

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Hartono (2007), melakukan penelitian tentang penggunaan bahan bakar premium, pertamax dan pertamax plus. Hasil penelitian menunjukkan torsi maksimum dicapai pada bensin pertamax sebesar 7,52 Nm pada 6118 rpm, diikuti pertamax plus 7,41 Nm pada 5931 rpm, dan bensin premium 7,41 Nm pada 5958 rpm. Sedangkan daya maksimum pada bensin pertamax sebesar 6,80 HP pada 7434 rpm, diikuti premium 6,74 HP pada 7672 rpm, lalu pertamax plus sebesar 6,73 HP pada 7317 rpm. Untuk konsumsi bahan bakar spesifik minimal dimiliki pertamax plus sebesar 0,11 HP pada 5250 rpm, diikuti pertamax sebesar 0,12 HP pada 4750 rpm, kemudian premium sebesar 0,12 kg/kWh pada 5250 rpm.

Apip (2009), melakukan penelitian terhadap unjuk kerja motor bakar 4 langkah berbahan bakar campuran premium - etanol dengan *persentase blending* 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pengujian dilakukan pada motor bensin 4 langkah yang telah dilakukan *tune up* sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi kenaikan daya yang tidak begitu signifikan seiring dengan penambahan *persentase* etanol dan konsumsi bahan bakar spesifik juga mengalami penurunan yang tidak begitu signifikan.

Muklisanto (2003), melakukan penelitian tentang pengaruh variasi campuran premium dan etanol pada variasi rasio mainjet terhadap kinerja mesin 4 langkah 110 cc. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil sebagai berikut, pada variasi etanol torsi tertinggi campuran premium 90% dan etanol 10% sebesar 7,1 N.m pada putaran mesin 5000 rpm dan daya tertinggi oleh campuran premium 90% dan etanol 10% sebesar 3,717 kW pada putaran 5000 rpm

Ardawalika (2009), melakukan penelitian campuran bahan bakar bensin dan etanol pada motor bakar empat langkah 196cc dengan *persentase* 0%, 5%, 10%, 15%, 25%, 30%, dan 35%. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa penambahan etanol pada bensin yang diuji pada motor bensin standar tidak terlalu mempengaruhi nilai torsi, daya, konsumsi bahan bakar, dan SFC. Tetapi

untuk efisiensi *thermis* cenderung mengalami peningkatan. *Effisiensi* terbesar tanpa penambahan etanol adalah 6,22% dan *effisiensi* terbesar dengan etanol adalah 7,996 %.

Chandra (2007), melaporkan bahwa efek penambahan etanol pada bensin disamping mampu meningkatkan performa motor bensin menjadi lebih baik, penambahan etanol pada bensin juga mampu mengurangi emisi gas buang dari motor bensin tersebut.

Prasetyo dan Patriayudha (2009), melaporkan bahwa penggunaan etanol pada mesin 4 langkah 125cc sebagai bahan bakar alternatif yang dicampurkan pada bahan bakar premium dengan *persentase* 7,5%, 10%, dan 12,5% dapat menurunkan emisi gas buang kendaraan yang meliputi NO_x, SO₂, CO dan CO₂.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis dari mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Energi diperoleh dari proses pembakaran, proses pembakaran dan juga perubahan energi tersebut dilaksanakan di dalam mesin dan dilakukan di luar mesin. (Yaswaki dan Murdhana, 1998).

Motor bakar torak (**Gambar 2.1**) menggunakan beberapa silinder yang di dalamnya terdapat torak yang bekerja bolak-balik yang diakibatkan oleh proses pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dari udara di dalam silinder. Pembakaran yang dihasilkan tersebut dapat menggerakkan torak dengan gerakan translasi (bolak-balik) yang dibantu oleh batang penggerak yang dihubungkan dengan poros engkol (Surbakti, 1985).

Pada motor bakar torak tidak terdapat proses pemindahan kalor gas pembakaran fluida kerja, karena itu jumlah komponen motor bakar sangat sedikit, cukup sederhana, lebih kompak, dan lebih ringan dibanding dengan mesin pembakaran luar (mesin uap). Oleh karena itu, penggunaan motor bakar sangat banyak dan menguntungkan, penggunaan motor bakar dalam masyarakat antara

lain adalah dalam bidang transportasi, penerangan, produksi dan sebagainya. (Surbakti, 1985).

2.2.2 Sistem Kerja Motor Bakar

Motor bakar berdasarkan macam proses kerjanya atau menurut jumlah langkah tiap siklusnya dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu

- a. Motor pembakaran luar atau *external combustion engine* (ECE).
- b. Motor pembakaran dalam atau *internal combustion engine* (ICE).

2.3 Prinsip Motor Bakar

2.3.1 Motor Pembakaran Luar (ECE).

Motor pembakaran luar adalah proses pembakaran bahan bakar terjadi di luar mesin, sehingga untuk melakukan pembakaran digunakan mesin tersendiri. Panas dari hasil pembakaran bahan bakar tidak langsung diubah menjadi tenaga gerak, tetapi terlebih dahulu melalui media penghantar, kemudian diubah menjadi tenaga mekanik. (Arismunandar, 1988)

Keunggulan motor pembakaran luar:

1. Dapat memakai semua bentuk bahan bakar.
2. Dapat memakai bahan bakar yang bermutu rendah.
3. Cocok untuk melayani beban-beban besar dalam satu poros.
4. Lebih cocok dipakai untuk daya tinggi.

