 73"
PADA PERUBAHAN RPM
DAN TIMING PENYALAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
ujian sarjana**

Oleh :

**JAULI SIDABUTAR
NIM : 06 813 0046**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

**MEDAN
2008**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

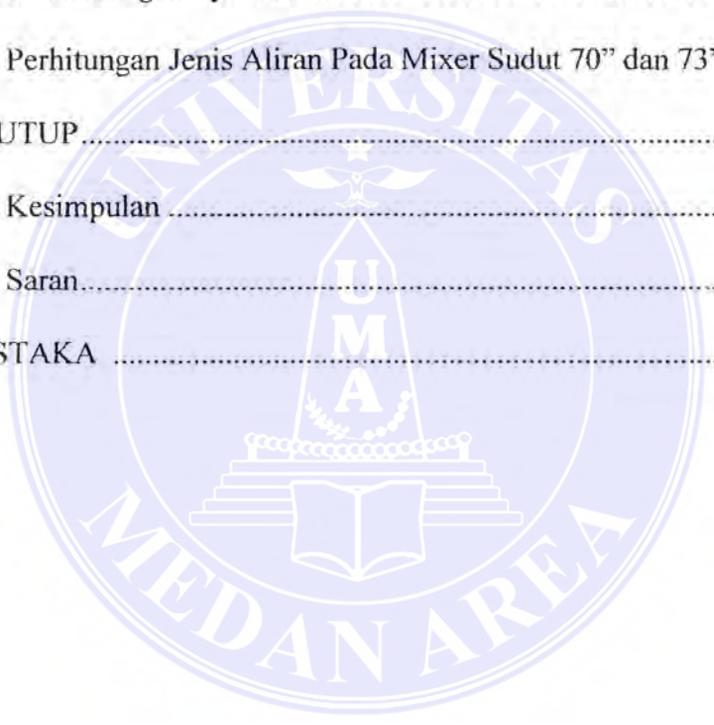
Document Accepted 14/9/23

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

DAFTAR ISI

ABTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kajian Teoritis Spesifikasi LPG.....	4
2.2 Motor Bakar Empat Langkah.....	11
2.3 Kajian Teoritis Nilai Kalor Bahan Bakar (LHV).....	22
2.4 Kajian Teoritis Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR).....	25
2.5 Kajian Teknis Proses Waktu Penyalaan.....	27
2.6 Kajian Tekanan Gaya Penuh.....	35
2.7 Kajian Teknis Aliran Fluida Pada Mixer	35
BAB 3 METODE PENGUJIAN	38
3.1 Peralatan Uji.....	38

3.2	Prosedur Pengujian.....	50
3.3	Diagram Penelitian.....	52
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1	Data Hasil Pengujian.....	53
4.2	Perbandingan Emisi Gas Buang Berdasarkan Perubahan RPM dan Timing Penyalaan	56
4.3	Perhitungan Jenis Aliran Pada Mixer Sudut 70” dan 73”	82
BAB 5	PENUTUP.....	86
5.1	Kesimpulan	86
5.2	Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	88





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemakaian bahan bakar minyak bumi pada saat ini sangat besar sekali, khususnya bensin sebab pertumbuhan sektor transportasi umum sangat pesat, yang terbanyak adalah transportasi darat. Jumlahnya dari tahun ke tahun meningkat berkali-kali lipat.

Dengan adanya program pemerintah tentang mobil nasional yang berharga murah maka peluang masyarakat untuk membeli mobil semakin besar. Penduduk Indonesia yang sekarang ini jumlahnya sudah cukup banyak, besar kemungkinan pasti mobil. Dengan sendirinya konsumsi bahan bakar akan menyesuaikan dengan kenaikan jumlah mobil yang ada.

Sedangkan cadangan minyak bumi yang ada terbatas jumlahnya. Pada suatu saat nanti bukan tidak mungkin minyak bumi menjadi langka sehingga semakin mahal harganya. Kini orang mulai tertarik pada bahan lain sebagai alternatif pengganti minyak bumi yang tujuannya mengurangi laju pemakaian minyak bumi agar tidak terlalu menjadi langka. *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) adalah salah satunya, selain tidak mahal dari premium, dampak polusi yang ditimbulkan juga tidak sebanyak yang dihasilkan bahan bakar premium.

Untuk menerapkan pemakaian LPG kepada mesin berbahan bakar bensin perlu adanya alat konversi atau disebut *Conversion Kit*. Ada banyak merk alat konversi

LPG dari beberapa negara yang memproduksinya, diantaranya Belanda, Perancis, Italia dan Inggris tetapi pada prinsip kerjanya adalah sama.

Alat konversi ini masih merupakan barang impor dan belum diproduksi di dalam negeri, bagian yang baru dapat diproduksi adalah mixer yaitu alat yang berfungsi sebagai pencampur bahan bakar dan udara sebelum masuk ke intake manifold selanjutnya ke ruang bakar. Letak mixer di atas karburator dan memanfaatkan katup buka tutup (Thrylle) karburator untuk mengatur putaran mesin.

Masih banyak tipe atau model mixer untuk satu jenis kendaraan. Sampai saat ini tipe atau model mixer masih terus disempurnakan oleh negara-negara produsen. Tipe atau model mixer tidak sama untuk tiap-tiap negara atau daerah, karena kondisi daerah operasi kendaraan tidak selalu sama tergantung pada iklim, tekanan udara, keadaan jalan dan karakter mesin itu sendiri.

Walaupun pada negara yang sama tetapi kondisi jalannya berbeda maka model mixer itu sendiri akan berbeda pula. Mixer untuk jalan raya tidak sama dengan mixer untuk daerah tanjakan atau pegunungan.

1.2 Perumusan Masalah

Suatu bentuk mixer dengan ukuran sudut tertentu dapat menghasilkan kualitas campuran bahan bakar dan udara sehingga dapat membuat sistem pembakaran dalam suatu kerja mesin berjalan dengan optimal.

Sejauh mana perbedaan hasil gas buang sebagai hasil dari suatu kerja mesin mempergunakan mixer bersudut 70° dan 73° memakai kedua bahan bakar. Mixer 70°

adalah tipe standard keluaran Lovaino produksi Italia untuk Indonesia sedang mixer 73⁰ adalah yang direkayasa untuk penelitian ini.

Sehubungan dengan itu, maka judul yang diangkat untuk tugas akhir ini adalah Perbandingan emisi gas buang motor bakar jenis Multy Purpose Vehicle (MPV) dengan mempergunakan mixer bersudut 70⁰ dan 73⁰ pada tiap-tiap perubahan RPH dan timing penyalaan.

1.3 Tujuan

Untuk mengetahui tipe mixer mana yang terbaik diantara standard dan rekayasa, yaitu yang dapat menghasilkan emisi gas buang mesin terbaik pada setiap perubahan putaran mesin dan timing penyalaan, dari emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin menggunakan kedua bahan bakar, sehingga dapat dipakai untuk menentukan pilihan mixer mana yang sesuai dan untuk dipergunakan pada suatu kondisi tertentu.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teoritis Spesifikasi LPG

2.1.1 Komposisi Liquid Petroleum Gas

Liquid Petroleum Gas (LPG) digunakan untuk hidrokarbon tertentu yang dapat dicairkan pada tekanan menengah dan suhu normal, tetapi berbentuk gas pada kondisi atmosfer. Kandungan utama dari LPG adalah propane, propylene, butane, butylenes, dan isobutene yang tercampur dengan perbandingan tertentu. LPG dihasilkan dari penisahan hidrokarbon yang lebih berat atau lebih padat strukturnya dari gas alam terutama dari seri paraffinic jenuh yang didapat dari sumber alam atau buatan, LPG yang diperoleh dari proses pemurnian minyak bumi bisa terdiri dari berbagai olefinic (tidak jenuh) hidrokarbon dalam jumlah kecil.

Kelebihan bahan bakar LPG dibanding bahan bakar lainnya (bahan bakar minyak) adalah dalam hal kebersihan dan kemudahan bahan bakar tersebut untuk bercampur dengan udara atau oksigen pembakaran sehingga dimungkinkan untuk menghasilkan gas buang yang lebih bersih, hal ini disebabkan gas dan udara oksigen berada dalam fase yang sama.

Komposisi LPG tiap-tiap sumber berbeda-beda meskipun berasal dari reservoir yang sama. Perbedaan ini mengakibatkan adanya sifat LPG yang bervariasi. Tetapi pada sifat fisiknya adalah sama yaitu :

1. Angka oktan : ± 104
2. Titik Nyala : ± 430⁰c
3. Titik Didih : -42 ÷ 0⁰c
4. Berat Jenis : 1,1 x Berat Jenis Udara
5. Berbentuk cair ada tekanan relative rendah 4 ÷ 12 bar, atau pada temperature yang rendah
6. Mudah membentuk campuran yang homogen

Oeh karena itu perlu dikaji beberapa sifat kimia fisik LPG tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Hidrokarbon

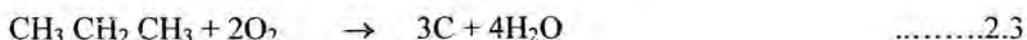
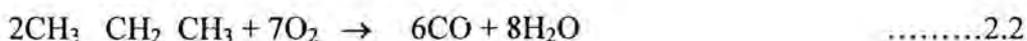
Propena merupakan senyawa alkana non polar dan merupakan senyawa hidrokarbon paraffin yang berupa hidrokarbon jenuh. Senyawa ini mempunyai sifat-sifat kimia yang stabil pada kondisi atmosfir.

Pada LPG, diharapkan terjadi suatu pembakaran yang optimum dalam ruang bakar. Pembakaran adalah reaksi cepat suatu senyawa dengan oksigen yang disertai pembebasan kalor. Pembakaran sempurna akan mengubah senyawa yang terbakar menjadi CO₂ dan H₂O, seperti persamaan reaksi 2-1 berikut :



Jika persediaan oksigen tidak cukup untuk pembakaran sempurna, maka terjadi pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan karbon monoksida atau

kadang-kadang karbon dalam bentuk arang atau jelaga, seperti persamaan reaksi 2.2 dan 2.3 berikut :



Dalam mesin kendaraan, hidrokarbon yang mempunyai rantai lurus lebih panjang dapat mengakibatkan pembakaran tidak sempurna dan akan mengakibatkan adanya ketukan, serta kemungkinan menghasilkan karbon monoksida atau karbon.

Sebagian besar komponen LPG adalah propana yang merupakan senyawa hidrokarbon yang mempunyai tiga atom karbon yang akan terbakar dengan sempurna, sehingga kemungkinan terjadinya ketukan serta gas buang karbon monoksida lebih kecil.

2. Asam sulfida

LPG kadang mengandung asam sulfida disamping senyawa-senyawa pengotor lainnya. Asam sulfida merupakan gas sangat beracun dan produk-produk pembakarannya berupa SO_2 dan SO_3 , dengan adanya air keberadaan asam sulfida akan menimbulkan korosi pada peralatan.

