BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Motor Bakar Diesel.

Motor bakar diesel adalah jenis khusus dari mesin pembakaran dalam karakteristik utama pada mesin diesel yang membedakannya dari motor bakar yang lain, terletak pada metode pembakaran bahan bakarnya. Ditinjau dari cara memperoleh energi thermal ini mesin kalor dibagi menjadi dua golongan, yaitu mesin pembakaran luar dan mesin pembakaran dalam.

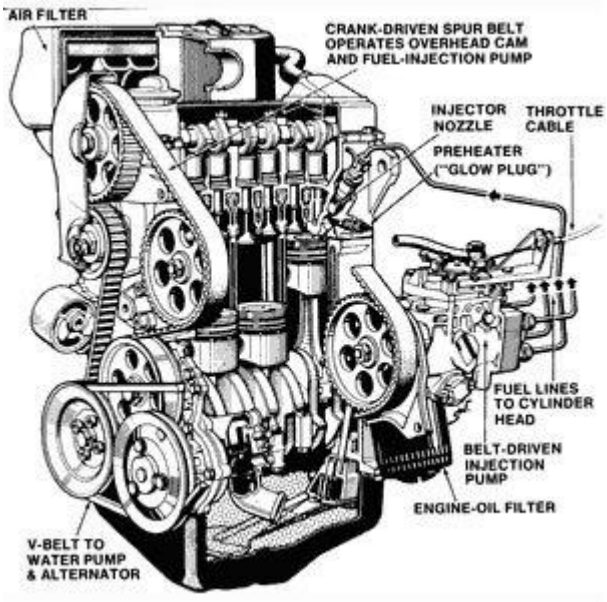
Pada mesin pembakaran luar atau sering disebut juga sebagai *eksternal combustion engine* (ECE) proses pembakaran terjadi di luar mesin, energi thermal dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin melalui dinding pemisah, Contohnya mesin uap. Pada mesin pembakaran dalam atau sering disebut juga sebagai *internal combustion engine* (ICE), proses pembakaran berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Mesin pembakaran dalam umumnya dikenal juga dengan nama motor bakar. Dalam kelompok ini terdapat motor bakar torak dan sistem turbin gas.

Mesin diesel adalah sejenis mesin pembakaran dalam; lebih spesifik lagi, sebuah mesin pemicu, dimana bahan bakar dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi, dan bukan oleh alat berenergi lain seperti busi.

Mesin ini ditemukan pada tahun1892 oleh Rudolf Diesel dari Jerman, yang menerima paten pada 23 Februari 1893. Diesel menginginkan sebuah mesin untuk dapat digunakan dengan berbagai macam bahan bakar termasuk debu batubara.

Motor diesel dikategorikan dalam motor bakar torak dan mesin pembakaran dalam *(internal combustion engine)*. Prinsip kerja motor diesel adalah merubah energi kimia menjadi energi mekanis. Energi kimia di dapatkan melalui proses reaksi kimia (pembakaran) dari bahan bakar (solar) dan oksidiser (udara) di dalam silinder (ruang bakar). Pembakaran pada mesin Diesel terjadi karena kenaikan temperatur campuran udara dan bahan bakar akibat kompresi torak hingga mencapai temperatur nyala.

2.2. Motor Bakar Diesel



Gambar 2.1. Motor bakar diesel

Motor bakar diesel yang berbeda dengan motor bakar bensin proses penyalaannya bukan dengan loncatan bunga api listrik. Pada langkah isap hanyalah udara segar yang masuk kedalam silinder. Pada waktu torak hampir mencapai TMA bahan bakar disemprotkan kedalam silinder.

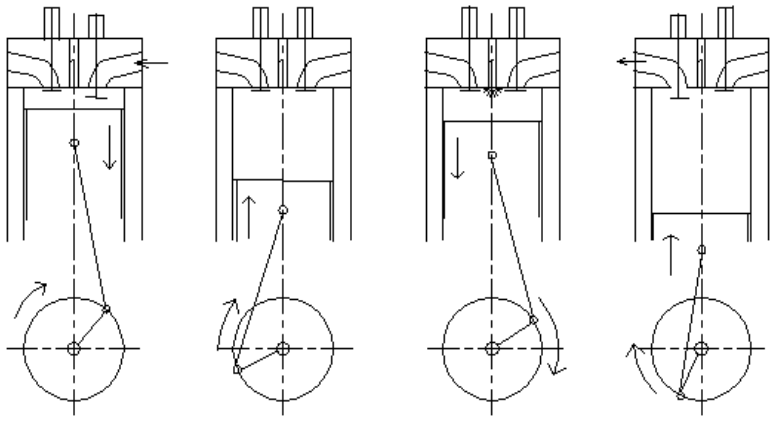
Terjadilah penyalaan untuk pembakaran, pada saat udara masuk kedalam silinder sudah bertemperatur tinggi.

ada tiga sistem yang banyak dipakai dalam penyaluran bahan bakar dari tangki bahan bakar sampai masuk kedalam silinder pada motor diesel

1. sistem pompa pribadi.
2. sistem distribusi dan.
3. sistem akumulator.

2.3. Prinsip Kerja Motor Diesel Empat Langkah

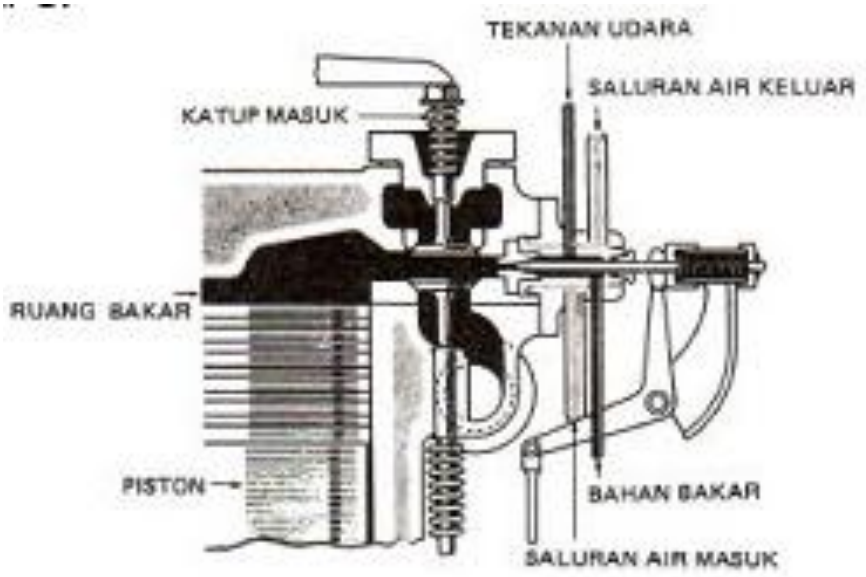
Mesin empat langkah adalah mesin yang melengkapi satu siklusnya yang terdiri dari proses kompresi, ekspansi, buang dan hisap selama dua putaran poros engkol. Prinsip kerja motor diesel empat langkah di gambarkan pada gambar 2.2. dibawah ini.



Gambar 2.2. Prinsip kerja motor diesel empat langkah.

Mesin/motor diesel (diesel engine) merupakan salah satu bentuk motor pembakaran dalam (internal combustion engine) di samping motor bensin dan turbin gas. Motor diesel disebut dengan motor penyalaan kompresi (compression ignition engine) karena penyalaan bahan bakarnya diakibatkan oleh suhu kompresi udara dalam ruang bakar.