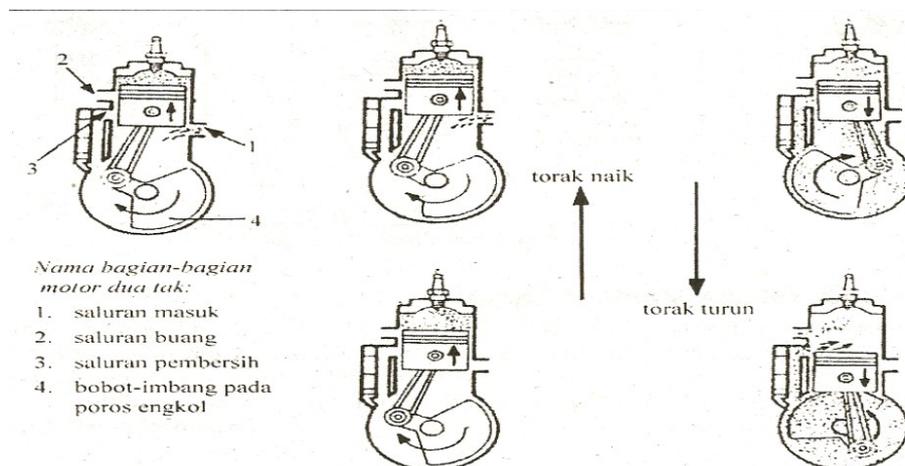
2.3.2 Motor Pembakaran Dalam (ICE).

Proses pembakaran motor bensin 4 langkah terjadi secara periodik, yaitu piston bergerak akibat adanya ledakan (pembakaran) dalam ruang bakar antara campuran bahan bakar dan udara yang dipicu oleh bunga api yang terpercik dari busi. Piston terdorong sehingga menggerakkan poros engkol (*cranshaft*) melalui batang penghubung (*connecting rod*). Pasokan bahan bakar ke ruang bakar menggunakan dua katup, yaitu katup isap dan katup buang.

Motor pembakaran dalam dibagi menjadi dua jenis utama yaitu motor bensin (*otto*) dan motor *diesel*. Perbedaan kedua motor tersebut yaitu jika motor bensin menggunakan bahan bakar bensin atau sejenis, sedangkan motor *diesel* menggunakan bahan bakar solar. Perbedaan yang utama juga terletak pada sistem penyalanya, dimana pada motor bensin digunakan busi sebagai sistem penyalanya sedangkan pada motor diesel memanfaatkan suhu kompresi yang tinggi untuk dapat membakar bahan bakar solar. (Arismunandar, 1988)

2.3.3 Prinsip Langkah Kerja Motor Bensin 2 Langkah

Motor bakar dua langkah adalah mesin yang pembakarannya dilakukan dengan dua kali gerakan piston dan satu kali putaran poros engkol. Pada dasarnya prinsip kerja motor 2 - tak sangat simpel atau sederhana. Pada satu siklus pembakaran terjadi dua kali langkah piston. Sangat berbeda sekali dengan prinsip kerja motor 4-tak. Pada motor 4-tak terjadi 4 langkah pada satu siklus pembakaran. Walaupun sama-sama memiliki 4 proses, langkah isap, langkah tekanan atau ekspansi, langkah putar atau tenaga dan langkah buang yang diteruskan ke saluran buang atau knalpot. (Suratman, M, 2002)



Gambar 2.1 Motor Bakar 2 Langkah (Suratman, M, 2002)

2.3.3.1 Langkah Hisap

Torak bergerak dari TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah), piston bergerak dari TMA ke TMB maka akan terjadi penekanan pada ruang bilas yang ada di bawah piston. Sebelum ruang bilas terbuka oleh torak, di dalam bak

mesin terjadi kompresi terhadap campuran bahan bakar dengan udara. Saat piston bergerak melewati lubang *exhaust*, gas yang berada pada ruang bakar akan keluar melalui lubang *exhaust*. Saat piston melalui lubang *intake* maka gas dalam ruang bilas yang terpompa oleh piston akan masuk ke dalam ruang bakar, dan saat langkah ini gas dari sisa pembakaran akan terdorong keluar melalui *exhaust*. (Suratman, M, 2002)

2.3.3.2 Langkah Kompresi

Torak bergerak dari TMB ke TMA, Piston yang bergerak dari TMB ke TMA akan melakukan penghisapan campuran bahan bakar, udara, dan pelumas (oli samping). Setelah piston melewati lubang *intake* dan lubang *exhaust* maka piston akan melakukan langkah kompresi yang akan menghasilkan tekanan pada ruang bakar. Piston akan terus menekan sampai TMA, dan pada tepat berada di TMA. Campuran bahan bakar dan udara yang sudah mendapat tekanan yang sangat besar dari piston akan terbakar oleh api yang dipercikkan oleh busi. Setelah terjadi ledakan pada ruang bakar maka akan diteruskan ke langkah tenaga, dan tenaga disalurkan ke sistem transmisi. (Suratman, M, 2002)

2.3.3.3 Langkah Kerja dan Ekspansi

Pada langkah ini terjadi langkah usaha dan buang yang terjadi pada saat yang tidak bersamaan, jadi langkah usaha dahulu kemudian setelah saluran bilas dan saluran buang terbuka terjadi langkah buang. Yang terjadi pada langkah ini adalah :

- a. Sebelum piston mencapai TMA, busi akan memercikkan bunga api listrik sehingga campuran udara dan bahan bakar akan terbakar sehingga mengakibatkan adanya daya dorong terhadap piston.
- b. Sesaat setelah saluran hisap tertutup kemudian saluran hisap dan saluran buang terbuka maka campuran bahan bakar dan udara yang berada diruang engkol akan mendorong gas sisa hasil pembakaran melalui saluran bilas ke saluran gas buang.

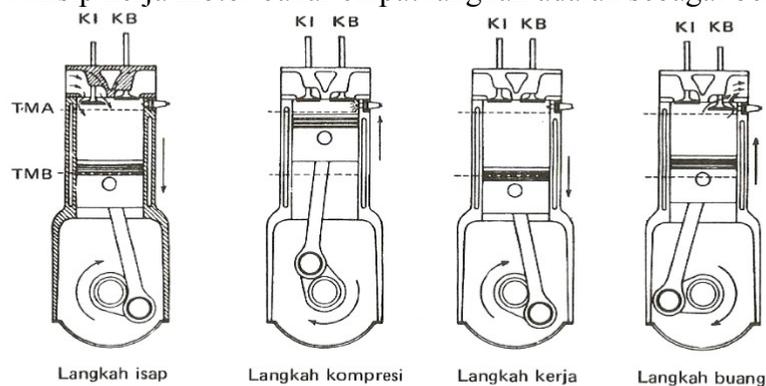
- c. Motor pembakaran dalam adalah proses pembakarannya berlangsung di dalam motor bakar, sehingga panas dari hasil pembakaran langsung bisa diubah menjadi tenaga mekanik.