Fluida mengandung air dan asam sulfida merupakan lingkungan asam yang dapat menyebabkan Sulfida Stress Cracking (SSC) material yang rentan. Gejala ini dipengaruhi oleh interaksi yang kompleks antara berbagai parameter seperti komposisi kimia, mikro struktur logam, pH, konsentrasi asam sulfida, tekanan total,

temperatur dan beberapa parameter lainnya. Oleh karena itu harus ditentukan kondisi-kondisi logam untuk memenuhi persyaratan terhidrasinya SSC atau lingkungan asam tersebut. Peralatan harus dikontrol jika LPG yang sedang ditangani bertekanan total 65 psia atau lebih besar dan jika tekanan parsial asam sulfide dalam LPG lebih tinggi dari 0,05 psia.

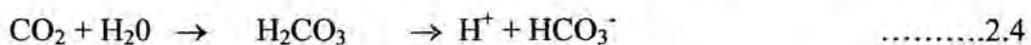
3. Nitrogen

Komponen gas nitrogen dalam LG akan mengurangi kandungan energi dan memengaruhi selang (range) flameibilitasnya. Semakin tinggi kandungan gas nitrogen tersebut, semakin berkurang kecepatan pembakarannya.

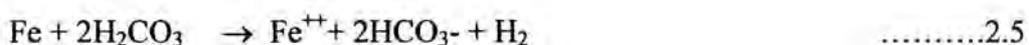
Nitrogen juga berpengaruh terhadap nilai faktor kompresibilitas LPG. Semakin tinggi konsentrasi nitrogen, semakin besar nilai kompresibilitas LPG pada temperatur yang lebih tinggi, faktor kompresibilitas akan semakin besar pula.

4. Karbondioksida

Karbondioksida tidak memiliki kandungan energi dan dapat menimbulkan korosi. Dengan adanya air, karbondioksida akan berubah menjadi asam karbonat yang menyebabkan korosi terhadap besi dan aluminium, sesuai dengan reaksi :



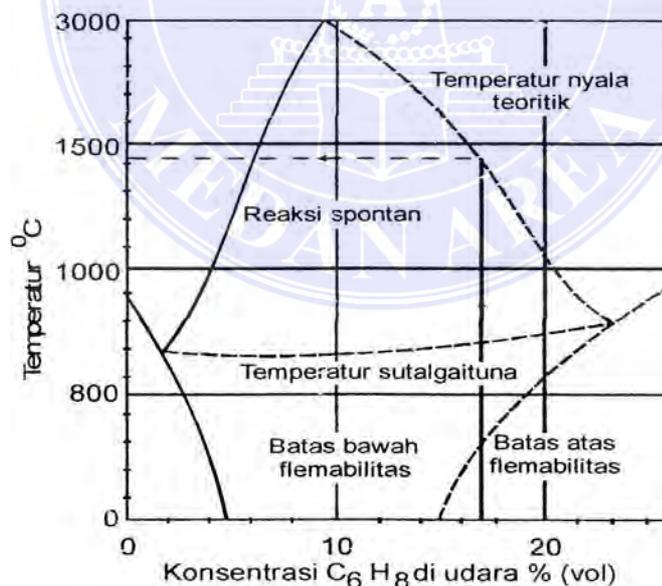
Reaksi korosi pada logam mengikuti persamaan reaksi :



Teori kinetika korosi CO_2 pada permukaan logam mengatakan bahwa pada temperatur rendah (lebih kecil dari 30°) dapat terjadi hidrolisis CO_2 membentuk H_2CO_3 , dan pada temperatur lebih tinggi (lebih besar dari 40°) akan terjadi difusi CO_2 pada karat.

2.1.2 Flameabilitas.

Flameabilitas adalah perbandingan LPG udara agar terbakar pada tekanan dan temperatur tertentu. Tiap-tiap LPG yang dapat terbakar mempunyai dua batas ini, campuran tersebut akan dapat terbakar. Gambar 2.1 menunjukkan hubungan temperature – konsentrasi untuk campuran propana - udara. Area diagram dibagi-bagi berdasarkan sifat flameabilitas.



Gambar 2.1 Diagram flameabilitas campuran propana – udara

Sumber : M. Geerssen, *Physical Properties of Natural Gasses*, Nederlandse Gasunie, Groningen, 1988

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

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)14/9/23

Pada area diantara batas bawah dan atas flameabilitas, serta di bawah temperature autoignition, campuran LPG – udara akan terbakar jika dinyalakan. Sedangkan jika berada pada atau di atas temperature autoignition (pada area yang sama), maka akan terjadi pembakaran spontan. Faktor-faktor yang mempengaruhi batas flameabilitas campuran LPG – udara diantaranya adalah :

a. Komposisi

Batas flameabilitas campuran LPG – udara dipengaruhi oleh komponen penyusunannya. Komponen LPG kontaminan akan mengurangi selang flameabilitas. Efisiensi gas-gas inert sebagai gas pemadam nyala, menurun sesuai dengan urutan CO_2 , H_2O dan N_2 .

b. Temperatur

Selang flameabilitas akan meningkat terhadap kenaikan temperatur dan campuran LPG – udara akan terbakar spontan saat tercapai temperatur autoignition. Secara umum untuk kenaikan 212°F pada hidrokarbon paraffin akan menurunkan batas bawah 8%.

c. Tekanan

Perubahan tekanan barometrik dalam batas normal tidak mempunyai efek yang berarti terhadap batas-batas flameabilitas. Secara umum batas bawah meningkat dan batas atas menurun saat tekanan direduksi di bawah tekanan atmosfer. Batas-batas flameabilitas campuran LPG – udara biasanya diambil 1 atmosfer.

d. Kelembaban

Batas atas dan bawah flamebilias menjadi lebih dekat jika kandungan uap air (kelembaban) meningkat.

2.1.3 Faktor Kompresibilitas

Faktor kompresibilitas menunjukkan perbandingan LPG – udara agar terbakar pada tekanan dan tekanan tertentu. Tiap-tiap LPG yang dapat terbakar mempunyai dua batas flamebilias. Selama perbandingan LPG – udara berada diantara dua batas ini, campuran tersebut akan dapat terbakar. Faktor ini menunjukkan perbandingan densitas gas ideal dengan gas aktual pada temperature dan tekanan tertentu. Besaran ini berguna untuk mengetahui seberapa jauh penyimpangan sifat suatu gas terhadap gas ideal. Untuk gas ideal berlaku hukum persamaan :

$$P V = n R T \quad \dots\dots\dots 2.6$$

Sedangkan untuk persamaan gas non ideal berlaku persamaan :

$$P V = Z n R T \quad \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan :

P : Tekanan

V : Volume

n : Jumlah Mol

R : Konstanta gas umum

T : Temperatur

Z : Faktor Kompresibilitas

2.1.4 Kandungan Energi

Kandungan energi adalah energi total yang dirubah sebagai panas (kalor) pada reaksi pembakaran ideal untuk temperatur dan tekanan tertentu. Ada dua istilah untuk kandungan energi yaitu kandungan energi bersih dan kandungan energi kotor. Kandungan energi bersih diukur atau dihitung dengan memperhatikan energi penguapan air yang ada pada LPG. Kandungan energi kotor dapat diukur atau dihitung dengan kalori meter atau berdasarkan kandungan energi komponen-komponen penyusun LPG tersebut.

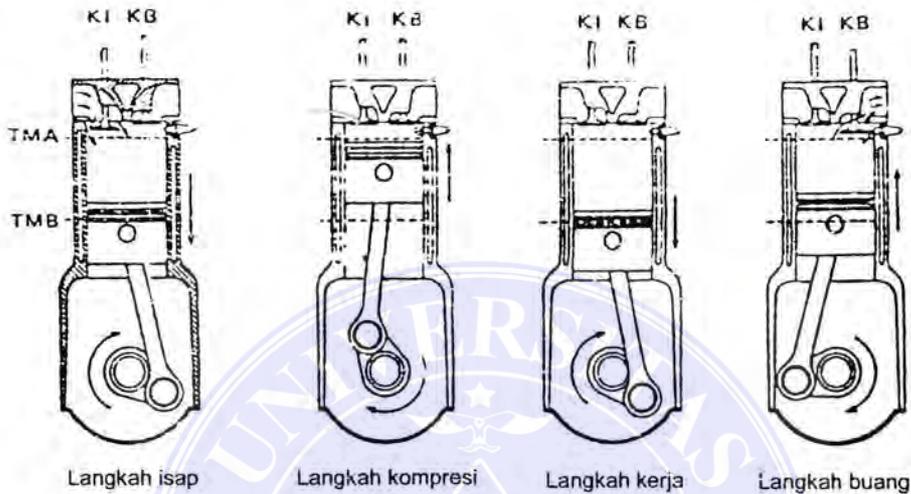
2.1.5 Densitas Relatif (Specific Gravity)

Specific gravity gas menunjukkan perbandingan densitas gas (pada temperatur dan tekanan gas) dengan densitas udara (pada temperature tekanan udara). Jika gas dan udara pada tekanan serta temperatur yang sama, maka Specific gravity adalah perbandingan massanya pada volume yang sama.

2.2 Motor Bakar Empat Langkah

Motor bakar empat langkah yaitu motor bakar torak yang untuk memperoleh satu siklus kerja diperlukan empat langkah torak. Dengan kata lain, untuk setiap

siklus kerja diperlukan dua putaran poros engkol. Dari gambar 2.1 dapat dilihat siklus kerja motor empat langkah yaitu :



Gambar 2.2 Skema Motor Bakar Torak Empat langkah

Sumber : Wiranto Arismunandar, *Penggerak Motor Bakar Torak*, Penerbit ITB Bandung, 1988, Hal. 8

a. Langkah Hisap

Torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), katub hisap (KI) terbuka sedangkan katub buang (KB) tertutup. Karena gerakantorak tersebut maka udara luar akan masuk ke dalam ruang bakar.

b. Langkah Kompresi

Torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), katub hisap (KI) dan katub buang (KB) tertutup. Akibat gerakan ini maka terjadi kompresi yang menimbulkan tekanan dan temperatur dalam silinder atau ruang bakar naik.

Langkah ini kemudian diikuti dengan pembakaran campuran bahan bakar udara pada saat torak mendekati titik mati atas (TMA).

c. Langkah Ekspansi

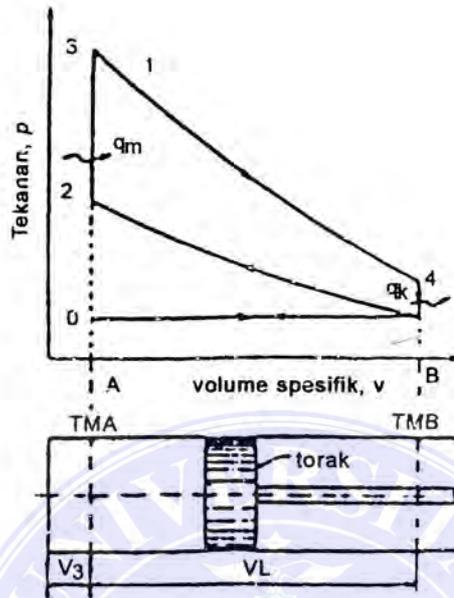
Torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), akibat gerakan ini maka terjadi ekspansi yang menimbulkan volume gas dalam ruang bakar naik. Langkah ini berakhir saat torak mencapai titik mati bawah (TMB).

d. Langkah Buang

Torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), katub buang (KB) terbuka sedangkan katub hisap (KI) tertutup, pada langkah ini gas hasil pembakaran terbuang keluar dari ruang bakar.

