

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Motor Bakar

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang banyak dipakai saat ini, menggunakan energi panas untuk melakukan kerja mekanis atau mengubah tenaga panas menjadi tenaga mekanis. Energi atau tenaga panas tersebut diperoleh dari hasil pembakaran. Ditinjau dari cara memperoleh tenaga panas, mesin kalor dapat dibedakan menjadi dua yaitu mesin dengan pembakaran dalam dan mesin dengan pembakaran luar. Mesin pembakaran dalam adalah mesin yang melakukan proses pembakaran bahan bakar di dalam dan gas pembakaran yang terjadi berfungsi sebagai fluida kerja. Mesin pembakaran dalam umumnya disebut motor bakar, adalah mesin kalor yang menggunakan gas panas hasil pembakaran bahan bakar di dalam untuk melakukan kerja mekanis. Mesin pembakaran luar adalah proses pembakaran bahan bakar terjadi di luar mesin dan energi panas dari gas pembakaran dipindahkan ke fluida melalui beberapa dinding pemisah, misal ketel uap.

2.2 Proses Pembakaran Motor Bensin 4 Langkah

Proses pembakaran pada motor bensin 4 langkah adalah suatu keadaan gas di dalam silinder motor dimulai dari pemasukan campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder dan diakhiri dengan pembuangan gas hasil pembakaran. Di dalam silinder hasil pembakaran yang berupa panas diubah

menjadi usaha desak di atas penghisap. Oleh karena volume dan tekanan di dalam silinder besarnya tidak sama, maka keadaan di dalam silinder itu dapat dilukiskan dalam bentuk diagram P-V. Diagram P-V yaitu garis-garis yang melukiskan hubungan antara tekanan dan volume gas dengan segala perubahannya.

2.2.1 Diagram P-V Teoritis Motor Bensin 4 Langkah

0 – a : Garis Hisap

Torak bergerak ke kanan untuk langkah isap. Pada kecepatan pengisap tertentu, garis akan berada di bawah garis atm.

a – b : Garis Kompresi

Volume gas dimampatkan pada waktu torak bergerak ke sisi tutup. Tekanan naik hingga mencapai 7 atm sebelum titik mati atas (TMA) busi memercikan bunga api.

b – c : Garis Pembakaran

Pembakaran terjadi dengan cepat sekali, suhu gas naik, sedangkan dalam waktu yang sangat cepat volume gas hanya berubah sedikit. Tekanan meningkat maksimum 18 atm.

