

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Puspitasari (2009), meneliti pengaruh pemakaian jenis busi terhadap unjuk kerja motor bensin 4 langkah 100 cc dengan variasi CDI dan koil. Hasil penelitian yang dilakukan pada motor bensin 4 langkah 100 cc dengan alat uji *dynometer*. Pengujian dilakukan dengan variasi berbagai jenis busi dengan menggunakan busi elektroda standar, *racing* 2 dan Y. Pengujian dilakukan dengan mesin standar, koil *racing*, CDI *racing* dan koil *racing* dengan CDI *racing*. Parameter yang dicari adalah torsi, daya, tekanan efektifitas rata-rata (BMEP), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) dan efisiensi thermal. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa variasi pemakaian berbagai jenis busi menunjukkan rata-rata kenaikan untuk kerja mesin sebesar 3,05% bila dibandingkan dengan pemakaian busi elektroda standar. Pada pengujian dengan variasi kondisi mesin (standart, CDI *racing*, koil *racing* dan CDI *racing* dengan koil *racing*), unjuk kerja tertinggi rata-rata didapat pada kondisi mesin CDI *racing* dengan presentase 2,83% sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik terendah di dapat pada kondisi standart.

Setyono (2014), meneliti tentang pengaruh penggunaan variasi elektroda busi terhadap performa motor bensin torak 4 langkah 1 silinder Honda Supra-X 125CC. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil percobaan yang dilakukan pada busi elektroda Platinum dan *Iridium* busi. Elektroda Platinum dan *Iridium* pada *engine* standar baru efektif memberikan kenaikan torsi, daya, BMEP, SFC dan efisiensi *thermal* pada putaran mesin tinggi, yaitu pada putaran mesin 7000-9000 rpm dimana untuk busi elektroda Platinum memberikan kenaikan torsi sebesar 4,84% dan elektroda *Iridium* sebesar 8,42%, daya untuk busi elektroda *Platinum* sebesar 6,43% dan elektroda *Iridium* 12,02%, BMEP busi elektroda *Platinum* sebesar 6,43% dan elektroda *Iridium* 12,02%, sfc busi elektroda *Platinum* berkurang sebesar 5,68% dan busi elektroda *Iridium* dapat berkurang SFC sebesar 11,43%, efisiensi thermal busi elektroda *Platinum* sebesar 6,08% dan elektroda *Iridium*

memberikan kenaikan sebesar 13,10%. Pemakaian busi elektroda *Platinum* dan *Iridium* pada putaran mesin rendah 3500–5000 rpm akan menyebabkan naiknya kadar gas buang, baik CO maupun HC yaitu sebesar 4,56% dan 4,12% pada pemakaian busi elektroda Platinum dan 8,41% dan 8,69% pada pemakaian busi elektroda *Iridium*.

Trisianto (2014) meneliti tentang pengaruh komponen dan setting pengapian terhadap kinerja motor 4 langkah 113 CC berbahan bakar campuran premium-ethanol dengan kandungan ethanol 25%. Parameter yang dicari adalah Torsi, daya dan pengujian konsumsi bahan bakar. Dari pengujian itu sendiri didapatkan hasil torsi tertinggi diperoleh pada putaran 3707 rpm dengan torsi sebesar 12,43 Nm dengan menggunakan CDI standar dengan *timing* 33° pada mesin berbahan bakar premium ethanol 25%. Pada penggunaan CDI *racing* torsi diperoleh 3815 rpm dengan torsi sebesar 11.86 N.m dengan *timing* 35°. Dari pengujian daya meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin dan torsi. Namun setelah mencapai titik daya maksimum pada kisaran putaran 7000 rpm, terjadi penurunan daya meskipun putaran mesin naik. Daya tertinggi diperoleh pada putaran 7828 rpm dengan daya sebesar 7,6 HP dengan kondisi motor standart menggunakan CDI *racing* optimal dengan *timing* 35°.

Wardana (2016) meneliti tentang pengaruh variasi CDI terhadap kinerja motor bensin empat langkah 200 CC berbahan bakar premium. Parameter yang dicari adalah torsi, daya dan konsumsi bahan bakar. dari penelitian ini diperoleh torsi tertinggi pada penggunaan CDI *racing* siput *Advan Tech* dengan torsi sebesar 17,38 N.m pada putaran mesin 7750 rpm. Daya tertinggi diperoleh pada penggunaan CDI *racing* siput *Advan Tech* dengan torsi sebesar 17,5 HP pada putaran mesin 6450 rpm. Konsumsi bahan bakar CDI standart sebesar 35,87 km/l, CDI BRT sebesar 33.3 km/l dan CDI SAT sebesar 32.885 km/l dengan menggunakan bahan bakar yang sama yaitu premium 420 ml.

Wibowo (2015), meneliti tentang eksperimen tentang pengaruh variasi *timing* pengapian terhadap kerja motor bensin 4 langkah silinder tunggal 113 CC

memperoleh torsi yang dihasilkan oleh CDI racing pada awal putaran lebih besar dibandingkan dengan CDI standart, sedangkan pada CDI standar pada putaran tinggi hasil pengapianya lebih stabil dikarenakan CDI standar mempunyai batas putaran mesin/*limiter*. Daya yang dihasilkan oleh CDI *racing* lebih optimal dibandingkan dengan CDI standar, dikarenakan api yang dihasilkan oleh CDI *racing* lebih optimal dan besar.

Yulianto (2014) meneliti tentang pengaruh penggunaan bensol sebagai bahan bakar motor empat langkah 105 CC dengan variasi CDI tipe standart dan *racing*. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil 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. Hasil daya maksimal adalah 4,9 Kw pada jenis bahan bakar premium dengan CDI *racing* sedangkan pada bahan bakar bensol dengan CDI tipe standart dan *racing* daya maksimum yang dicapai mempunyai nilai yang sama yaitu 4,7 Kw.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi *thermal* untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Sebelum bahan bakar terbakar di dalam silinder terlebih dahulu dijadikan gas yang kemudian dikompresikan di dalam ruang bakar, yang dimaksud disini adalah campuran udara dan bensin. Umumnya perbandingan udara dan bensin adalah 15:1. Dengan adanya campuran bensin dan udara yang dikompresikan didalam silinder maka terjadilah ledakan yang akan mendorong torak kebawah dengan tenaga yang besar. Karena tenaga ini tidak bisa langsung digunakan maka tenaga ini diubah menjadi gerak-putar. Bahan bakar dan udara masuk ke dalam silinder dan dikompresikan oleh torak, campuran bahan bakar dan udara dibakar oleh loncatan bunga api dari busi di dalam silinder. Sebelum menjadi tenaga mekanis, energi kimia bahan bakar diubah dulu menjadi energi *thermal* atau panas melalui pembakaran bahan bakar dengan udara.

Pembakaran ini ada yang dilakukan di dalam mesin kalor itu sendiri ada pula yang dilakukan di luar mesin kalor.

