

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Darojat (2013) meneliti tentang pengaruh variasi koil pengapian terhadap kinerja motor. Menyatakan bahwa Torsi paling besar terjadi pada jenis koil KTC dengan putaran 7500 rpm, sedangkan paling rendah pada koil Blue Thunder pada putaran 6500 rpm. Daya yang paling besar terjadi pada koil standart dengan putaran 7000 rpm, sedangkan terendah jenis koil KTC pada putaran 6500 rpm. Pemakaian bahan bakar yang paling besar adalah jenis koil standar putaran 6500 rpm, irit pada jenis koil Blue Thunder dan KTC.

Marlindo (2012) meneliti tentang penggunaan CDI *racing programmable* dan koil *racing* pada sepeda motor standar. Menyatakan bahwa torsi tertinggi menggunakan pengapian standar pada rpm 4500 sampai 6000 rpm dengan torsi maksimal sebesar 9,77 pada 5842 rpm. Tetapi untuk putaran diatas 6000 rpm torsi terbesar dihasilkan oleh pengapian menggunakan CDI *racing* dan koil *racing*. Daya tertinggi menggunakan pengapian CDI standar dan koil *racing* pada putaran 5000 sampai 7641 rpm dibandingkan pengapian jenis lain dan daya maksimal sebesar 9,3 HP pada 7614 rpm. Akan tetapi untuk putaran diatas 7614 rpm daya tertinggi dihasilkan oleh pengapian CDI *racing* dan koil *racing*. Karena *output* volt untuk koil lebih besar dibandingkan dengan koil standar, sehingga proses pembakaran lebih sempurna. CDI *racing* dan koil *racing* menghasilkan torsi dan daya lebih besar dari CDI dan koil standar pada putaran mesin tinggi. Oleh karena itu CDI *racing* dan koil *racing* sangat sesuai untuk motor kecepatan tinggi. Sedangkan konsumsi bahan bakar CDI *racing* dan koil *racing* memerlukan lebih sedikit bahan bakar dibandingkan CDI dan koil standar. Jadi untuk pemakaian CDI dan koil *racing* perlu penyetingan ulang pada karburator untuk menaikkan konsumsi bahan bakar, supaya torsi dan

daya yang dihasilkan lebih besar. Hal tersebut dikarenakan efisiensi termal dari koil *racing* lebih besar dari koil standar.

Pambudi (2016) meneliti tentang *remapping* pengapian *programmable* CDI dengan perubahan variasi tahanan *ignition coil* pada motor bakar 4 tak 125 cc. Menyatakan bahwa hasil nilai rata-rata torsi tertinggi saat menggunakan timing pengapian standar 15° dan koil dengan tahanan primer 1,3 Ohm dan tahanan sekunder 10,1 Ohm sebesar 11,81 N.m di putaran mesin 2000 rpm, dan untuk nilai rata – rata daya tertinggi saat menggunakan timing pengapian standar 15° dengan koiltahanan primer 1,3 Ohm dan tahanan sekunder 10,1 Ohm sebesar 9,63 Hp di putaran mesin 7000 rpm. Dan untuk nilai maksimum rata – rata torsi tertinggi sebesar 12.33 N.m pada putaran mesin 2875 rpm dan nilai maksimum rata – rata daya tertinggi sebesar 9.3 pada putaran mesin 7034 rpm, nilai maksimum tersebut didapat saat menggunakan koil dengantahanan primer 1,3 Ohm dan tahanan sekunder 10,1 Ohm dan timing pengapian map 2 (20°).

Ramdani (2015) meneliti tentang analisis pengaruh variasi CDI terhadap performa dan konsumsi bahan bakar Honda Vario 110 cc. Menyatakan bahwa menggunakan CDI standar torsi tertinggi yang dapat dihasilkan 7,517 N.m di rpm 6000, daya tertinggi yang dapat dihasilkan CDI standar 5,712 kW di rpm 8000, sedangkan menggunakan CDI dual band (klik 1) torsi tertinggi yang dihasilkan 7,558 N.m pada rpm 6000, daya tertinggi yang dihasilkan CDI dual band (klik 1) 5,81 kW pada rpm 8500 dan dengan menggunakan CDI dual band (klik 2) torsi tertinggi yang dihasilkan 7,511 N.m pada rpm 6500 sedangkan daya tertinggi yang dihasilkan 5,835 kW di rpm 8500 dan untuk pengujian konsumsi bahan bakar penggunaan CDI standar lebih irit dibandingkan penggunaan CDI dual band (klik 1) dan CDI dual band (klik 2).

Subroto (2013) meneliti tentang pengaruh penggunaan koil *racing* terhadap unjuk kerja pada pada motor bensin. Menyatakan bahwa penggunaan koil *racing* menghasilkan daya yang lebih baik/tinggi pada setiap putaran mesin dibanding koil standart, hal ini disebabkan proses pembakaran

campuran bahan bakar dan udara yang terjadi dalam ruang bakar lebih baik atau lebih cepat, sehingga daya yang dihasilkan menjadi besar pula. Koil *racing* mengkonsumsi bahan bakar lebih sedikit (irit) dibandingkan koil standar pabrikan akan tetapi merek BOSCH mengkonsumsi bahan bakar yang paling sedikit (irit) dibanding kedua koil yang lain. Dalam penelitian diketahui bahwa koil *racing* BOSCH menghasilkan unjuk kerja mesin yang terbaik, diikuti oleh koil *racing* KITACO K2R dan ketiga dihasilkan oleh koil standar pabrikan.

Sularto (2004) meneliti tentang pengaruh jenis sistem pengapian CDI dan jenis bensin terhadap kadar karbon monoksida (CO) gas buang pada sepeda motor. Menyatakan bahwa sistem pengapian DC-CDI menghasilkan pengapian yang lebih baik dan pembakaran yang lebih sempurna, sehingga menghasilkan gas buang dengan kadar karbon monoksida (CO) lebih rendah dari sistem pengapian AC-CDI. Sedangkan untuk jenis bensin yang menghasilkan kadar karbon monoksida (CO) gas buang yang paling rendah adalah bensin pertamax plus dengan RON (*Research Octane Number*) 95. Kadar karbon monoksida (CO) gas buang yang paling rendah adalah pada jenis sistem pengapian DC-CDI dengan menggunakan pertamax plus. Hal ini dapat dilihat rata-rata kadar karbon monoksida (CO) gas buang untuk DC-CDI = 0,70 % volume < AC-CDI = 0,74 % volume, sedangkan rata-rata kadar karbon monoksida (CO) gas buang untuk jenis pertamax plus = 0,64 % volume < pertamax = 0,71 % volume < premium = 0,82 % volume.