Pada motor diesel yang diisap oleh torak dan dimasukkan ke dalam ruang bakar hanya udara, yang selanjutnya udara tersebut dikompresikan sampai mencapai suhu dan tekanan yang tinggi. Beberapa saat sebelum torak mencapai titik mati atas (TMA) bahan bakar solar diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Dengan suhu dan tekanan udara dalam silinder yang cukup tinggi maka partikel-partikel bahan bakar akan menyala dengan sendirinya sehingga membentuk proses pembakaran. Agar bahan bakar solar dapat terbakar sendiri, maka diperlukan rasio kompresi 15-22 dan suhu udara kompresi kira-kira 600ºC. Meskipun untuk motor diesel tidak diperlukan sistem pengapian seperti halnya pada motor bensin, namun dalam motor diesel diperlukan sistem injeksi bahan bakar yang berupa pompa injeksi (injection pump) dan pengabut (injector) serta perlengkapan bantu lain. Bahan bakar yang disemprotkan harus mempunyai sifat dapat terbakar sendiri (self ignition). Penampang mesin diesel secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.3.



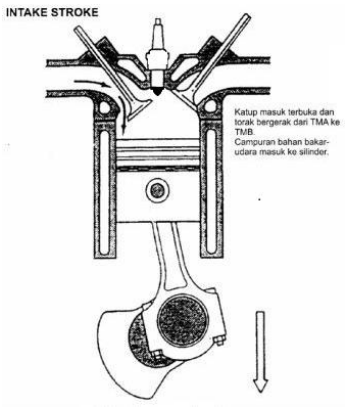
Gambar 2.3. Skema Motor Diesel

Prinsip kerja engine diesel 4 tak sebenarnya sama dengan prinsip kerja engine otto, yang membedakan adalah cara memasukkan bahan bakarnya. Pada motor diesel bahan bakar di semprotkan langsung ke ruang bakar dengan menggunakan injector. Dibawah ini adalah langkah dalam proses engine diesel 4 tak yaitu :

1. Langkah Isap (Intake Stroke)
2. Langkah Kompresi (Compression Stroke)
3. Langkah Kerja (Power Stroke)
4. Langkah Buang (Intake Stroke)

2.3.1. Langkah Isap (Intake Stroke).

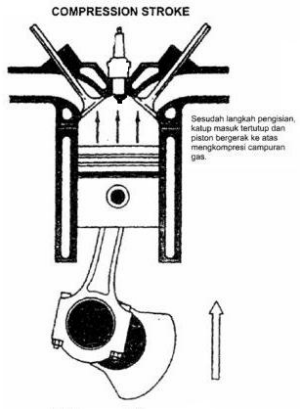
Dalam langkah ini katup masuk membuka. Piston bergerak dari TMA ke TMB seperti yang ditunjukan pada gambar 2.4 Jadi poros engkol memutar 180^0 sementara tekanan di dalam silinder rendah. Selisih tekanan antara udara yang masuk dan tekanan rendah didalam silinder akan menyebabkan udara yang masuk mengalir kedalam silinder.



Gambar 2.4. Langkah Isap (Intake Stroke).

2.3.2. Langkah Kompresi (Compression Stroke).

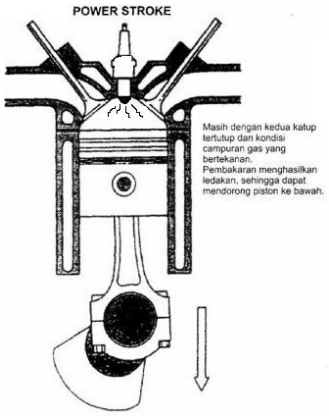
Pada langkah kompresi katup masuk dan katup buang tertutup, piston bergerak menuju keatas seperti yang ditunjukan oleh gambar 2.5 Piston bergerak dari TMB ke TMA. Poros engkol berputar 180^0 lagi. Udara yang ada dalam silinder dimampatkan diatas piston dan menyebabkan temperatur naik.



Gambar 2.5. Langkah Kompresi (Compression Stroke).

2.3.3. Langkah Kerja (Power Stroke).

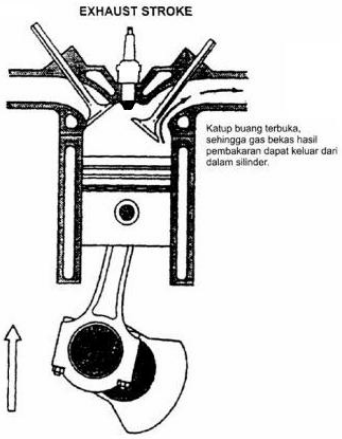
Dalam langkah ini katup masuk dan katup buang masih dalam keadaan tertutup. Pada akhir langkah kompresi, pada gambar 2.6 Ditunjukan pompa penyemprotan bertekanan tinggi itu menyemburkan sejumlah bahan bakar dengan ketentuan sempurna kedalam ruang bakar yang berisi udara panas yang dimampatkan. Bahan bakar itu berbagi sangat halus dan bercampur dengan udara panas. Karena temperatur tinggi dari udara yang dimampatkan tadi maka bahan bakar itu langsung terbakar. Akibatnya tekanan naik dan piston bergerak dari TMA ke TMB.



Gambar 2.6. Langkah Kerja (Power Stroke).

2.3.4. Langkah Buang (Exhaust Stroke).

Pada akhir langkah katup pembuangan membuka. Seperti yang ditunjukan oleh gambar 2.7. Piston bergerak dari TMB ke TMA dan mendorong gas-gas sisa pembakaran keluar melalui katup buang yang terbuka. Jadi bila dipandang secara teoritis pada motor diesel 4 tak katup masuk dan katup buang bersama-sama menutup 360^0 dan hanya selama 180^0 menghasilkan usaha. Semakin banyak silinder sebuah motor maka langkah usaha akan semakin banyak setiap 720^0 atau dua putaran.



Gambar 2.7. Langkah Buang (Exhaust Stroke).

2.4. Siklus Kerja Motor Bakar Diesel Empat Langkah.

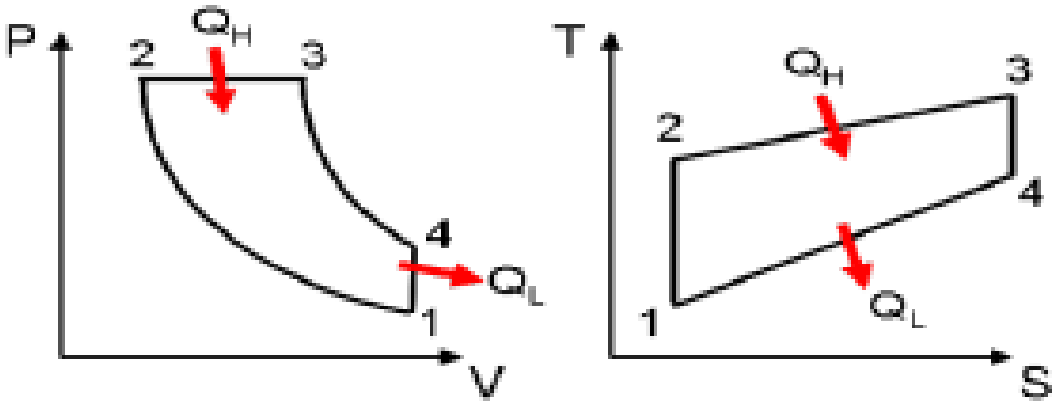
Siklus diesel dapat dilihat pada gambar 2.8 proses yang terjadi pada siklus diesel adalah sebagai berikut :

Proses 1-2 : Langkah kompresi.

Proses 2-3 : Proses pemasukan kalor pada tekanan konstan.

Proses 3-4 : Langkah ekspansi.

Proses 4-1 : Proses pembuangan kalor pada volume konstan.



Gambar 2.8. Diagram P-V dan Diagram T-S.

Adapun urutan prosesnya adalah sebagai berikut :

a). Periode 1: Waktu pembakaran tertunda (ignition delay) (1-2).