2.2.2 Klasifikasi Motor Bakar

Motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) macam. Adapun klasifikasinya motor bakar adalah sebagai berikut:

a) Berdasarkan sistem pembakarannya

- 1) Motor pembakaran luar atau *External Combustion Engine* (ECE) adalah fluida hasil pembakaran tidak langsung menjadi fluida kerja. Proses pembakaran bahan bakarnya terjadi di luar mesin itu, 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, baru kemudian diubah menjadi tenaga mekanik. Contoh : pada turbin uap
- 2) Motor pembakaran dalam atau *Internal Combustion Engine* (ICE) adalah fluida hasil pembakaran sekaligus menjadi fluida kerja. Proses pembakarannya berlangsung di dalam motor bakar, sehingga panas dari hasil pembakaran langsung diubah menjadi tenaga mekanik. Contoh: motor bakar torak.

b) Berdasarkan sistem penyalanya

Setiap motor bakar membutuhkan fluida kerja sebagai perantara. Fluida kerja ini berfungsi sebagai pembawa atau perantara energi panas. Energi panas yang dibawa oleh fluida kerja selanjutnya di ubah menjadi energi mekanis. Motor pembakaran dalam dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu Motor Bensin (*otto*) dan Motor *Diesel*. Perbedaan kedua jenis motor tersebut terletak pada penggunaan bahan bakar, jika motor bensin menggunakan bahan bakar bensin (premium), sedangkan motor diesel menggunakan bahan bakar solar. Perbedaan yang utama juga terletak pada sistem penyalanya. Pada motor bensin menggunakan busi sebagai sistem penyalanya, sedangkan pada motor diesel memanfaatkan suhu kompresi yang tinggi untuk dapat membakar bahan bakar solar.

1) Motor Bensin (*otto*)

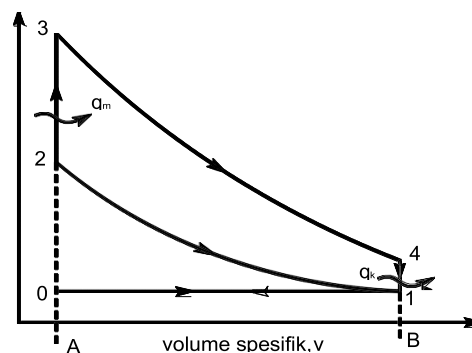
Motor bensin adalah salah satu jenis motor pembakaran dalam atau *Internal Combustion Engine* (ICE) yang digunakan untuk menggerakkan atau sumber tenaga pada kendaraan. Motor bensin menghasilkan tenaga pembakaran bahan bakar udara (oksigen) yang ada di dalam silinder dan dalam pembakaran ini akan menimbulkan panas sekaligus akan mempengaruhi gas yang ada dalam silinder untuk mengembang. Di dalam siklus *otto* pembakaran tersebut dimisalkan sebagai pemasuk panas pada volume konstan. Dimana busi menghasilkan percikan bunga api listrik yang membakar campuran bahan bakar dan udara yang disebut *Spark Ignition Engine* (SIE).

2) Motor *Diesel*

Motor *Diesel* adalah motor bahan bakar torak yang berbeda dengan motor *otto*. Proses penyalanya bukan menggunakan loncatan bunga api listrik.

2.2.3 Siklus Thermodinamika

Siklus udara volume konstan (siklus *otto*), dapat digambarkan dengan grafik P dan V seperti terlihat pada gambar 2.1. sifat ideal yang dipergunakan serta keterangan mengenai proses siklusnya adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1. Diagtam P vs V dari siklus Volume konstan
(Sumber : Arismunandar, 2002)

Penjelasan :

1. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan.
2. Langkah isap (0-1) merupakan proses tekanan konstan.
3. Langkah kompresi (1-2) ialah isentropik.
4. Proses pembakaran (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan.
5. Langkah kerja (3-4) ialah proses isentropik.
6. Proses pembuatan (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume konstan.
7. Langkah buang (1-0) ialah proses tekanan konstan.
8. Siklus dianggap 'tertutup', artinya siklus ini berlangsung dengan fluida kerja yang sama, atau gas yang berada di dalam silinder pada waktu langkah buang, tetapi pada langkah isap berikutnya akan masuk sejumlah fluida kerja yang sama.

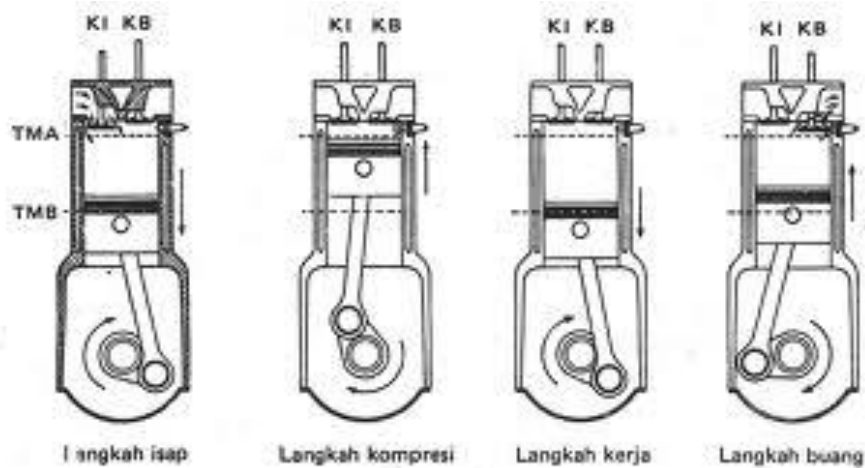
2.3 Prinsip Kerja Motor Bakar

Prinsip kerja motor bakar dibedakan menjadi 2 yaitu mesin 4 langkah (*four stroke*) dan 2 langkah (*two stroke*). Untuk mesin 4 langkah terdapat 4 kali gerakan piston atau 2 kali putaran poros engkol (*crank shaft*) untuk tiap siklus pembakaran, sedangkan untuk mesin 2 langkah terdapat 2 kali gerakan piston atau 1 kali putaran poros engkol untuk tiap siklus pembakaran. Sementara yang dimaksud langkah adalah gerakan piston dari TMA (Titik Mati Atas) atau *TDC (Top Death Center)* sampai TMB (Titik Mati Bawah) atau *BDC (Bottom Death Center)* maupun sebaliknya dari TMB ke TMA.

2.3.1 Motor Otto 4 Langkah

Mesin bensin 4 langkah (*Four Stroke Engine*) adalah sebuah mesin dimana untuk menghasilkan sebuah tenaga memerlukan empat proses langkah naik-turun piston, dua kali rotasi kruk as dan satu putaran camshaft. Dapat diartikan juga

sebagai motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakar memerlukan 4 langkah dan 2 kali putaran poros engkol, dapat dilihat pada gambar 2.2.

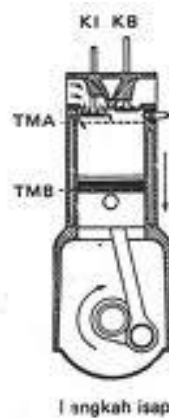


Gambar 2.2. Skema Gerak Torak Empat Langkah
(Sumber : Arismunandar, 2002)

Prinsip kerja motor 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Langkah Hisap (*intake*)

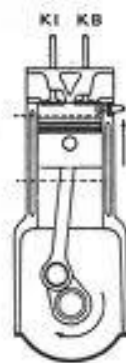
Pada langkah hisap posisi piston bergerak dari posisi TMA (Titik Mati Atas) menuju ke TMB (Titik Mati Bawah), pada saat langkah hisap katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Campuran bahan bakar dengan udara yang telah dikabukan oleh karburator masuk kedalam silinder melalui katup masuk/katup hisap. Saat piston berada pada posisi TMB (Titik Mati Bawah), maka katup masuk dan buang akan tertutup. Dapat dilihat pada gambar 2.3 merupakan langkah hisap pada mesin 4 langkah berikut.