2.2.1 Siklus Motor Bakar Torak Empat Langkah.

Proses-proses yang terjadi dalam motor bakar empat langkah, pada umumnya digunakan siklus udara sebagai siklus yang ideal. Siklus ideal dapat dilihat pada gambar 2.3 yang digambarkan sebagai siklus udara volume konstan (siklus otto) dalam bentuk grafik tekanan (P) vs volume (V). Sifat ideal yang dipergunakan serta keterangan mengenai proses siklusnya adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3 Diagram P vs V Siklus Volume Konstan

Sumber : Wiranto Arismunandar, *Penggerak Motor Bakar Torak*, Penerbit ITB Bandung, 1988, Hal. 15

Keterangan :

P = Tekanan volume 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_1 = Volume langkah torak, m^3 atau cm^3

V_0 = Volume Sisa, m^3 atau cm^3

TMA = Titik Mati Atas

TMB = Titik Mati Bawah

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

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)14/9/23

Keterangan langkah :

- 0-1 : Langkah hisap pada tekanan konstan
- 1-2 : Langkah kompresi isentropic
- 2-3 : Proses pemasukan kalor pada volume konstan
- 3-4 : Langkah ekspansi isentropic
- 4-1 : Proses pengeluaran kalor pada volume konstan
- 1-0 : Langkah buang pada tekanan konstan

Siklus dianggap tertutup, artinya siklus ini berlangsung dengan fluida kerja yang sama, atau gas yang berada dalam silinder pada titik 1 dapat dikeluarkan dari silinder saat langkah buang, tetapi saat langkah hisap berikutnya akan masuk sejumlah fluida kerja yang sama.

Siklus sebenarnya terjadi pada motor bakar agak menyimpang dari siklus ideal di atas. Penyimpangan ini karena dalam keadaan sebenarnya terjadi kerugian yang antara lain disebabkan oleh : (Taylor, C. F, 1960, hal, 109)

1. Kebocoran fluida kerja karena tidak sempurnanya penyekatan oleh cincin torak dan katub.
2. Katub terbuka dan tertutup tidak tepat pada saat titik mati atas (TMA) dan titik mati bawah (TMB) karena pertimbangan dinamika katup dan kelembaman fluida kerja.
3. Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor specific yang konstan selama siklus berlangsung.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

4. Pada keadaan sebenarnya, saat torak berada pada titik mati atas tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti pada siklus udara. Kenaikan tekanan dan temperature fluida kerja disebabkan oleh proses pembakaran campuran bahan bakar – udara dalam siinder.
5. Proses pembakaran memerlukan waktu, jadi tidak berlangsung sekaligus. Akibatnya proses pembakaran campuran bahan bakar yang berubah-ubah karena gerakan torak. Dengan demikian proses pembakaran harus dimulai beberapa derajat sudut engkol sebelum torak mencapai titik mati atas dan berakhir beberapa derajat sudut engkol sesudah torak bergerak dari titik mati atas ke titik mati bawah. Selain itu pada kenyataannya tidak pernah terjadi pembakaran sempurna.
6. Terdapat kerugian energi kalaor yang disebabkan oleh perpindahan kalor dari fluida kerja ke fluida pendingin, terutama pada langkah kompresi, ekspansi, dan pada waktu gas buang meninggalkan silinder.
7. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer.

2.2.2 Pembakaran

Proses pembakaran adalah proses kimia yang terjadi antara bahan bakar dengan udara, dimana perkembangan dan kesempurnaan pembakaran tergantung dari cirri-ciri dan kecepatan reaksi kimia yang terjadi, kondisi panas, kecepatan oksidasi. Proses pembakaran dapat dinilai dari banyaknya kebutuhan udara serta bahan bakar.

Pada motor otto proses pembakaran sebagian besar tergantung dari sifat dan campuran udara dengan bahan bakar (air-fuel ratio) dan koefisien udara, α (excess air coefficient). Bila proses kerja berjalan normal, campuran homogen antara bahan bakar dengan udara yang berupa kabut akan terbakar dengan bantuan bunga api listrik. Terbakarna campuran bahan bakar – udara akan menyebar dari bagian nyala api ke seluruh bagian ruang bakar.

Pada proses pembakaran ada 3 (tiga) phase / tahapan proses pembakaran, antara lain :

a. Phase awal

Setelah campuran bahan bakar dan udara dimampatkan di dalam ruang bakar dan menyala dengan bantuan bunga api listrik, maka akan timbul ledakan pada daerah sekitar nyala api dan seterusnya merambat ke seluruh bagian ruang bakar. Proses pembakaran bahan bakar ini berlangsung sangat cepat.

b. Phase utama

Pada pembakaran sempurna, setelah dimulainya penyalaan campuran bahan bakar udara, api akan menyebar ke segala arah dalam waktu yang sangat cepat sebanding dengan 20^0 sudut engkol, untuk mencapai tekanan yang maksimum.

c. Phase akhir

Setelah terjadinya penyalaan campuran bahan bakar dengan udara dalam ruang bakar maka nyala api dalam lapisan dekat dinding selinder, dalam ruangan antara

kepala selinder dengan torak akan timbul tekanan yang tinggi yang akan mendorong torak melakukan langkah kerja.

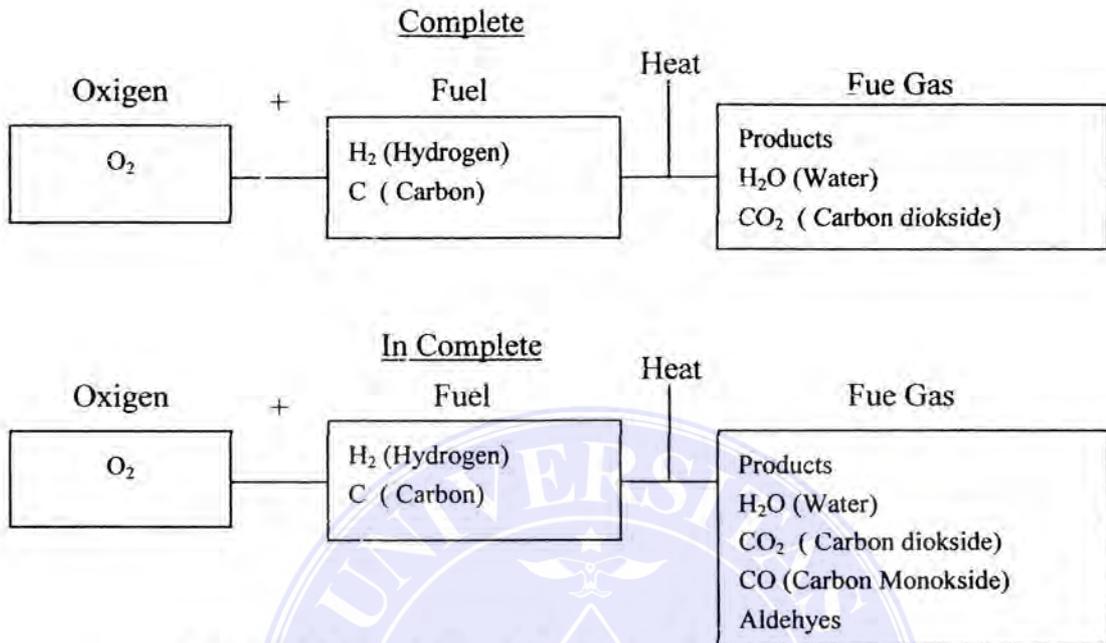
2.2.2 Reaksi Pembakaran

Campuran antara bahan bakar dan udara yang terbakar di dalam ruang bakar adalah merupakan proses kimia. Dalam proses pembakaran, setiap jenis bahan bakar dapat terbakar secara sempurna. Misalnya bahan bakar yang dipakai adalah bensin, maka untuk mencapai pembakaran yang sempurna akan membutuhkan udara sekitar 15 kali berat bahan bakarnya, atau dengan satu bagian bahan bakar berbanding dengan 15 bagian udara dalam satuan berat.

Karbon dan hydrogen bila dibakar dengan oksigen secara sempurna akan bereaksi sebagai berikut :



Gambar 2.4 memperlihatkan skema sederhana dari proses pembakaran disertai elemen-elemen serta komposisi kimianya, baik untuk pembakaran sempurna maupun tidak.



Gambar 2.4 Bagan Proses Kimia Pembakaran Sederhana

2.2.3 Perhitungan Pembakaran

Perhitungan pembakaran merupakan titik mula untuk menentukan rancangan dan unjukkerja dari semua peralatan pembakaran yang dalam hal ini adalah :

a. Udara Pembakaran

Dalam Proses proses pembakaran atau oksidasi selalu terikut unsur oksigen yang bisa didapat dari udara atmosfer. Beberapa definisi mengenai udara bisa dinyatakan sebagai berikut :

1. Udara kering adalah udara tanpa kandungan air (Dry Air)
2. Udara basah adalah udara yang kandungan airnya masih ikut (Wet Air)
3. Adara standart (Standart Air) adalah udara dengan kandungan air 0.013 Kg setiap

Kg udara kering. (Sesuai dengan kelembaban relative RH = 60% Pada 25⁰).

Komposisi udara dan data lain adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Udara Kering

Unsur	% Volume	% Berat
Oksigen (O ₂)	20,99	23,15
Nitrogen (N ₂)	78,03	76,85
Gas-gas lain	0,98	-

Sumber : Ir. Edy H. Tjokrosastro, ME. *Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar*, FTI, ITS, 1986

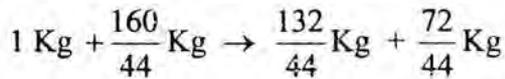
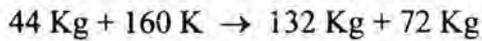
1. Mole udara / Mole oksigen $= \frac{100}{20,99} = 4,76$
2. Mole nitrogen / Mole oksigen $= \frac{78,03}{20,99} = 3,76$
3. Kg udara (kering / kg O₂) $= \frac{100}{23,15} = 4,32$
4. Kg nitrogen / kg oksigen $= \frac{76,85}{23,15} = 3,32$

b. Pembakaran Teoritis

Pembakaran teoritis adalah suatu reaksi pembakaran sempurna dari unsur yang mudah terbakar (Stoichimetric Reaction) dengan membutuhkan sejumlah udara minimal (Teoritis). Sebagai contoh : Pembakaran dari bahan bakar propane (C₃H₈).



$$1 \text{ mole} + 5 \text{ mole} = 3 \text{ mole} + 4 \text{ mole}$$



Untuk pembakaran sempurna 1 Kg C_3H_8 dibutuhkan oksigen sebanyak $\frac{160}{44}$

Kg, maka udara minimal (teoritis) yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Udara teoritis} &= 4,32 \times \frac{160}{44} \text{ Kg Udara / kg bahan bakar} \\ &= 15,7 \text{ Kg udara / bahan bakar} \end{aligned}$$

c. Udara pembakaran lebih (Excess Air)

Pada kenyataannya Sistem pembakaran dari gas, minyak, batu bara dan lainnya tidak dengan sempurna terjadi pencampuran udara dan bahan bakar, walaupun kondisi turbelensinya cukup baik. Pada hakikatnya percampuran yang sempurna memerlukan waktu yang agak lama.