Shiddiqi (2016) meneliti tentang pengaruh variasi 8 busi terhadap karakteristik percikan bunga api dan kinerja sepeda motor Honda Karisma X 125 cc berbahan bakar pertamax. Menyatakan bahwa percikan bunga api busi Denso IU27 termasuk busi yang paling baik dibandingkan 7 busi lainnya, hasil torsi menunjukkan busi Denso standar memiliki nilai torsi paling tinggi yaitu sebesar 11,14 pada putaran terendah 4428 rpm, sedangkan untuk nilai daya busi Autolite memiliki nilai daya paling tinggi sebesar 9,2 HP pada putaran 6738 rpm. Untuk konsumsi bahan bakar busi NGK CPR6GP adalah

busi yang paling sedikit mengkonsumsi bahan bakar untuk menempuh jarak 1,5 km dengan menghabiskan bahan bakar 21,1 ml.

Sidiq (2016) meneliti tentang pengaruh penggunaan CDI BRT dan koil KTC terhadap karakteristik percikan bunga api dan kinerja motor 4 langkah bahan bakar Pertamina 92. Menyatakan bahwa pengujian unjuk kerja mesin 4 langkah 160 cc dengan variasi CDI standar dengan koil standar, CDI standar dengan koil KTC, CDI BRT dengan koil standar dan CDI BRT dengan koil KTC berbahan bakar Pertamina 95 didapatkan daya tertinggi pada variasi CDI standar dengan koil standar sebesar 13,3 HP pada putaran mesin 7913 rpm, sedangkan pada torsi tertinggi didapat pada variasi CDI BRT dengan koil KTC sebesar 13,28 N.m pada putaran mesin 6294 rpm, hal ini dikarenakan penggunaan variasi tersebut menghasilkan bunga api paling besar dari standarnya sehingga mempercepat proses pembakaran. Untuk konsumsi bahan bakar paling rendah didapat pada variasi CDI standar dengan koil standar yaitu dengan bahan bakar Pertamina 1000 ml ditempuh jarak 52,6 km dalam waktu 60,2 menit. Sedangkan konsumsi bahan bakar paling tinggi pada variasi CDI BRT dengan koil KTC yaitu dengan bahan bakar Pertamina 1000 ml ditempuh jarak 44,4 km dalam waktu 53,2 menit. Penggunaan CDI racing mempengaruhi konsumsi bahan bakar diduga karena percikan bunga api yang dihasilkan lebih besar jadi pembakaran semakin cepat diruang bakar.

Yudha (2014) meneliti tentang kajian eksperimental tentang pengaruh *bore up*, *stroke up* dan penggunaan pengapian *racing* terhadap kinerja motor Vega 105 cc. Menyatakan bahwa Torsi tertinggi untuk kondisi mesin *bore up* adalah 14.21 N.m pada putaran mesin 8904 rpm. Daya tertinggi untuk kondisi mesin *bore up* adalah 19.1 Hp pada putaran mesin 10636 rpm. Konsumsi bahan bakar untuk kondisi *bore up* 1.034 kg/jam pada putaran mesin 8000 rpm. Torsi tertinggi pada pengapian *racing* adalah 14.21 N.m pada putaran mesin 8904 rpm dan pada pengapian standar torsi tertinggi adalah 10,57 N.m pada putaran 8456 rpm dengan kondisi mesin *bore up*. Daya tertinggi pada pengapian *racing* adalah 19.1 Hp pada putaran mesin 10636 rpm dan pada pengapian standar daya tertinggi 12.8 Hp pada putaran 8785 rpm dengan

kondisi mesin *bore up*. Konsumsi bahan bakar pada pengapian racing 1.034 kg/jam pada putaran mesin 8000 rpm dan pada pengapian standar 0.927 kg/jam pada putaran 8000 rpm dengan kondisi mesin *bore up*.

Yulianto (2013) meneliti kajian tentang pengaruh penggunaan bensol sebagai bahan bakar motor 4 langkah 105 cc dengan variasi CDI tipe standar dan *racing*. Menyatakan bahwa pada motor modifikasi torsi maksimumnya adalah 6,92 N.m pada jenis bahan bakar premium dengan CDI *racing*, kemudian bahan bakar bensol dengan CDI standar 6,87 N.m dan bahan bakar bensol dengan CDI *racing* 6,82 N.m. Pada motor modifikasi daya maksimumnya adalah 4,9 Kw pada jenis bahan bakar premium dengan CDI *racing* sedangkan pada bahan bakar bensol dengan CDI tipe standar dan *racing* daya maksimum yang di capai mempunyai nilai sama yaitu 4,7 Kw. Pada motor modifikasi konsumsi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) minimal dimiliki jenis bahan bakar premium dengan CDI *racing*, kemudian bahan bakar bensol dengan CDI standar dan bahan bakar bensol dengan CDI *racing*.

Dari jurnal diatas penulis tertarik untuk mengembangkan penelitian karena variasi yang digunakan hanya sebatas pada variasi CDI dan koil penulis ingin menambahkan variasi busi ke dalam penelitian ini, penulis yakin bahwa busi juga sangat berpengaruh dalam sistem pengapian sepeda motor. Selain itu pengujian bahan bakar penulis rasa kurang detail karena tidak dilakukan pengujian secara teliti, penulis ingin mengukur konsumsi bahan bakar dengan buret agar didapatkan data konsumsi bahan bakar yang lebih detail.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Umum Motor Bakar

Motor bakar termasuk mesin pembakaran dalam, yaitu proses pembakarannya berlangsung dalam motor bakar itu sendiri, sehingga gas hasil pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Motor bakar torak mempergunakan silinder yang didalamnya terdapat torak yang

bergerak secara translasi. Didalam silinder itulah terjadi pembakaran campuran bahan bakar dengan udara sehingga menyebabkan tekanan naik dan mendesak ke segala arah, yang mengakibatkan piston bergerak ke arah poros engkolnya. Gerak translasi dari piston akan menghasilkan gerak rotasi pada poros engkol (*crankshaft*) dengan perantara batang torak (*connecting rod*). Pada salah satu ujung poros engkol dipasang sebuah roda penerus yang berfungsi menyimpan tenaga yang diperlukan untuk meneruskan dan meratakan putaran ketika mesin tidak menghasilkan usaha mekanis pada piston. Agar putaran tetap berlangsung, dibuat deretan proses yang selalu berulang kembali mengikuti proses yang sama.

2.2.2 Prinsip Kerja Motor Bakar

A. Motor Bakar 2 Langkah

Motor bensin 2 langkah adalah mesin yang proses pembakarannya dilaksanakan dalam satu kali putaran poros engkol atau dalam dua kali gerakan piston.

