

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Penelitian mengenai pengaruh penggantian koil standart dengan koil *Racing* dan penggantian berbagai jenis busi telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti terkait dengan besar bunga api daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu pembahasan tentang pengkajian pustaka ini difokuskan pada perolehan hasil besar bunga api daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan dari penggantian koil *Racing* dan busi.

Puspitasari (2009), meneliti pengaruh pemakaian jenis busi terhadap unjuk kerja sepeda motor bensin 4 langkah 100 cc dengan variasi CDI dan koil. Hasil penelitian yang dilakukan pada motor bensin 4 langkah 100cc dengan alat uji *dynamometer*. Pengkajian dilakukan dengan variasi berbagai jenis busi dengan menggunakan busi elektroda standart, runcing 2 dan Y. Pengujian dilakukan dengan kondisi mesin standart, koil *Racing*, dan 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 unjuk kerja mesin sebesar 3,05% bila dibandingkan dengan pemakaian busi elektroda standart. Pada pengujian dengan 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 prosentase 2,83%. Sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik terendah didapat pada kondisi standart.

Yulianto (2013), meneliti tentang pengaruh penggunaan bensol sebagai bahan bakar motor empat langkah 105 cc dengan variasi CDI tipe standart dan tipe *Racing* memperoleh hasil perbandingan torsi dan daya pada kondisi motor standart dan modifikasi, pada putaran rendah kondisi motor modifikasi menggunakan bahan bakar premium dengan CDI *Racing* torsi dan daya yang

dihasilkan lebih tinggi dari pada kondisi motor dengan menggunakan bahan bakar bensol dengan CDI tipe standart atau *Racing*.

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 standart pada putaran tinggi hasil pengapianya lebih stabil dikarenakan CDI standart mempunyai batas putaran mesin/*limiter*. Daya yang digasilkan oleh CDI *Racing* lebih optimal dibandingkan dengan CDI standart, dikarenakan api yang dihasilkan oleh CDI *Racing* lebih optimal dan besar.

Wardana (2016), meneliti kajian eksperimental tentang pengaruh variasi CDI terhadap kinerja motor bensin empat langkah 200 cc berbahan bakar premium, mendapatkan hasil pada pengujian unjuk kerja mesin empat langkah 200 cc dengan variasi CDI standart, CDI BRT (*Bintang Racing Team*), dan CDI (SAT) Siput Advan Tech berbahan bakar premium. Torsi tertinggi pada penggunaan variasi CDI Siput Advan Tech yaitu 17,38 N.m pada putaran mesin 7750 rpm dan daya paling besar dihasilkan oleh CDI Siput Advan Tech yaitu 17,5 HP pada putaran mesin 6250 rpm, dikarenakan penggunaan CDI *Racing* menghasilkan percikan bunga api yang lebih besar dari standartnya sehingga dapat mempercepat proses pembakaran.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Definisi Motor Bakar

Motor bakar merupakan mesin kalor yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Sebelum menjadi tenaga mekanis, energi kimia bahan bakar terlebih dahulu menjadi energi panas melalui pembakaran campuran bahan bakar dengan udara.

Motor bakar torak mempunyai silinder tunggal dan silinder ganda/lebih dari satu silinder. Pada motor bakar torak, torak digunakan sebagai pendukung terjadinya pembakaran pada motor bakar. Energi panas yang dihasilkan dari pembakaran diteruskan menuju batang torak (*connecting rod*) berupa tenaga untuk menggerakkan poros engkol dimana poros engkol akan diubah menjadi gesekan putar. Motor bakar terbagi menjadi 2 jenis yaitu motor disel dan motor bensin, perbedaan mendasar terletak pada sistem penyalanya. Penyalan mesin pada motor bensin terjadi karena ada pemicu api yang berasal dari loncatan api pada busi dapat disebut *Spark Ignition Engine*, sedangkan pada motor diesel penyalan terjadi dengan sendirinya karena panas dalam silinder yang ditimbulkan oleh kompresi. Kompresi yang tinggi dalam silinder mengakibatkan meningkatnya temperatur dan kemudian bahan bakar disemprotkan melalui *nozzle* sehingga terjadi pembakaran dalam silinder. (Arismunandar,1977)