Bila dalam proses pembakaran hanya diberikan udara teoritis, maka ada sejumlah bahan bakar yang tidak terbakar sehingga proses pembakarannya tidak sempurna serta banyak panas yang hilang.

Besarnya jumlah penambahan udara pembakaran untuk mencapai proses pembakaran sempurna dinamakan udara lebih (Excess Air). Jumlah udara lebih ditambah besarnya udara teoritis disebut sebagai udara total pembakaran.

d. Pembakaran sebenarnya (Aktual)

Dalam pembakaran saebenarnya tidak semua unsur-unsur dalam bahan bakar terbakar dengan sempurna. Sebagai contoh adalah pembakaran dari Karbon (C) tidak semua karbon akan terbakar menjadi CO₂ tapi juga menjadi CO atau masih dalam bentuk aslinya C. Dengan demikian maka terdapat kehilangan-kehilangan (losses) berupa kerugian panas yang seharusnya bisa dibebaskan dari pembakaran karbon (C).

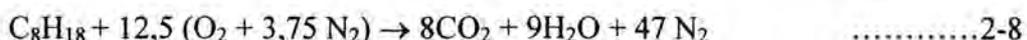
Untuk menghindari kerugian tersebut sampai tingkat minimal maka perlu diberikan udara lebih pada sejumlah udara teoritis yang dipakai, sehingga tersedia cukup oksigen untuk pembakaran. Udara lebih (Ecess Air) tidak lagi diperlukan apabila dimungkinkan pencampuran udara dan bahan bakar sempurna. Penting untuk diperhatikan bahwa penggunaan udara lebih juga membawa kerugian panas akibat pemanasan pada temperature ruang bakar.

Dengan adanya udara lebih maka jumlah udara sebenarnya (Actual Air) yang digunakan adalah Udara sebenarnya = udara teoritis + udara lebih

2.3 Kajian Teoritis Nilai Kalor Bahan Bakar (LHV)

2.3.1 Nilai kalor bawah (LHV) Premium

Premium adalah rangkaian hidrokarbon yang memiliki Rumus kimia C₈H₁₈, untuk mengetahui nilai kalor dari bahan bakar tersebut dapat dihitung berdasarkan persamaan reaksi Stoikiometri pada 77⁰F dan 1 atm. Persamaan kimianya adalah :



Dari persamaan reaksi tersebut dicari nilai kalor (h^0) sesuai fasenya pada lampiran (1)

$$\text{LHV} = \text{Kalor Reaktan (R)} - \text{Kalor Prodak (P)}$$

$$\text{LHV} = h^0 \text{ C}_8\text{H}_{18} + 12,5 h^0 \text{ O}_2 + 47 h^0 \text{ N}_2 - 8 h^0 \text{ CO}_2 - 9 h^0 \text{ H}_2\text{O} - 47 h^0 \text{ N}_2$$

$$= -2441248 + 0 + 0 + (8 \times 169,8) + (9 \times 122976) + 0$$

$$= 19000 \text{ Btu/lbm}$$

$$= 19000 \cdot 2,326 \text{ Kj/Kg.bb}$$

$$= 44190 \text{ Kj/Kg.bb}$$

Hubungan antara LHV dengan Pemakaian bahan bakar specific (SFC), maka SFC premium dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{LHV} = \frac{3600}{\text{Te.SFC}} \dots\dots\dots 2.9$$

$$\text{LHV} = \frac{3600}{\text{Te.LHV}} \dots\dots\dots 2.10$$

$$\text{LHV} = \frac{3600}{0,190.44190} = 0,4288 \text{ Kg/Kw.Hr}$$

Dimana :

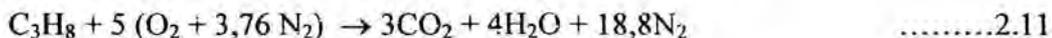
LHV = Nilai Kalor Bawah

SFC = Pemakaian bahan bakar specific

Te = Effisiensi thermisminimum kendaraan

2.3.2 Nilai kalor bawah (LHV) LPG

LPG adalah rangkaian hidrokarbon yang memiliki rumus kimia C_3H_8 . Untuk mengetahui nilai kalor dari bahan bakar tersebut dapat dihitung berdasarkan persamaan reaksi stoikiometri pada $77^{\circ}F$ dan 1 atm. Persamaan reaksinya adalah :



Dari persamaan reaksi tersebut dicari nilai kalor $9 (h^0)$ sesuai fasenya pada lampiran (1)

$$LHV = \text{Kalor reaktan (R)} - \text{Kalor Produk (P)}$$

$$\begin{aligned} LHV &= h^0 C_3H_8 + 5 h^0 O_2 + 18,8 h^0 N_2 - 3 h^0 - 4 h^0 H_2O - 18,8 h^0 N_2 \\ &= 44,647 + 0 + 0 + | (3 \times 169 \cdot 183) + (4 \times 122 \cdot 976) \\ &= \frac{3954806}{44} \\ &= 21000,136 \times 2,326 \\ &= 48846,316 \text{ kJ/Kg.bb} \end{aligned}$$

Hubungan antara LHV dengan pemakaian bahan bakar specific (SFC), maka SFC LPG dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LHV = \frac{3600}{Te.SFC} \quad \dots\dots\dots 2.12$$

$$LHV = \frac{3600}{Te.LHV}$$

$$\begin{aligned} \text{LHV} &= \frac{3600}{0,190.48846,316} \\ &= 0,38789 \text{ Kg/Kw.Hr} \end{aligned}$$

Dimana :

LHV = Nilai Kalor Bawah

SFC = Pemakaian bahan bakar specific

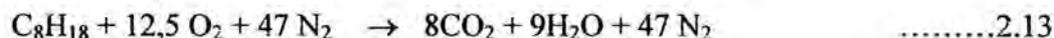
Te = Effisiensi thermisminimum kendaraan

2.4 Kajian Teoritis Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR)

2.4.1 Nilai perbandingan udara bahan bakar (AFR) Premium

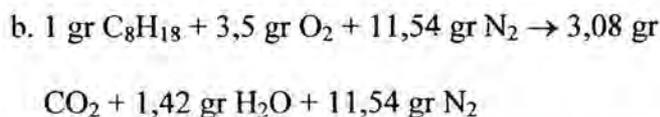
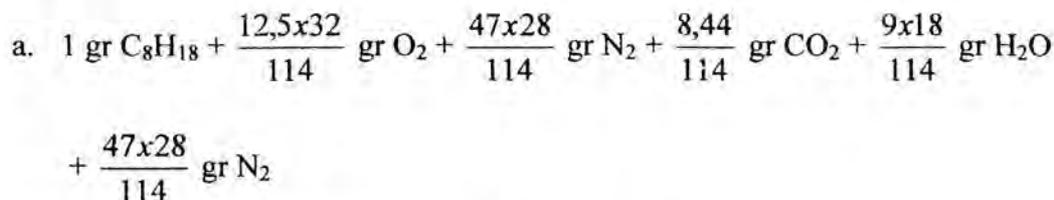
Campuran stoikiometri adalah campuran dimana perbandingan molalnya secara eksak sama dengan yang ditetapkan oleh koefisien stoikiometri. Dari campuran tersebut akan terjadi pembakaran stoikiometri dimana pembakaran yang terjadi semua atom dari pengoksidasi beraksi secara kimia untuk timbul dalam berbagai produk.

Untuk perhitungan nilai perbandingan udara bahan bakar dari premium menggunakan persamaan :



$$\begin{aligned} \text{BM}(\text{C}_8\text{H}_{18}) &= 12 \times 8 \times 1 + 18 \\ &= 114 \end{aligned}$$

Maka :



maka 1 gram C_8H_{18} membutuhkan udara sebesar adalah :

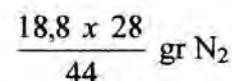
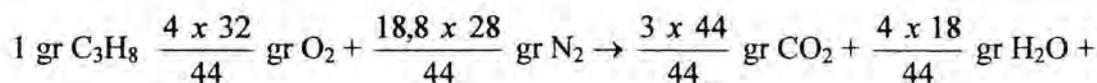
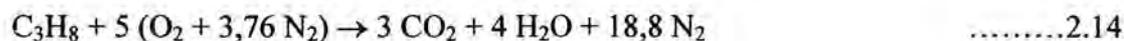
$$(3,5 + 11,54) \text{ gr} = 15,04 \text{ gr}$$

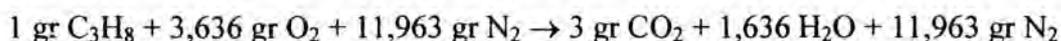
Dimana udara berbentuk gas ideal yang setiap 1 gr mol bervolume 22,4 liter udara, maka 1 gr C_8H_{18} diperlukan udara sebesar :

$$\left(\frac{3,5}{32} + \frac{11,54}{28} \right) \times 22,4 = 11,67 \text{ liter udara}$$

2.4.2 Nilai perbandingan udara bahan bakar (AFR) LPG

Untuk mengetahui nilai perbandingan udara bahan bakar yang dimiliki LPG adalah dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :





Maka 1 gram C_3H_8 membutuhkan udara sebesar :

$$= 3,636 + 11,962 = 15,6 \text{ gram}$$

$$= \left(\frac{3,636}{32} + \frac{11,963}{28} \right) \times 22,4$$

$$= 12,11 \text{ liter}$$

2.5 Kajian Teknis Proses Waktu Penyalaan

Di dalam motor bakar seerti juga pada motor penggerak automobile, tenaga diperoleh dari hasil ekspansi torak melalui pembakaran campuran udara bahan bakar didalam silinder. Dalam hal ini bahan bakar tidak dapat terbakar dengan sendirinya.

Dikarenakan hal tersebut, pada motor bensin perlu diadakan bunga api untuk mulai membakar campuran bahan bakar tersebut. Ini adalah fungsi dari sistem penyalaan. Sistem penyalaan ini dilengkapi dengan distributor yang berguna untuk membagi penyalaan pada waktu yang tepat dan pada urutan waktu penyalaan yang ditentukan.

Pada umumnya, automobile menggunakan penyalaan dengan menggunakan listrik yang bertegangan tinggi. Dalam cara ini, arus listrik yang bertegangan tinggi diberikan diantara 2 buah elektroda busi, sehingga terjadi loncatan api, loncatan api inilah yang membakar campuran bahan bakar.