Pada periode ini disebut fase persiapan pembakaran, karena partikel-partikel bahan bakar yang diinjeksikan bercampur dengan udara di dalam silinder agar mudah terbakar.

b). Periode 2: Perambatan api (2-3).

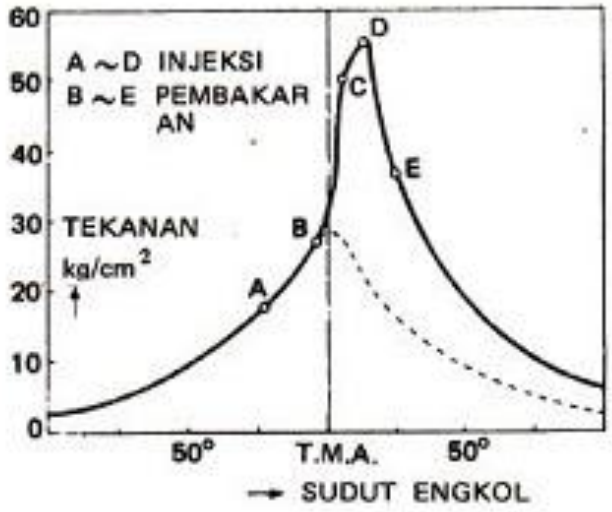
Pada periode 2 ini campuran bahan bakar dan udara tersebut akan terbakar di beberapa tempat. Nyala api akan merambat dengan kecepatan tinggi sehingga seolah-olah campuran terbakar sekaligus, sehingga menyebabkan tekanan dalam silinder naik. Periode ini sering disebut periode ini sering disebut pembakaran letup.

c). Periode 3: Pembakaran langsung (3-4).

Akibat nyala api dalam silinder, maka bahan bakar yang diinjeksikan langsung terbakar. Pembakaran langsung ini dapat dikontrol dari jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, sehingga periode ini sering disebut periode pembakaran dikontrol.

d). Periode 4: Pembakaran lanjut (4-1).

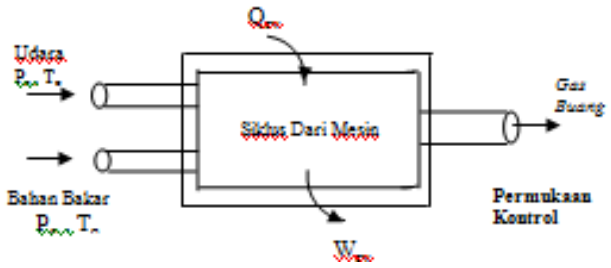
Injeksi berakhir di titik 4, tetapi bahan bakar belum terbakar semua. Jadi walaupun injeksi telah berakhir, pembakaran masih tetap berlangsung. Bila pembakaran lanjut terlalu lama, temperatur gas buang akan tinggi menyebabkan efisiensi panas turun.



Gambar 2.9. Proses Pembakaran Motor Diesel.

2.4.1. Tinjauan Energi Motor Diesel.

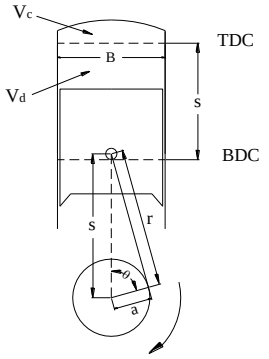
Motor diesel dapat dipandang sebagai sistem yang menerima energi, mengubah sebagian energi menjadi kerja dan membuang sebagian energi lain. Aliran energi masuk berasal dari udara dan bahan bakar. Energi yang hilang berupa energi thermal yang terbawa oleh gas buang, energi hilang dari radiator dan rugi gesekan, sehingga volume atur dapat digambarkan seperti gambar 2.10.



Gambar 2.10. Volume Atur Untuk Menganalisa Kerja Maksimum.

2.4.2. Parameter – Parameter Mesin.

Parameter-parameter mesin yang diukur untuk menentukan karakteristik pengoperasian pada motor bakar diesel.



Gambar 2.11. Sistem Motor Bakar

Untuk sebuah mesin dengan diameter silinder B , crank offset a , panjang langkah S dan perputar dengan kecepatan N seperti pada gambar 2.11 maka kecepatan rata-rata piston adalah ;

$$\overline{U_p} = N.S \quad \text{.....(2.1)}$$

dimana N biasanya diberi satuan RPM (revolution per minute), $\overline{U}_p$ dalam m/detik (ft/sec), serta B dan S dalam m atau cm (ft atau in).

Jarak s antara crank axis dan wrist pin axis diberikan oleh persamaan

$$s = a \cos \theta + \sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \theta} \quad \text{.....(2.2)}$$

dimana :

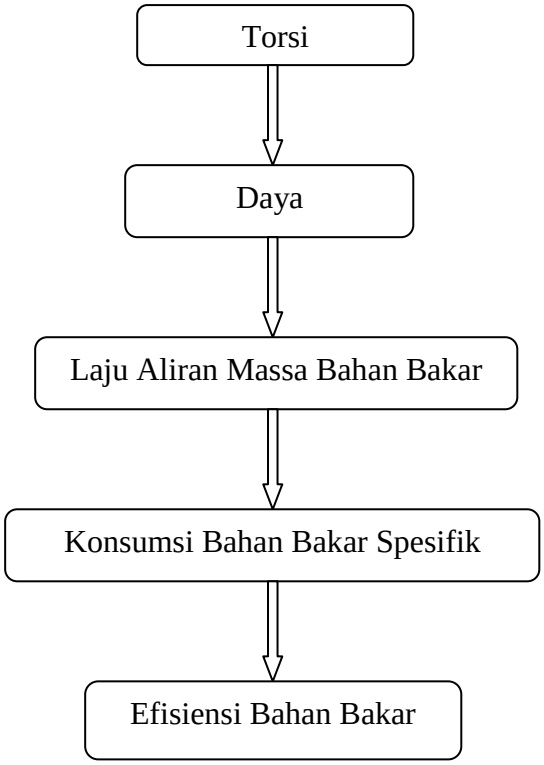
a = crankshaft

r = connecting rod length

θ = crank shaft offset

2.5. Performansi Motor Diesel

Pada umumnya performance atau prestasi mesin bisa diketahui dengan membaca dan menganalisis parameter yang ditulis dalam sebuah laporan yang berfungsi untuk mengetahui torsi, konsumsi bahan bakar spesifik, daya input dari bahan bakar dan efisiensi thermal brake dari mesin diesel tersebut. Berikut parameter yang menjadi pedoman praktis unjuk kerja sebuah mesin yang dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Parameter Prestasi Penelitian Mesin

2.5.1. Torsi

Torsi adalah perkalian antara gaya dengan jarak. Selama proses usaha maka tekanan-tekanan yang terjadi di dalam silinder motor menimbulkan suatu gaya yang luar biasa kuatnya pada torak. Gaya tersebut dipindahkan kepada pena engkol melalui batang torak, dan mengakibatkan adanya momen putar atau torsi pada poros engkol. Untuk mengetahui besarnya torsi digunakan alat dinamometer. Biasanya motor pembakaran ini dihubungkan dengan dinamometer dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor pembakaran dengan poros dinamometer

dengan menggunakan kopling elastik. Dengan demikian besarnya torsi tersebut adalah:

$$T = F. r$$

$$T = m.g.r \qquad \text{.....(2.3)}$$

dimana :

T = torsi (N.m)

m = massa yang diukur pada dinamometer (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

r = jari – jari.