Pada gambar 2.1 merupakan langkah kerja pada motor 2 langkah, jika piston bergerak naik dari titik mati bawah ke titik mati atas maka saluran bilas dan saluran buang akan tertutup. Dalam hal ini bahan bakar dan udara dalam ruang bakar dikompresikan. Sementara itu campuran bahan bakar dan udara masuk ruang engkol, beberapa derajat sebelum piston mencapai titik mati atas, busi akan meloncatkan api sehingga terjadi pembakaran bahan bakar.

Prinsip kerja dari motor 2 langkah:

1. Langkah hisap:

Torak bergerak dari TMA ke TMB, pada saat saluran bilas masih tertutup oleh torak, didalam bak mesin terjadi kompresi terhadap campuran bahan bakar dan udara. Diatas torak, gas sisa hasil pembakaran sebelumnya sudah mulai terbuang keluar saluran buang. Saat saluran bilas terbuka, campuran bahan bakar dan udara mengalir melalui saluran bilas menuju kedalam ruang bakar.

2. Langkah kompresi:

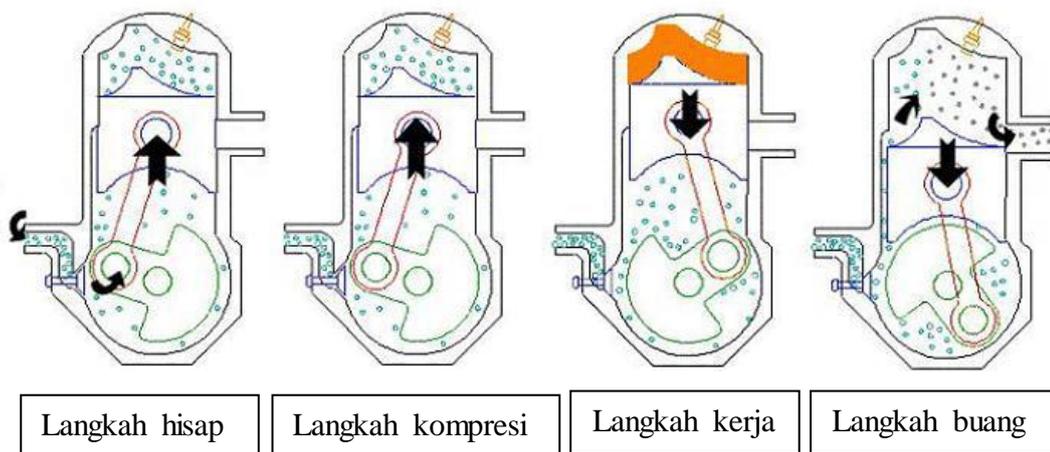
Torak bergerak dari TMB ke TMA, rongga bilas dan rongga buang tertutup, terjadi langkah kompresi dan setelah mencapai tekanan tinggi busi memercikkan bunga api untuk membakar campuran bahan bakar dengan udara tersebut. Pada saat yang bersamaan, dibawah (didalam bak mesin) bahan bakar yang baru masuk kedalam bak mesin melalui saluran masuk.

3. Langkah kerja/ekspansi:

Torak kembali dari TMA ke TMB akibat tekanan besar yang terjadi pada waktu pembakaran bahan bakar. Saat itu torak turun sambil mengkompresi bahan bakar baru didalam bak mesin.

4. Langkah buang:

Menjelang torak mencapai TMB, saluran buang terbuka dan gas sisa pembakaran mengalir terbang keluar. Pada saat yang sama bahan bakar baru masuk kedalam ruang bahan bakar melalui rongga bilas. Setelah mencapai TMB kembali torak mencapai TMB untuk mengadakan langkah sebagai pengulangan dari yang dijelaskan diatas.



Gambar 2.1 Prinsip kerja motor bakar 2 langkah (Marlindo, 2012)

B. Motor Bakar 4 Langkah

Mesin bakar 4 langkah merupakan mesin yang populer diaplikasikan oleh sebagian besar pabrik otomotif saat ini. Motor bakar 4 langkah memerlukan 4 kali gerakan naik turun piston untuk mendapatkan satu kali langkah usaha. Jika dibandingkan dengan motor bakar 2 langkah, motor bakar 4 langkah mempunyai akselerasi yang lebih lambat. Siklus motor bakar 4 langkah atau siklus otto lebih jelasnya sebagai berikut:

1. Langkah hisap.

Dalam langkah ini campuran udara dan bensin dihisap kedalam silender. Katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu torak bergerak ke bawah, menyebabkan ruang silinder menjadi vakum, masuknya campuran udara dan bahan bakar kedalam silinder disebabkan adanya tekanan udara luar (*atmospheric pressure*).

2. Langkah Kompresi.

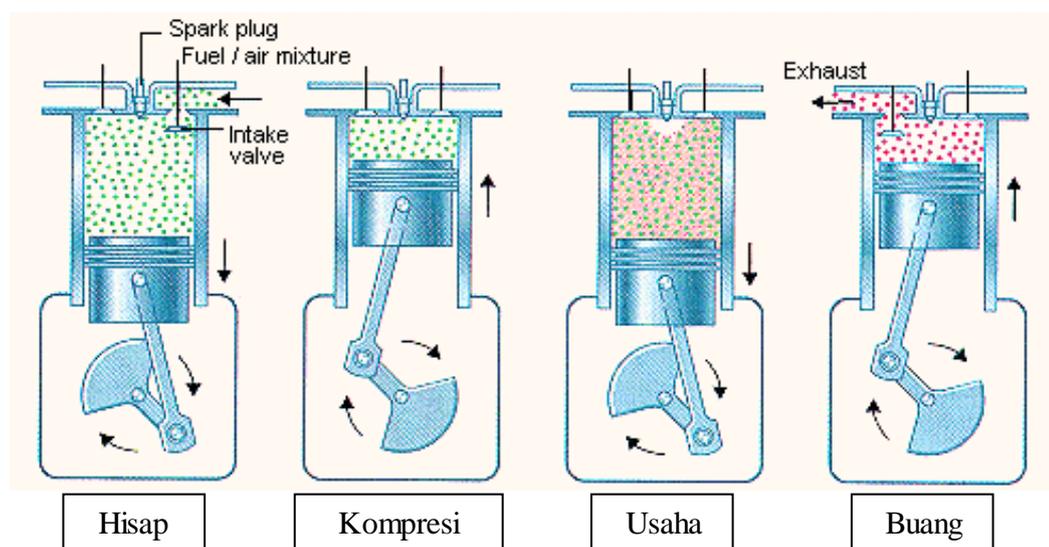
Dalam langkah ini, campuran udara dan bahan bakar dikompresikan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Waktu torak mulai naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) campuran yang dihisap dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperaturnya menjadi naik, sehingga akan mudah terbakar. Poros engkol berputar satu kali, ketika torak mencapai titik mati atas (TMA).