Gambar 2.3. Proses langkah hisap motor 4 langkah
(Sumber : Arismunandar, 2002)

b. Langkah Kompresi

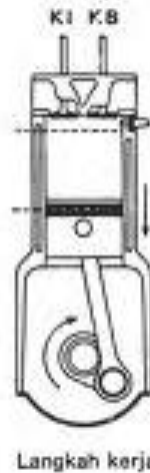
Pada langkah kompresi torak bergerak dari posisi TMB ke TMA , katub masuk dan katub buang tertutup sehingga gas yang telah dihisap tidak keluar. Pada waktu ditekan oleh torak megakibatkan naiknya tekanan gas pada ruang bakar. Beberapa saat sebelum torak mencapai TMA busi memercikan bunga api kemudian akibat terjadinya pembakaran bahan bakar, tekanannya naik menjadi tiga kali lipat. Pada gambar 2.4 merupakan langkah kompresi pada mesin 4 lagkah.



Gambar 2.4. Proses langkah kompresi motor 4 langkah
(Sumber : Arismunandar, 2002)

c. Langkah kerja

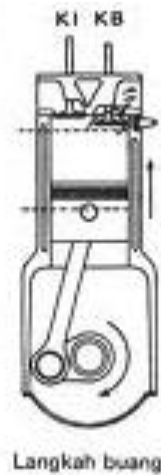
Pada saat langkah kerja/ekspansi kondisi kedua katup dalam keadaan tertutup, gas terbakar dengan tekanan yang tinggi akan mengembang menimbulkan ledakan kemudian mendorong torak turun ke bawah dari TMA ke TMB. Tenaga ini disalurkan melalui batang penggerak, selanjutnya oleh poros engkol diubah menjadi gerak putar. Gambar 2.5 berikut merupakan langkah kerja pada mesin bensin 4 langkah.



Gambar 2.5. Proses langkah kerja motor 4 langkah
(Sumber : Arismunandar, 2002)

d. Langkah pembuangan

Langkah buang menjadi sangat penting untuk menghasilkan operasi kinerja mesin yang lembut dan efisien. Piston bergerak mendorong gas sisa pembakaran keluar silinder menuju ke knalpot. Proses ini harus dilakukan dengan total, dikarenakan sedikit saja terdapat gas sisa pembakaran yang tercampur bersama pemasukan gas baru akan mengurangi potensial tenaga yang dihasilkan. Pada langkah pembuangan katub buang dalam keadaan terbuka, katub masuk dalam keadaan tertutup. Kemudian torak bergerak dari posisi TMB menuju TMA. Gas sisa pembakaran terdorong oleh torak keluar melalui katub buang. Gambar 2.6 berikut merupakan langkah buang pada mesin bensin 4 langkah.



Gambar 2.6. Proses langkah buang motor 4 langkah
(Sumber : Arismunandar, 2002)

2.3.2 Sistem Pengapian

Sistem pengapian (*ignition system*) merupakan salah satu sistem yang ada pada sebuah kendaraan bermotor. Fungsi dari pengapian pada kendaraan bermotor adalah merubah arus listrik DC 12 Volt yang diterima dari baterai menjadi tegangan tinggi untuk menghasilkan loncatan bunga api yang kuat pada celah busi hingga menghasilkan 10 KV atau lebih. Busi menghasilkan percikan bunga api listrik dan membakar campuran bahan bakar dan udara yang terkompresi dalam ruang bakar yang akan mengawali proses pengapian. Sistem pengapian dibedakan menjadi dua sistem, yaitu sistem pengapian konvensional dan sistem pengapian elektronik.

a. Sistem Pengapian Konvensional

Sistem pengapian konvensional ada dua macam yaitu sistem pengapian magnet dan sistem pengapian baterai

1) Sistem Pengapian Magnet

Sistem pengapian magnet adalah loncatan bunga api pada busi menggunakan arus dari kumparan magnet (AC).

Ciri-ciri pengapian magnet :

1. Menghidupkan mesin menggunakan arus listrik dari generator AC.
2. Platina terletak di dalam motor.
3. Menggunakan koil AC.
4. Menggunakan kiprok plat tunggal.

Sistem mempunyai dua kumparan yaitu kumparan *primer* dan *sekunder*, salah satu ujung kumparan primer dihubungkan ke massa sedangkan untuk ujung kumparan yang lain ke kondensor. Dari kondensor mempunyai tiga cabang salah satu ujungnya dihubungkan ke platina, sedangkan bagian platina yang satu lagi dihubungkan ke massa. Jika platina menutup, arus listrik dari kumparan primer mengalir ke massa melewati platina dan busi tidak meloncatkan bunga api. Jika platina membuka, arus listrik tidak dapat mengalir ke massa sehingga akan mengalir ke kumparan primer koil dan mengakibatkan timbulnya api pada busi.

2) Sistem Pengapian Baterai

Sistem pengapian baterai adalah loncatan bunga api pada elektroda busi menggunakan arus listrik dan baterai. Selain dari sumber tegangan langsung di atas terdapat juga sumber tegangan alternatif dari sistem kelistrikan utama. Sistem ini biasanya terdapat pada mesin yang mempunyai sistem kelistrikan di mana baterai sebagai sumber tegangan sehingga mesin tidak dapat dihidupkan tanpa baterai. Hampir semua baterai menyediakan arus listrik tegangan rendah (12 V) untuk sistem pengapian. Dengan sumber tegangan baterai akan terhindar kemungkinan terjadi masalah dalam menghidupkan awal mesin, selama baterai, rangkaian dan komponen sistem pengapian lainnya dalam kondisi baik. Arus listrik DC (*Direct Current*) dihasilkan dari baterai (*Accumulator*). Baterai tidak dapat menciptakan arus listrik, tetapi dapat menyimpan arus listrik melalui proses kimia. Pada umumnya baterai yang digunakan pada sepeda motor ada dua jenis sesuai dengan kapasitasnya yaitu baterai 6 *volt* dan baterai 12 *volt*. Sistem pengapian baterai mempunyai ciri-ciri:

1. Platina terletak diluar rotor/magnet.
2. Menggunakan koil DC.
3. Menggunakan kiprok plat ganda.

4. Sinar lampu kepala tidak dipengaruhi oleh putaran mesin tetapi dari arus listrik baterai.

Kutub negatif baterai dihubungkan ke massa sedangkan kutub positif baterai dihubungkan ke kunci kontak kemudian ke koil, antara baterai dan kunci kontak diberi sekering. Arus listrik mengalir dari kutub positif baterai ke kumparan primer koil, dari kumparan primer koil kemudian ke kondensor dan platina. Jika platina dalam keadaan tertutup maka arus listrik ke massa. Jika platina dalam keadaan membuka arus listrik akan berhenti dan di dalam kumparan sekunder akan diinduksikan arus listrik tegangan tinggi yang diteruskan ke busi sehingga pada busi timbul loncatan bunga api.