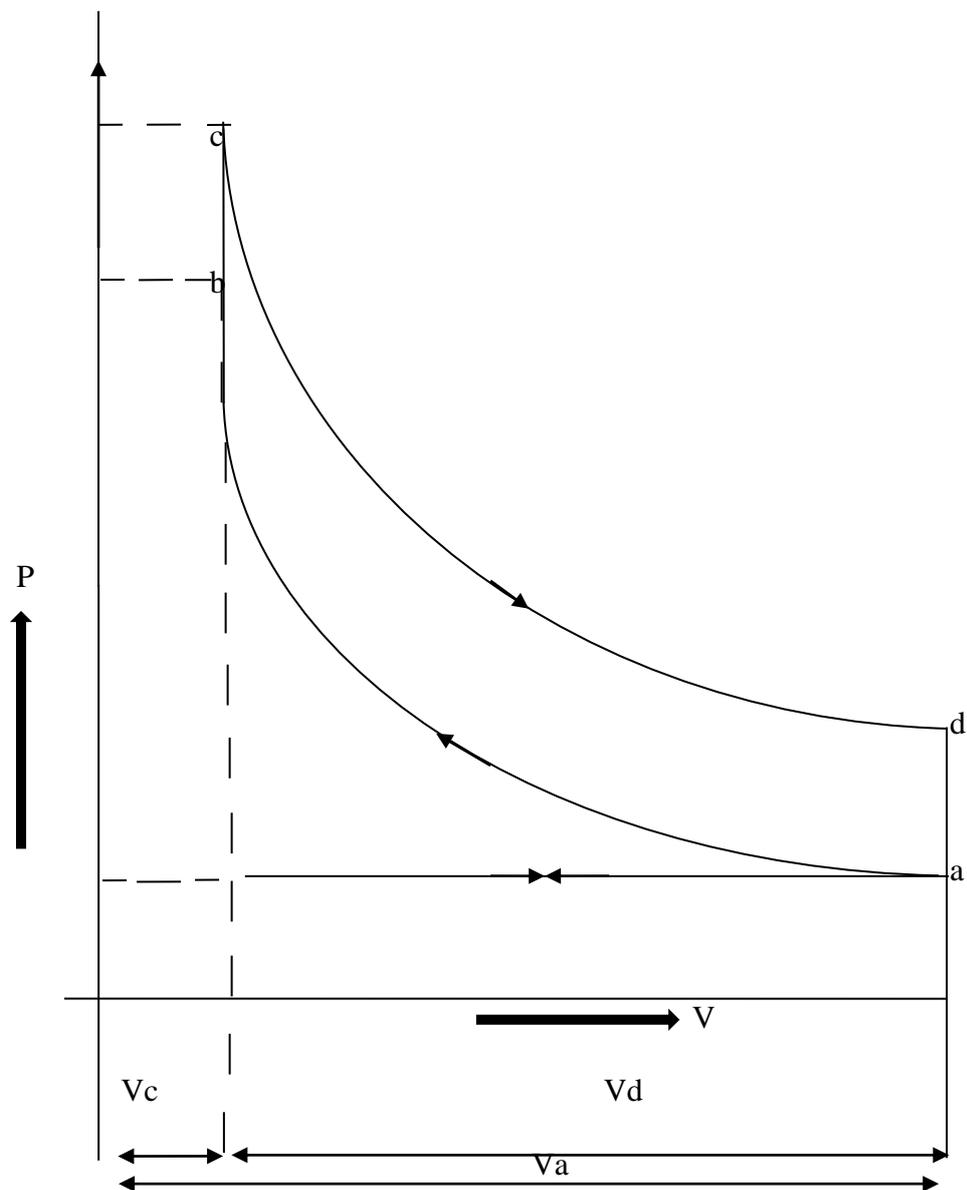
c – d : Garis Usaha atau Garis Ekspansi

Selama ini gas pembakaran mendesak torak sehingga volume gas tersebut membesar maka tekanan akan turun.

d – a : Pembuangan Pendahuluan

Tekanan turun sesuai dengan tekanan atmosfer, sedangkan besar gas pembakaran (70 %) telah dikeluarkan.