3. Langkah Usaha.

Dalam langkah ini, mesin menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Sesaat sebelum torak mencapai titik mati atas (TMA) pada saat langkah kompresi, busi memberi percikan bunga api pada campuran bahan bakar bensin dan udara yang telah dikompresikan. Dengan terjadinya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak kebawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin (*engine power*).

4. Langkah Buang.

Dalam langkah ini, gas yang terbakar dibuang dari dalam silinder. Katup buang terbuka, torak bergerak dari TMB ke TMA, mendorong gas hasil pembakaran keluar dari silinder. Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan berikutnya, yaitu langkah hisap. Poros engkol telah melakukan 2 putaran penuh dalam satu siklus terdiri dari 4 langkah hisap, kompresi, usaha dan buang yang merupakan dasar kerja dari pada motor bakar 4 langkah.



Gambar 2.2 Prinsip kerja motor bakar 4 langkah (Marlindo, 2012)

2.2.3 Siklus Otto

Langkah hisap dari siklus Otto dimulai dengan piston pada TMA dan dalam proses tekanan konstan pada tekanan masuk satu atmosfer (proses 1-6). Tekanan yang sebenarnya sedikit lebih kecil dari tekanan satu atmosfer karena ada rugi tekanan pada saat udara masuk. Temperatur udara selama langkah hisap meningkat karena udara melewati *hot intake manifold*. (Marlindo, 2012)

Langkah kompresi terjadi secara isometrik dari TMB ke TMA (proses 1-2). Dalam mesin yang sebenarnya langkah awal disebabkan oleh katup hisap tidak tertutup penuh sampai sedikit setelah TMB. Akhir kompresi

disebabkan oleh pengapian busi sebelum TMA. Tidak hanya tekanan saja yang naik pada langkah awal kompresi, temperatur juga naik akibat pemanasan kompresi.

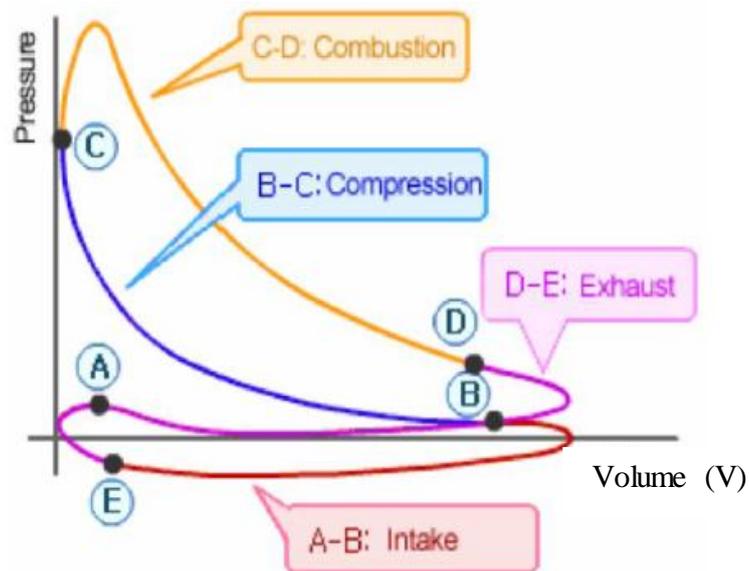
Langkah kompresi diikuti oleh proses 2-3 penambahan panas volume konstan pada TMA. Proses ini menggantikan proses pembakaran pada siklus mesin yang sebenarnya yang terjadi pada sistem tertutup dan dalam kondisi konstan. Dalam mesin yang sebenarnya pembakaran dimulai sedikit sebelum TMA. Selama pembakaran sejumlah energi ditambahkan ke udara dalam silinder. Energi menaikkan temperatur udara menjadi sangat tinggi, menyebabkan terjadi temperatur puncak siklus pada titik 3. Tekanan puncak juga terjadi pada titik 3.

Tekanan dan entalpi yang sangat tinggi dalam sistem silinder menghasilkan langkah tenaga/ekspansi yang mengikuti pembakaran (proses 3-4). Tekanan yang tinggi pada muka piston mendorong piston kembali ke TMB dan menghasilkan kerja dan daya keluaran dari mesin. Langkah tenaga pada mesin yang sebenarnya diganti dengan proses isometrik dalam siklus Otto. Pada mesin yang sebenarnya awal langkah tenaga dipengaruhi oleh bagian akhir proses pembakaran. Akhirnya langkah tenaga dipengaruhi oleh bagian akhir proses pembakaran. Akhir langkah tenaga dipengaruhi oleh membukanya katup buang sebelum TMB. Selama langkah tenaga temperatur dan tekanan menurun seiring pertambahan volume dari TMA ke TMB.

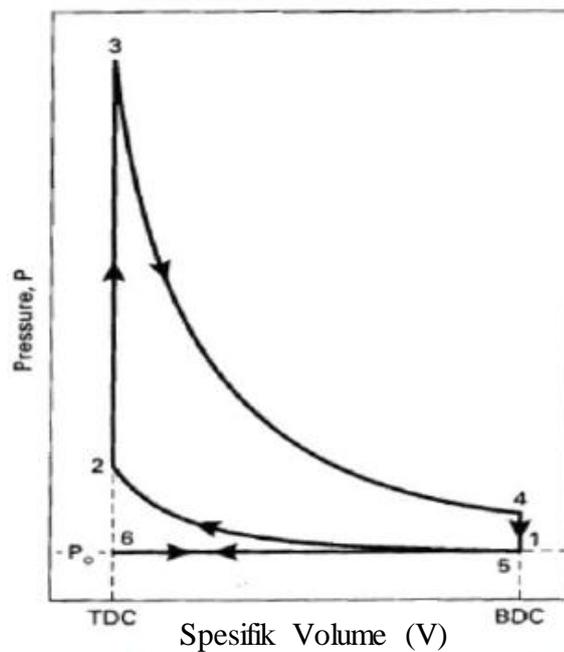
Menjelang akhir dari langkah tenaga dari siklus mesin yang sebenarnya, katup buang terbuka dan piston mendorong gas buang. Sejumlah entalpi terbawa keluar oleh gas buang. Siklus Otto mengganti pembuangan gas buang pada proses sistem terbuka dengan pengurangan tekanan pada volume konstan proses sistem tertutup (proses 4-5). Entalpi yang hilang selama proses ini diganti dengan pembuangan panas untuk analisis mesin. Tekanan didalam silinder pada akhir pembuangan berkurang sampai sekitar 1 atm dan temperatur berkurang dengan pendinginan ekspansi.

Langkah terakhir dari siklus motor bakar empat langkah terjadi saat piston bergerak dari TMB ke TMA. Proses 5-6 adalah langkah buang yang terjadi pada tekanan konstan 1 atm karena katup buang terbuka

Pada akhir langkah pembuangan mesin mengalami dua kali putaran poros engkol, piston kembali pada TMA. Katup buang tertutup dan katup hisap terbuka, mulailah siklus baru lagi.