Proses pembakaran pada motor bakar diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Motor pembakaran luar atau *External Combustion Chamber* (ECE)

Motor pembakaran luar atau *External Combustion Chamber* (ECE) merupakan jenis pembakaran yang terjadi di luar mesin, sehingga untuk melakukan pembakaran digunakan mesin itu sendiri. Panas dari hasil pembakaran bahan bakar tidak langsung diubah menjadi tenaga mekanis. Peralatan dengan prinsip pembakaran luar adalah turbin uap.

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

Motor Pembakaran Dalam atau *Internal Combustion Engine* (ICE) merupakan jenis pembakaran yang terjadi didalam motor bakar, sehingga panas

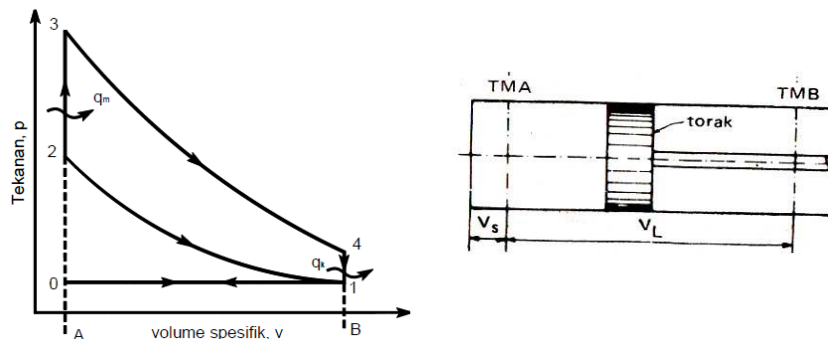
yang dihasilkan oleh pembakaran dapat langsung diubah menjadi tenaga mekanik. Peralatan dengan prinsip pembakaran dalam adalah motor bakar torak.

2.2.2. Siklus Termodinamika

Proses termodinamika dan kimia terjadi didalam motor bakar torak sangat kompleks untuk dianalisis menurut teori, pada umumnya proses analisis motor bakar digunakan *siklus udara* sebagai siklus yang ideal. Siklus udara menggunakan beberapa keadaan yang sama dengan siklus sebenarnya dapat berupa urutan proses, perbandingan kompresi, pemilihan temperatur dan tekanan pada suatu keadaan, dan penambahan kalor yang sama per satuan berat udara.

Pada mesin yang ideal proses pembakaran yang dapat menghasilkan gas bertekanan dan bertemperatur tinggi merupakan proses pemasukan panas ke dalam fluida kerja dalam silinder. (Arismunandar,1977)

Siklus udara volume konstan (*siklus otto*) dapat digambarkan dengan grafik P dan v seperti pada gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1. Diagram P dan v dari siklus volume konstan
(Sumber : Arismunandar, 2002)

- P = Tekanan fluida kerja (kg/cm^2)
- v = Volume spesifik (m^3/kg)
- q_m = Jumlah kalor yang dimasukkan (kcal/kg)
- q_k = Jumlah kalor yang dikeluarkan (kcal/kg)
- V_L = Volume langkag torak (m^3 atau cm^3)
- V_S = Volume sisa (m^3 atau cm^3)
- TMA = Titik mati atas

TMB = Titik mati bawah

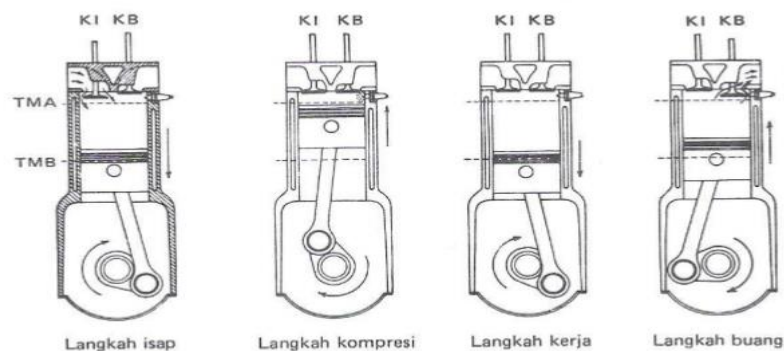
Penjelasan :

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. $B \cdot 9$
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.