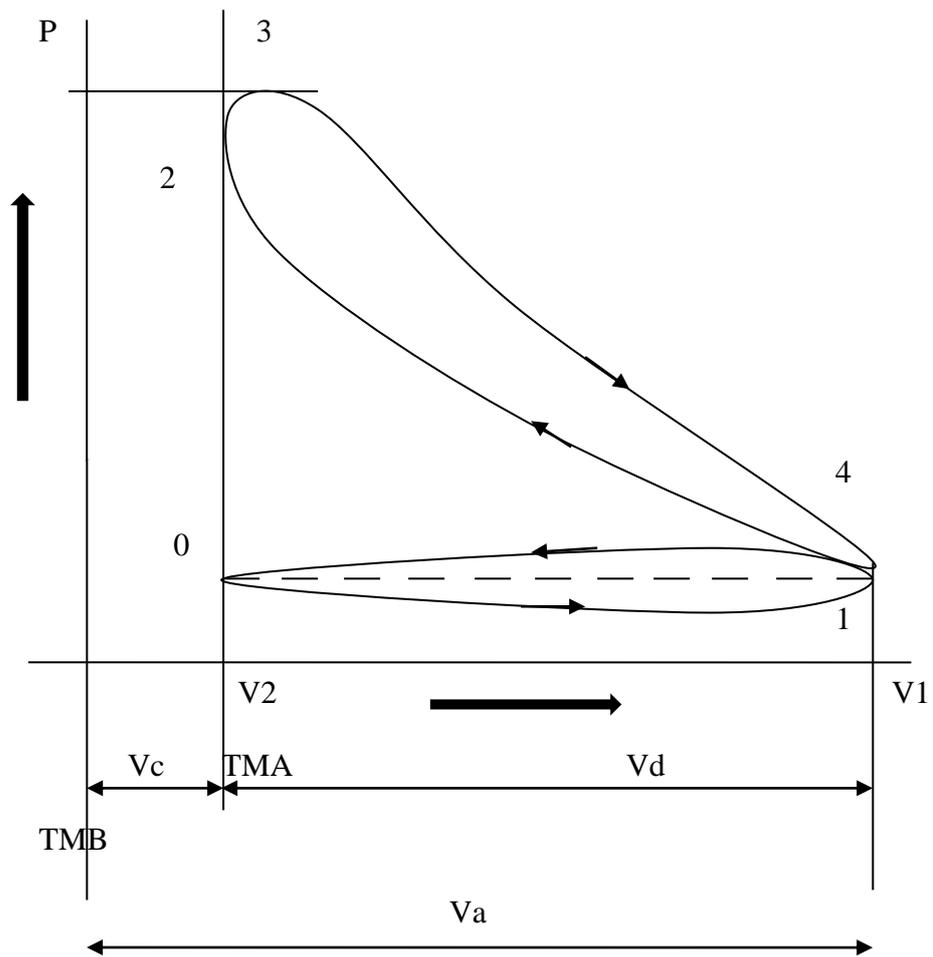
Diagram P-V teoritis pada proses pembakaran bahan bakar motor bensin 4 langkah adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1. Diagram P-V Teoritis Motor Bensin 4 Langkah

Diagram P-V Sebenarnya Motor Bensin 4 Langkah

Proses ini sering disebut proses *otto* yaitu proses yang terdapat pada motor bensin 4 langkah, di mana pembakarannya menggunakan busi dan proses pembakaran terjadi dengan volume tetap.



Gambar 2.2. Diagram P-V Sebenarnya Motor Bensin 4 Langkah

Keterangan:

V_c : Volume sisa atau volume ruang bakar

V_d : Volume langkah torak

V_a : Volume total atau volume silinder

0 – 1 : Langkah hisap

Pada waktu torak bergerak ke kanan, udara bercampur dengan bahan bakar masuk ke dalam silinder. Karena torak dalam keadaan bergerak, maka tekanannya turun sehingga lebih kecil dari tekanan udara luar, begitu juga suhunya.

1 – 2 : Langkah kompresi

Dalam proses ini kompresi teoritis berjalan adiabatik.

2 – 3 : Proses Pembakaran

Pembakaran terjadi pada volume tetap sehingga suhu naik.

3 – 4 : Langkah Kerja

Pada langkah ini terjadi proses adiabatik karena cepatnya gerak torak sehingga dianggap tidak ada panas yang keluar maupun masuk.

4 – 1 : Pembuangan Pendahuluan

Terjadi proses isokhorik yaitu panas keluar dari katup pembuangan.

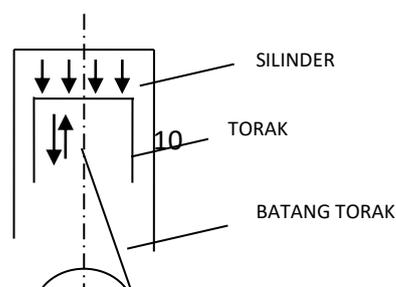
1 – 0 : Langkah Pembuangan

Sisa gas pembakaran didesak keluar oleh torak. Karena kecepatan gerak torak, terjadilah kenaikan tekanan sedikit di atas 1 atm.