2.5.2. Daya Poros.

Daya mesin adalah besarnya kerja mesin selama waktu tertentu. Pada motor bakar daya yang berguna adalah daya poros, dikarenakan poros tersebut menggerakan beban. Daya poros dibangkitkan oleh daya indikator, yang merupakan daya gas pembakaran yang menggerakan torak selanjutnya menggerakan semua mekanisme, sebagian daya indikator dibutuhkan untuk mengatasi gesekan mekanik, seperti pada torak dan dinding silinder dan gesekan antara poros dan bantalan. Prestasi motor bakar pertama-tama tergantung dari daya yang dapat ditimbulkannya. Semakin tinggi frekuensi putar motor makin tinggi daya yang diberikan hal ini disebabkan oleh semakin besarnya frekuensi semakin banyak langkah kerja yang dialami pada waktu yang sama. Dengan demikian besar daya poros itu adalah :

$$Ps = \frac{T.2.\pi.N}{60000} \quad \text{.....(2.4)}$$

Dimana :

Ps = daya (kW)

T = torsi terukur (Nm)

n = putaran mesin (rpm)

2.5.3. Laju Aliran Massa Bahan Bakar.

Laju aliran massa bahan bakar adalah jumlah bahan bakar yang mengalir melalui saluran bahan bakar dan masuk kedalam karburator dan kemudian bahan bakar akan bercampur dengan udara dan dimasukkan kedalam ruang bakar. Laju aliran massa bahan bakar dapat dihitung menggunakan rumus yaitu :

$$\dot{m} = \frac{\rho.v}{t} \; x \; 3600 \quad \text{.....(2.5)}$$

Dimana :

$\dot{m}$ = Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

ρ = Massa jenis bahan bakar ($0{,}780 \times 10^{-3}$ kg/ml)

v = volume bahan bakar

t = waktu

2.5.4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.

Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan salah satu parameter prestasi yang penting di dalam suatu motor bakar. Parameter ini biasa dipakai sebagai ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar yang terpakai per

jam untuk setiap daya kuda yang dihasilkan. Sebelum menghitung konsumsi bahan bakar spesifik, maka harus menghitung konsumsi bahan bakar terlebih dahulu.

$$Bsc\ f = \frac{\dot{m}}{Ps} \quad \text{.....(2.6)}$$

Dimana :

$\dot{m}$ = laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

Ps = daya (kW)

2.5.5. Daya Input.

Daya input merupakan daya yang dihasilkan pada mesin yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{in} = \dot{m} \,.\, LHV \quad \text{.....(2.7)}$$

Dimana :

LHV = 43000 kJ/kg

$\dot{m}$ = Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

Nilai kalor (HV) adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak (steady) dan produk dikembalikan lagi ke keadaan dari reaktan, besarnya nilai kalor dari suatu bahan bakar sama dengan harga mutlak dari entalpi pembakaran bahan bakar.

Nilai kalor = $\left|\Delta H_C\right|$ .....(2.8)

Terdapat dua jenis kalor yaitu:

a. Higher Heating value (HHV) yaitu nilai kalor atas ditentukan pada saat H_2O pada pembakaran berbentuk cairan.

b. Lower Heating Value (LHV) yaitu nilai kalor bawah ditentukan pada saat H_2O pada pembakaran berbentuk gas.

Sehingga dapat dinyatakan bahwa :

$$HHV = LHV + \left(m.h_{fg}\right)_{H_2O} \quad \text{.....(2.9)}$$

Dimana massa uap air dan h_{fg} adalah entalpi penguapan uap air.

2.5.6. Tekanan Efektif.

Tekanan efektif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu :

$Ps = \frac{Pe \,.\, vl \,.\, n \,.\, z}{120000}$. Sehingga persamaan Pe adalah

$$Pe = \frac{120000 \,.\, Ps}{vl \,.\, n \,.\, z} \quad \text{.....(2.10)}$$

Dimana :

Ps = Daya Poros (kW)

vl = Volume langkah (m^3)

n = Putaran Mesin (rpm)

z = Jumlah silinder

2.5.7. Efisiensi Thermal Brake.

Kerja berguna yang dihasilkan selalu lebih kecil dari pada energy yang dibangkitkan piston karena sejumlah enegi hilang akibat adanya rugi-rugi mekanis (*mechanical losses*). Dengan alas an ekonomis perlu dicari kerja maksimium yang dapat dihasilkan dari pembakaran sejumlah bahan bakar. Efisiensi ini disebut juga sebagai efisiensi termal brake (*brake thermal efficiency,ηb*).

$$\eta_b = \frac{Daya\ keluaran\ aktual}{Laju\ \ panas\ yang\ masuk}.$$

Laju panas yang masuk Q, dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q = m_f\ .\ LHV \text{.....(2.11)}$$

Jika daya keluaran N dalam satuan KW, maka laju aliran bahan bakar m_f dalam satuan kg/jam, maka:

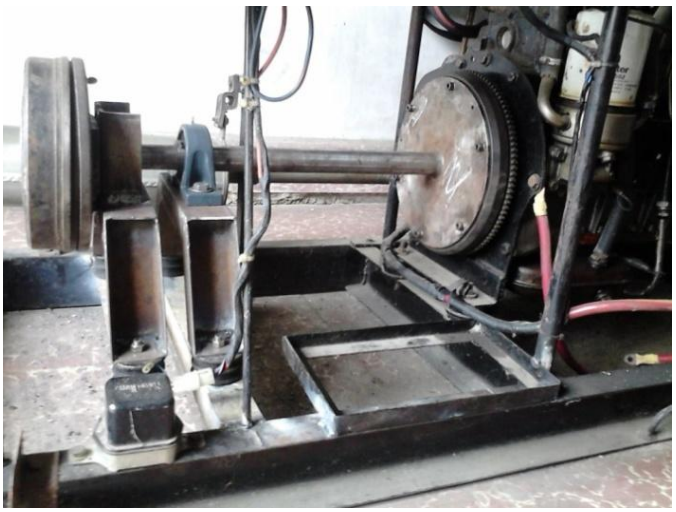
$$\eta_{th} = \frac{Ps}{Pin}\ x\ 100\% \text{.....(2.12)}$$

2.6. Pengertian Dinamometer.

Dinamometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi atau momen puntir poros *output* penggerak mula seperti motor bakar, motor listrik, turbin uap, turbin gas dan lain sebagainya. Tujuan pengukuran torsi adalah untuk menentukan besar daya yang dihasilkan penggerak mula tersebut.

Dinamometer merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur daya yang dikeluarkan atau dihasilkan dari suatu mesin kendaraan bermotor. Dinamometer atau dyno test adalah sebuah alat yang juga digunakan untuk mengukur putaran mesin atau rpm dan torsi, dimana tenaga atau daya yang dihasilkan dari suatu mesin atau alat yang berputar dapat dihitung.

Dinamometer bisa sebagai tambahan untuk digunakan dalam menentukan torsi atau karakteristik tenaga dari mesin dalam test atau Machine Under Test (MUT). Dinamometer juga mempunyai peran lain. Dalam siklus standar uji emisi, dinamometer digunakan untuk membuat simulasi jalan, baik untuk mesin atau kendaraan secara penuh. Sebenarnya diluar pengukuran torsi dan power yang sederhana, dinamometer dapat digunakan sebagai bagian dari pengujian untuk berbagai aktivitas pengembangan mesin seperti kalibrasi pengontrol manajemen mesin, pengembangan sistem pembakaran dan sebagainya.



Gambar 2.13. Dinamometer.

2.7. Klasifikasi Dinamometer.

Banyak jenis dinamometer yang ada saat ini, diantaranya dinamometer elektrostatik, dinamometer eddy current, dinamometer transmisi, dinamometer brake dan lain sebagainya. Harga satu unit dinamometer yang ada dipasaran mempunyai harga yang relatif mahal dan jenis yang terbatas, akan tetapi mempunyai kemampuan pengukuran yang tinggi. Jenis yang beredar dipasaran biasanya dinamometer elektrostatik dan dinamometer eddy current.