Gambar 2.3 Diagram P-V siklus otto ideal (Muhajir, 2016)



Gambar 2.4 Diagram P-V siklus otto aktual (Muhajir, 2016)

2.2.4 Jenis Motor Bakar

Motor bakar torak terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Motor Pembakaran Luar (*External Combustion Engine*)

Motor pembakaran luar adalah suatu motor dimana proses pembakaran atau perubahan energi panas dilakukan diluar dari mekanisme/konstruksi mesin. Dari ruang pembakaran energi panas tersebut dialirkan ke konstruksi mesin melalui media penghubung lagi. Contoh motor pembakaran luar adalah (1) mesin uap/turbin uap dan (2) Mesin Nuklir/Turbin Nuklir.

2. Motor Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*)

Pada motor pembakaran dalam, proses pembakaran atau perubahan energi panas dilakukan didalam konstruksi mesin itu sendiri dan tempat terjadinya proses pembakaran itu disebut ruang bakar. Contohnya adalah (1) motor bensin, (2) motor diesel, dan (3) mesin Jet.

Motor bakar pada umumnya dibedakan menjadi dua, yaitu Motor Bensin (Otto) dan Motor Diesel. Perbedaan kedua jenis motor tersebut sangat jelas sekali yaitu jika motor bensin menggunakan bahan bakar bensin (premium), sedangkan motor diesel menggunakan bahan bakar solar. Perbedaan yang utama juga terletak pada sistem penyalanya, di mana pada motor bensin digunakan busi sebagai sistem penyalanya sedangkan pada motor diesel memanfaatkan suhu kompresi yang tinggi untuk dapat membakar bahan bakar solar.

3. Motor Bensin.

Pada motor bensin pembakaran campuran bahan bakar dan udara dengan loncatan bunga api listrik dari busi. Oleh karena itu motor bakar bensin disebut juga *Spark Ignition Engine*.

4. Motor Diesel.

Pada motor diesel disebut juga *Compression Ignition Engine*, terjadi proses penyalan sendiri. Yaitu karena bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder yang berisi udara bertemperatur dan bertekanan tinggi.

Bahan bakar itu terbakar sendiri setelah temperatur campuran itu melampaui temperature nyala bakar.

2.2.5 Pengertian Sistem Pengapian

Sistem pengapian adalah suatu sistem yang ada pada setiap motor bensin, yang digunakan untuk menghasilkan loncatan bunga api pada busi, sehingga dapat membakar campuran bahan bakar dan udara yang ada di dalam ruang bakar. Akibat adanya pembakaran bahan bakar, maka timbul tenaga yang digunakan untuk menggerakkan motor.

Spesifikasi perangkat pendukung performa mesin sepeda motor yang telah diubah, contohnya pada motor balap akan menuntut penyesuaian pada perangkat pendukung performa mesin tersebut agar menghasilkan performa yang optimal pada setiap saat. Parameter input dari perangkat pendukung mesin, bahkan yang bersifat eksternal seperti perubahan suhu, cuaca dan kelembaban akan mengubah performa mesin. Agar pengaturan dapat dilakukan setiap saat dan lebih mudah, maka lahirlah sebuah produk yang dinamakan *Non Programmable* CDI. *Non Programmable* CDI memungkinkan pengguna mengatur perangkat pendukung mesin secara mudah agar menghasilkan performa mesin yang optimal.

2.2.6 Komponen Sistem Pengapian

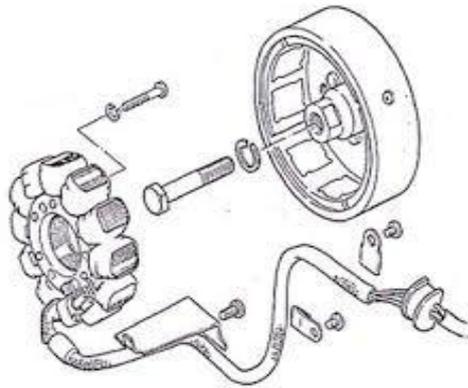
Dalam suatu sistem pengapian terdiri dari bagian-bagian yang penting yaitu sebagai berikut:

1. Baterai

Baterai merupakan sumber arus bagi lampu-lampu pada kendaraan. Selain itu baterai juga berfungsi sebagai sumber arus pada sistem pengapian. Prinsip kerja dari baterai adalah pada saat kutub positif (timbal oksida) dan kutub negatif (timbal) bereaksi dengan larutan elektrolit (asam sulfat) maka akan terjadi pelepasan muatan elektron. Elektron yang bergerak dari kutub negatif ke kutub itu akan menjadi arus listrik.

2. Generator

Dalam sebuah generator terdiri dari dua bagian yaitu rotor yang berupa magnet dan beberapa kumparan. Generator ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa pada saat terdapat garis gaya magnet yang terputus oleh lilitan kawat, maka pada lilitan kawat tersebut akan timbul gaya gerak listrik induksi. Arus listrik yang dihasilkan merupakan arus bolak balik atau AC (*Alternating Current*). Arus tersebut yang akan menyuplai sebagian besar arus saat motor berjalan. Gambar dari generator dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Generator (Prabowo, 2005)

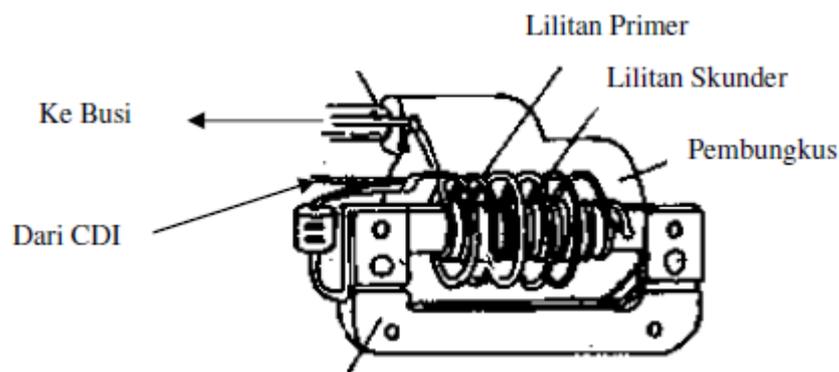
3. Pemutus arus

Pemutus arus ada dua macam yaitu dengan memakai platina atau dengan menggunakan sistem CDI. Pada penggunaan platina memakai sistem seperti pada sakelar. Platina berfungsi sebagai pemutus arus yang mengalir kekumparan primer pada koil pengapian. Dengan bekerjanya platina ini maka medan magnet pada koil selalu berubah-ubah yang mengakibatkan timbulnya tegangan sekitar 10.000 volt pada kumparan sekunder. Bekerjanya platina ini diatur oleh poros kam, sehingga waktu atau saat penyalaan dari gas bahan bakar dalam silinder dapat diatur menurut ketentuan yang telah ditetapkan. Pada platina waktu akan terbuka, akan timbul bunga api. Untuk menghindari hal tersebut digunakanlah kondensor sebagai pengaman atau peredam. Selain penggunaan platina juga ada sistem yang mampu bekerja untuk

memutus arus ke kumparan primer koil pengapian tanpa adanya percikan api, yaitu sistem CDI. Pemutusan arus yang dilakukan oleh unit CDI adalah dengan cara menahan arus dalam kondensator saat SCR mati dan mengalirkannya ke kumparan primer koil saat hidup.