Sistem penyalaan ini dalam motor bensin ada menggunakan baterai ada pula yang menggunakan sistem magnet tanpa menggunakan baterai.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

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

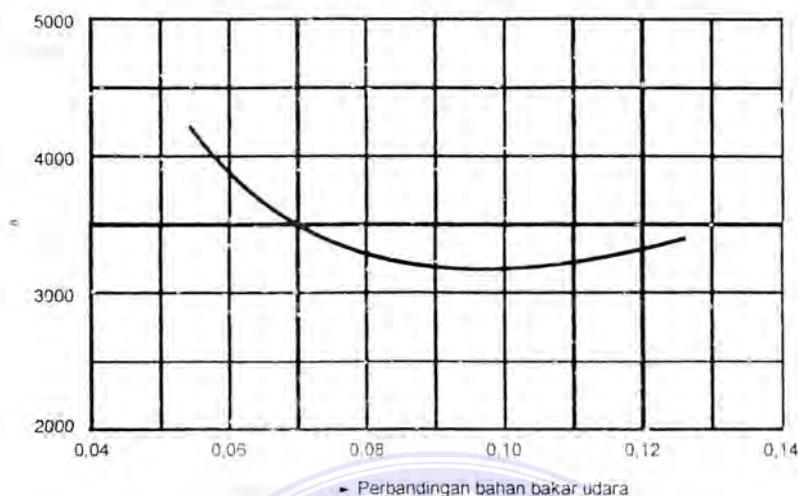
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)14/9/23

Untuk membangkitkan loncatan listrik diantara kedua elektroda busi diperlukan perbedaan tegangan yang cukup besar. Besarnya tergantung pada beberapa faktor sebagai berikut :

1. Perbandingan campuran bahan bakar udara

Perbandingan campuran bahan bakar udara berkisar antara 0,06 – 0,12. Untuk menyalakan campuran bahan bakar udara yang miskin diperlukan perbedaan tegangan yang relative lebih besar dari pada untuk campuran yang kaya. Sistem penyalakan pada kebanyakan kendaraan bermotor otto dapat memberikan energi penyalakan sebesar 20 Mj. Pada umumnya disediakan tegangan yang lebih besar untuk menjamin agar selalu terjadi loncatan listrik di dalam segala keadaan, misalnya antara 10.000 – 20.000 volt. Hal ini mengingat juga akan kondisi operasi yang dapat berubah sebagai akibat keausan mesin yang tidak dapat dihindari.



Gambar 2.5 Hubungan Antara Perbandingan Bahan Bakar Udara dengan Tegangan yang diperlukan Oleh Busi

Sumber : Wiranto Arismunandar, *Penggerak Motor Bakar Torak*, Penerbit ITB Bandung, 1988, Hal. 15

2. Kepadatan campuran bahan bakar udara

Makin padat campuran bahan bakar udara makin tinggi tegangan yang diperlukan untuk jarak elektroda yang sama. Karena itu diperlukan tegangan yang lebih tinggi pada motor dengan perbandingan kompresi yang lebih besar terutama apabila tekanan campuran yang masuk kedalam silinder itu tinggi dan loncatan listrik ditentukan pada waktu torak lebih dekat pada TMA.

3. Jarak antara kedua elektroda.

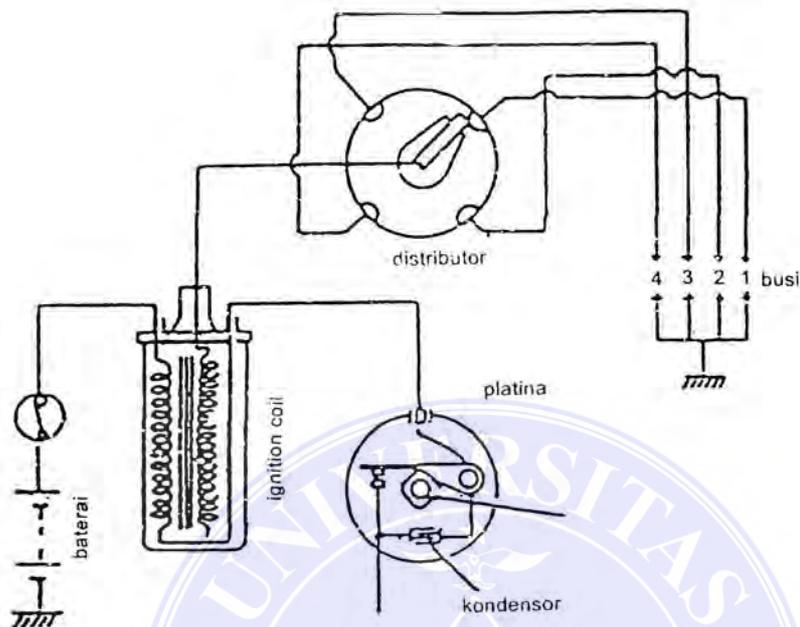
Makin besar jarak kedua elektroda makin besar pula perbedaan tegangan yang diperlukan untuk memperoleh intensitas api listrik yang sama.

4. Jumlah minimum molekul yang harus ada antara kedua elektroda

Pada waktu terjadi loncatan listrik sangat menentukan apakah penyalaan dapat berlangsung sebaik-baiknya. Karena jumlah molekul banyak bergantung pada perbandingan campuran, jumlah has sisa, temperature, dan kondisi operasi lain, jelas jumlah tersebut dapat berubah-ubah. Dengan memperbesar jarak elektroda kita harapkan jumlah minimum itu dapat tercapai walaupun keadaan operasinya berubah-ubah. Akan tetapi jarak elektroda menentukan besarnya tegangan dan tegangan yang terlalu tinggi tidak menguntungkan. Tegangan tinggi memerlukan kabel penghantar yang diisolasi dengan baik. Sehingga harganya menjadi lebih mahal.

5. Temperatur campuran dan kondisi operasi yang lain.

Selain itu penentuan tempat busi di ruang bakar juga penting. Loncatan listrik tidak boleh terjadi di tempat lain kecuali diantara kedua elektroda busi supaya selalu terdaat campuran bahan bakar udara yang mudah terbakar diantara kedua elektroda, tempat yang terbaik untuk busi adalah didekat katub hisab. Akan tetapi ditinjau dari kemungkinan terjadinya detonasi, sebaliknya busi ditempatkan dibagian yang terpanas, misalya dekat kepada katup buang. Hasil kompromi dari kedua pertimbangan itu menentukan tempat busi pada ruang bakar.

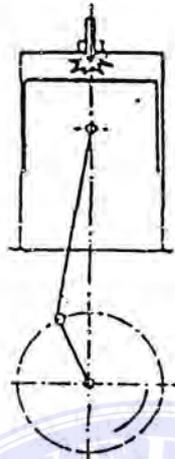


Gambar 2.6 Diagram Pengapian

Sumber : A.M Saleh, *Teknik Mobil*, ITB Bandung, 1988

2.5.1 Pengaturan waktu penyalan standart.

Yang dimaksud dengan pengaturan waktu penyalan standart adalah waktu penyalan yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan berdasarkan jenis kendaraan. Sedangkan waktu penyalan standart untuk mesin mobil Multi Purpose Vehicle (MPV) adalah BTDC (*Before Top Death Center*) dengan putaran mesin ideal (tanpa beban) berkisar antara 750 – 800 rpm.



98. Pengapian yang tepat

Gambar 2.7 Pengaturan Waktu Penyalaan Standart

Sumber : BPM, Arend, H. Berenschot, *Motor Bakar Bensin*, Erlangga, Jakarta, 1992

Dengan setelan standart motor dapat memberikan daya dengan pembakaran sempurna tanpa adanya pukulan atau ngelitik.

2.5.2 Pengaturan waktu penyalaan maju

Pengaturan waktu penyalaan maju adalah pengaturan dari penyalaan standart spesifikasi pabrik yang telah dimajukan sesuai dengan kondisi kendaraan untuk mendapatkan daya yang optimal. Terjadinya pengaturan waktu penyalaan maju, dikarenakan terjadinya keausan pada komponen mesin serta nilai oktan yang lebih tinggi.

Sedangkan dalam penelitian terhadap mesin didapat data terbaik pada 10^0 BTDC dengan putaran 900 rpm menggunakan bahan bakar premium, sedangkan pada bahan bakar LPG terbaik adalah 12^0 dengan putaran 900 rpm.



Gambar 2.8 Pengaturan Waktu Penyalaan Maju

Sumber : BPM, Arend, H. Berenschot, *Motor Bakar Bensin*, Erlangga, Jakarta, 1992

Bila penyalaan terjadi terlalu awal maka sisa gas yang belum terbakar, terpengaruh oleh pembakaran yang masih berlaku dan pemampatan yang masih berjalan, dan akan terbakar sendiri menyebabkan kerugian daya.

2.5.3 Pengaturan Waktu Penyalaan Lambat

Adalah pengaturan penyalaan yang lebih lambat dari Pengaturan waktu standart. Dengan pengaturan Penyalaan terlalu lambat atau mendekati sekali dengan

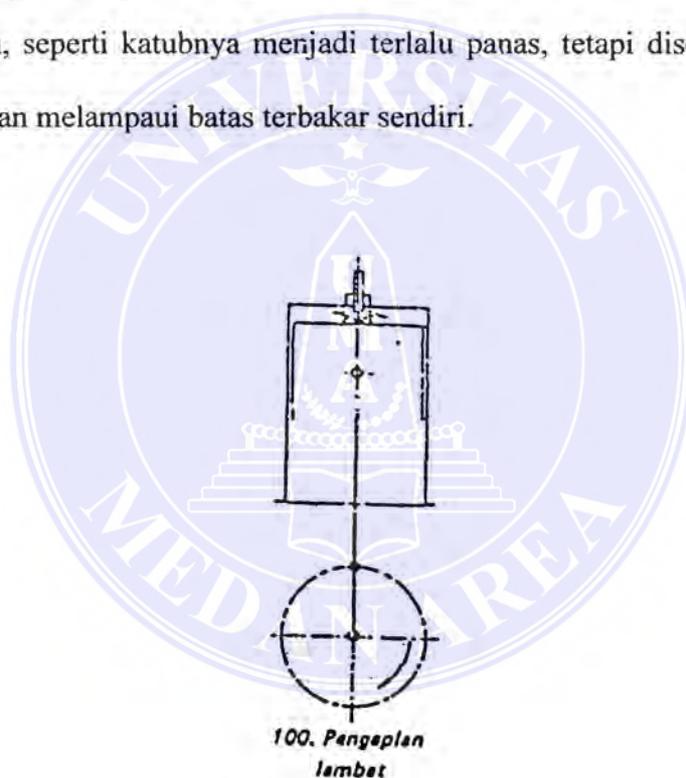
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

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)14/9/23

TMA, beberapa pukulan berkurang, tetapi berarti juga menurunnya daya. Tetapi dapat dibayangkan bahwa penyalaa lambat dapat mengakibatkan terbakar sendiri, walaupun dalam prakteknya tidak pernah terjadi. Bila penyalaan terlambat, jadi tekanan ruang diatas piston pada akhir pembakaran sudah membesar bahwa sebagian kecil dari kalor berubah menjadi tekanan. Akibatnya adalah bahwa sisa kalor dalam jumlah besar tertinggal dalam motor. Bukan hanya disebabkan oleh pembebanan thermis dari bagian, seperti katubnya menjadi terlalu panas, tetapi disebabkan oleh suhu yang tinggi akan melampaui batas terbakar sendiri.