b. Sistem Pengapian Elektronik

Sistem pengapian elektronik pada motor dibuat untuk mengatasi kelemahan-kelemahan yang terjadi pada sistem pengapian konvensional, baik yang menggunakan baterai maupun magnet. Pada pengapian konvensional umumnya kesulitan membuat komponen seperti *contact breaker* (platina) dan unit pengatur saat pengapian otomatis yang cukup presisi (teliti) untuk menjamin keterandalan dari kerja mesin. Sistem pengapian elektrik menggunakan CDI (*Capasitor Discharge Ignition*) sebagai pengganti platina pada sistem pengapian konvensional. Komponen CDI secara umum merupakan suatu alat yang mampu mengatur dan menghasilkan energi yang sangat baik diseluruh rentang putaran mesin (rpm) mulai dari putaran rendah pada saat *start* sampe putaran mesin tinggi saat kendaraan dipacu sangat kencang. Terdapat beberapa macam sistem pengapian elektronik yang di gunakan pada sepeda motor, diantaranya:

1. Sistem pengapian semi transistor merupakan sistem pengapian elektronik yang masih menggunakan platina.
2. Sistem pengapian *full transistor* (tanpa platina) sistem pengapian sama dengan pengapian elektronik CDI. Diantaranya adalah tidak terdapatnya bagian-bagian yang bergerak (secara mekanik) dan mengandalkan *magnetic trigger* (magnet pemicu) dan sistem "*pick up*

coil” untuk memberikan sinyal ke *control unit* guna menghasilkan percikan bunga api pada busi.

3. Sistem pengapian *Capacitor Discharge Ignition* (CDI) merupakan sistem pengapian elektronik yang sangat populer digunakan pada sepeda motor saat ini. Sistem pengapian CDI terbukti lebih menguntungkan dan lebih baik dibanding sistem pengapian konvensional (menggunakan platina). Dengan sistem CDI, tegangan pengapian yang dihasilkan lebih besar (sekitar 40 KV) dan stabil sehingga proses pembakaran campuran bensin dan udara bisa berpeluang makin sempurna.

2.3.3 Sistem Pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*)

Sistem pengapian CDI merupakan salah satu jenis sistem pengapian pada kendaraan bermotor yang memanfaatkan arus pengosongan muatan (*discharge current*). Pengapian sistem ini lebih ke arah pengapian yang diatur secara elektrik oleh satu komponen yaitu CDI. Komponen CDI secara umum sebuah alat yang mampu mengatur dan menghasilkan energi listrik yang sangat baik di seluruh rentang putaran mesin (rpm) mulai dari putaran rendah pada saat *start* sampai sangat tinggi pada saat kendaraan dipacu sangat kencang. CDI mempunyai tugas yang sama halnya seperti platina, tetapi CDI bekerja dengan modul komponen elektrik yang menjadikannya lebih tahan lama daripada platina, karena tidak akan mengalami keausan. Cara kerja CDI adalah mengatur waktu meletiknya api di busi yang akan membakar bahan bakar yang telah dimampatkan oleh piston. Kelebihan sistem pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) adalah:

1. Menghemat pemakaian bahan bakar.
2. Mesin lebih mudah dihidupkan.
3. Komponen pengapian lebih awet.
4. Polusi gas buang yang ditimbulkan kecil.

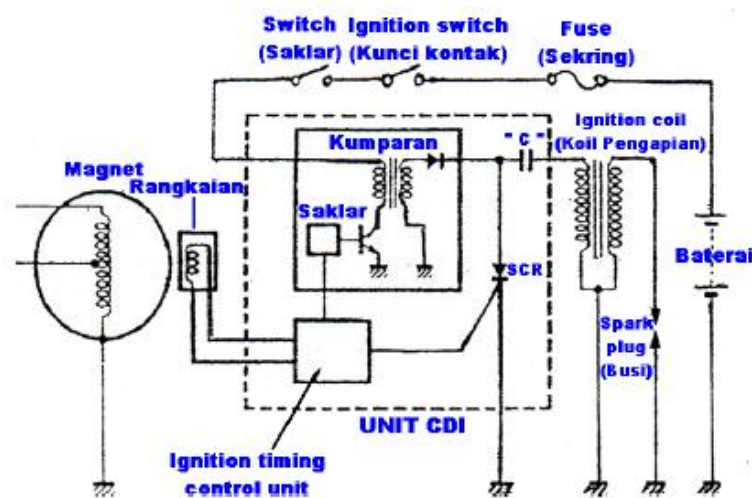
Sistem pengapian CDI itu sendiri terbagi menjadi atas 2 jenis, yaitu CDI-AC dan CDI-DC :

a. Sistem Pengapian CDI-AC

Sistem pengapian CDI-AC ini menggunakan sumber tegangan berasal dari dalam *flywheel* magnet yang berputar untuk menghasilkan arus listrik AC dalam bentuk induksi listik dari *source coil* yang nantinya arus tersebut akan dirubah menjadi setengah gelombang (menjadi arus searah) oleh dioda kemudian disimpan di kapasitor dalam CDI unit.

b. Sistem Pengapian CDI-DC

Sistem pengapian CDI-DC ini menggunakan sumber tegangan berasal dari baterai. Prinsip dasar kerja sistem pengapian CDI-DC adalah arus pertama kali dihasilkan oleh kumparan pengisian akibat putaran magnet yang selanjutnya disearahkan dengan menggunakan *Rectifier* kemudian dihubungkan ke baterai untuk melakukan proses pengisian (*Charging System*). Sistem pengapian CDI-DC dapat dilihat pada gambar 2.7.



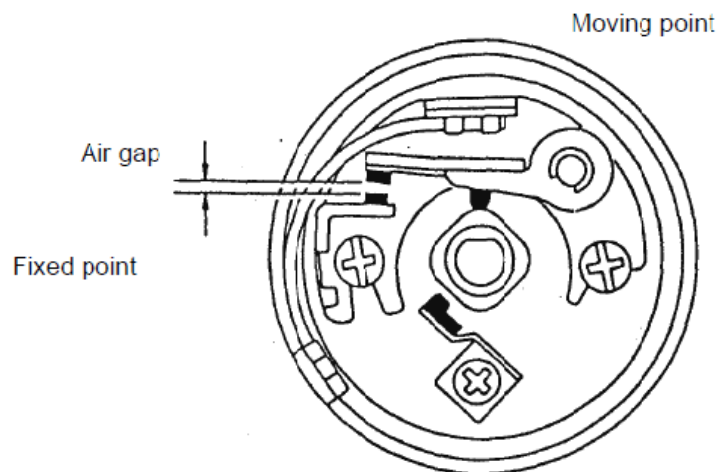
Gambar 2.7. Sistem Pengapian CDI-DC
(Sumber: Jama ,2008)