4. Koil Pengapian

Arus listrik yang datang dari generator ataupun baterai akan masuk kedalam koil. Arus ini mempunyai tegangan sekitar 12 volt dan oleh koil tegangan ini akan dinaikkan sampai mencapai tegangan sekitar 10.000 volt. Dalam koil terdapat kumparan primer dan skunder yang dililitkan pada plat tembaga tipis yang bertumpuk. Pada gulungan primer mempunyai kawat yang dililitkan dengan diameter 0,6 sampai 0,9 mm dengan jumlah lilitan sebanyak 200 lilitan. Sedangkan pada kumparan skunder mempunyai lilitan kawat dengan diameter 0,05 sampai 0,08 mm dengan jumlah lilitan sebanyak 20.000 lilitan. Karena perbedaan pada jumlah gulungan pada kumparan primer dan skunder maka pada kumparan skunder akan timbul tegangan kira-kira 10.000 volt. Arus dengan tegangan tinggi ini timbul akibat terputus-putusnya aliran arus pada kumparan primer yang mengakibatkan tegangan induksi pada kumparan skunder. Karena hilangnya medan magnet ini terjadi saat terputusnya arus listrik pada kumparan primer, maka dibutuhkan suatu sakelar atau pemutus arus. Dalam hal ini bisa memakai platina (*contac breaker*) atau sistem CDI.



Gambar 2.6 Koil Pengapian(Marlindo, 2012)

5. Kondensor

Kondensor dapat menahan sejumlah muatan listrik menurut kapasitas dan dalam waktu tertentu. Oleh sebab itulah kondensor dapat digunakan sebagai peredam atau penghisap arus listrik ekstra yang timbul akibat adanya tegangan induksi diri pada kumparan primer yang dapat menimbulkan bunga api listrik pada platina. Kondensor ini biasanya dibuat dari kertas isolasi dan kertas perak (Prabowo, 2005).

6. Busi

Busi adalah suatu alat yang dipergunakan untuk meloncatkan bunga api listrik didalam silinder ruang bakar. Bunga api listrik ini akan diloncatkan dengan perbedaan tegangan 10.000 volt diantara kedua kutup *elektroda* dari busi. Karena busi mengalami tekanan, temperatur tinggi dan getaran yang sangat keras, maka busi dibuat dari bahan-bahan yang dapat mengatasi hal tersebut. Pemakaian tipe busi untuk tiap-tiap mesin telah ditentukan oleh pabrik pembuat mesin tersebut. Jenis busi pada umumnya dirancang menurut keadaan panas dan temperatur didalam ruang bakar.

Menurut jenisnya busi dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

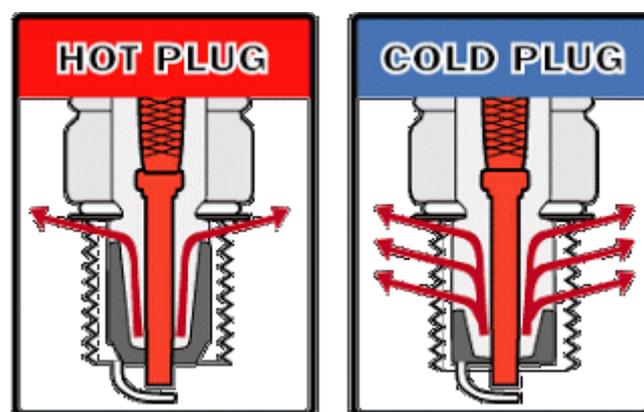
a. Busi panas

Busi kategori ini mempunyai kemampuan sulit melepas panas dan mudah panas pada saat digunakan. Busi ini tidak cocok apabila bekerja pada temperatur ruang bakar yang tinggi, bila temperatur ruang bakar mencapai suhu sekitar 850°C maka akan terjadi proses *pre ignition*, dimana bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya sebelum busi memercikkan bunga api.

b. Busi dingin

Busi ini mudah melepaskan panas dan mudah dingin pada saat bekerja, busi tipe ini tidak tepat apabila bekerja pada temperatur ruang bakar yang rendah, lebih cocok diaplikasikan untuk motor balap atau mesin *bore-up*. Jika temperature ruang bakar terlalu rendah atau kurang dari 400°C maka akan terjadi *proses carbon*

fouling yaitu bahan bakar tidak mampu terbakar sempurna sehingga bahan bakar yang tidak terbakar akan menumpuk pada busi, penumpukan endapan karbon ini akan menyebabkan tumpukan kerak karbon yang lama-lama jadi keras dan bisa jadi sumber panas kedua (arang) setelah busi. Hal inilah yang menyebabkan gejala *knocking* (ledakan kedua setelah busi memercikan bunga api)



Gambar 2.7 Busi panas dan busi dingin (Hidayadi, 2017)

2.2.7 Proses Pembakaran

Menurut Muhajir (2016) pembakaran adalah persenyawaan kimia dari unsur-unsur bahan bakar dengan zat asam yang kemudian menghasilkan panas dan disebut *heat energy*. Syarat terjadinya pembakaran yang baik pada suatu motor adalah:

1. Adanya tekanan kompresi yang cukup pada ruang bakar.
2. Campuran bahan bakar dan udara yang cukup.
3. Suhu yang cukup tinggi untuk pembakaran.