Daya yang ditransmisikan mesin dapat dihitung dari torsi dengan menggunakan persamaan $P = \omega \times T$ dimana, P adalah daya mesin (Watt).

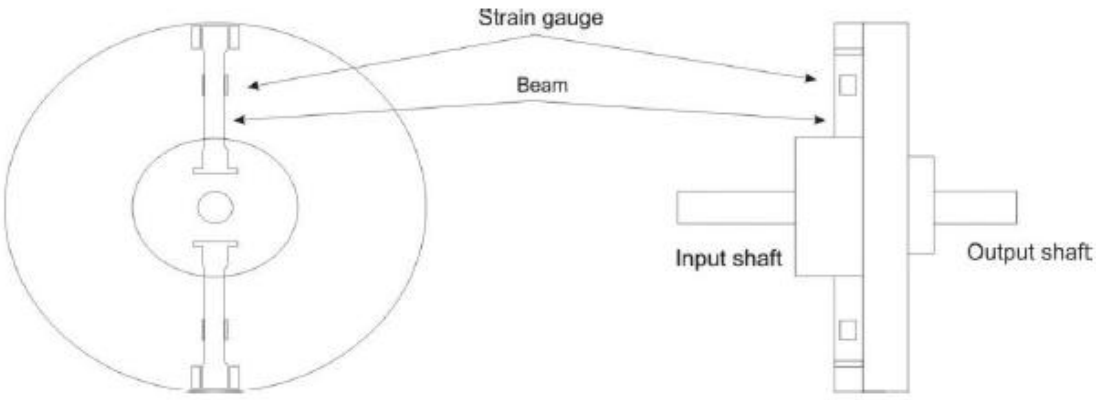
T adalah torsi (Nm) dan ω adalah kecepatan sudut (rad/s). Alat yang digunakan untuk mengukur daya adalah dinamometer dan diklasifikasikan dalam tiga jenis tergantung pada susunan mesin, dan daya yang dapat diukur. Tipe dinamometer adalah :

1. Dinamometer Transmisi : Pada dinamometer ini daya yang ditransmisikan melalui peralatan yang telah diukur. Peralatan tidak berupa generator daya maupun pengabsorpi daya dan dinamometer ini menggunakan poros transmisi daya antara penggerak utama dan beban.
2. Dinamometer Penggerak : Selain untuk mengukur dinamometer ini dapat digunakan untuk mengukur dan menggerakkan peralatan yang akan diukur atau dinamometer ini merupakan generator daya seperti motor listrik.
3. Dinamometer Absorsi : Dinamometer ini mengubah energi mekanik sebagai torsi yang diukur, sehingga sangat berguna untuk mengukur daya

atau torsi yang dihasilkan sumber daya seperti motor bakar atau motor listrik.

2.7.1. Dinamometer Transmisi

Dinamometer ini menggunakan peralatan transmisi seperti roda gigi, sabuk atau rantai untuk mengukur torsi poros berputar. Dinamometer ini sering disebut torsimeter, digunakan sebagai kopling (penghubung) antara mesin yang digerakkan dan mesin yang menggerakkannya. Sistem pemasangan *strain gages* dilakukan dengan menggunakan jembatan *wheatstone* empat lengan aktif atau *four – arm bridge*. Untuk menyalurkan arus listrik, digunakan cincin slip (*slip ring*). Dinamometer ini dapat mengukur torsi mulai dari 100 hingga 30.000 in.lb (10,98 Nm hingga 3384,45 Nm) dengan kecermatan kurang lebih 0,25%. Jenis lain dari dinamometer transmisi yaitu yang menggunakan *resistance strain-gage transducers* yang lebih sensitif ketika tegangan lentur bekerja, seperti terlihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Dinamometer Transmisi.

2.7.2. Dinamometer Penggerak

Hampir semua mesin listrik dapat digunakan sebagai dinamometer penggerak, misalnya motor arus searah yang memiliki ayunan seperti pada gambar 2.15. Motor listrik atau generator biasa dapat juga digunakan sebagai dinamometer. Dalam hal ini, lengan dinamometer dipasang pada rumah motor atau generator tersebut. Ayunan rumah motor/generator akan diubah menjadi gaya yang terukur pada pengindera gaya (*load cell*). Dengan menghitung torsi dan mengukur kecepatan poros, dapat dihitung dayanya. Daya untuk menggerakkan dapat diatur dengan mengubah besarnya arus listrik.

Gambar 2.15. Dinamometer Listrik.

2.7.3. Dinamometer Absorsi

Dinamometer absorsi mengubah energi mekanik sebagai torsi yang diukur, sehingga sangat berguna khususnya untuk mengukur daya atau torsi yang dihasilkan oleh sumber daya seperti motor bakar atau motor listrik.

Dinamometer ini dapat dibagai lagi menjadi 3 bagian, yaitu :

- Eddy Current : Dinamometer ini dapat menghasilkan perubahan beban yang sangat cepat untuk menyelesaikan aliran beban. Kebanyakan menggukan pendingin udara dan tidak membutuhkan sistem pendingin air eksternal.
- Elektrostatik : Dinamometer generator ini termasuk tipe khusus untuk kecepatan penggerak yang dapat diatur. Absorsi unit dari dinamometer ini dapat digerakkan oleh motor arus searah (DC) ataupu mesin arus bolak-balik (AC).
- Fan Brake : Kipas untuk meniupkan udara untuk menghasilkan pembebanan pada mesin.

Dinamometer berdasarkan cara atau metode pengukurannya dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

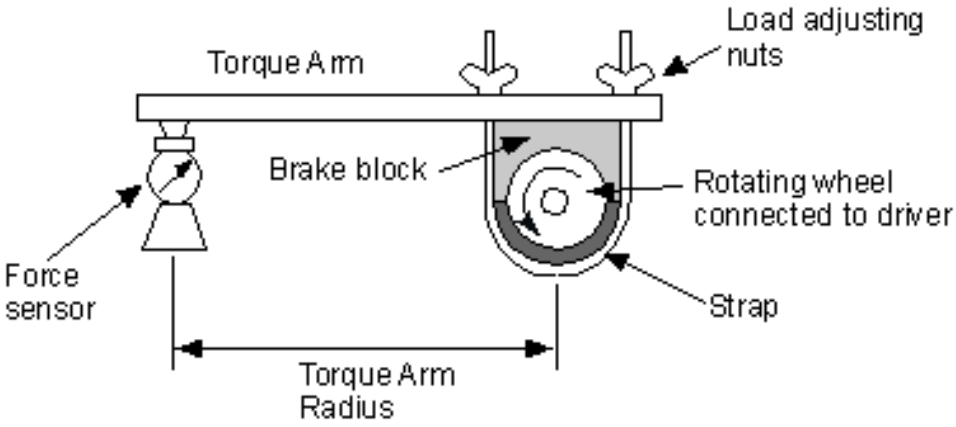
- Engine Dinamometer (ED) : poros *output* mesin dihubungkan langsung dengan dinamometer.
- Chassis Dinamometer (CD) : pengukuran daya dilakukan melalui roda penggerak kendaraan.

Berikut macam – macam dynamometer absorsi yaitu :

2.7.3.1. Dinamometer Rem Prony.

Jenis absorpsi yang paling sederhana adalah dinamometer rem Prony (*Prony brake*), yaitu sebuah peralatan mekanik yang tergantung pada gesekan kering untuk mengubah energi mekanik menjadi panas. Dinamometer ini menggunakan mekanisme rem dalam pengoperasiannya. Ada beberapa bentuk dinamometer rem Prony yang tersedia, ada yang menggunakan tali dan katrol serta timbangan untuk mengukur gaya yang

terjadi, sedangkan yang lainnya menggunakan mekanisme rem tromol untuk menyerap daya poros serta timbangan untuk mengukur daya yang ditimbulkan.