2.2.3. Prinsip Kerja Motor Bakar Empat Langkah

Proses pembakaran di dalam motor bakar torak terjadi secara periodik. Sebelum terjadi proses pembakaran berikutnya, terlebih dahulu gas pembakaran yang sudah dapat dipergunakan harus dikeluarkan dari dalam silinder, kemudian silinder diisi dengan campuran bahan bakar dengan udara segar (pada motor bensin) yang berlangsung ketika torak dalam silinder bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) menuju ke TMB (Titik Mati Bawah).

Motor bensin empat langkah mempunyai satu siklus pembakaran dalam empat langkah kerja torak atau dua kali putaran poros engkol, dalam satu siklus kerja motor bensin empat langkah meliputi proses pengisapan, kompresi, ekspansi serta pembuangan. Dibandingkan dengan mesin bensin 2 langkah, mesin bensin 4 langkah cukup sulit dalam hal perawatan karena terdapat banyak kompoen untuk menunjang satu siklus kerjanya. Maka siklus kerja mesin bensin 4 langkah dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut :



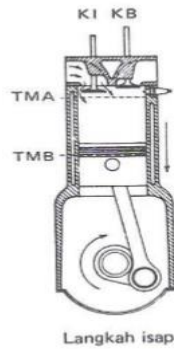
Gambar 2.2. Skema gerakan torak pada mesin bensin 4 langkah
(Sumber : Arismunandar, 2002)

Motor bensin empat langkah mempunyai langkah kerja yang meliputi langkah hisap, kompresi, kerja/ekspansi, dan buang. Beberapa langkah kerja motor bensin 4 langkah dijelaskan sebagai berikut :

1. Langkah Hisap

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),

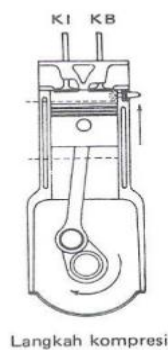
maka katup masuk dan buang akan tertutup, dapat dilihat pada gambar 2.3 merupakan langkah hisap pada mesin 4 langkah berikut.



Gambar 2.3. Langkah hisap
(Sumber : Arismunandar, 2002)

2. Langkah Kompresi

Pada langkah kompresi merupakan langkah dimana campuran bahan bakar dengan udara dilakukan sebuah penekanan oleh piston dengan tujuan meningkatkan tekanan yang mengakibatkan terjadinya peningkatan temperatur dalam silinder. Pada saat langkah kompresi katup hisap dan katup buang tertutup, langkah ini bertujuan untuk menyempurnakan antara campuran bahan bakar dengan udara sehingga dapat terjadi pembakaran yang sempurna di dalam silinder. Pada gambar 2.4 merupakan langkah kompresi pada mesin 4 langkah.

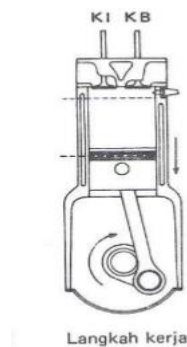


Gambar 2.4. Langkah Kompresi
(Sumber : Arismunandar, 2002)

3. Langkah Kerja/Ekspansi

Pada saat langkah kerja/ekspansi kondisi kedua katup dalam keadaan tertutup, saat proses pembakaran timbul ledakan dimana ledakan tersebut mendorong piston dari posisi TMA (Titik Mati Atas) menuju TMB (Titik Mati Bawah).