Gambar 2.9 Pengaturan waktu penyalaan lambat

Sumber : BPM, Arend, H. Berenschot, *Motor Bakar Bensin*, Erlangga, Jakarta, 1992

2.6 Kajian Tekanan Gaya Penuh

Gaya penuh yang dihasilkan mesin pada pengujian bangku multi silinder adalah daya langsung yang dihasilkan oleh mesin, langsung disalurkan ke turbin beban alat uji.

Pada pengujian daya penuh, mesin dioperasikan pada posisi throtle terbuka penuh. Pengujian dimulai dari putaran maksimum yang dapat dicapai oleh mesin uji, selanjutnya dicatat berapa torsi pada kondisi tersebut. Rumus daya penuh :

$$P = \frac{T \times n}{1000} \quad \dots\dots\dots 2.15$$

Dimana :

P = Daya Penuh (kw)

T = Putaran penuh (rpm)

Pada kondisi pengujian (putaran maksimum dan full throtle) dilakukan penambahan brake (turbin beban) sehingga putarannya menurun, selanjutnya dicatat penurunan dan gaya tarik yang dihasilkan.

2.7 Kajian Teknis Aliran Fluida pada Mixer

Aliran fluida yang masuk kedalam ruang pembakaran adalah tergantung pada kevakuman yang dihasilkan oleh daya hisap torak yang dipengaruhi oleh rpm mesin. Jumlah volume silinder dan kekuatan materil dari piston, cincin piston, kerapatan katub dan kerapatan paking silinder.

Pada Sistem bahan bakar LPG jumlah fluida yang mengalir melewati mixer adalah jumlah udara yang masuk melalui venturi atas ditambah dengan jumlah aliran LPG yang mengalir melalui lubang-lubang LPG, sedang pada Sistem bahan bakar bensin jumlah aliran fluida yang masuk kedalam ruang bakar adalah jumlah aliran udara yang masuk melalui venturi atas mixer ditambah dengan jumlah cairan bensin yang terhisap.

Besarnya arus aliran fluida yang terjadi pada mixer dapat dihitung melalui persamaan :

$$M_1 + M_2 = M_3 \quad \dots\dots\dots 2.16$$

$$\rho_1 A_1 V_1 + \rho_2 A_2 V_2 = \rho_3 A_3 V_3$$

Dimana :

ρ_1 = Massa Jenis Udara

A_1 = Luasan Venturi Bagian Atas

V_1 = kecepatan udara pada venturi bagian atas

ρ_2 = Massa jenis Bahan bakar

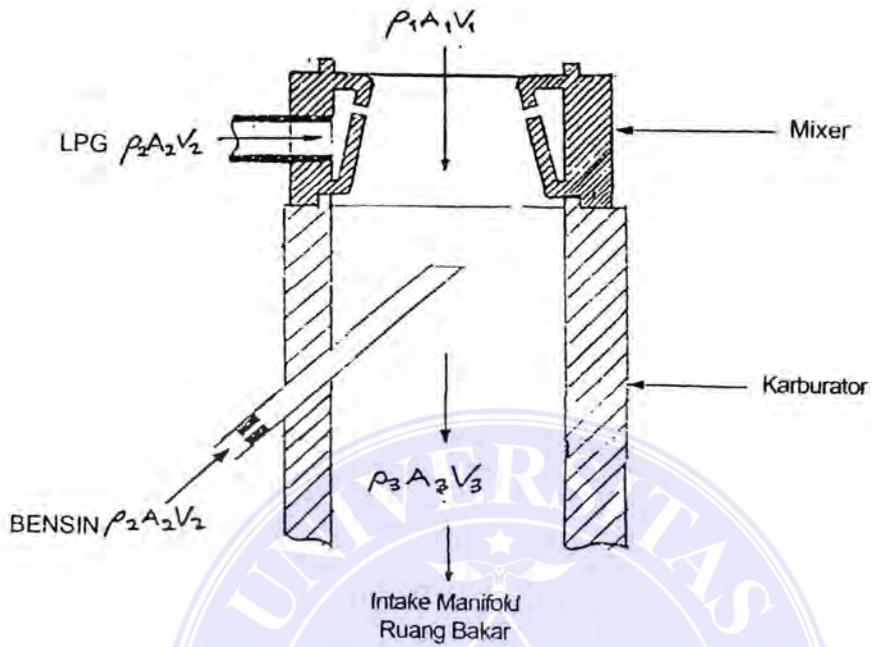
A_2 = Luasan Saluran Bahan Bakar

V_2 = Kecepatan Bahan Bakar Pada Salurannya

ρ_3 = Massa Jenis Campuran Bahan Bakar Udara

A_3 = Luasan Venturi Bagian Bawah

V_3 = kecepatan campuran Bahan Bakar Udara pada Venturi Bagian Bawah



Gambar 2.10 Aliran Fluida Mixer

BAB 3

METODE PENGUJIAN

3.1 Peralatan Uji

Dalam pengujian perbandingan emisi gas buang mesin kijang jenis MPV ini, menggunakan peralatan sebagai berikut :

1. Mesin Mobil jenis MPV

Motor uji yang digunakan adalah Mesin Mobil jenis MPV, dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a. Produksi / Tahun : Jepang /1982
- b. Jenis : Motor Bensin, empat langkah
- c. Jumlah silender : 4 (empat)
- d. Pendingin : Air
- e. Volume Pendingin : 1116 cc
- f. Diameter x langkah : 72mm x 68,55mm
- g. Perbandingan Kompresi : 9 : 1
- h. Daya Motor : 40kw / 55Hp pada 5600 rpm

2. Dinamometer

Alat uji dinamometer adalah alat pengujian statis untuk mengukur besarnya gaya tarik yang dihasilkan oleh suatu mesin tanpa melalui blok transmisi (gear Box).

Jadi torsi yang dihasilkan mesin langsung dihubungkan ke alat uji dynamometer.

Adapun spesifikasi alat uji dianamometer adalah sebagai berikut :

Produksi / tahun	: Jerman
Merk	: Carl Schenk-Hacker
Tipe	: 500 PS
Absorbing Power	: U 1-30
Maximum Revolution	: 500 rpm

Sedangkan bagian-bagiannya adalah :

- a. Pompa air
Berfungsi untuk memompa air dari bak penampungan air turbin menuju penampungan pusat.
- b. Pipa saluran air pengereman
Adalah saluran air yang berfungsi mengalirkan air dari tendon menuju turbin beban.
- c. Turbin beban
Adalah turbin yang berfungsi untuk menerima beban air sesuai dengan intensitas yang dikehendaki (proses pengereman) dan meneruskan hasil gaya tarik yang dihasilkan ke penunjuk gaya tarik
- d. Bak penampungan air turbin
Adalah tempat penampungan air saat terjadinya proses pengereman
- e. Katup control aliran air
Adanya alat untuk mengontrol aliran air pada saat pengujian dan menghentikan aliran air setelah selesai pengujian.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

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)14/9/23



f. Penunjuk putaran (Tachometer)

Adalah alat untuk mengetahui putaran mesin

g. Tuas penggerak pengereman

Adalah alat untuk menentukan besar kecilnya pengereman untuk menghasilkan gaya tarik

h. Penunjuk gaya tarik

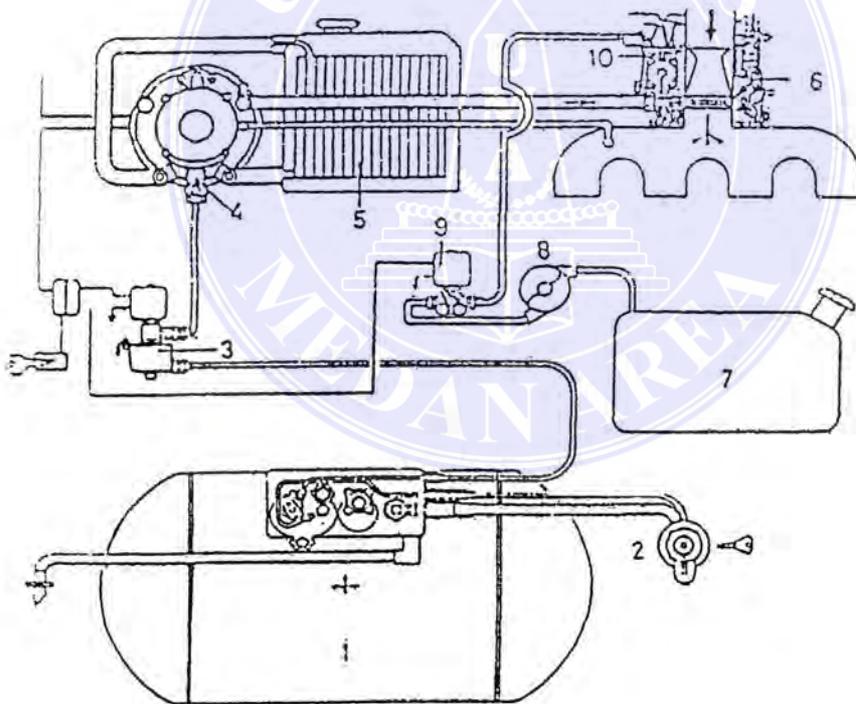
Adalah alat untuk mengetahui gaya tarik yang dihasilkan oleh putaran mesin.



Gambar 3.1 Alat Uji Dinamometer

2. Peralatan Conversion Kit

Conversion kit adalah alat tambahan untuk memfungsikan kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar LPG, tetapi meskipun telah menggunakan bahan bakar LPG dapat juga digunakan untuk bahan bakar bensin karena adanya sakelar pemilih (switch selector). Dengan demikian pada kendaraan yang telah dipasang peralatan conversion kit, system penggunaan bahan bakarnya disebut dengan system bahan bakar ganda (bifuel). Jadi kendaraan tersebut dapat menggunakan bahan bakar LPG maka sakelar pemilih bahan bakar dipilih penggunaan LPG.



Gambar 3.2 Sistem Bahan Bakar LPG / Bensin (ganda)

Keterangan gambar :

- | | | |
|----------------------|---|-------------------------|
| a. Tangki Gas LG | e. Pemanas gas (dengan air pendingin mesin) | i. Katup Penutup bensin |
| b. Katub Pengisian | f. Unit Pencampur | j. Karburator |
| c. Katub Penutup Gas | g. Tangki Bensin | |
| d. Regulator Penguap | h. Pompa Bensin | |

Prinsip kerjanya yaitu katub gas (3) dibuka, maka cairan LPG mengalir dari tangki (1) menuju katup (3) selanjutnya ke regulator penguap (4), sehingga cairan LPG berubah menjadi gas. Energi panas untuk merubah cairan LPG menjadi gas diperoleh dari system Pendinginan (5). Gas LPG dari regulator mengalir ke unit pencampur (6) yang terletak pada flens karburator, selanjutnya menuju ke karburator (10) dan selanjutnya ke ruang bakar. Pembukaan atau penutupan katup bensin dan gas diatur melalui sakelar listrik pada panel ruang kemudi, sesuai kebutuhan.