perbandingan kompresi yaitu perbandingan antaran volume silinder dan volume ruang bakar pada saat piston berada di TMA dan di TMB

$$CR = 1 + \frac{V_d}{V_c}$$

2.3 Prinsip kerja motor bensin empat langkah



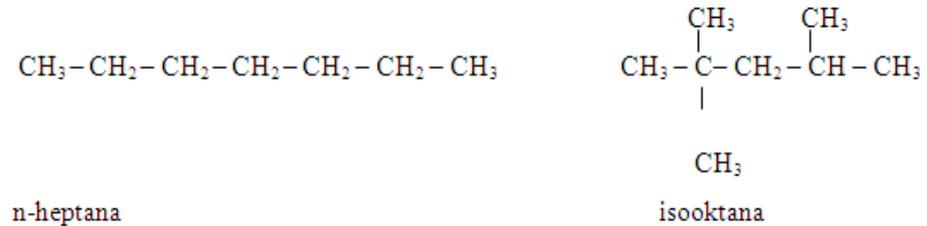
Gambar 2.3. Mekanisme Torak

Prinsip kerja motor bensin secara garis besar, dapat dijelaskan yaitu bahan bakar yang berupa campuran bensin dan udara dibakar untuk memperoleh tenaga panas yang selanjutnya digunakan untuk melakukan kerja mekanis. Campuran antara bensin dan udara dihisap ke dalam silinder selanjutnya dikompresi oleh torak yang berakibat timbulnya panas dan tekanan yang besar pada gas tersebut. Campuran bensin dan udara yang telah dikompresi selanjutnya terbakar di ruang pembakaran.

Hasil dari pembakaran tersebut akan menghasilkan tekanan yang sangat tinggi sehingga mendorong torak ke bawah. Daya yang berasal dari torak tersebut diteruskan ke batang torak (*connecting rod*) dan diubah oleh poros engkol menjadi kerja mekanik, Sedangkan gas sisa hasil pembakaran akan dibuang keluar silinder.

Bahan bakar bensin merupakan campuran senyawa hidrokarbon dengan sedikit zat lain parafin, naften dan aromatik. Premium mempunyai kisaran titik didih 40-200°C, yang beredar di pasaran didapatkan dari campuran berbagai jenis senyawa yang diolah dengan prosesproses tertentu. Oleh karena itu maka BBM yang keluar dari kilang minyak tidak bisa

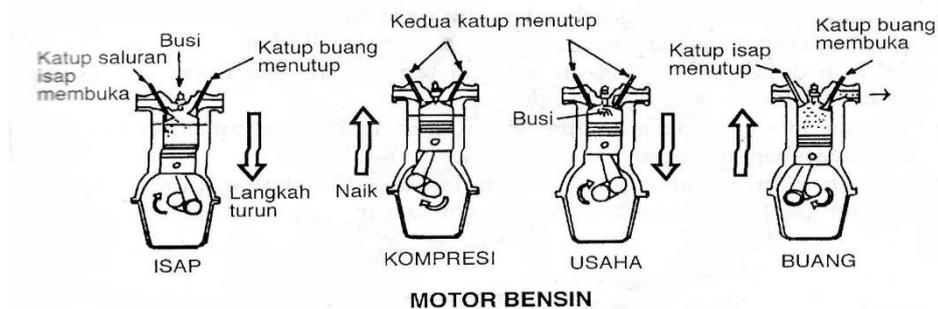
langsung dikonsumsi tetapi harus mempunyai karakteristik yang sesuai dengan kondisi operasi mesin. Gambar di bawah ini merupakan rumus molekul kedua senyawa tersebut.



Gambar 2.4 n-heptana dan isooktana

2.3.1 Motor Bensin 4 Langkah

Motor Bensin 4 Langkah adalah motor bensin yang setiap siklus kerjanya dalam 4 langkah torak atau 2 kali putaran poros. Adapun rangkaian proses dan dari motor 4 langkah adalah sebagai berikut :



Gambar 2.5. Proses Kerja Motor Bensin 4 Langkah

1) Langkah Pengisian

Pada langkah ini torak bergerak dari titik mati atas ke titik mati bawah, dan katub isap terbuka, selanjutnya

campuran premium dan udara terhisap masuk ke dalam silinder..