Ledakan tersebut disebabkan karena campuran bahan bakar dan udara yang telah terkompresi terbakar akibat adanya percikan busi pada saat pengapian. Turunya piston menuju TMB (Titik Mati Bawah) dimanfaatkan sebagai penerus tenaga yang akan disalurkan dengan batang torak (*connecting road*) menuju poros engkol (*crankshaft*). Gambar 2.5 berikut merupakan langkah kerja pada mesin bensin 4 langkah.

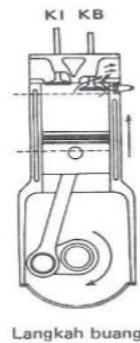


Gambar 2.5. Langkah Kerja/Ekspansi
(Sumber : Arismunandar, 2002)

4. Langkah Buang

Pada langkah buang dimana kondisi katup hisap tertutup dan katup buang terbuka, Piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) menuju TMA (Titik Mati Atas) dengan tujuan membuang gas sisa pembakaran yang disalurkan menuju knalpot (*exhaust system*).

Gas sisa hasil pembakaran diharapkan dapat terbuang semua sehingga tidak tercampur dengan campuran bahan bakar dan udara yang akan kembali dihisap pada langkah hisap. Gambar 2.6 berikut merupakan langkah buang pada mesin bensin 4 langkah.



Gambar 2.6. Langkah Buang
(Sumber : Arismunandar, 2002)

2.2.4. Sistem Pengapian

Sistem pengapian pada mesin bensin berfungsi mengatur proses pembakaran campuran bahan bakar dengan udara didalam silinder sesuai dengan waktu yang telah ditentukan pada langkah akhir kompresi. Awal pembakaran pada mesin bensin diperlukan, karena pada mesin bensin pembakaran tidak dapat terjadi dengan sendirinya. Pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan terjadi di dalam silinder setelah busi memercikan bunga api, sehingga diperoleh tenaga akibat pemuaian gas (eksplosif) hasil pembakaran, mendorong piston ke TMB (Titik Mati Bawah) menjadi langkah usaha. Proses pemercikan busi diperlukan suatu sistem yang bekerja secara akurat. Sistem pengapian terdiri dari berbagai komponen, yang bekerja bersama-sama dalam waktu yang sangat cepat dan singkat.

Proses keluarnya api dari busi ketika langkah akhir kompresi disebut dengan saat pengapian, saat terjadinya percikan waktunya harus ditentukan dengan tepat dengan tujuan pembakaran menjadi sempurna hingga mencapai energi yang maksimum. Setelah campuran bahan bakar terbakar oleh bunga api, maka diperlukan waktu tertentu bagi api untuk merambat didalam ruang bakar. Hal ini mengakibatkan terlambatnya saat pengapian, terlambatnya saat pengapian dapat diatasi dengan memperhitungkan periode perambatan ketika menentukan saat pengapian. Saat pengapian dapat disesuaikan dengan kecepatan putar dan beban pada mesin yaitu dengan menggunakan *vacum advancer* dan *governor*

advancer yang terdapat pada pengapian konvensional dengan tujuan memajukan dan memundurkan saat pengapian.

Pada sistem pengapian sepeda motor dengan menggunakan CDI, proses maju dan mundurnya pengapian diatur dengan unit pengatur saat pengapian secara otomatis atau disebut ATU (*Automatic Timing Unit*). ATU bekerja dengan prinsip elektronik bukan mekanik seperti pada sistem pengapian konvensional. Sistem pengapian terdiri dari sistem konvensional dan sistem elektrikal pada dasarnya mempunyai fungsi yang sama namun pengapian konvensional mulai ditinggalkan dikarenakan output tegangan yang dihasilkan kurang stabil mengakibatkan bahan bakar tidak sempurna atau campuran bahan bakar dan gas tidak habis terbakar. Berikut penjelasan mengenai sistem pengapian konvensional dan elektrikal.

2.2.4.1. Sistem Pengapian Konvensional

Sistem pengapian konvensional ada dua macam yaitu sistem pengapian magnet dan sistem pengapian baterai. Sistem pengapian konvensional menggunakan kontak *breaker* sebagai pengatur saat pengapian pada mesin bensin dalam dunia bengkel disebut dengan platina.