2.3.3.4 Langkah Buang

Sebelum torak mencapai TMB, saluran buang terbuka dan gas sisa membakar mengalir terbuang ke luar. Pada saat yang bersamaan campuran bahan bakar dengan udara masuk ke dalam ruang bakar melalui rongga bilas. Langkah usaha/kerja berakhir sampai saat lubang pembuangan terbuka. Gas sisa pembakaran segera keluar. Dalam gerak menuju TMB tersebut, torak membuka lubang pembilasan, sehingga campuran bahan bakar dan udara yang baru segera menggantikan sisa gas pembakaran dalam silinder. Proses penggantian gas sisa pembakaran dalam silinder ini disebut sebagai proses pembilasan. Pada proses pembilasan, sebagai campuran bahan bakar dengan udara ikut keluar silinder bersama gas buang. (Suratman, M, 2002)

2.3.4 Prinsip Langkah Kerja Motor 4 Langkah

Prinsip kerja motor bakar empat langkah adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Langkah Kerja Motor Bensin 4 Langkah (Suratman, M, 2002)

2.3.4.1 Langkah Hisap :

1. Torak bergerak dari TMA ke TMB.
2. Katup masuk terbuka, katup buang tertutup.

3. Campuran bahan bakar dengan udara yang telah tercampur di dalam karburator, masuk dan dihisap ke dalam silinder melalui katup masuk (katup *inlet*).
4. Saat torak berada di TMB katup masuk akan tertutup.

2.3.4.2 Langkah Kompresi

1. Torak bergerak dari TMB ke TMA.
2. Katup masuk dan katup buang kedua-duanya tertutup sehingga gas yang telah dihisap tidak dapat keluar pada waktu ditekan oleh torak yang mengakibatkan tekanan gas akan naik sambil mengeluarkan panas.
3. Beberapa saat sebelum torak mencapai TMA busi memercikkan api listrik.
4. Gas/bahan bakar yang telah mencapai tekanan tinggi terbakar.
5. Akibat pembakaran bahan bakar, tekanannya akan naik menjadikira-kira tiga kali lipat.

2.3.4.3 Langkah Kerja atau Ekspansi

1. Katup masuk dan katup buang dalam keadaan tertutup.
2. Gas terbakar dengan tekanan yang tinggi akan mengembang kemudian menekan dan memaksa torak turun ke bawah dari TMA ke TMB.
3. Saat inilah pertama kali tenaga poros (kalori) diubah menjadi tenaga bergerak/mekanis. Tenaga ini disalurkan melalui batang penggerak, selanjutnya oleh poros engkol diubah menjadi gerak berputar.

2.3.4.4 Langkah Pembuangan

1. Torak bergerak dari TMB ke TMA.
2. Katup buang terbuka, katup masuk tertutup.
3. Gas sisa pembakaran terdorong oleh torak keluar melalui katup buang.

2.4 Reaksi Kimia Pada Proses Pembakaran

Pembakaran dapat didefinisikan sebagai proses/reaksi oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar (*fuel*) dan oksidator dengan menimbulkan nyala dan panas. Bahan bakar merupakan segala substansi yang melepas panas ketika dioksidasi dan secara umum mengandung unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O₂), nitrogen (N), dan sulfur (S). Sementara *oksidator* adalah segala substansi yang mengandung oksigen (misalnya udara) yang akan bereaksi dengan bahan bakar. (Mahandri, 2010)

Campuran ideal untuk pembakaran antara udara dan masing-masing senyawa penyusun bensin dapat dihitung dari masa relatif masing-masing atom dan kesetimbangan reaksi kimia. Masa relatif atom-atom penyusun bensin adalah :

- a. Carbon (C) = 12
- b. Hidrogen (H) = 1
- c. Oksigen (O₂) = 16

Persamaan reaksi kesetimbangan untuk proses pembakaran sempurna dari bensin adalah : $2C_8H_{18} + 25O_2 \longrightarrow 16CO_2 + 18 H_2O$ (Susantya, 2007)

2.5 Bagian Utama Motor Bakar

2.5.1 Blok Silinder

Silinder adalah sebagai tempat pembakaran campuran bahan bakar dengan udara untuk mendapatkan tekanan dan *temperatur* yang tinggi. Bahan logam yang dipergunakan adalah bahan yang berkualitas baik sehingga tahan lama, tahan gesekan, serta tahan terhadap *temperatur* tinggi. (Daryanto, 2008)

Blok silinder berfungsi sebagai :

1. Tempat bergerak piston.
2. Tempat pertukaran gas sisa pembakaran dengan gas baru.
3. Tempat kedudukan sirip-sirip pendingin atau mantel air.
4. Sebagai tempat lubang masuk, lubang transfer, dan lubang buang.

2.5.2 Kepala Silinder

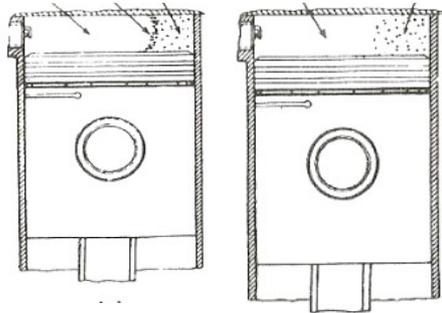
Bagian teratas dari konstruksi mesin adalah kepala silinder yang berfungsi sebagai penutup lubang silinder pada blok silinder. Kepala silinder dibuat dari logam *aluminium* paduan agar tahan pada *temperatur* yang tinggi dan mempunyai masanya ringan. (Northop, 1995)

2.5.3 Torak

Torak dibuat dari bahan yang bermutu tinggi, torak harus kuat ringat dan tahan akan temperatur tinggi. Fungsi torak adalah sebagai elemen yang mengatur gas/udara pada proses pemasukan (*sunction*), kompresi (*compression*), dan pengeluaran (*discharge*). (Aditya, 2013)

Torak atau piston terbuat dari bahan *aluminium* paduan yang mempunyai sifat :

1. Ringan.
2. Penghantar panas yang baik.
3. Pemuai kecil.
4. Tahan terhadap keausan akibat gesekan.
5. Kekuatan yang tinggi terutama pada temperatur tinggi.