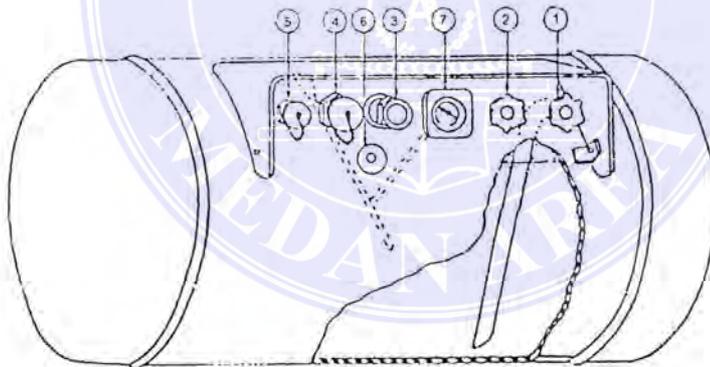
1. Tabung Bahan Bakar LPG (LPG Cylinder)

Tabung bahan bakar LPG adalah bejana tekan dengan dasar konstruksi khusus untuk menahan tekanan tinggi dan tahan terhadap korosi serta memiliki ketahanan tingkat pemuain dengan keregangan tertentu.

Fungsi tabung LPG adalah untuk menyimpan LPG dengan tekanan tertentu sehingga dapat memiliki kandungan volume gas yang besar, untuk dapat membawa dalam jumlah yang besar dalam tabung maka gas itu harus dimampatkan pada tekanan tinggi.

Spesifikasi tabung LPG :

- a. bahan tabung = chrome molybdenum steel
- b. Tekanan pengisian (filling pressure) = 16,5 Mpa pada 15⁰ C
- c. Tekanan uji (testing pressure) = 29,4 Mpa
- d. Tekanan piringan pemanas $\geq 45,0$ Mpa
- e. Perlakuan panas (heat treatment) = quensing dan tempering.
- f. Diameter tabung luar (\varnothing) = 389,2mm + 1,6mm
- g. Diamater tabung dalam (\varnothing) = 374mm
- h. Jari-jari kelengkungan atas dan bawah (R) = 300mm



Gambar 3.3 Tabung Bahan Bakar LPG

Sumber : Gaeseous Fuels For Transportasion i, Canada, 1986

2. Pelat Pengaman atau baut Pengaman (burstung Disc)

Pelat pengaman adalah baut ulir yang di dalamnya terdapat lubang aliran dari dasar baut menembus bagian sisi-sisi kepala baut, lubang baut bagian dalam ditutup logam kuningan.

Fungsinya adalah untuk mengurangi atau mengamankan tekanan berlebih secara otomatis bila tekanan tabung atau regulator melebihi tekanan yang diizinkan.

Sesifikasi pelat pengaman :

- a. Bahan pelat pengaman : Besi Tuang (cast Iron)
- b. Tekanan untuk pecah : 220 s/d 2 60 bar
- c. Temperature leleh : $\pm 1000^{\circ}\text{C}$

3. Katup Tabung LPG (Cylinder Valve)

Katup tabung adalah katub dua arah buka dan tutup, dengan arah permukaan katup berlawanan dengan jarum jam dan penutupan katup searah jarum jam.

Fungsinya adalah menghentikan suplai aliran dengan cepat, bila keadaan darurat atau saat perbaikan peralatan konversi LPG, sehingga dapat menjamin keselamatan saat perbaikan atau kondisi darurat. Bahan katup terbuat dari besi tuang atau cast iron.

4. Pipa Gas Tekanan Tinggi

Pipa gas tekanan tinggi adalah pipa berdinding kuat dan memiliki kemampuan menahan tekanan tinggi terhadap gas yang mengalir didalamnya.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

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)14/9/23

Fungsinya adalah untuk mengalirkan gas bertekanan tinggi pada saat pengisian dari katup menuju tabung LPG, serta mengalirkan gas dari tabung menuju regulator melalui solenoid. Spesifikasi pipa gas tekanan tinggi :

Panjang	:	6000mm (coils)
Diameter luar	:	≤ 6 mm
Tebal keliling	:	0,71 mm
Diameter dalam	:	4,93 mm
Luas penampang melintang	:	12,58 mm
Tekanan kerja yang diizinkan	:	27,5 Mpa
Tegangan patah	:	280 gr/mm
Berat luluh	:	180 gr
Perpanjangan (regangan)	:	25%
Bahan	:	Baja (steel) Seng (zinc)
Tekanan uji	:	70 Mpa

5. Micro Switch (saklar kecil)

Saklar kecil adalah saklar pemutus arus dalam bentuk rangkaian elektronik kecil. Fungsinya adalah untuk mematikan arus coil waktu pengisian LPG karena begitu tutup katup pengisian dibuka maka secara otomatis saklar kecil memutus arus coil sehingga mesin akan mati.

6. Katup Solenoid Tekanan Tinggi (high Pressure Solenoid)

Katup Solenoid Tekanan Tinggi adalah katup buka tutup yang operasionalnya oleh mekanisme kemagnetan dari arus listrik.

Fungsinya untuk menghentikan suplai LPG saat operasional bensin yang secara otomatis katup akan menutup begitu sebaliknya dengan operasional LPG katup solenoid akan membuka.

Sesifikasi Katup solenoid tekanan tinggi :

Tekanan uji	= 300 bar
Tekanan kerja max	= 220 Bar
Tegangan Listrik	= 12 Volt, 16 Watt

7. Katup Solenoid Bensin (Petrol Solenoid Valve)

Katub Solenoid bensin adalah katup buka tutup yang operasionalnya digerakkan oleh mekanisme kemagnetan listrik

Fungsinya adalah untuk menghentikan dan mengalirkan bensin ke karburator, ketika mesin dioperasikan dengan bahan bakar bensin katup akan membuka, begitu sebaliknya dengan operasional LPG katup akan menutup.

Spesifikasi katup solenoid bensin sebagai berikut :

Kecepatan aliran	= 2,5 ÷ 11 cm/det
Tegangan listrik	= 12 volt , 9 watt

Penempatan katup solenoid bensin yaitu dipasang pada pinggiran besi di bodi

kendaraan dekat posisi pompa bensin.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

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)14/9/23

8. Pengatur Tekanan LPG (Regulator)

Pengatur tekanan adalah alat yang dirancang sedemikian rupa hingga dapat menurunkan tekanan sesuai dengan yang dikehendaki mesin.

Fungsinya adalah untuk menurunkan tekanan LPG dari tabung bertekanan 8 Bar menjadi 1 – 1,5 Bar pada mixer dan karburator.

Sesifikasi Pengatur Tekanan :

Tekanan masuk	= 8 Bar
Tekanan keluar	= 0,8 – 1,5 Bar
Bahan bodi	= Galsi (Galvanized steel and iron)
Aliran gas	= 800 ft ³ /hr

9. Pengalir Gas Tekanan Rendah (Low Pressure Gas Delevery)

Pengalir gas tekanan rendah adalah pipa lentur yang terbuat dari bahan kedap terhadap LPG sampai temperature 100⁰ C, pada kanan luar dilepasi kawat jala pelindung panas dan goresan.

Fungsinya untuk mengalirkan gas yang memiliki tekanan rendah dari saluran keluar regulator menuju mixer melewati katu daya.

10. Katup Daya (Power Valve)

Katup daya adalah suatu katup berbentuk baut berulir yang mengatur jumlah pasokan LPG yang mengalir ke mixer.

Fungsinya adalah mengatur aliran gas pada mixer untuk dicampur dengan udara, pada waktu katup daya disesuaikan dengan penyetelan tekanan tinggi sehingga pasokan gas seimbang dan menghasilkan daya yang baik. Dengan demikian penyetelan katup daya yang cocok adalah putaran mesin tidak tertahan atau tersendat-sendat.

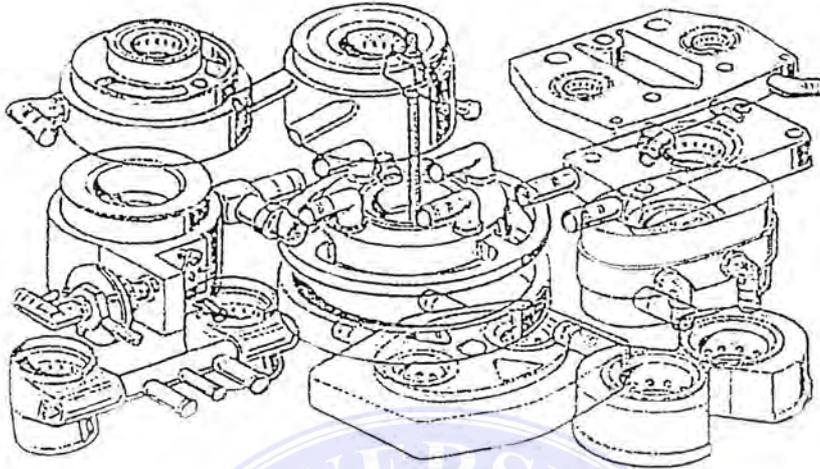
11. Mixer

Mixer adalah alat yang berfungsi untuk mencampur bahan bakar LPG dan udara sebelum masuk ke intake manifold dan menuju ke ruang bakar. Letak mixer adalah di atas karburator dan di bawah filter udara.

Dalam pengujian dipergunakan dua buah mixer yaitu :

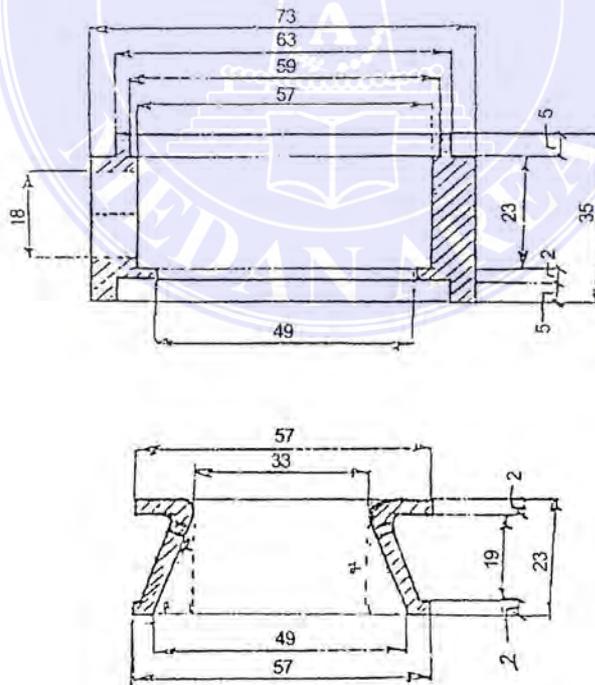
- a. Mixer standard dengan sudut pancar 70°
- b. Mixer modifikasi dengan sudut pancar 73°

Sudut pancar mixer menentukan kualitas campuran bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar, selanjutnya menentukan besarnya daya yang dihasilkan pada tiap-tiap putaran mesin.