1. Sistem Pengapian Magnet

Sistem pengapian magnet merupakan sebuah sistem pengapian jenis konvensional dengan menggunakan kumparan dan magnet sebagai sumber tegangan dengan arus yang dihasilkan berupa arus AC (*Alternative Current*). Sistem pengapian magnet mempunyai dua kumparan yaitu primer dan sekunder, salah satu ujung kumparan primer dihubungkan dengan masa sedangkan ujung kumparan yang lain dihubungkan dengan kondensor. Pada kondensor terdapat tiga percabangan kabel yang dihubungkan dengan platina, sedangkan bagian platina berikutnya dihubungkan dengan masa. Ketika platina menutup, arus listrik pada kumparan primer mengalir menuju ke masa melewati platina, dan busi tidak dapat meloncatkan bunga api. Ketika platina membuka, arus listrik tidak dapat mengalir ke masa sehingga akan mengalir menuju kumparan primer koil dan menimbulkan api pada busi.

2. Sistem Pengapian Baterai

Sistem pengapian baterai merupakan sistem pengapian dengan menggunakan batereai (*accu*) sebagai sumber teganganya menghasilkan arus DC (*Direct Current*). Pada baterai terdapat dua kutub yaitu kutub positif dan kutub negatif, pada kutub negatif baterai dihubungkan dengan masa, sedangkan pada kutub positif baterai dihubungkan dengan sekering (*fuse*) menuju kunci kontak dan diteruskan ke kutub positif pada koil. Arus listrik mengalir dari kutub positif baterai menuju kumparan primer koil kemudian dialirkan menuju kondensor dan platina. Ketika platina menutup, arus listrik mengalir menuju ke masa melewati platina, dan busi tidak dapat meloncatkan bunga api. Ketika platina membuka, arus listrik tidak dapat mengalir ke masa sehingga akan mengalir menuju kumparan primer koil dan menimbulkan api pada busi.

2.2.4.2. Sistem Pengapian Elektronik

Sistem pengapian elektronik ada dua macam yaitu sistem pengapian magnet dan sistem pengapian baterai. Sistem pengapian elektronik menggunakan CDI (*Capasitor Discharge Ignition*) sebagai pengatur saat pengapian pada mesin bensin.

1. Sistem Pengapian Magnet

Sistem pengapian magnet merupakan sistem pengapian yang cukup sederhana karena sumber tegangan berada pada *source koil* yang sering disebut dengan *spool* yang terhubung langsung dengan generator utama (alternator dan *flywheel magneto*). Keuntungan pada sistem pengapian magnet adalah sumber tegangan tidak dipengaruhi beban sistem kelistrikan mesin, sedangkan kekurangan pada sistem pengapian magnet pada kecepatan mesin rendah pada saat menghidupkan mesin (*starting*), tegangan yang dihasilkan koil tidak terlalu tinggi. Arus listrik yang dihasilkan oleh alternator atau *flywhell magneto* adalah arus AC (*Alternative Current*). Prinsip kerja alternator dan *flywhell magneto* sebenarnya sama, perbedaannya terdapat pada penempatan dan konstruksi magnetnya. Pada *flywhell magneto* bagian magnet ditempatkan pada bagian luar *spool* (kumparan), putaran magnet digunakan sebagai pembangkit listrik dan

digunakan sebagai *flywheel* agar putaran poros dapat mempunyai titik berat. Sedangkan pada *spool* (kumparan) yang terletak pada bagian dalam magnet mempunyai fungsi dan tujuan yang sama namun mempunyai ukuran rotor magnet cenderung lebih kecil dibandingkan dengan *flywheel magneto*.