2) Langkah Kompresi

Pada langkah ini torak bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas dan kedua katub tertutup.

3) Proses Pembakaran

Pada langkah ini sebelum torak mencapai titik mati atas, busi memercikkan bunga api dan membakar campuran bensin dan udara. Akibatnya temperatur dan tekanan gas pembakaran dalam silinder meningkat.

3) Langkah Ekspansi

Pada langkah ini torak bergerak dari titik mati atas ke titik mati bawah. Tekanan yang tinggi hasil pembakaran digunakan untuk mendorong torak ke bawah dan memutar poros engkol untuk melakukan kerja mekanik.

4) Langkah Pembuangan

Pada langkah ini torak bergerak dari titik mati bawah ke titik mati atas. Gas hasil pembakaran dibuang keluar silinder melalui katup buang.

Sifat-sifat motor bensin 4 langkah :

- a. Dalam 4 langkah torak terdapat 1 langkah ekspansi.
- b. Pemakaian bahan bakar lebih hemat dan kerugian dari gas-gas yang terbuang kecil sekali.

- c. Konstruksinya lebih rumit dan biaya pembuatan lebih mahal.
- d. Dengan ukuran piston dan putaran yang sama menghasilkan daya yang lebih kecil.
- e. Pembuangan gas lebih sempurna.

Sedangkan bahan bakar gas memiliki komposisi gas yaitu campuran propane (C_3H_8), iso-butana dan normal-butana (C_4H_{10}). Yang mempunyai titik didih sangat rendah propane $-42.1\text{ }^\circ\text{C}$ dan butane $-6\text{ }^\circ\text{C}$ pada tekanan 1 atm sehingga LPG mempunyai titik didih sekitar $-30\text{ }^\circ\text{C}$ sampai $-10\text{ }^\circ\text{C}$ tergantung komposisi campurannya.

2.4 Bahan bakar

Bahan bakar adalah suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran (reaksi redoks) di mana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen di udara. Proses lain untuk melepaskan energi dari bahan bakar adalah melalui reaksi eksotermal dan reaksi nuklir (seperti Fisi nuklir atau Fusi nuklir). Hidrokarbon (termasuk di dalamnya

bensin dan solar) sejauh ini merupakan jenis bahan bakar yang paling sering digunakan manusia. Bahan bakar lainnya yang bisa dipakai adalah logam radioaktif. Berikut jenis-jenis bahan bakar :

Berdasarkan bentuk dan wujudnya

A. Bahan bakar padat

Bahan bakar padat merupakan bahan bakar berbentuk padat, dan kebanyakan menjadi sumber energi panas. Misalnya kayu dan batubara. Energi panas yang dihasilkan bisa digunakan untuk memanaskan air menjadi uap untuk menggerakkan peralatan dan menyediakan energi.

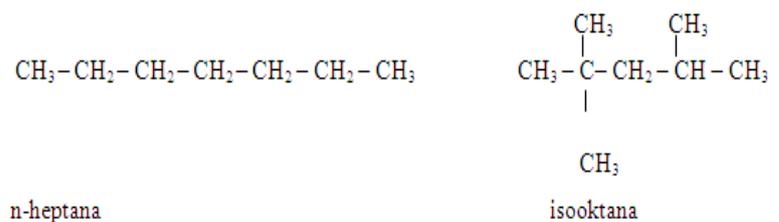
B. Bahan bakar cair

Bahan bakar cair adalah bahan bakar yang strukturnya tidak rapat, jika dibandingkan dengan bahan bakar padat molekulnya dapat bergerak bebas. Bensin/gasolin/premium, minyak solar, minyak tanah adalah contoh bahan bakar cair. Bahan bakar cair yang biasa dipakai dalam industri, transportasi maupun rumah tangga adalah fraksi minyak bumi. Minyak bumi adalah campuran berbagai hidrokarbon yang termasuk dalam kelompok senyawa: parafin, naphtena, olefin, dan aromatik. Kelompok senyawa ini berbeda dari yang lain dalam kandungan hidrogennya. Minyak mentah, jika disuling akan menghasilkan beberapa macam fraksi, seperti: bensin atau premium, kerosen atau minyak tanah, minyak solar, minyak bakar, dan lain-lain. Setiap minyak petroleum mentah mengandung keempat kelompok senyawa tersebut, tetapi perbandingannya berbeda. Spesifikasi bahan bakar adalah sebagai berikut:

a) Bahan bakar bensin

Bahan bakar bensin merupakan campuran senyawa hidrokarbon dengan sedikit zat lain parafin, naften dan aromatik.

Premium mempunyai kisaran titik didih 40-200°C, yang beredar di pasaran didapatkan dari campuran berbagai jenis senyawa yang diolah dengan proses-proses tertentu. Oleh karena itu maka BBM yang keluar dari kilang minyak tidak bisa langsung dikonsumsi tetapi harus mempunyai karakteristik yang sesuai dengan kondisi operasi mesin. Gambar di bawah ini merupakan rumus molekul kedua senyawa tersebut.



Gambar 2.6 n-heptana dan isooktana

Secara sederhana, bensin tersusun dari hidrokarbon rantai lurus, mulai dari C₇ (heptana) sampai dengan C₁₁. Jika bensin dibakar pada kondisi ideal dengan oksigen berlimpah, maka akan dihasilkan CO₂, H₂O, dan energi panas. Setiap kg bensin mengandung 42.4 MJ sedangkan kepadatan energi bensin 31,8 MJ/L

C. Bahan bakar LPG

LPG Merupakan bahan bakar berupa gas yang di cairkan (*Liquified Petroleum Gasses*) merupakan produk minyak bumi yang di peroleh dari proses distalasi bertekanan tinggi. Fraksi yang digunakan sebagai umpan dapat berasal dari beberapa sumber yaitu dari gas alam maupun gas hasil dari pengolahan

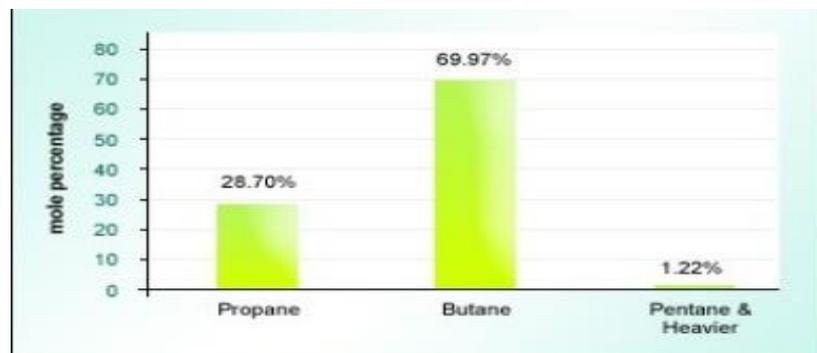
minyak bumi (*Light end*). Komponen utama LPG terdiri dari Hidrokarbon ringan berupa Propana (C_3H_8) dan Butana (C_4H_{10}), serta sejumlah kecil Etana (C_2H_6). Setiap kg LPG mengandung 46,1 MJ sedangkan kepadatan energi per unit volume 26 MJ / L. Tekanan dalam tabung gas LPG yaitu 8 bar (Detik.com, tanggal 18 Juni 2013)

Tabel 2.1 Komposisi gas alam

komponen	Berat Molekul	Titik didih ($^{\circ}F$)	SPGR	Panas Pembakaran
CH_4	16,0400	-258,7000	0,3000	911
C_2H_6	30,0700	-127,5000	0,3600	1631
C_3H_8	44,0900	-43,7000	0,5100	2353
I- C_4H_{10}	58,1200	10,9000	0,5600	3094
N- C_4H_{10}	58,1200	31,1000	0,5800	3101
I- C_5H_{12}	17,1500	82,1000	0,6200	3698
N- C_5H_{12}	17,1500	96,9000	0,6300	3709
C_{6+}	86,1700	155,7000	0,6600	4404

Komposisi dari LPG

Komponen utama LPG terdiri dari Hidrokarbon ringan berupa propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}), serta sejumlah kecil Etana (C_2H_6) dan Petana (C_5H_{12}).