Gambar 2.16. Dinamometer Rem Prony.

2.7.3.2. Dinamometer Arus Eddy.

Prinsip kerja dinamometer ini adalah jika suatu bahan pengantar listrik (konduktor) dilewatkan pada suatu medan magnet, akan timbul tegangan listrik dan arus listrik. Jika konduktor tersebut adalah kawat yang merupakan bagian dari suatu rangkaian komplit, maka arus akan mengalir melalui rangkaian tersebut. Jika konduktor tersebut adalah sebuah batang logam dan bukan merupakan rangkaian yang lengkap, tegangan tetap akan timbul walaupun arus hanya mengalir pada batang itu sendiri. Arus yang mengalir itulah yang disebut dengan arus Eddy yang diubah dalam bentuk panas.

Dinamometer arus Eddy terdiri atas sebuah piringan logam atau roda yang berputar dalam suatu medan magnet. Medan magnet ini dihasilkan oleh suatu koil yang dihasilkan oleh sumber luar dan terpasang pada rumah dinamometer, yang terhubung dengan bantalan tap (*trunnion*

bearing). Ketika piringan berputar, arus listrik dihasilkan dan reaksi dari medan magnet akan cenderung menggerakkan rumah dinamometer. Beban dinamometer diubah-ubah dengan mengatur besarnya arus listrik. Contoh dinamometer arus Eddy dapat dilihat pada gambar 2.17.

Gambar 2.17. Dinamometer Arus Eddy.

2.7.3.3. Dinamometer Hidrolik.

Dinamometer hidrolik adalah dinamometer yang menggunakan sistem hidrolis atau fluida untuk menyerap daya mesin. Fluida yang digunakan biasanya air, dimana air berfungsi sebagai media pendingin dan media gesek perantara. Dinamometer hidrolik ini memiliki dua komponen penting yaitu, sudu gerak (rotor) dan sudu tetap (stator). Rotor terhubung dengan poros dari mesin yang akan diukur, dimana putaran dari mesin tersebut memutar rotor dinamometer. Rotor akan mendorong air di dalam dinamometer, sehingga air akan terlempar menghasilkan tahanan terhadap putaran mesin dan menghasilkan panas. Aliran air secara kontinu melalui rumahan (*casing*) sangat penting untuk menurunkan temperatur dan juga untuk melumasi seal pada poros. Sedangkan stator terletak berhadapan dengan rotor dan terhubung tetap pada casing. Pada casing dipasang

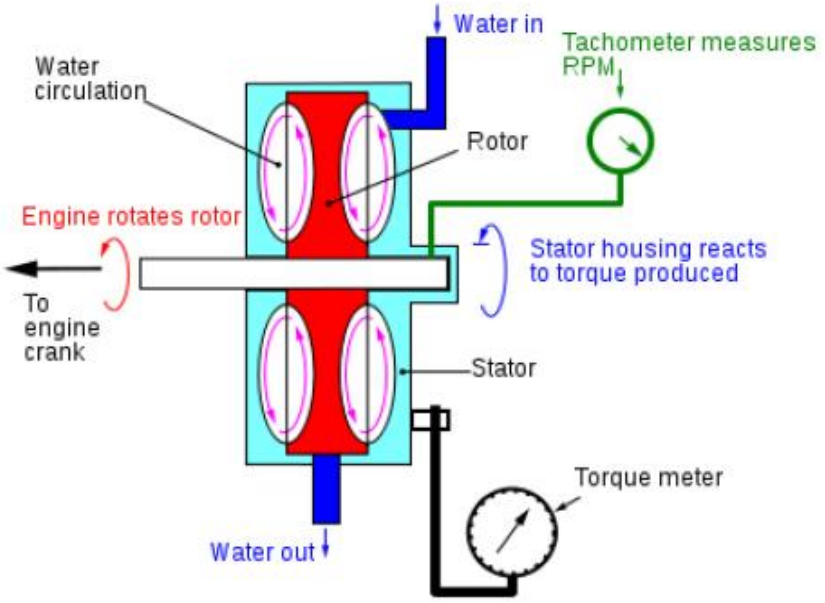
lengan, dimana pada ujung lengan terdapat alat ukur pembebanan sehingga torsi yang terjadi dapat diukur.

Pada saat dinamometer ini dijalankan, mesin dihidupkan dan putaran mesin diatur pada rpm tertentu. Air masuk ke dalam casing melalui selang dari penampung air sehingga rongga antara rotor dan stator selalu terisi air. Air berfungsi sebagai media gesek perantara dan sebagai pendingin karena proses yang terjadi menimbulkan panas. Air yang keluar dari dinamometer tidak diperbolehkan melebihi 80 ^{0}C, jika sudah mendekati temperatur tersebut dibuka katup keluar yang lebih besar. Suplai air harus bersih, dingin dan konstan yang dapat diperoleh dari pompa.

Keuntungan dinamometer hidrolik adalah :

a. Tidak membutuhkan instalasi yang permanen.
b. Mudah dipindahkan dari satu mesin ke mesin yang lain.
c. Mudah dioperasikan oleh satu orang.
d. Dapat bekerja pada mesin yang besar atau memiliki kecepatan putar yang tinggi.

Kedudukan alat ukur harus menunjukkan angka nol (dinamometer dalam keadaan setimbang) pada waktu berhenti dan pada waktu air mengalir masuk stator tetapi mesin belum bekerja. Pengukuran kecepatan putar poros perlu dilakukan untuk mendapatkan perhitungan daya dan juga untuk menghindari kelebihan kecepatan putar yang dapat mengakibatkan kerusakan pada dinamometer.



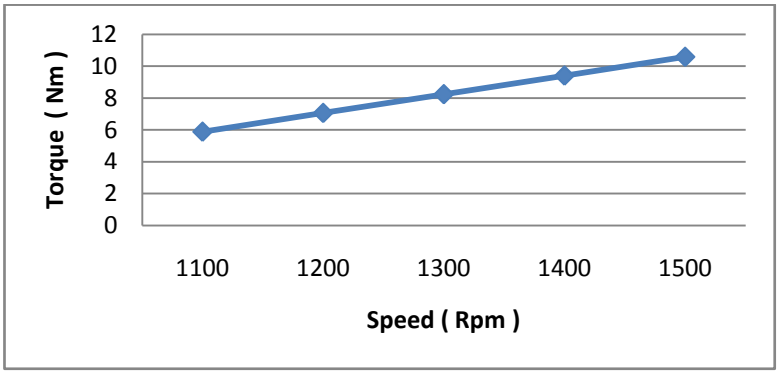
Gambar 2.18. Dinamometer Hidrolik.

2.7.4. Karakteristik Dinamometer Absorsi.

Untuk membandingkan jenis dinamometer yang berbeda, kita harus menetapkan range penggunaan dari tiap jenis. *Range* penggunaan dari tiap dinamometer dibatasi oleh beberapa faktor yang akan dipertimbangkan dan semua akan digabung untuk mendapatkan diagram karakteristik dari dinamometer, faktor-faktor tersebut adalah :

1. Faktor gesekan dan torsi.

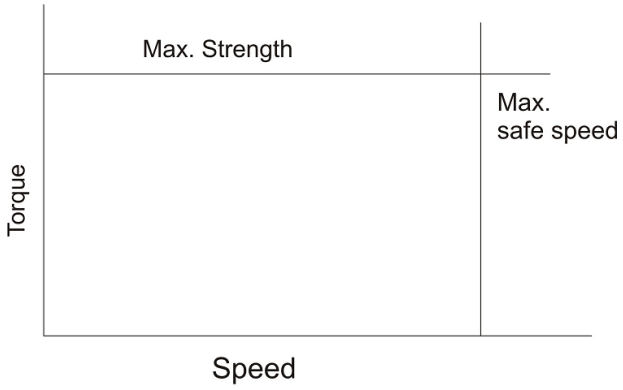
   Pada gambar 2.19 terlihat bahwa torsi input terendah yang mungkin terjadi untuk berbagai jenis dinamometer absorpsi adalah torsi yang dibutuhkan untuk memutar beberapa komponen, mengatasi gesekan bantalan, dan kerugian-kerugian lainnya yang muncul pada rotor. Kurva dari gesekan dan torsi yang dibutuhkan untuk berbagai kecepatan terlihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19. Kurva torsi terhadap putaran.