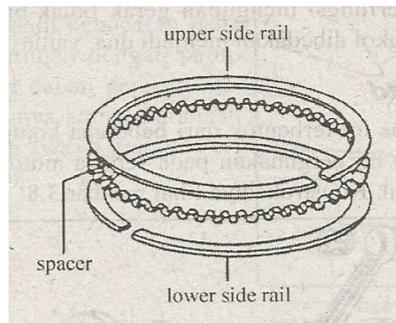


Gambar 2.3Torak(Suratman, M, 2002)

2.5.4 Cincin Torak

Cincin torak adalah cincin yang memisahkan dua bagian, yaitu torak dan silinder. Fungsi cincin torak adalah untuk mengurangi kebocoran gas/udara antara permukaan torak dengan dinding linier silinder. (Aditya, 2013)

Cincin torak juga berfungsi membantu pengontrolan lapisan minyak pelumas di dinding silinder. Cincin torak dibuat dari besi tuang atau baja campuran dan digunakan sebagai penekan arah *radial* ke dinding silinder untuk membentuk suatu sil atau perapat antara silinder dan torak.



Gambar 2.4 Cincin Torak(Suratman, M, 2002)

Cincin torak terbagi 2 jenis dasar :

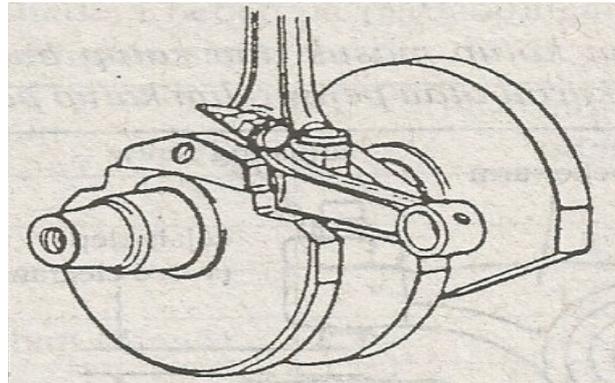
1. Cincin kompresi
Cincin kompresi yang secara normal dipasang pada bagian atas terdiri dari dua cincin. Pada dasarnya cincin kompresi berfungsi untuk memisahkan (perapat) agar mencegah gas dalam ruang pembakaran melewati bak mesin.
2. Ring pengontrol
Ring pengontrol ini dipasang pada bagian bawah dan merupakan ring tunggal yang berfungsi untuk meratakan minyak pada dinding silinder dan mengalirkan kembali ke panci oli. Ring oli pada dasarnya terdiri dari tiga jenis, yaitu :
 1. Ring oli besi tuang, yang dibuat satu buah.
 2. Ring oli bentuk segmen terdiri dari dua atau empat buah.
 3. Satu ekspander atau pengembangan yang dipasang pada belakang segmen, berfungsi sebagai pendorong keluar pada dinding silinder.

2.5.5 Pena Torak

Pena torak berfungsi sebagai pengikat torak terhadap penggerak. Selain itu, pena torak juga berfungsi sebagai pemindah tenaga torak ke batang penggerak agar gerak bolak-balik dari torak dapat diubah menjadi gerak berputar pada poros engkol. Pena torak terbuat dari bahan baja paduan yang bermutu tinggi agar tahan terhadap beban yang sangat besar. (Aditya, 2013)

2.5.6 Batang Penggerak

Batang penggerak menghubungkan torak atau piston ke poros engkol. Batang penggerak memindahkan gaya torak dan memutar poros engkol. Ketika berhubungan dengan poros engkol. Batang penggerak mengubah gerakan bolak-balik torak ke dalam gerakan putaran dari poros engkol dan roda gigi. Batang penggerak pada umumnya dibuat dari bahan campuran baja bermutu tinggi dan tahan akan temperatur tinggi. (Aditya, 2013)



Gambar 2.5 Batang Penggerak dan Poros Engkol(Suratman, M, 2002)

2.5.7 Poros Engkol

Pada umumnya poros engkol dibuat dari bahan baja. Poros engkol berfungsi mengubah gerakan bolak-balik yang diterima dari torak menjadi gerakan berputar, pada poros engkol biasanya terdapat *counte weight* yang berfungsi untuk mem-*balance* gaya - gaya yang tidak seimbang dari komponen poros engkol. Bagian poros engkol yang berfungsi sebagai poros dibuat *journal* yang ditumpu oleh dua buah lempengan bantalan yang disebut bantalan utama (*main bearing*). Bantalan utama juga berfungsi sebagai penumpu dari poros engkol agar tidak mudah terpuntir dan berubah bentuk. (Aditya, 2013)