Gambar 2.7 Komposisi dari LPG

Sesuai dengan penggunaannya sebagai bahan bakar LPG dibedakan atas:

- a) LPG Mix Adalah campuran propare dan butana dengan komposisi antara 70-80% dan 20-30% volume dan diberi odorant (Mercaptant) dan umumnya digunakan untuk bahan bakar rumah tangga.
- b) LPG propane dan LPG butana Adalah LPG yang masing-masing mengandung propane 95% dan butana 97,5% volume dan diberi odorant (*mercaptant*), umumnya digunakan untuk keperluan industri.

Sifat utama LPG adalah sebagai berikut:

- a) Cairan dan gasnya sangat mudah terbakar.
- b) Gas tidak beracun, tidak berwarna dan biasanya berbau menyengat.
- c) Gas dikirirkan sebagai cairan yang bertekanan di dalam tangki atau silinder.
- d) Cairan dapat menguap jika dilepas dan menyebar dengan cepat.
- e) Gas ini lebih berat dibanding udara sehingga akan banyak menempati daerah yang rendah.

Cara pembuatan LPG adalah sebagai berikut:

- a) Minyak bumi atau minyak mentah sebelum masuk kedalam fraksinasi (kolom pemisah) terlebih dahulu dipanaskan dalam aliran pipa dalam *furnace* (tanur) sampai dengan suhu $\pm 350^{\circ}\text{C}$. Minyak mentah yang sudah dipanaskan tersebut kemudian masuk kedalam kolom fraksinasi. Untuk menjaga

suhu dan tekanan dalam kolom maka dibantu pemanasan dengan steam (uap air panas dan bertekanan tinggi).

- b) Karena perbedaan titik didih setiap komponen hidrokarbon maka komponen-komponen tersebut akan terpisah dengan sendirinya, dimana hidrokarbon ringan akan berada dibagian atas kolom diikuti dengan fraksi yang lebih berat dibawahnya. Pada *tray* (sekat dalam kolom) komponen itu akan terkumpul sesuai dengan fraksinya masing-masing.
- c) Pada setiap tingkatan atau fraksi yang terkumpul kemudian dipompakan keluar kolom, didinginkan dalam bak pendingin, lalu ditampung dalam tangki produknya masing-masing. Produk ini belum bisa langsung dipakai, karena masih harus ditambahkan aditif (zat penambah) agar dapat memenuhi spesifikasi atau persyaratan atau baku mutu yang ditentukan oleh Dirjen Migas RI untuk masing-masing produk tersebut.

2.5 Alat Ukur

A. Tachometer

Tachometer adalah suatu alat yang mengukur putaran poros engkol (*engine crankshaft*). Satuan yang digunakan adalah putaran per menit (*Revolutions Per Minute, RPM*). Mekanik menggunakan tachometer untuk menyetel putaran terendah engine (*engine idle speed*), kadang disebut putaran stasioner atau lambat, yaitu berkisar antara 1000-2000 RPM,.

Tachometer dapat mengetahui putaran engine dan menjaga agar tidak melampaui putaran yang diizinkan (*redline*). Untuk engine sepeda motor mempunyai batas putaran 12000 RPM. Putaran tinggi biasanya terjadi saat kendaraan dipacu, atau saat menurunkan kecepatan dengan menggunakan kompresi (*engine brake*).