2. Batas mekanik.

Torsi maksimum dari dinamometer akan memiliki beberapa batasan seperti adanya batasan karena faktor kekuatan mekanik dari rangka dinamometer atau dari batasan yang dimiliki alat pengukur daya yang digunakan. Batasan lainnya adalah batasan kecepatan maksimum yang aman dan diperbolehkan, yang mana akan mengakibatkan terbatasnya pembacaan torsi karena adanya batasan penggunaan kecepatan tadi. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2.20.

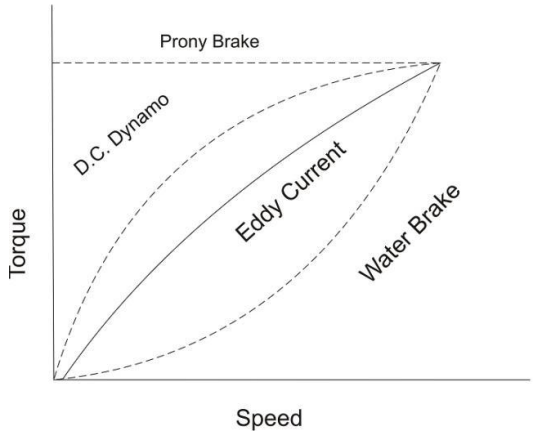


Gambar 2.20. Kurva batas mekanik.

3. Batas torsi pembebanan.

Torsi maksimum yang memungkinkan saat dinamometer digunakan akan berbeda pada tiap tipe. Batas pembebanan pada rem Prony

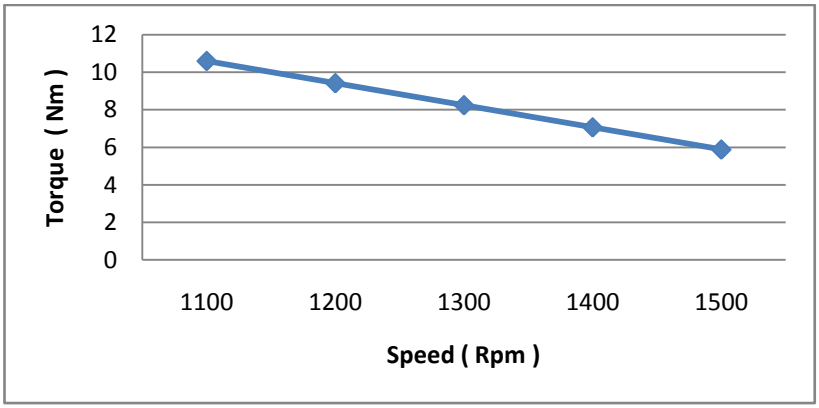
ditentukan oleh kekuatan dari struktur komponen yang terlemah. Selain itu, dinamometer elektrik dan dinamometer hidrolik dapat menghasilkan torsi nol, dan torsi maksimum akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2.21.



Gambar 2.21. Kurva torsi maksimum

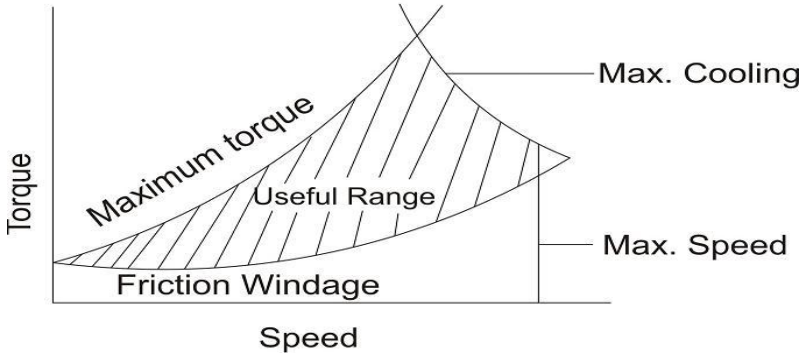
4. Batas pendinginan.

Jika dinamometer digunakan untuk mengabsorpsi energi untuk jangka waktu yang cukup lama, dinamometer akan membutuhkan kapasitas pendinginan yang memadai untuk menghilangkan energi panas yang dihasilkan. Batas pendinginan ini terlihat pada gambar 2.22. dan menghasilkan torsi maksimum yang lebih rendah pada kecepatan tinggi.



Gambar 2.22. Batas pendinginan.

Ketika semua kondisi di atas diperlihatkan dalam satu grafik, maka akan didapatkan bahwa *range* penggunaan dari dinamometer dapat ditentukan dengan diagram karakteristik dinamometer seperti terlihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.23. Range penggunaan dari dinamometer.

2.7.5. Jenis – Jenis Pengujian Dinamometer.

Dinamometer yang merupakan sebuah alat untuk menguji daya suatu kendaraan mempunyai konsep untuk mengukur dan membandingkan transfer daya pada kendaraan sehingga kendaraan tersebut dapat mempunyai daya yang lebih efisien dari sebelumnya. Sistem-sistem yang bekerja pada dinamometer dapat dibedakan menjadi :

1. Sistem Brake.

   Sebuah dinamometer dengan sistem ini memberikan beban yang bervariasi pada penggerak utama sebuah mesin, dan mengukur ketahanan dari penggerak tersebut dengan mengaplikasikan gaya pengereman. Alat bantu yang biasanya digunakan adalah alat unuk mengukur beban seperti *load cell* atau *strain gauge* dan alat untuk mengukur putaran.

2. Sistem Inertia.

Sebuah dinamometer *inertia* menggunakan massa inertia untuk mengukur daya yang digunakan untuk menggerakan suatu beban tetap dan komputer akan mendapatkan data-data berupa kecepatan dan putaran yang digunakan untuk mengcari nilai torsi. Mesin biasanya diukur pada putaran sedikit di atas *idle* hingga maksimum dan hasilnya berupa plot grafik.

3. Sistem Motor.

Sistem ini mirip dengan sistem *brake*, perbedaannya adalah pada sistem ini dapat ditambahkan penggerak tambahan pada penggerak utama mesin. Contoh aplikasinya adalah untuk mengukur daya kendaraan saat simulasi jalan turunan.

Pada dasarnya pengujian dinamometer dapat dibagi menjadi 3 buah pengujian, yaitu :

1. Steady State

Prosedurnya adalah putaran mesin ditahan pada RPM konstan yang diinginkan dalam waktu tertentu dan dengan beban yang bervariasi. Hanya dapat dilakukan pada dinamometer sistem *brake*.

2. Sweep Test.

Mesin di uji dalam beban yang ditahan besarannya, kemudian putaran mesin tersebut di naikkan hingga putaran yang diinginkan. Dinamometer sistem *brake* dan *inertia* dapat menggunakan pengujian ini.

3. Transien Test

Pengujian ini biasanya digunakan pada dinamometer dengan sistem motor. Pengujian menggunakan kecepatan yang berbeda-beda

sesuai dengan siklus ujinya. Contoh siklus untuk pengujian mesin adalah ETC, HDDTC, HDGTC, WHTC, WHSC, dan ED12.