Ada dua proses pembakaran yang terjadi pada motor bakar bensin, yaitu:

1. Pembakaran normal

Pembakaran normal apabila pembakaran didalam silinder terjadi karena nyala api yang ditimbulkan oleh percikan bunga-bunga api oleh

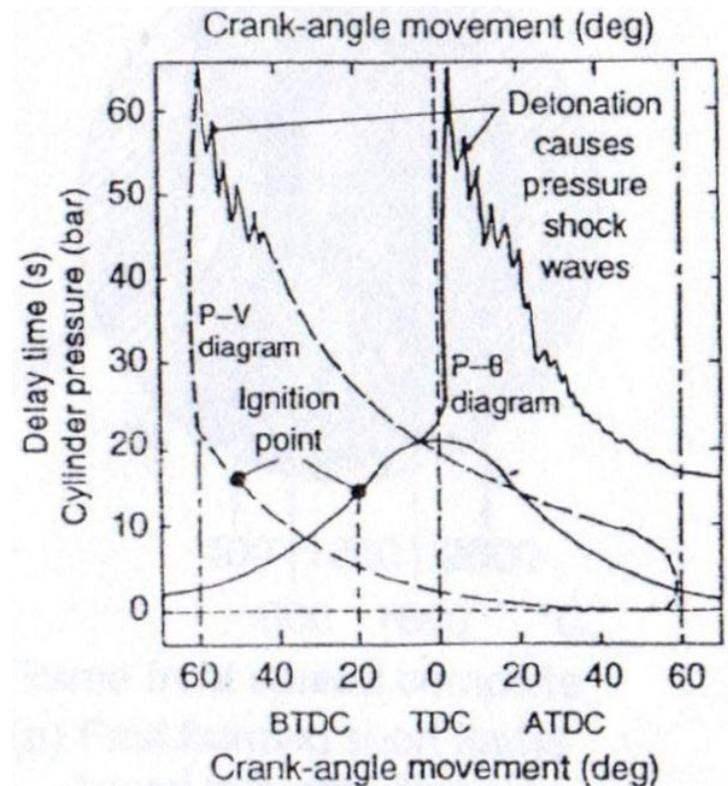
busi yang dengan bunga api ini proses terbakarnya bahan bakar berlangsung hingga seluruh bahan bakar yang ada didalam silinder terbakar habis dengan kecepatan yang relatif konstan. Saat pengapian untuk mendapatkan pembakaran tanpa pukulan dan daya motor sebesar mungkin mutlak bukan hanya saat pengapian, tetapi juga derajat yang lebih awal pada frekuensi putar yang tinggi (Muhajir, 2016).

2. Pembakaran tidak normal

Pembakaran tidak normal adalah pembakaran yang terjadi didalam silinder dimana nyala api dari pembakaran ini tidak menyebar dengan teratur dan merata sehingga menimbulkan masalah atau bahkan kerusakan pada bagian-bagian dari motor dapat terjadi akibat dari pembakaran yang tidak sempurna ini. Berikut beberapa macam pembakaran tidak normal menurut Muhajir (2016), yaitu:

a. Detonasi

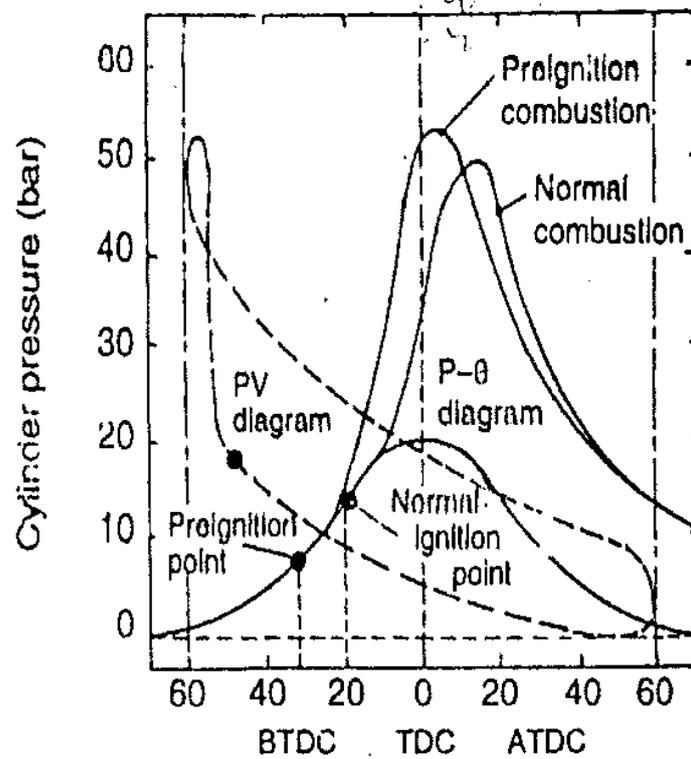
Detonasi terjadi karena sebagian campuran bahan bakar terbakar akibat kelebihan panas dan ledakan yang disebabkan oleh dua nyala pertumbukan setelah busi membakar. Dalam hal ini bahan bakar yang belum terbakar terdesak oleh bahan bakar yang telah terbakar, sehingga tekanan dan suhu naik sampai keadaan hampir terbakar. Pada saat bahan bakar terbakar dengan sendirinya maka akan timbul ledakan (detonasi) yang menghasilkan gelombang kejutan berupa suara ketukan (*knocking noise*) yang terjadi pada akhir pembakaran.



Gambar 2.8 Grafik Detonasi (Muhajir, 2016)

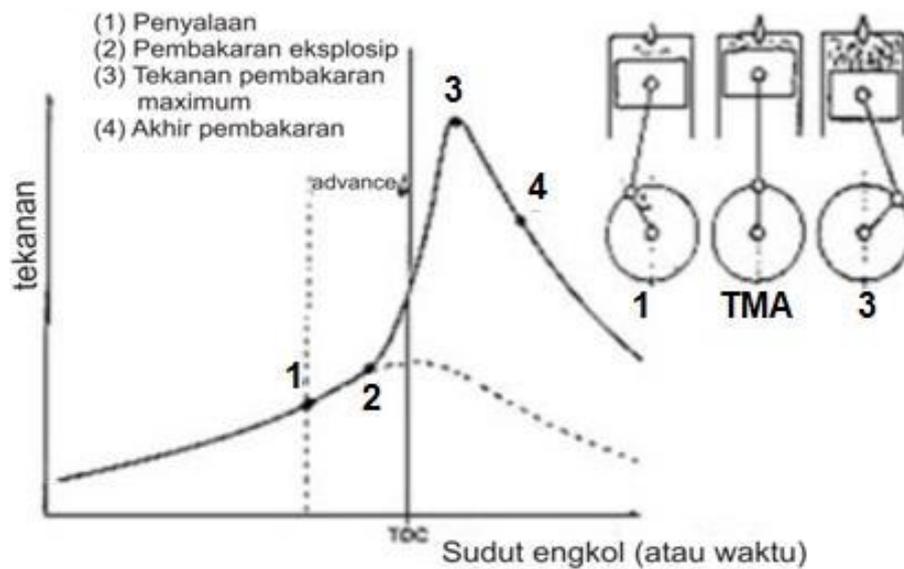
b. *Preignition*

Penyalan dari campuran bahan bakar dan udara dalam silinder sebelum waktu pengapian ditentukan yaitu sebelum busi memercikan bunga api. *Preignition* (pembakaran awal) disebabkan oleh titik panas yang berlebihan (*over heating*) diruang bakar dan campuran bahan bakar yang mudah terbakar. Dalam hal ini disebabkan oleh waktu pengapian terlalu maju, busi terlalu panas, bahan bakar oktan rendah, campuran bahan bakar dan udara terlalu kurus, dan kompresi terlalu tinggi. Proses *preignition* seperti ditunjukkan pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Grafik *preignition* (Muhajir, 2016)