Gambar 3.4 Penampang mixer

Sumber : Landi Renzo Spa., Catalogo Miscelatori, Italia, 1992

Gambar 3.5 Potongan Mixer 70⁰

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

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)14/9/23

3.2 Prosedur Pengujian

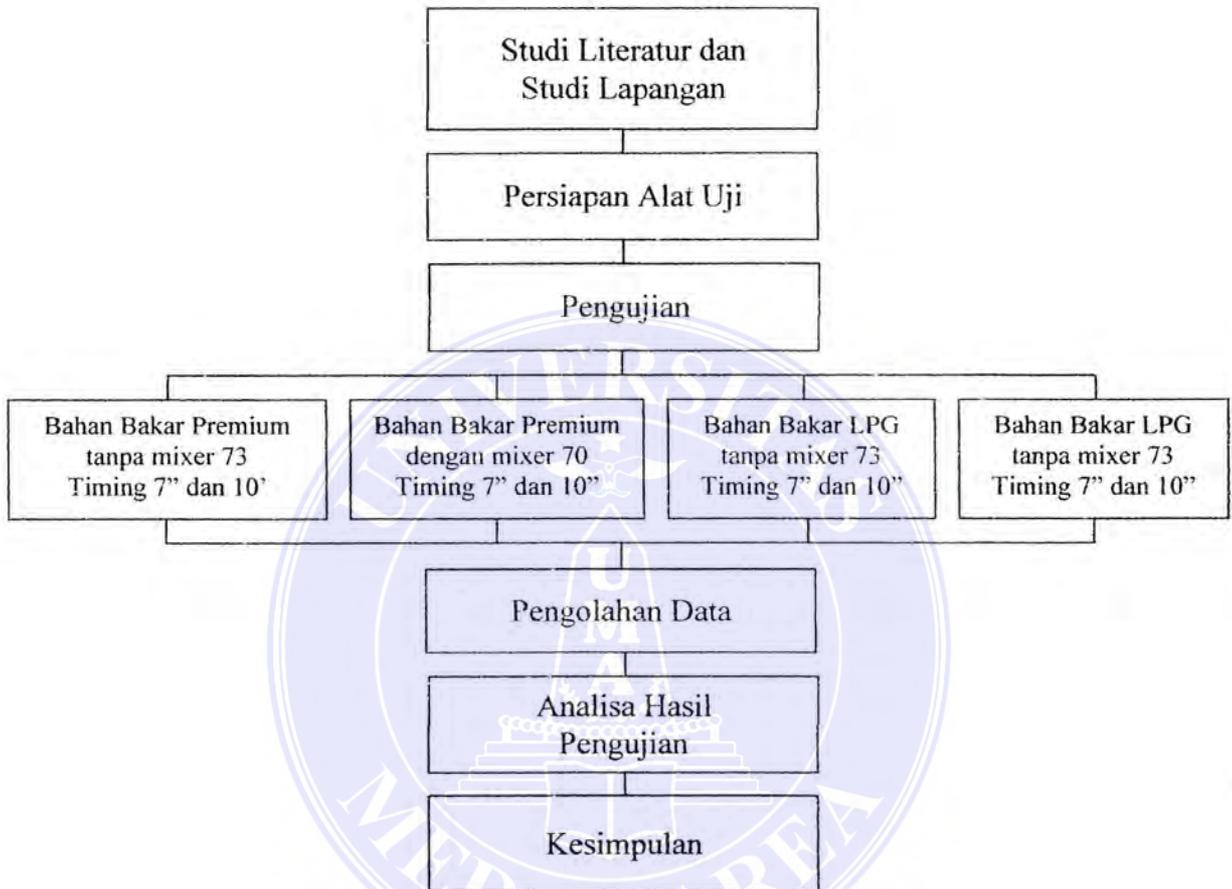
Pengujian dynamometer dilakukan untuk mengetahui emisi gas buang yang dihasilkan mesin pada tiap-tiap putaran mesin pada suatu kondisi tertentu, dalam hal ini dimaksudkan adalah pada tiap-tiap timing penyalaan sesuai dengan kemampuan mesin.

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Sudut pengapian motor uji diset sesuai dengan spesifikasi standart pabrik, dengan menggungkan timing light atau lampu test pen.
- b. Motor uji dihidupkan sampai kondisi steady (tidak ada gejala brebet), dan dibiarkan pada putaran 1000 rpm sampai tercapai suhu kerja motor tersebut, sebagai parameternya adalah suhu air pendinginan yang keluar mencapai sekitar $70^{\circ} \pm 5^{\circ}$ dan suhu oli mencapai $80^{\circ} \pm 10^{\circ}$ C.
- c. Katup saluran air dibuka sehingga air mengalir dari penampungna pusat menuju turbin beban dan kemudian ke bak penampungan air turbin.
- d. Pompa dihidupkan untuk mencegah meluapnya air turbin di bak penampungan air turbin.
- e. Setelah suhu kerja tercapai, throutle (bukaan katup gas) dibuka penuh sampai tercapai putaran maksimum yang dapat dicapai mesin. Kemudian tuas beban diatur sedemikian rupa sehingga putaran mesin sesuai yang dikehendaki, mulai dari 3500 – 1000 rpm.

- f. Jarum penunjuk pada meter torsi akan bergerak searah jarum jam sesuai dengan gaya tarik yang dihasilkan oleh mesin, selanjutnya dicatat pada tiap-tiap putaran mesin yang diinginkan.
- g. Setelah dicatat tiap perubahan rpm, selanjutnya mesin dimatikan (dalam posisi diam) untuk memberi kesempatan pada mesin untuk suhu aor pendingin dan oli mesin. Kemudian mesin diset ulang sesuai timing yang diinginkan. Selanjutnya dilakukan pengulangan prosedur seperti di atas.
- h. Mesin dalam keadaan normal dan standard berbahan bakar Premium dan masih belum terpasang Mixer LPG dan masih mesin dalam keadaan normal dan telah terpasang mixer LPG. Pengambilan data emisi gas buang pada kondisi tersebut, tekan tombol print out pada saat putaran mesin (Rpm) mencapai 1000 Rpm, 1500 Rpm, 2000 Rpm, 3000 Rpm dan 3500 Rpm.
- i. Dengan demikian telah didapatkan data pengujian dengan satu kondisi yaitu mesin dengan bahan bakar bensin tanpa mixer, kemudian dilakukan pengujian ulang dengan kondisi mesin berbahan bakar bensin dengan menggunakan mixer standart dan modifikasi serta mesin berbahan bakar LPG menggunakan mixer standart dan modifikasi.

3.3 Diagram Penelitian



Gambar 3.6 Diagram alir penelitian

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari uraian sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- I. Bahwa pemakaian bahan bakar Gas LPG dengan nilai oktan 104 lebih tinggi dari nilai oktan premium 88 menghasilkan emisi gas buang yang baik bila dilihat dari tiap-tiap perubahan rpm dan timing artinya hasil emisi gas buangnya jauh lebih rendah yang menggunakan bahan bakar gas LPG sehingga dapat dikatakan bahwa emisi gas buang yang dihasilkan dari mesin berbahan bakar gas LPG jauh lebih bagus hal ini dapat dijelaskan, yaitu :
 - a. Dari data-data tabel hasil pengujian dinamometer menunjukkan grafik dari emisi gas buang yang dihasilkan dari mesin bahan bakar gas LPG dengan mixer 70 bersudut timing 10° BTDC menghasilkan gas CO yang lebih baik. Sedangkan kandungan CO₂ juga pada mixer 70 dan timing 10 BTDC menunjukkan hasil gas emisi buang (gas CO₂) lebih baik jika dibandingkan dengan nilai rata-rata gas CO₂ (12 – 15%) dalam keadaan mesin normal dan standard.
 - b. Kandungan emisi gas buang yang dihasilkan pada mixer 70 dan timing 10° BTDC menunjukkan bahwa kandungan gas He masih berada dan tidak terlampaui jauh dari batas normal gas He max 300 ppm.

- c. Kandungan emisi gas buang yang dihasilkan pada mixer 70 dan timing 10^o BTDC menunjukkan bahwa kandungan gas O₂ masih berada di dalam nilai batas normal gas O₂ (0,5 – 2%)
2. Bahwa untuk mesin yang menggunakan bahan bakar gas LPG dengan mixer 70 dan penyetelan sudut waktu penyalaan 10^o BTDC, emisi gas buang yang dihasilkan lebih baik artinya masih berada pada batas normal. Sedangkan antara mesin yang menggunakan bahan LPG dengan yang menggunakan bahan bakar premium (dilengkapi dengan mixer LPG) sama-sama pada saat waktu penyalaan 10 BTDC, ternyata emisi gas buangnya jauh lebih rendah yang menggunakan bahan LPG, sehingga dapat dikatakan bahwa emisi gas buang yang dihasilkan dari mesin berbahan bakar gas LPG jauh lebih baik.

5.2 Saran

Selanjutnya penulis menyarankan dari apa yang didapat dari hasil pengujian ini, antara lain :

1. Agar menggunakan mixer Gas LPG yang sesuai dengan type mesin yang digunakan supaya menghasilkan emisi gas buang yang baik sesuai dengan peraturan yang diterapkan.
2. Menyetel waktu penyalaan yang sesuai agar menghasilkan proses pembakaran yang lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

1. A.M Saleh, 1984., *Teknik Mobil*, Bharata Karya, Jakarta
2. A.R. Rogowski,1981., **Element of Internal Combustion Engines**, Tata Mc. Graw Hill Publishing Company Ltd. New Delhi
3. BPM. Arent H. Berenschot, 1992. *Motor Bensin*, Penerbit Erlangga, Jakarta
4. Daryanto. 1985, *Motor Bakar Untuk Mobil*, PT. Bina Aksara, Jakarta
5. _____ 1985, *Dasar-Dasar Auto Mobil*, PT. Toyota Astra Motor
6. John M. Campbell,1980., *Gas Conditioning and Processing*, Volume I, The Basic Principles, Campbell Petroleum Series
7. Standard Spesifikasi BBG Untuk Kendaraan Bermotor di Indonesia, LEMIGAS, Jakarta
8. Wiranto Aris Munandar,1985 *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, ITB Bandung

DAFTAR PUSTAKA

1. A.M Saleh, 1984., *Teknik Mobil*, Bharata Karya, Jakarta
2. A.R. Rogowski,1981., **Element of Internal Combustion Engines**, Tata Mc. Graw Hill Publishing Company Ltd, New Delhi
3. BPM. Arent H. Berenschot, 1992, *Motor Bensin*, Penerbit Erlangga, Jakarta
4. Daryanto, 1985, *Motor Bakar Untuk Mobil*, PT. Bina Aksara, Jakarta
5. _____ 1985, *Dasar-Dasar Auto Mobil*, PT. Toyota Astra Motor
6. John M. Campbell,1980., *Gas Conditionioing and Processing*, Volume I, The Basic Principles, Campbell Petrolum Series
7. Standard Spesifikasi BBG Untuk Kendaraan Bermotor di Indonesia, LEMIGAS, Jakarta
8. Wiranto Aris Munandar,1985 *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, ITB Bandung