2.5.8 Roda Gaya atau Roda Penerus.

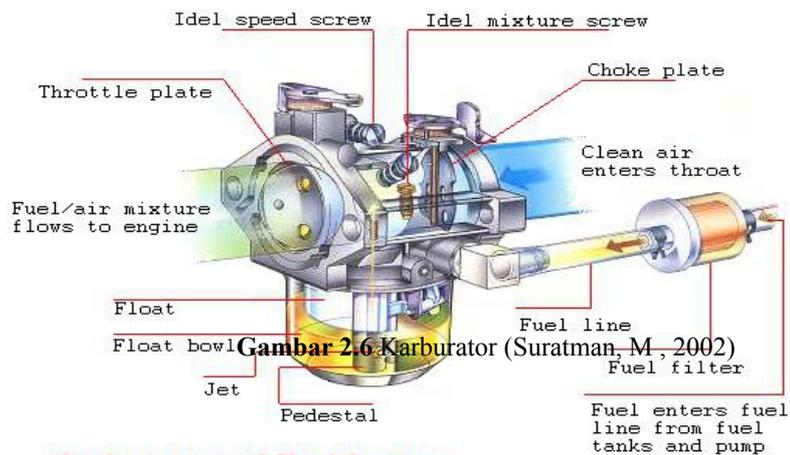
Berputarnya poros engkol secara terus menerus adalah akibat adanya tenaga gerak (energi kinetik) yang disimpan pada roda penerus sebagai kelebihan pada saat langkah kerja. Roda penerus atau disebut juga roda gila. (Aditya, 2013)

2.5.9 Bak Mesin

Bak mesin merupakan tempat penempatan poros engkol dan gigi transmisi. Bak mesin umumnya dibuat dari bahan logam aluminium paduan. Pada jenis motor 2 langkah pada bagian bak mesinnya terdapat saluran yang dihubungkan dengan karburator sebagai pemasukan bahan bakar. Pada motor 4-langkah bak mesin merupakan tempat minyak pelumas sekaligus juga sebagai pendingin minyak pelumas di dalam sirkulasinya. (Aditya, 2013)

2.6 Pembakaran Pada Motor Bensin

Karburator merupakan sebuah alat dan merupakan bagian dari sistem bahan bakar yang berfungsi untuk mencampur bahan bakar dan udara yang dibuat kabut sebelum masuk silinder. Karburator mengatur pemasukan, pencampuran, dan pengabutan bahan bakar ke dalam arus udara sehingga didapatkan campuran yang sesuai dengan tingkat beban dan kecepatan. Kabut bahan bakar tersebut akan menentukan baik atau buruknya performa mesin pada kendaraan. (Faisal Dasuki, 1977)



Gambar 2.6 Karburator (Suratman, M, 2002)

2.7 Bahan Bakar

Bahan bakar adalah bahan yang apabila dibakar dapat meneruskan proses pembakaran tersebut dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kaloryang

dapat terbakar misalnya: kertas, kain, batu bara, minyak tanah, bensin dan sebagainya. (Wikipedia, 2010)

Untuk melakukan pembakaran diperlukan 3 (tiga) unsur, yaitu :

- a. Bahan bakar
- b. Oksigen
- c. Suhu untuk memulai pembakaran

Panas atau kalor yang timbul karena pembakaran bahan bakar tersebut disebut hasil pembakaran. Kriteria umum yang harus dipenuhi bahan bakar yang akan digunakan dalam motor bakar adalah sebagai berikut:

- a. Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi.
- b. Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah pembakaran karena akan menyebabkan kerusakan pada dinding silinder.
- c. Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepas ke *atmosfer*.

Karakteristik utamayang diperlukan dalam bensin adalah sifat pembakarannya. Sifat pembakaran ini biasanya diukur dengan angka oktan. Angka oktan merupakan ukuran kecenderungan bensin untuk mengalami pembakaran tidak normal yang timbul sebagai ketukan mesin. Semakin tinggi angka oktan suatu bahan bakar, semakin berkurang kecenderungannya untuk mengalami ketukan dan semakintinggi kemampuannya untuk digunakan pada rasio kompresi tinggi tanpa mengalami ketukan.

2.7.1 Cara Menentukan Angka Oktan Bahan Bakar

Cara menentukan angka oktan bahan bakar adalah dengan mengadakan perbandingan bahan bakar tertentu dengan bahan bakar standar dengan memakai mesin CFR (*coordination fuel research*). Mesin CFR merupakan sebuah mesin silinder tunggal dengan perbandingan kompresi 4:1 sampai 14:1. (Hariyanto, 2010)

Bahan Bakar Standar :

a. *Iso Oktane Trimetyl Pentane* (C_7H_{18})

Iso oktane adalah bahan bakar dengan kecenderungan *detonasi* kecil bahan bakar inilah yang mempunyai angka oktan 100.

b. *Normal Heptane* (C_7H_{16})

Bahan bakar yang mempunyai kecenderungan *detonasi* besar, bahan bakar ini berangka oktan nol. Bilangan oktan dari suatu bahan mamakai mesin CFR. Pengetesan dilakukan dengan cara bahan bakar dalam mesin dan perbandingan kompresi dinaikan perlahan lahan hingga diperoleh ketukan (*knocking*) tertentu atau pembacaan *detonasi* dari sebuah *detektor variasi*.

2.7.2 Hubungan Antara Angka Oktan Dengan Pembakaran

Pada intinya segala usaha untuk memperkecil kecenderungan *detonasi* adalah suatu usaha untuk memperpanjang waktu antara terjadinya loncatan listrik pada busi dan saat terjadi nyala pembakaran atau memperpendek waktu yang dilakukan oleh nyala api untuk mencapai bagian terjauh dari busi.

Bahan bakar dengan bilangan angka oktan tinggi baik digunakan motor bensin dengan perbandingan kompresi tinggi. Sebagai mana diketahui salah satu cara untuk menaikkan efisinsi motor adalah dengan menaikkan kompresi, maka dengan mempergunakan bahan bakar beroktan tinggi, hambatan yang sebagaian besar disebabkan *detonasi* berangsur-angsur dapat diatasi. Jadi bahan bakar beroktan tinggi, berarti untuk memperbaiki kesempurnaan pembakaran dan untuk mengatur saat penyalaan pembakaran dalam hubungannya dengan perbaikan terhadap ketahanan *detonasinya* (Arismunandar, 2002)