2.8. Prinsip Kerja Dinamometer.

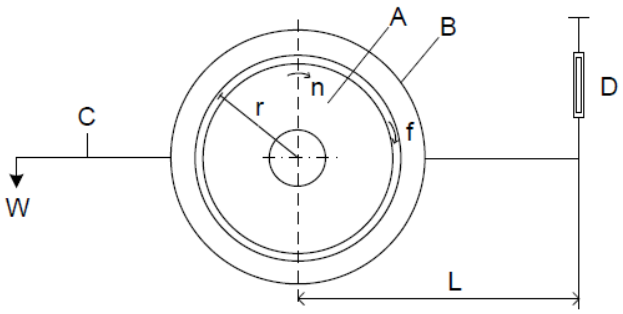
Dinamometer merupakan suatu mesin elektro-mekanik yang digunakan untuk mengukur torsi dan kecepatan dari tenaga yang diproduksi oleh suatu mesin motor atau penggerak berputar lain.

Dinamometer absorsi bertindak sebagai pemberi beban yang digerakkan oleh mesin pada satu pengujian. Dinamometer harus mampu beroperasi pada kecepatan yang berfariasi dan memberi beban pada mesin tersebut dengan tingkatan torsi yang berfariasi pula selama pengujian berlangsung.

Dinamometer harus dapat menyerap tenaga yang dikeluarkan oleh mesin. Tenaga yang diserap oleh dinamometer harus dapat diteruskan ke udara sekitar. Dinamometer regeneratif memidahkan tenaga ke bentuk daya listrik.

Dinamometer mobil bertindak sebagai penggerak dari peralatan yang akan diuji. Maka, dinamometer harus dapat menggerakkan peralatan pada kecepatan dan tingkatan torsi yang bervariasi selama pengujian, hanya torsi dan kecepatan yang dapat diukur.

Meskipun banyak tipe-tipe dinamometer yang digunakan, tetapi pada prinsipnya semua itu bekerja seperti dilukiskan dalam gambar 2.24.



Gambar 2.24. Prinsip kerja dinamometer.

Keterangan :

r : Jari – jari Rotor (m)

w : Beban Pengimbang (kg)

f : Gaya Kopel (N)

Prinsip kerjanya adalah : Rotor A diputarkan oleh sumber daya motor yang diuji, dengan stator dalam keadaan setimbang. Bila dalam keadaan diam maka ditambahkan sebuah beban pengimbang W yang dipasangkan pada lengan C dan diengselkan pada stator B. Karena gesekan yang timbul, maka gaya yang terjadi di dalam stator diukur dengan timbangan D dan penunjukannya merupakan beban atau muatan dinamometer. Dalam satu poros, keliling rotor bergerak sepanjang 2.π.r melawan gaya kopel f. Jadi tiap putaran adalah : 2.π.r.f

Momen luar yang dihasilkan dari pembacaan D dan lengan L harus setimbang dengan momen putar yaitu r x f , maka r x f = D x L. Jika motor berputar dengan n putaran tiap menit , maka kerja per menit harus sama

dengan 2.π.D.L.n , harga ini merupakan suatu daya, karena menurut definisi daya dibatasi oleh waktu, kecepatan putar dan kerja yang terjadi.

2.9. Bagian – Bagian Dinamometer.

Dinamometer merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur besarnya gaya yang diberikan kepada suatu benda dan dapat pula digunakan untuk mengukur berat benda.

Dinamometer memiliki bagian – bagian yang memiliki fungsi masing – masing yaitu :

2.9.1. Mekanisme Rem.

Mekanisme rem yaitu merupakan susunan komponen – komponen yang berfungsi sebagai pengereman atau memperlambat laju motor diesel.

Gambar 2.25. Mekanisme rem

2.9.2. Bantalan Poros

Bantalan poros yaitu suatu komponen yang berfungsi sebagai pengikat poros engkol supaya putaran poros engkol stabil pada tempatnya, dalam hal ini pada alat dinamometer bantalan poros ini difungsikan

sebagai pengikat plat penghubung dinamometer dengan mesin agar putaran plat penghubung stabil pada tempatnya pada saat mesin dihidupkan.

Gambar 2.26. Bantalan Poros

2.9.3. Dudukan Bantalan Poros.

Dudukan bantalan poros berfungsi sebagai tempat pengikat bantalan poros agar sesuai pada tempatnya sehingga bantalan poros tidak langsung bersentuhan langsung dengan rangka (body) dinamometer.

Gambar 2.27. Dudukan Bantalan Poros

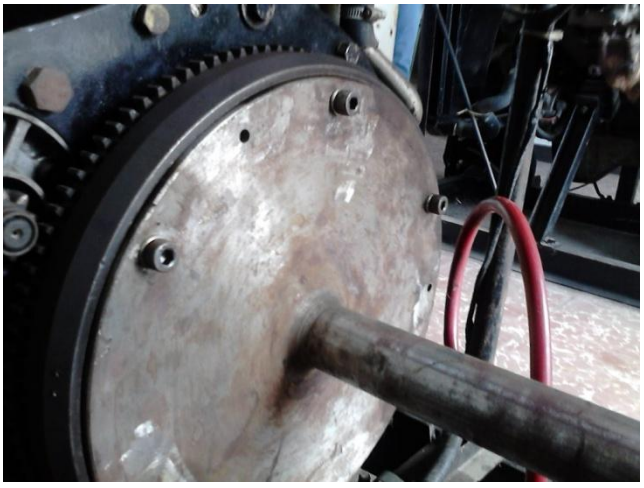
2.9.4. Mounting Pada Rangka.

Komponen ini berfungsi sebagai pengikat rangka bantalan poros dan mekanisme rem agar tidak bersentuhan secara langsung terhadap rangka body mesin dan mengurangi getaran.

Gambar 2.28. Mounting Pada Rangka.

2.9.5. Pelat Penghubung Dinamometer Dengan Mesin.

Komponen ini berfungsi sebagai penghubung dynamometer dengan mesin sama hal nya seperti poros engkol, komponen ini yang menyalurkan putaran mesin ke dinamometer sehingga torsi yang dihasilkan dapat dihitung di dinamometer.



Gambar 2.29. Pelat Penghubung Dinamometer Dengan Mesin.

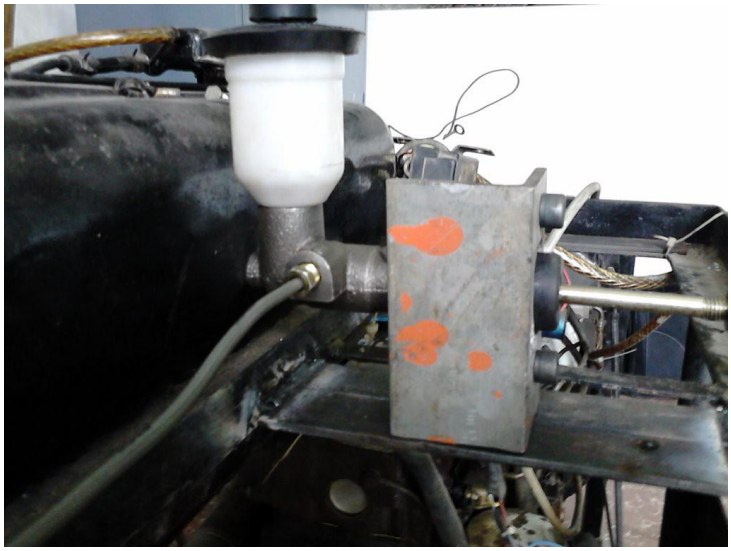
2.9.6. Pressure Gauge.

Komponen ini berfungsi untuk mengukur dan mengetahui kapasitas tekanan fluida yang ada didalam silinder rem.

Gambar 2.30. Pressure Gauge

2.9.7. Silinder Rem.

Komponen ini berfungsi sebagai tempat penampungan atau pengisian fluida rem.



Gambar 2.31. Silinder Rem.