2.3.4 Komponen Sistem Pengapian

2.3.4.1 Contact Breaker (Platina)

Platina pada sistem pengapian berfungsi untuk memutushubungkan tegangan baterai ke kumparan primer. Platina bekerja seperti *switch* (saklar) yang menyalurkan *supply* listrik ke kumparan primer koil dan memutuskan aliran listrik untuk menghasilkan induksi. Pembukaan dan penutupan platina digerakkan secara

mekanis oleh cam/nok yang menekan bagian tumit dari platina pada interval waktu yang ditentukan. Pada saat poros berputar maka nok akan mendorong lengan platina ke arah kontak membuka dan selanjutnya apabila nok terus berputar lebih jauh maka platina akan kembali pada posisi menutup demikian seterusnya. Pada waktu platina menutup, maka arus mengalir ke rangkaian primer sehingga inti besi pada koil pengapian akan jadi magnet. Saat platina membuka, maka kemagnetan inti besi akan hilang dengan tiba-tiba. Kehilangan kemagnetan pada inti besi tersebut akan dapat membangkitkan tegangan tinggi (induksi) pada kumparan sekunder. Tegangan tinggi akan disalurkan ke busi, sehingga timbul loncatan bunga api pada celah elektroda busi untuk membakar campuran bensin dan udara pada akhir langkah kompresi. Bentuk dari *contact breaker* dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. *Contact Breaker*
(Sumber: Jama ,2008)

2.3.4.2 *Capasitor Discharge Ignition (CDI)*

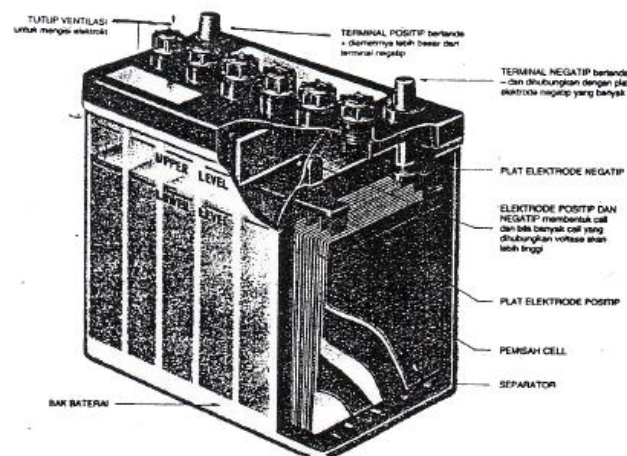
CDI menurut fungsinya adalah mengatur waktu/*timming* untuk meletikkan api pada busi yang sudah dibesarkan oleh koil untuk memicu pembakaran pada ruang bakar silinder. Pengaturan pengapian akan memaksimalkan akselerasi dan *power* mesin hingga maksimal karena pada saat uap bahan bakar yang telah tercampur udara masuk ke ruang bakar akan terbakar sempurna sehingga tidak ada bahan bakar yang terbuang. *Capasitor Discharge Ignition* dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. *Capasitor Discharge Ignition (CDI)*

2.3.4.3 Baterai

Baterai adalah alat yang mampu menghasilkan energi listrik dengan menggunakan energi kimia. Baterai biasanya untuk mensuplai arus listrik ke sistem *starter* mesin, sistem pengapian, lampu-lampu dan sistem kelistrikan lainnya. Dalam baterai terdapat terminal positif dan negatif, ruang dalamnya dibagi menjadi beberapa sel dan dalam masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam didalam larutan elektrolit. Baterai menyediakan arus listrik tegangan rendah (12 *Volt*). Kutub negatif baterai dihubungkan dengan massa, sedangkan kutub positif baterai dengan koil, pengapian (*ignition coil*) melalui kunci kontak. Baterai dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Baterai
(Sumber: Jama ,2008)

2.3.4.4 Kondensor

Kondensor dipasang paralel terhadap platina fungsi kondensor adalah untuk mengurangi terjadinya percikan bunga api pada platina dan memperbesar arus induksi tegangan tinggi, kapasitor kondensor antara 0,2 – 0,3 *mikrofarad*. Kapasitor yang digunakan pada sepeda motor umumnya berbentuk tabung atau silinder. Kapasitor seperti ini mempunyai dua lembaran logam, antara kedua lembaran tersebut dihubungkan dengan kawat yang dipasang dipinggir lembaran tersebut secara berlawanan. Ciri-ciri kapasitor untuk mesin penyalan baterai adalah jumlah kabelnya 2 atau 1 sedangkan untuk kapasitor mesin penyalan magnet kabelnya selalu tiga. Kondensor dapat dilihat pada gambar 2.11.



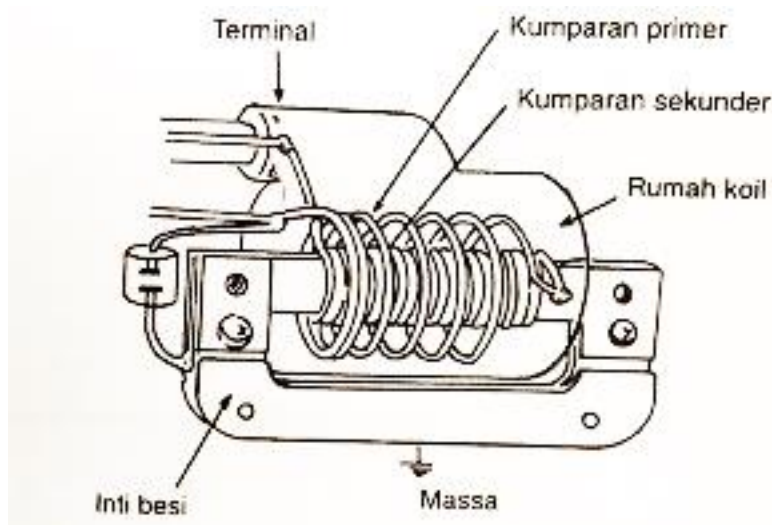
Gambar 2.11. Kondensor
(Sumber: Jama ,2008)

2.3.4.5 Ignition Coil (Koil Pengapian)

Untuk menghasilkan percikan, listrik harus melompat melewati celah udara yang terdapat di antara dua elektroda pada busi. Karena udara merupakan isolator (penghantar listrik yang jelek), tegangan yang sangat tinggi dibutuhkan untuk mengatasi tahanan dari celah udara tersebut, juga untuk mengatasi sistem itu sendiri dan seluruh komponen sistem pengapian lainnya. Koil pengapian mengubah sumber tegangan rendah dari baterai atau koil sumber (12 V) menjadi sumber tegangan tinggi (10 KV atau lebih) yang diperlukan untuk menghasilkan loncatan bunga api yang kuat pada celah busi dalam sistem pengapian.

Koil pengapian berfungsi untuk membentuk arus tegangan tinggi untuk disalurkan ke busi, selanjutnya kembali lagi melalui *ground*/massa. Di dalam bagian tegangan koil pengapian itu adalah inti besi, disini besi dililitkan oleh

gulungan kawat halus yang ter-isolasi. Kumparan kawat tersebut panjangnya kurang lebih 20.000 lilitan dengan diameter 0,05 – 0,08 mm. Salah satu ujung lilitan digunakan terminal tegangan tinggi yang dihubungkan dengan komponen busi, sedangkan ujung yang lain disambungkan dengan kumparan primer. Jadi gulungan kawat itu disamakan kumparan yang ke dua atau kumparan sekunder. Koil dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Koil
(Sumber: Tristanto ,2014)

Bagian luar kumparan sekunder diisolasi dengan gulungan kawat dengan jumlah lilitan dengan diameter 0,6 – 0,9 mm yang disebut kumparan primer. Karena adanya perbedaan jumlah gulungan pada primer dan sekunder, maka pada kumparan sekunder akan timbul tegangan kira-kira 10.000 *Volt*. Arus dengan tegangan tinggi ini timbul akibat terputusnya aliran arus pada kumparan primer yang mengakibatkan hilang timbulnya medan magnet secara tiba-tiba. Hal ini mengakibatkan terinduksinya arus listrik tegangan tinggi pada kumparan sekunder. Bukan saja pada kumparan sekunder yang terbentuk arus tegangan tinggi, akan tetapi pada kumparan primer juga muncul tegangan sekitar 300 sampai 400 *Volt* yang disebabkan oleh adanya induksi itu sendiri.