Apabila putaran engine maximal terlampaui, akan menyebabkan keausan yang lebih cepat pada komponen-komponen engine, bahkan dapat menyebabkan engine macet (*engine jam*). Beberapa hal yang menentukan batas putaran maximal engine antara lain: kemampuan sistem lubrikasi engine, berat komponen, keseimbangan komponen, susunan komponen, dll. Engine sepeda motor mempunyai batas putaran yang sangat tinggi karena berat komponen yang lebih ringan, terutama pada komponen yang bergerak bolak balik (*resiprok*) seperti piston, stang piston (*connecting rod*), katup, dll.

Transmisi pada kendaraan berfungsi untuk menyesuaikan putaran dan momen puntir (*torsi*) yang dihasilkan engine agar sesuai untuk kecepatan kendaraan dan beban kendaraan pada suatu kondisi tertentu.



Gambar 2.8 Tachometer

B. Dynamometer

Dynamometer merupakan sebuah alat yang di gunakan untuk mengukur tenaga atau daya yang dikeluarkan atau dihasilkan dari suatu mesin kendaraan bermotor. *Dynamometer* atau *dyno test* juga digunakan untuk mengukur putaran mesin atau Rpm dan torsi dimana tenaga atau daya yang dihasilkan dari suatu mesin.



Gambar 2.9 *Dynamometer*

Daya indikator (N_i) yaitu istilah yang digunakan untuk menunjukkan tenaga mesin yang dihasilkan didalam sebuah mesin, dimana langkah awal perubahan energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar ke dalam energi mekanik.

$$N_i = \frac{P_i \times L \times A \times I \times n}{33000 \times 12 \times Z} \text{ HP}$$

Daya efektif (N_e) yaitu daya yang keluar dari poros mesin atau daya poros yang digunakan untuk menggerakan beban. Daya poros dibangkitkan daya indikator yang merupakan tenaga gas hasil pembakaran yang menggerakan torak dimana sebagian sebagian tenaga dibutuhkan mengatasi gesekan gesekan mekanik akibat adanya beban, sehingga daya poros akan lebih kecil.

$$N_e = \frac{P_e \times L \times A \times i \times n}{33000 \times 12 \times Z} \text{ HP}$$

Keterangan:

Pi : Tekanan rata-rata Indikator (Psi)

Pe : Tekanan efektif rata-rata (Psi)

L : Panjang langkah torak (in)

A : Luas penampang silinder (in²)

I : Jumlah silinder

N : Jumlah putaran mesin (RPM)

Z : Indeks siklus (4 tak Z= 2)

Langkah kerja *dyno test* adalah sebagai berikut:

- 1) Siapkan kendaraan yang akan diuji dan naikkan kendaraan pada *dynotest*.
- 2) Pasang pengikat kendaraan agar kendaraan aman sewaktu menguji dan perkaitan roda dengan *roller* sempurna.
- 3) Hidupkan kendaraan dan masukkan gigi pertama kemudian pedal gas diinjak penuh, masukkan gigi kedua injak penuh, masukkan gigi tiga injak penuh pedal gas, masukkan gigi empat injak penuh pedal gas, dan seterusnya sampai top gear.
- 4) Lihat pembacaan grafik dari layar monitor, maka akan didapatkan data putaran mesin, daya dan torsi

C. Uji Kadar CO

Alat uji kadar CO menggunakan *carbon monoxide* meter dengan satuan part per million (ppm)



Gambar 2.10 *Carbon Monoxide Meter*
Alat dan bahan yang dipersiapkan adalah sebagai berikut:

- a. 1 unit Sepeda Motor Honda Gl pro 145
- b. *Carbon Monoxide Meter*

Langka-langka pengambilan data kadar CO sebagai berikut:

- a. Menyalakan alat *Carbon Monoxide Meter* .
- b. Melakukan pengegasan +/- 3 Kali, agar kinerja mesin maksimal.
- c. Mengecek Kebocoran pada knalpot kendaraan jika terdapat kebocoran lakukan perbaikan terlebih dahulu.
- d. Perhatikan angka pada alat *Carbon Monoxide Meter* pada putaran mesin 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 3500 rpm, 4000 rpm dan 4500 rpm.
- e. Catat hasil percobaan pada tabel.