2.7.3 Pengaruh Bahan Bakar Terhadap Tekanan Masuk dan Perbandigan Kompresi

Untuk mesin yang tanpa *supercharger*, tekanan masuk direncanakan mendekati atmosfer pada katup terbuka penuh, bahan bakar dengan oktan tinggi

dapat mempertinggi efisiensi mesin. Sedangkan untuk mesin yang bekerja dengan *supercharger*, tekanan masuk direncanakan lebih dari satu atmosfer. Tekanan masuk diperoleh dengan jalan menekan udara atmosfer masuk ke dalam silinder selama langkah isap dengan pompa udara (*blower* dan *konpresor*). (Arismunandar, 2002)

2.8 Jenis Bahan Bakar

2.8.1 Premium

Premium adalah senyawa organik yang dibutuhkan dalam suatu pembakaran dengan tujuan untuk mendapatkan energi atau tenaga. Bahan bakar premium sering digunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor. Premium merupakan campuran kompleks senyawa-senyawa *hidrokarbon* yang memiliki titik didih sekitar 40°C sampai 180°C. Bahan bakar ini sering disebut juga dengan *gasoline* atau *petrol*. Penggunaan premium dalam mesin berkompresi tinggi akan menyebabkan mesin mengalami *knocking* atau ngelitik sehingga premium di dalam mesin kendaraan akan terbakar dan meledak tidak sesuai dengan gerakan piston. Premium memiliki *research octane number* (RON) sebesar 88. (www.pertamina.com, 2012)

Pada umumnya, premium digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin, seperti mobil, sepeda motor, motor tempel, dan lain-lain. Bahan bakar ini sering juga disebut motor *gasoline* atau *petrol*. Sejak 2006, premium sudah tanpa timbal.

Tabel. 2.1 Spesifikasi Premium (Keputusan Dirjen Migas No. 940/34/DJM/2002)

No	Sifat	MIN	MAX
1	Angka oktan riset RON	88	-
2	Kandungan Timbal (Pb)(gr/ltr)	-	0,30
3	Distilasi		
	10% Vol penguapan (0C)	-	74

	50% Vol penguapan (0C)	88	125
	90% Vol penguapan (0C)		180
	Titik Didih akhir (0)	-	205
	Residu (% Vol)		2.0
4	Tekanan Uap (kpa)	-	62
5	Getah purawa (mg/100ml)	-	5
6	Periode induksi (menit)	360	-
7	Sulfur bilah tembaga (% massa)	-	0.002
8	Korosi bilah tembaga (menit)	Kelas 1	
9	Uji dokter	Negatif	
10	Warna	Kurang	2

Bensin premium mempunyai sifat anti ketukan yang baik dan dapat dipakai pada mesin kompresi tinggi pada saat semua kondisi. Sifat-sifat penting yang diperhatikan pada bahan bakar bensin adalah :

1. Kecepatan menguap (*volatility*)
2. Kualitas penketukan (kecenderungan berdetonasi)
3. Kadar belerang
4. Titik beku
5. Titik nyala
6. Berat jenis

2.8.2 Pertamax

Pertamax merupakan bahan bakar ramah lingkungan (*unleaded*) beroktan tinggi hasil penyempurnaan produk Pertamina sebelumnya. Formula barunya yang terbuat dari bahan baku berkualitas tinggi memastikan mesin kendaraan bermotor bekerja dengan baik, lebih bertenaga, “*knock free*”, rendah emisi, dan memungkinkan untuk menghemat pemakaian bahan bakar. Pertamax ditujukan untuk kendaraan yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbal (*unleaded*).

Pertamax juga direkomendasikan untuk kendaraan yang diproduksi di atas tahun 1990 terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *electronic*

fuel injection dan *catalyticconverter*. Pertamax memiliki nilai oktan 92 dengan stabilitas oksidasi yang tinggi dan kandungan *olefin,aromatic* dan *benzene* pada level yang rendah sehingga menghasilkan pembakaran yang sempurna pada mesin. Dilengkapi dengan adiktif generasi 5 dengan sifat *detergency* yang memastikan *injector* bahan bakar, karburator, *inlet valve* dan ruang bakar tetap bersih untuk menjaga kinerja mesin tetap optimal. Pertamax sudah tidak menggunakan campuran timbal dan metal lainnya yang sering digunakan pada bahan bakar lain untuk meningkatkan nilai oktan sehingga pertamax merupakan bahan bakar yang sangat bersahabat dengan lingkungan sekitar. (www.pertamina.com, 2012)

Pertamax memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan premium. Pertamax direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi 9,1-10,1, terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *electronic fuel injection (EFI)* dan *catalytic converters* (pengubah katalitik).

Tabel 2.2 Spesifikasi Pertamax(Keputusan Dirjen Migas No.940/34/DJM/2002)

No	Sifat	Min	Max
1	Angka oktana riset RON	92	-
2	Kandungan Pb(gr/lt)	-	0,30
3	Distilasi		
	10 % Vol Penguapan (C)	-	70
	50% Vol penguapan(C)	77	110
	90% Vol penguapan(C)		180
	Titik didih akhir(C)	-	205
	Residu (%Vol)	-	2.0
4	Tekanan uap reid pada 37,8 C(psi)	45	60
5	Getah purawa(mg/100 ml)	-	4
6	Periode induksi(menit)	480	-
7	kandungan belerang(%massa)	-	0.1
8	Korosi bilah tembaga(3jam/50C)		No.1
9	Uji dokter atau belerang mecapatan		0.00
10	Warna	Biru	2

2.8.3 Etanol

Etanol atau *etil* alkohol sebagai senyawa tunggal mempunyai rumus kimia $C_2H_5O_H$ merupakan suatu cairan hasil proses *fermentasi* dan *distilasi* dari karbohidrat yang banyak terkandung pada hasil pertanian seperti jagung, singkong, tebu, dan lain-lain. Etanol merupakan cairan yang tak berwarna, mudah menguap (*volatile*) dan mudah terbakar. Etanol banyak digunakan sebagai bahan campuran pada pelarut kimia selain bisa juga digunakan sebagai bahan bakar.