Terdapat tiga tipe utama koil pengapian yang umum digunakan pada sepeda motor, yaitu:

a. Tipe *Canister*

Tipe ini mempunyai inti besi di bagian tengahnya dan kumparan sekunder mengelilingi inti besi tersebut. Kumparan primernya berada di sisi luar kumparan sekunder. Keseluruhan komponen dirakit dalam satu rumah di logam *canister*. Kadang-kadang *canister* diisi dengan oli (pelumas) untuk membantu meredam panas yang dihasilkan koil.

b. Tipe *Moulded*

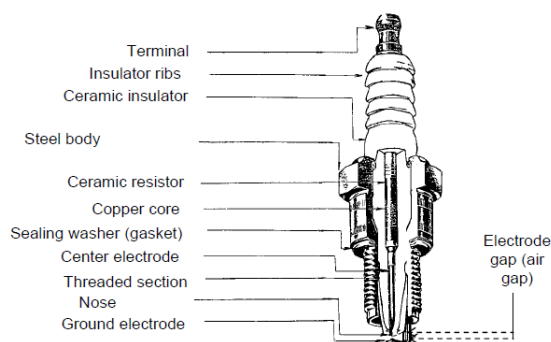
Tipe moulded coil merupakan tipe yang sekarang umum digunakan. Pada tipe ini inti besi di bagian tengahnya dikelilingi oleh kumparan primer, sedangkan kumparan sekunder berada di sisi luarnya. Keseluruhan komponen dirakit kemudian dibungkus dalam mesin (damar) supaya tahan terhadap getaran yang biasanya ditemukan dalam sepeda motor. Tipe *moulded* koil menjadi pilihan yang populer sebab konstruksinya yang tahan dan kuat. Pada mesin *multicylinder* (silinder banyak) biasanya satu koil melayani dua busi karena mempunyai dua kabel tegangan tinggi dari kumparan sekunder.

c. Tipe Koil gabungan (menyatu) dengan tutup busi (*spark plug*)

Tipe koil ini merupakan tipe paling baru dan sering disebut sebagai koil batang (*stick coil*). Ukuran besar dan beratnya lebih kecil dibanding tipe *moulded* koil dan keuntungan paling besar adalah koil ini tidak memerlukan kabel tegangan tinggi.

2.3.4.6 Busi

Busi adalah alat untuk memercikkan bunga api. Ada beberapa macam bahan elektroda yang masing-masing memberikan sifat yang berbeda. Bahan elektroda dari perak mempunyai kemampuan menghantarkan panas yang baik. Tetapi karena harga perak mahal maka diameter elektroda tengah dibuat kecil. Bahan elektroda dari platina tahan karat, tahan terhadap panas yang tinggi serta dapat mencegah penumpukan sisa pembakaran. Konstruksi busi dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Konstruksi Busi
(Sumber: Jama ,2008)

a. Terminal *stud*

Terminal *stud* terletak didalam insulator. Terminal stud ini dihubungkan dengan si kaca konduktif khusus yang berhubungan juga dengan *center electrode* secara listrik. Bagian dari ujung terminal *stud* yang keluar dari insulator memiliki alir yang berfungsi untuk memasang kabel tegangan tinggi (kabel busi). Pada ulir dipasang sebuah terminal yang digunakan untuk memasang kabel busi.

b. Insulator

Isulator terbuat dari material keramik yang diproduksi dengan nama dagang seperti *sintox*, *pyranit*, *corundite* dan sebagainya. Biasanya insulator berbahan dasar aluminium oxide yang dicampur dengan keramik. Insulator berfungsi untuk mengisolasi elektroda pusat dan terminal stud dari shell, supaya tidak terjadi hubungan singkat, insulator harus memiliki kekuatan mekanik yang cukup, tahanan listrik yang tinggi dan konduktivitas panas yang tinggi untuk memenuhi kondisi kerjanya.

c. *Shell*

Shell terbuat dari baja yang berfungsi untuk memasang busi pada kepala silinder dari motor. Bagian atas *shell* memiliki suatu sisi segi enam dari bagian yang bawah berulir. Pada bagian yang berulir dipasangkan cincin penahan (*seal ring*) yang berfungsi supaya tidak terjadi kebocoran campuran udara dan bahan bakar melalui lubangnya.

d. *Ground Elektrode*

Elektroda negatif dipasangkan pada *shell*, yang mana *shell* melekat pada bagian silinder, sedangkan kepala silinder sendiri terhubung dengan kutub negatif pada sumber tegangan. *Elektrode* negatif harus dipilih dari bahan yang memiliki konduktifitas panas yang tinggi karena pada kondisi kerjanya elektroda ini langsung berhubungan dengan campuran udara dan bahan bakar yang terbakar.

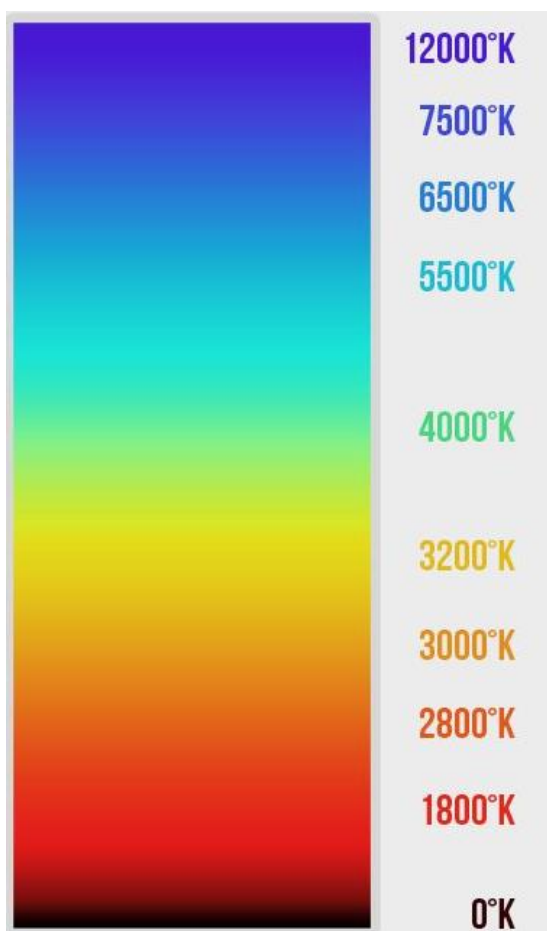
e. *Center Elektrode*

Elektrode pusat terletak pada insulator. Diameter dari elektroda pusat ini lebih kecil dari pada diameter lubang insulator. Ujung dari elektroda ini sebagian keluar dari hidung insulator. Elektroda pusat terbuat dari logam khusus yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi. Selain itu juga harus dipilih dari bahan yang memiliki ketahanan erosi yang tinggi.

f. Celah elektroda

Celah elektroda adalah jarak terpendek antara elektroda pusat dengan elektroda negatif, dimana busur api listrik dapat meloncat. Ada suatu hubungan antara tegangan penyalan yang dibutuhkan dengan lebarnya celah elektroda. Apabila celah elektrodanya kecil maka tegangan penyalan yang dibutuhkan juga semakin besar. Celah elektroda yang umum digunakan sekitar 0,5-1,0 mm. Tetapi pada ketetapan celah elektroda yang paling optimal masing-masing tergantung pada desain dari mesin itu sendiri.