2. Sistem Pengapian Baterai

Sistem pengapian baterai merupakan sistem pengapian dengan menggunakan baterai (*accumulator*) sebagai sumber tegangannya menghasilkan arus DC (*Direct Current*). Sistem ini biasanya terdapat pada mesin bensin dengan sistem kelistrikan dimana baterai digunakan sebagai sumber tegangan sehingga mesin sangat bergantung dengan baterai. Hampir semua baterai mempunyai arus listrik tegangan rendah sebesar 12 volt untuk sistem pengapian. Penggunaan baterai pada sistem pengapian mempunyai kelebihan dimana lebih mudah dalam penyalan mesin (*starting*) karena adanya ketersediaan tegangan yang disimpan oleh baterai dengan ketentuan kondisi baterai dalam kondisi normal tanpa adanya penurunan tegangan. Arus listrik DC (*Direct Current*) dihasilkan dari baterai (*accumulator*). Baterai tidak dapat menciptakan arus namun hanya dapat menyimpan arus melalui proses kimia. Pada umumnya baterai yang digunakan pada sepeda motor adalah 6 volt dan 12 volt.

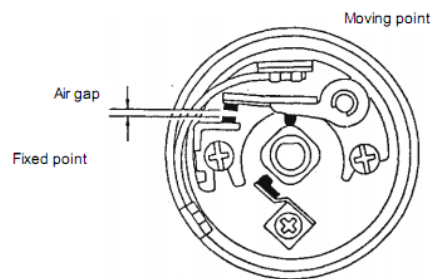
2.2.5. Komponen Sistem Pengapian

1. Komponen Pengatur Saat Pengapian

A. Platina (*Contact Breaker*)

Platina (*Contact Breaker*) merupakan komponen sistem pengapian konvensional yang berfungsi sebagai pemutus dan penyambung tegangan baterai menuju ke kumparan primer. Prinsip kerja platina hampir sama dengan prinsip kerja *switch* (saklar) untuk menyalurkan suplai listrik dan memutus suplai listrik untuk menghasilkan induksi. Pembukaan dan penutupan platina digerakan 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 saat waktu platina menutup, maka arus mengalir ke rangkaian primer sehingga inti besi pada koil pengapian akan timbul magnet. Saat platina membuka, maka kemagnetan pada inti besi akan hilang secara tiba-tiba. Kehilangan kemagnetan pada inti besi tersebut dapat membangkitkan tegangan tinggi (induksi) pada kumparan sekunder. Tegangan tinggi akan disalurkan menuju busi, sehingga timbul loncatan bunga api pada celah elektroda busi untuk membakar campuran bahan bakar dan udara pada saat langkah akhir kompresi. Konstruksi/bentuk platina dapat dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut.



Gambar 2.7. Konstruksi Platina
(Sumber : Jama, dkk : 2008)

B. CDI (*Capasitor Discharge Ignition*)

CDI (*Capasitor Discharge Ignition*) merupakan sistem pengatur saat pengapian pada langkah akhir kompresi. CDI bekerja berdasarkan prinsip elektronika sehingga bekerja tanpa adanya gaya mekanis untuk menghasilkan percikan bunga api. Pada sistem CDI terdiri dari sebuah *thyristor* atau sering disebut *silicon-controlled rectifier* (SCR), sebuah kapasitor, dioda, dan rangkaian tambahan untuk mengatur saat pengapian. SCR merupakan komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar elektronik. Sedangkan kapasitor merupakan komponen elektronik yang dapat menyimpan energi listrik dalam jangka waktu tertentu. Dioda merupakan komponen semikonduktor yang memungkinkan arus listrik mengalir pada satu arah (*forward bias*) yaitu, dari arah anoda ke katoda, dan mencegah arus listrik mengalir pada arah yang berlawanan. Berdasarkan sumber arusnya, sistem CDI dibedakan atas sistem CDI AC (*Alternative Current*) dan sistem CDI DC (*Direct Current*). Perbedaan pada CDI AC dan CDI DC terletak pada sumber tegangan yang diperoleh untuk