Sebagai bahan bakar pada motor, etanol mempunyai sifat-sifat yang dibutuhkan, seperti nilai oktan yang tinggi, mampu diperbaharui, menghasilkan emisi polutan yang lebih rendah. Sedangkan sifat-sifat yang kurang mendukung sebagai bahan bakar motor *otto* adalah nilai kalor yang hanya sekitar 2/3 dibandingkan *gasoline*, *higroskopis* dan dapat bercampur air dengan segala perbandingan sehingga dapat menyebabkan korosi maupun pemisahan.

Etanol adalah bahan bakar *alternatif* yang diolah dari tumbuhan. Tumbuhan yang berpotensi untuk menghasilkan etanol adalah tumbuhan yang mengandung kadar karbohidrat tinggi seperti, tebu, jagung, nira, ubi jalar dan sagu. Etanol disebut juga *etil* alkohol, alkohol murni, alkohol absolut, atau alkohol saja. Bahan bakar etanol juga mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Etanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia C_2H_5OH dan rumus *empiris* C_2H_6O . Etanol sering disingkat menjadi EtOH dengan “Et” merupakan singkatan dari gugus *etil* (C_2H_5). Etanol memiliki angka oktan (RON) sebesar 108. Etanol memiliki nilai kalor yang rendah dan sifatnya lebih susah menguap dari pada premium. (Merek KgaA, 2013)

Tabel 2.3 Data Sfisifikasi Etanol(Merek KgaA, 2013)

No	Karakteristik	Satuan
1	Temperatur penyalaan	425 ⁰ C
2	Kelarutan di dalam air	(20 ⁰ C) larut
3	Titik leleh	-114.5 °C
4	Massa molar	46.07 g/mol
5	Densitas	0.7 90 – 0.793 g/cm ³ (20 ⁰ C)

6	Angka pH	7.0 (10 g/l, H ₂ O, 20 ^o C)
7	Titik didih	78 ^o C (1013 hPa)
8	Tekanan uap	59 hPa (20 ^o C)
9	Batasan Ledakan	3.1 – 27.7 %(V)
10	Titik nyala	12 ^o C

Terdapat beberapa cara penggunaan etanol untuk campuran *gasoline* sebagai berikut :

1. *Hydrous etanol* (95 % Volume), yaitu etanol yang mengandung sedikit air. Campuran ini digunakan langsung sebagai pengganti *gasoline* Pada kendaraan dengan mesin yang sudah dimodifikasi.
2. *Anhyrous etanol* atau (*dehydrated etanol*), yaitu etanol bebas air dan paling tidak memiliki kemurnian 99%. Etanol ini dapat dicampur dengan *gasoline* konvensional dengan kadar antara 5-85%. Pada *gasoline* dengan campuran etanol antara 5-10%, bahan bakar ini langsung digunakan pada mesin kendaraan tanpa perlu modifikasi. Campuran yang umum digunakan adalah 10% etanol dan 90% *gasoline*, campuran etanol dengan kadar lebih kendaraan yang dimodifikasi, yang dikenal dengan nama *flexible fuel vehicle*. Modifikasi umumnya dilakukan pada tangki BBM kendaraan dan sistem injeksi BBM.

2.8.4 Bahan Bakar Alternatif

Bahan bakar alternatif adalah bahan bakar yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar *konvensional*. Bahan bakar ini umumnya menghasilkan lebih sedikit emisi gas buang kendaraan yang mengakibatkan kabut asap, polusi udara dan pemanasan global. Sebagian besar bahan bakar *alternatif* tidak diturunkan dari bahan bakar *fossil* yang merupakan sumber daya terbatas karena bahan bakar *alternatif* dapat membantu negara memenuhi kebutuhan energi secara lebih mandiri. Bahan bakar *alternatif* mempunyai sifat dapat diperbaharui sehingga tidak tergantung dengan bahan bakar *fossil* yang semakin menipis. Pada bahan bakar *alternatif* ini mudah didapat di lingkungan sekitar, karena bahan bakar ini dihasilkan dari sari pati atau bahan yang mengandung gula. Bahan bakar *alternatif* tersebut yaitu etanol. (Wikipedia, 2012)

2.9 Pengaruh Kerja Mesin Bensin

2.9.1 Angka Oktan

Bilangan oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan. Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan api yang dihasilkan busi. (Wikipedia, 2014)

Etanol memiliki angka oktan lebih tinggi dari pada bensin yaitu *research octane* 108 dan *motor octane* 92. Angka oktan pada bahan bakar mesin *otto* menunjukkan kemampuannya menghindari terbakarnya campuran udara bahan bakar sebelum waktunya yang akan menimbulkan fenomena *knocking* yang berpotensi menurunkan daya mesin, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius pada komponen mesin bila kondisi ini dibiarkan terus menerus, maka lambat laun piston mesin kendaraan akan rusak. Nilai oktan menjadi hal yang penting dalam menjaga kualitas bahan bakar. Bila bahan bakar memiliki energi tinggi namun kurang nilai oktan, maka akan terjadi kondisi dimana bahan bakar sudah habis terbakar, padahal energi belum diolah maksimal.

Tabel 2.4 Angka oktan untuk bahan bakar(www.pertamina.com,2012)

Jenis Bahan Bakar	Angka Oktan
Premium	88
Pertamax	92
Pertamax Plus	95
Bensol	100
Etanol	108