Pada tiap busi menghasilkan besar dan warna bunga api yang berbeda-beda, tergantung dari bahan yang digunakan pada busi tersebut. Masing-masing busi mempunyai warna dan temperature yang berbeda. Dapat dilihat dari warna yang dihasilkan. Gambar 2.14 adalah rincian warna dan *temperature* yang dihasilkan yang dihasilkan pada busi :



Gambar 2.14. *Colour Temperatures Chart*
(Sumber : www.mediacollage.com)

Bedasarkan kemampuan mentransfer panas, busi dibagi dalam dua tipe yaitu:

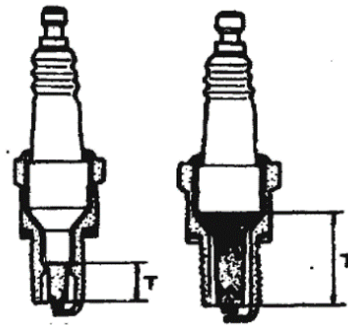
a. Panas

Busi tipe panas adalah busi yang lebih lambat untuk mentransfer panas yang diterima. Cepat mencapai temperatur kerja yang optimal tetapi jika untuk pemakaian berat dapat terbakar. Biasa digunakan pada motor standar untuk penggunaan jarak dekat.

b. Dingin

Busi tipe dingin lebih mudah mentransfer panas ke bagian silinder kepala. Biasanya digunakan untuk penggunaan yang lebih berat misalnya untuk pemakaian jarak jauh karena sifatnya mudah dalam pendinginan.

Gambar pada 2.15 merupakan gambar yang menunjukkan perbedaan dari tipe busi panas dan tipe busi dingin.



Gambar 2.15. Busi Dingin dan Busi Panas
(Sumber: Jama ,2008)

2.3.5 Pengaruh Pengapian

Sistem pengapian CDI merupakan penyempurnaan dari sistem pengapian magnet konvensional (sistem pengapian dengan kontak platina) yang mempunyai kelemahan-kelemahan sehingga akan mengurangi efisiensi kerja mesin. Sebelumnya sistem pengapian pada sepeda motor menggunakan sistem pengapian konvensional.

Dalam hal ini arus yang dipakai ada dua macam, yaitu dari baterai dan pada generator. Perbedaan yang mendasar dari sistem pengapian baterai menggunakan baterai (*accu*) sebagai sumber tegangan, sedangkan untuk sistem pengapian magnet menggunakan arus listrik AC (*Alternative Current*) yang berasal dari alternator.

Sekarang ini sistem pengapian magnet konvensional sudah jarang digunakan. Sistem tersebut sudah tergantikan oleh banyaknya sistem pengapian CDI pada sepeda motor. Sistem CDI mempunyai banyak keunggulan dimana tidak dibutuhkan penyetelan berkala seperti pada sistem pengapian dengan platina.

Dalam sistem CDI busi juga tidak mudah kotor karena tegangan yang dihasilkan oleh kumparan sekunder koil pengapian lebih stabil dan sirkuit yang ada di dalam unit CDI lebih tahan air dan kejutan karena dibungkus dalam cetakan plastik. Pada sistem ini bunga api yang dihasilkan oleh busi sangat besar dan relatif lebih stabil, baik dalam putaran tinggi maupun putaran rendah. Hal ini berbeda dengan sistem pengapian magnet dimana saat putaran tinggi api yang dihasilkan akan cenderung menurun sehingga mesin tidak dapat bekerja secara

optimal. Kelebihan inilah yang membuat sistem pengapian CDI yang digunakan sampai saat ini.

Sistem pengapian CDI pada sepeda motor sangat penting, dimana sistem tersebut berfungsi sebagai pembangkit atau penghasil tegangan tinggi untuk kemudian disalurkan ke busi. Bila sistem pengapian mengalami gangguan atau kerusakan, maka tenaga yang dihasilkan oleh mesin tidak akan maksimal.

2.3.6 Bahan Bakar

Bahan bakar mesin merupakan persenyawaan hidro-karbon yang diolah dari minyak bumi. Untuk mesin bensin dipakai bensin jenis premium, pertalite, pertamax, pertamax plus dan untuk mesin diesel disebut minyak diesel. Premium adalah bensin dengan mutu yang diperbaiki. Karakteristik paling utama yang diperlukan dalam bahan bakar bensin adalah sifat pembakarannya. Dalam pembakaran normal, campuran uap bensin dan udara harus terbakar seluruhnya secara teratur dalam suatu *front* nyala yang menjalar dengan rata dari busi pada mesin. Sifat pembakaran bensin biasanya diukur dengan angka oktan.

Angka oktan adalah kecenderungan bensin mengalami pembakaran tidak normal yang tampil sebagai ketukan oleh bensin. Semakin tinggi angka oktan suatu bahan bakar maka semakin besar kecenderungan mesin tidak mengalami ketukan. Angka oktan suatu bahan bakar dapat ditentukan dengan bantuan mesin CFRE (*Cooperative Fuels Research Engine*), dimana bahan bakar dibandingkan dengan bahan bakar rujukan yang terbuat dari n-heptana (angka oktan 0) dan *iso*-oktan (angka oktan 100). Angka oktan bensin yang didefinisikan sama dengan presentase *iso*-oktana dalam bahan bakar rujukan yang memberikan intensitas yang sama pada mesin uji.

Bahan bakar bensin adalah pemurnian dari naphta yang komposisinya dapat digunakan untuk bahan bakar. Naphta adalah semua jenis minyak ringan (*light oil*) yang memiliki sifat antara bensin (*gasoline*) dan kerosin. Kata bensin berasal dari kata *Benza* (C_6H_6) bagian dari minyak bumi mentah yang berupa campuran bahan hidrokarbon. Bensin sangat mudah menguap pada suhu $40^\circ C$ sebanyak 30-60% kepadatan sekitar 700-750 kgm, sifat mudah menguap mempunyai akibat bahwa

setelah dikabutkan menjadi tetesan-tetesan halus yang dapat disalurkan ke dalam silinder oleh aliran udara. Bensin yang ada dipasaran diberi tambahan atau aditif untuk memperbaiki sifat-sifat agar tidak mudah menggumpal bila disimpan lama.