Proses pembakaran dalam sebuah mesin terjadi beberapa tingkatan yang digambarkan dalam sebuah grafik dengan hubungan antara tekanan dan perjalanan engkol. Gambar 2.10 adalah grafik tingkatan pembakaran:



Gambar 2.10 Grafik proses pembakaran motor bensin (Muhajir, 2016)

Proses atau tingkatan pembakaran dalam sebuah mesin terbagi menjadi tiga periode yang terpisah. Menurut Muhajir (2016) periode-periode tersebut adalah:

1. Keterlambatan pembakaran (*delay periode*)

Periode keterlambatan pembakaran dimulai dari titik (1-2) yaitu mulai memerciknya busi. Keterlambatan pembakaran ini disebabkan perlunya waktu untuk memulai reaksi antara bahan bakar dan oksigen.

2. Penyebaran api

Periode penyebaran api ditunjukkan pada titik (2-3) adalah saat dimana pembakaran dimulai dan penyebaran apinya dilanjutkan keseluruh bagian silinder. Pada fase ini tekanan dalam silinder akan naik dengan drastis. Naiknya tekanan didalam silinder dikarenakan selain langkah kompresi juga akibat dari pembakaran.

3. Puncak pembakaran (pembakaran akhir)

Puncak pembakaran akhir pada proses pembakaran dimulai pada titik (3-4) Tekanan pembakaran puncak terjadi pada titik fase ini. Tekanan pembakaran terjadi beberapa saat setelah torak melewati TMA, kira-kira sepuluh derajat setelah TMA. Hal ini dibuat demikian agar tenaga yang dihasilkan oleh motor akibat pembakaran ini maksimum mendorong torak.

2.2.8 Dinamometer

Dinamometer atau Dynotest adalah sebuah alat yang juga digunakan untuk mengukur putaran mesin dan torsi dimana tenaga atau daya yang dihasilkan dari suatu mesin atau alat yang berputar dapat dihitung.

Beberapa jenis dinamometer:

1. Dinamometer Mesin

Dinamometer mesin digunakan untuk mengetahui besar jumlah tenaga/daya yang dikeluarkan oleh suatu mesin. Dalam prakteknya, dinamometer mesin mengukur torsi dan daya sebenarnya yang dihasilkan dari mesin kendaraan bermotor. Dinamometer mesin memberikan data yang tentang seberapa besar daya dan torsi yang dapat dihasilkan.

2. Dinamometer Rangka

Dinamometer atau Cassis adalah suatu alat uji otomotif yang digunakan untuk mengukur daya sebenarnya yang diberikan motor kepada roda-roda penggerak.

2.2.9 Torsi Mesin

Torsi adalah tenaga untuk menggerakkan, menarik atau menjalankan sesuatu (*pulling power*). Torsi dihasilkan dari jarak dan kekuatan, untuk menghitung torsi dengan cara mengalikan tenaga dan jarak.

Besarnya torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda berputar pada porosnya (Nurliansyah, dkk, 2016).

$$T = F \times b \text{ (N.m)}$$

Dengan :

T = Torsi (N.m)

F = Gaya sentrifugal benda yang berputar (N)

B = Jarak benda ke pusat rotari (m)

2.2.10 Daya Mesin

Daya mesin adalah hubungan mesin untuk menghasilkan torsi maksimal pada putaran tertentu. Daya menjelaskan besarnya output kerja mesin yang

berhubungan dengan waktu, atau rata rata kerja yang dihasilkan (Nurliansyah, dkk, 2014).

Daya yang dihasilkan dari proses pembakaran didalam silinder dan biasanya disebut dengan daya indikator. Daya tersebut dikenakan pada torak bekerja bolak balik didalam silinder mesin. Jadi didalam silinder mesin terjadi perubahan energi dari energi kimia bahan bakar dengan proses pembakaran menjadi energi mekanik pada torak (Winarno dan Karnowo, 2008 : 99).

Pengukuran daya dilakukan menggunakan *dynamometer* dan *tachometer* atau alat lain dengan fungsi yang sama :

Daya (Bhp)

$$P = \frac{2\pi \times n \times T}{60000}$$

Dengan :

P = Daya (kW)

n = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (N.m)

2.2.11 Bahan Bakar

Klasifikasi bahan bakar yang dapat pada motor bakar dibagi menjadi tiga kelompok yaitu: gas, cair dan padat (Surbhakty, 2013). Untuk melakukan pembakaran diperlukan bahan bakar, udara dan suhu untuk memulai pembakaran. Beberapa kriteria utama yang harus dipenuhi oleh bahan bakar dalam penggunaan pada motor bakar adalah sebagai berikut:

1. Panas yang dihasilkan harus tinggi untuk mempercepat proses pembakaran bahan bakar dalam silinder.
2. Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan setelah pembakaran yang akan merusak dinding silinder.
3. Gas buang dari sisa pembakaran tidak berbahaya pada saat dilepas ke atmosfer.

2.2.12 Jenis Jenis Bahan Bakar

1. Bahan Bakar Premium

Bensin (Premium) merupakan bahan bakar cair yang digunakan oleh motor bensin. Premium merupakan bahan bakar cair yang mudah menguap, pada suhu 60⁰C kurang lebih 35-60% sudah menguap dan pada suhu 100⁰C akan 100% menguap (G.Haryono dalam Trio, 2013).

2. Bahan Bakar Pertalite

Pertalite merupakan merupakan bahan bakar cair yang memiliki oktan 90. Pembuatan pertalite dibuat dengan komposisi bahannya nafta dan HOMC (*High Octan Mogas Component*) dan ditambahkan EcoSAVE. Distilasi 10% dengan penguapan maksimal 74⁰C (Ariawan, Kusuma dan Adnyana, 2016)

3. Bahan Bakar Pertalite

Pertamax merupakan bahan bakar cair yang memiliki oktan 92. Bensin dengan bilangan oktan tinggi akan memiliki periode penundaan yang lebih panjang (Arismunandar dalam Trio, 2013). Pertamax memiliki warna kebiruan dan kandungan maksimal dari sulfur (S) 0,1%, Pb 0,3%, Oksigen (O) 2,72% dan titik didih 205⁰C.

2.2.13 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar adalah parameter ukuran dari unjuk kerja mesin yang telah dikonsumsi oleh motor untuk menghasilkan tenaga mekanis dan hal ini dapat menghitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk mendapatkan daya dalam selang waktu tertentu. Konsumsi bahan bakar spesifik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$K_{bb} = \frac{v}{s}$$

V = Volume bahan bakar yang digunakan (l)

S = Jarak tempuh