2.9.2 Nilai Kalor

Kalor adalah sumber energi dalam bahan bakar, yang akan diolah mesin menjadi tenaga untuk menggerakkan mesin. Apa yang terjadi bila nilai kalor dalam bahan bakar tidak mencukupi kebutuhan kinerja mesin? Selain boros bahan bakar, tentu saja akan menyebabkan performa yang tidak maksimal dari mesin tersebut. Mesin akan mengambil sebanyak-banyaknya bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan kinerjanya, akan tetapi tetap tidak mencukupi kebutuhan kinerja mesin. Suatu kondisi *ideal* terjadi bila dengan jumlah bahan bakar yang normal, mesin

telah mendapat energi yang cukup. Nilai kalor suatu bahan bakar menunjukkan seberapa besar energi yang terkandung didalamnya. Nilai kalor etanol sekitar 67% nilai kalor bensin, hal ini karena adanya oksigen dalam struktur etanol. Berarti untuk mendapatkan energi yang sama jumlah etanol yang diperlukan akan lebih besar. Adanya oksigen dalam etanol juga mengakibatkan campuran menjadi lebih miskin atau jika dibandingkan dengan bensin, sehingga campuran harus dibuat lebih kaya untuk mendapatkan unjuk kerja yang diinginkan. Nilai oktan yang tinggi tidak memberikan tenaga yang lebih terhadap performa mesin. Bisa saja bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi, namun tenaga yang dihasilkan tetap kurang. Hal ini karena bukan nilai oktan yang memberikan energi, melainkan nilai kalor. Kalor yang terkompresi sempurna akan menghasilkan energi maksimal, yang akan mendorong piston lebih kuat sehingga memberikan performa terbaik. (Wikipedia, 2010)

2.9.3 Volatility

Volatility merupakan kecenderungan suatu jenis bahan bakar untuk berubah fasa menjadi uap. Sifat ini penting, karena jika bahan bakar tidak cepat menguap maka bahan bakar akan sulit tercampur dengan udara pada saat terjadi pembakaran. Zat yang sulit menguap tidak dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin, meskipun memiliki nilai kalor yang besar. Namun demikian bahan bakar yang terlalu mudah menguap juga berbahaya karena mudah terbakar. (Jurnal Dinamis Vol. II, 2009)

Keekonomisan suatu bahan bakar secara langsung tergantung dari seberapa kaya campuran udara bahan bakarnya dan hal ini tergantung dari seberapa ukuran main jet pada karburator. Etanol memerlukan campuran yang lebih kaya dari pada bensin, tetapi karena bilangan oktannya yang lebih tinggi, maka pembakaran etanol lebih *efisien*.

2.9.4 Panas Laten Penguapan

Etanol mempunyai sistem penguapan yang tinggi (*heat of vaporization*) yang tinggi. Ini berarti ketika menguap etanol akan memerlukan panas yang besar. (Wikipedia, 2010)

2.10 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang didefinisikan sebagai zat atau unsur dari pembakaran di dalam ruang bakar yang dilepas ke udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor. Pembakaran di ruang bakar yang tidak sempurna menyebabkan emisi yang bersifat polutan, seperti HC, CO, NO_x, Pb SO_x, dan lainnya. (Akbar, 2011)

2.10.1 Karbon Monoksida (CO)

Karbon dan oksigen dapat bereaksi membentuk senyawa karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil pembakaran sempurna. Gas CO bersifat racun, dapat menimbulkan sakit pada mata, saluran pernafasan, dan paru-paru. (Akbar, 2011)

2.10.2 Nitrogen Oksida (NO_x)

Oksida-oksida Nitrogen (NO_x) biasanya dihasilkan dari proses pembakaran pada suhu tinggi dari bahan bakar gas, minyak atau batu bara. Kandungan NO_x yang tinggi di udara dapat menyebabkan pencemaran udara, dan mengganggu kesehatan. NO_x terbentuk dari reaksi oksigen dengan nitrogen yang terdapat dalam udara ataupun bahan bakar akibat tingginya suhu pembakaran. (Akbar, 2011)

2.10.3 Hidrokarbon (HC)

HC adalah senyawa hidrokarbon yang tidak terbakar yang dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna. HC sangat terkait dengan efisiensi pembakaran dari bahan bakar. Reaksi pembakaran yang tidak sempurna ini bisa disebabkan oleh karena rendahnya rasio udara-bahan bakar AFR (*air to fuel ratio*) atau karena pencampuran udara dari bahan bakar yang tidak homogen. (Akbar, 2011)

2.11 Rasio Bensin Etanol

Rasio bensin-etanol dilakukan untuk mengurangi ketergantungan pada bensin yang diyakini bakal habis tambang. Etanol mengandung 35% oksigen, sehingga meningkatkan efisiensi pembakaran dan dapat menaikkan angka oktan. Etanol juga bisa terurai sehingga mengurangi emisi gas buang. (Wikipedia, 2012)

Untuk memudahkan mengetahui *persentase* campuran bensin dengan etanol, maka diberi kode E (karena mengandung campuran etanol) dan nilai *persentase* etanol pada campuran tersebut. Campuran etanol 5% dan bensin 95% diberi nama E5, etanol 10% dan bensin 90% diberi nama E10 dan seterusnya.

2.12 Parameter Petunjuk Perhitungan

2.12.1 Torsi (T)

Torsi adalah *indikator* baik dari ketersediaan mesin untuk kerja. Torsi didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada jarak *momen* dan apabila dihubungkan dengan kerja dapat ditunjukkan. (Heywood, 1988).

2.12.2 Daya (P)

Daya adalah besar usaha yang dihasilkan oleh mesin tiap satuan waktu, didefinisikan sebagai laju kerja mesin, ditunjukkan dengan persamaan (Heywood, 1988). Dalam hal ini daya secara normal diukur dalam kW, tetapi satuan HP masih digunakan juga, dimana :

$$1 \text{ HP} = 0,7457 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,341 \text{ HP}$$

2.12.3 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah pemakaian bahan bakar yang terpakai per jam untuk setiap daya yang dihasilkan pada motor bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik didefinisikan dengan persamaan (Arismunandar, 2002) :

$$\text{SFC} = \frac{mf}{P} \left(\frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right) \dots\dots\dots$$

(2.3)

Dengan

mf = Laju aliran bahan bakar masuk mesin

$$mf = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \left(\frac{kg}{jam} \right)$$

b = volume buret yang dipakai dalam pengujian (cc)

t = waktu yang diperlukan untuk pengosongan buret dalam detik (s)

ρ_{bb} = massa jenis bahan bakar

$\rho_{bensin} = 0.7471 \text{ kg/l}$

P = daya mesin (Kw)