2.3.6.1 Pertamax Plus

Pertamax plus merupakan bahan bakar superior Pertamina dengan kandungan energi ringgi dan ramah lingkungan, diproduksi menggunakan bahan baku pilihan berkualitas tinggi sebagai hasil penyempurnaan formula terhadap produk Pertamina sebelumnya. Pertamax plus telah memenuhi standar *Performance International World Wide Fuel Character (WWFC)*. Pertamax plus memiliki beberapa keunggulan yaitu : bebas timbal (*unleaded*) dan *Research Octane Number (RON)* sebesar 95 yang didalamnya terkandung energi besar yang akan membuat pembakaran kendaraan lebih bertenaga, berakselerasi tinggi, lebih responsif dan *knock free*. Pertamax plus mampu membersihkan timbunan deposit pada *fuel injector, inlet valve*, ruang bakar yang dapat menurunkan peforma mesin kendaraan dan mampu melarutkan air di dalam tangki sehingga dapat mencegah karat dan korosi pada saluran dan tangki bahan bakar. Pertamax plus direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki ratio kompresi diatas 10,5 dan juga yang menggunakan teknologi *Electronic Fuel Injection (EFI)*, *Variable Valve Timing Intelligent (VVTI)*, *Turbochargers* dan *Catalytic Converters*. Pada tabel 2.1. dibawah ini menunjukkan spesifikasi dari pertamax plus. (www.pertamina.com)

Tabel 2.1. Spesifikasi Pertamax Plus

No	Sifat	MIN	MAX
1	Angka Oktan riset RON	95	
2	Kandungan Pb (gr/lit)		0,30
3	Distilasi		
	10% Vol penguapan (°C)		70
	50% Vol penguapan (°C)	66	110
	90% Vol penguapan (°C)		180
	Titik Didih Akhir (°C)		205

No	Sifat	MIN	MAX
	Residu (% Vol)		2.0
4	Tekanan Uap Reid pada 37,8 °C (psi)	45	60
5	Getah purawa (mg/100ml)		4
6	Periode Induksi (menit)	520	
7	Kandungan Belerang (% massa)		0.1
8	Korosi bilah tembaga (3jam/50°C)		
9	Uji dokter atau belerang mercapatan		0.0
10	Massa Jenis (kg/m ³)		770
11	Warna	Merah	

(Keputusan Dirjen Migas No. 3674 K/24/DJM/2006),(Mulyono, 2012)

2.3.6.2 Angka Oktan

Angka oktan pada bensin adalah suatu bilangan yang menunjukkan sifat anti ketukan/berdetonasi. Dengan kata lain, makin tinggi angka oktan maka semakin berkurang kemungkinan untuk menjadi detonasi (*knocking*). Dengan berkurangnya intensitas untuk berdetonasi, maka campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan oleh torak menjadi lebih baik sehingga tenaga motor akan lebih besar dan pemakaian bahan bakar menjadi lebih hemat. Pada tabel 2.2 menunjukkan nilai oktan pada tiap bahan bakar.

Tabel 2.2. Angka Oktan untuk Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	Angka Oktan
Premium	88
Pertalite	90
Pertamax	92
Pertamax Plus	95
Bensol	100

(www.Pertamina.com, 2016)

2.3.6.3 Kestabilan Kimia dan Kebersihan Bahan Bakar

Kestabilan kimia dan bahan bakar sangat penting berkaitan dengan kebersihan bahan bakar yang selanjutnya berpengaruh terhadap sistem pembakaran dan sistem saluran. Pada temperatur tinggi, sering terjadi polimer yang berupa endapan-endapan *gum*. Endapan *gum* (getah) ini berpengaruh terhadap sistem saluran baik terhadap sistem saluran masuk maupun sistem saluran buang katup bahan bakar.

2.3.6.4 Efisiensi Bahan Bakar dan Efisiensi Panas

Nilai kalor (panas) bahan bakar perlu kita ketahui, agar neraca kalor dari motor dapat dibuat. Efisiensi atau tidak kerjanya suatu motor, ditinjau atas dasar nilai kalor bahan bakarnya. Nilai kalor mempunyai hubungan dengan berat jenis. Pada umumnya makin tinggi berat jenis maka makin rendah nilai kalornya. Pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna, tetapi tidak menutup kemungkinan terjadi pembakaran tidak sempurna.

Pembakaran tidak sempurna dapat berakibat :

1. Kerugian panas dalam motor menjadi besar, sehingga efisiensi motor menjadi turun, usaha dari motor menjadi turun pula pada penggunaan bahan bakar yang tetap.
2. Sisa pembakaran dapat menyebabkan pegas-pegas piston melekat pada alurnya, sehingga ia tidak berfungsi lagi sebagai pegas torak.
3. Sisa pembakaran dapat pula melekat pada lubang pembuangan antara katup dan dudukannya, terutama pada katup buang, sehingga katub tidak menutup dengan rapat.
4. Sisa pembakaran yang telah menjadi keras yang melekat antara piston dan dinding silinder menghalangi pelumasan, sehingga piston dan silinder mudah aus.

Efisiensi bahan bakar dan efisiensi panas sangat menentukan bagi efisiensi motor itu sendiri. Masing-masing motor mempunyai efisiensi yang berbeda.

2.3.7 *Dynamometer*

Dalam dunia otomotif *dynamometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi, rpm, dan *power* yang dihasilkan sebuah mesin sehingga tidak diperlukan test secara langsung di jalan, jenis dinamo antara lain :

a. *Engine dyno*

Mesin akan diukur parameter dinaikkan ke mesin *dyno* tersebut, pada *dyno* jenis ini tenaga yang terukur merupakan hasil dari putaran mesin murni.

b. *Chassis dyno*

Roda motor diletakkan diatas drum *dyno* yang dapat berputar. Pada jenis ini kinerja mesin yang didapat merupakan *power* sesungguhnya yang dikeluarkan mesin karena sudah dikurangi segala macam faktor gesek yang bisa mencapai 30% selisihnya jika dibandingkan dengan *engine dyno*.

2.3.8 Perhitungan Kinerja Mesin dan Konsumsi Bahan Bakar

2.3.8.1 Torsi

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, 1998):

$$T = F \times L \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

T : Torsi (N.m)

F : Gaya yang terukur pada *Dynamometer* (kgf)

L : x = Panjang lengan pada *Dynamometer*

2.3.8.2 Daya

Daya adalah besar usaha yang dihasilkan oleh mesin tiap satuan waktu, didefinisikan sebagai laju kerja mesin, ditunjukkan oleh persamaan (Heywood, 1988).

$$P = \frac{2 \pi n T}{6000} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

P : Daya (kW)

N : Putaran mesin (rpm)

T : Torsi (N.m)

Dalam hal ini daya secara normal diukur dalam kW, tetapi satuan HP (*Horse Power*) masih digunakan juga, dimana :

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

$$1 \text{ kW} = 1,3457 \text{ HP}$$

2.3.8.3 Konsumsi Bahan Bakar

Besar pemakaian konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC/Spesifik Fuel Comsumtion*) ditentukan dalam g/kWh. Konsumsi bahan bakar spesifik adalah pemakaian bahan bakar yang terpakai perjam untuk setiap daya yang dihasilkan pada motor bakar (Arismunandar,2005).

$$K_{bb} = \frac{s}{v} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

v : volume bahan bakar terpakai (ml)

s : jarak tempuh

Sedangkan (m_f) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$m_f = \frac{b}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb} \text{ (Kg/jam)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana

b : Volume gelas ukur (cc)

t : Waktu pengosongan *buret* dalam detik (s)

ρ_{bb} : Berat jenis bahan bakar

m_f : Adalah penggunaan bahan bakar per jam pada kondisi tertentu.