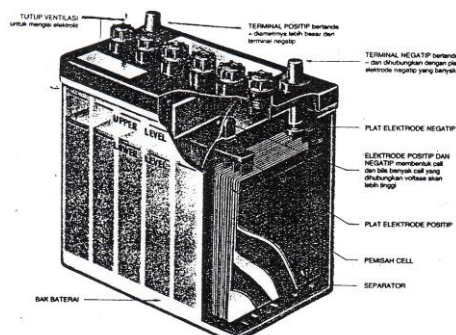
mensuplai tegangan, pada CDI AC suplai tegangan diperoleh dari *source koil* yang berupa kumparan dan *flywhell magneto*, sedangkan pada CDI DC sumber tegangan yang diperoleh berasal dari baterai (*accumulator*). Kedua jenis CDI tersebut mempunyai cara kerja yang hampir sama, yaitu dengan memanfaatkan pulser sebagai penerima sinyal pulsa dari tonjolan pada rotor magnet (*pick up*) pada sudut tertentu untuk dialirkan menuju CDI, kemudian CDI menerima sinyal pulsa untuk mengalirkan tegangan menuju koil untuk dialirkan menuju busi pada saat akhir langkah kompresi. Gambar 2.8 merupakan CDI yang digunakan pada sepeda motor.



Gambar 2.8. CDI Yamaha Jupiter MX 135 LC

2. Baterai (*Accumulator*)

Baterai (*Accumulator*) merupakan komponen kelistrikan pada sepeda motor yang digunakan sebagai sumber tegangan untuk sistem pengapian pengapian dan sistem penerangan pada sepeda motor. Baterai (*Accumulator*) terdiri dari sel-sel dengan jumlah tertentu tergantung pada output tegangan yang dihasilkan antara 6 volt sampai dengan 12 volt. Gambar 2.9 merupakan konstruksi pada baterai atau *accumulator*.



Gambar 2.9. Konstruksi Baterai
(Sumber : Jama, dkk : 2008)

Pada setiap sel pada baterai terdiri dari dua buah plat yaitu plat positif dan plat negatif yang terbuat dari bahan timbal atau timah hitam (Pb). Plat tersebut tersusun secara berdampingan dan dibatasi oleh sekat pada tiap platnya yang disebut separator atau pemisah berupa bahan non konduktor dengan jumlah plat negatif lebih banyak dibandingkan dengan plat positif untuk setiap sel baterainya. Plat dalam baterai direndam oleh cairan elektrolit H_2SO_4 . Akibat terjadinya reaksi kimia antara plat dengan cairan elektrolit tersebut akan menghasilkan arus listrik DC (*Direct Current*).

3. Kondensator

Pada sistem pengapian dengan menggunakan platina, ketika arus primer mengalir akan terjadi hambatan yang disebabkan oleh induksi. Munculnya hambatan terjadi ketika adanya pemutusan arus oleh platina ketika mulai membuka. Pemutusan arus primer secara tiba-tiba pada waktu platina membuka menyebabkan munculnya tegangan tinggi sebesar 500 *volt* pada kumparan primer. Munculnya tegangan tinggi pada kumparan primer dapat menimbulkan loncatan bunga api pada platina ketika mulai membuka. Gambar 2.10 merupakan bentuk dari kondensator.



Gambar 2.10. Kondensator
(Sumber : Jama, dkk : 2008)

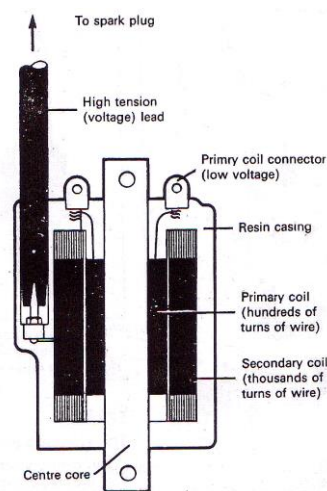
Munculnya loncatan bunga api pada platina dapat mempengaruhi waktu pemutusan arus primer menjadi lambat. Untuk mencegah terjadinya loncatan bunga api pada platina maka digunakan kondensator pada sistem pengapian. Pemasangan kondensator secara paralel dengan platina.

Dengan adanya kondensator, maka induksi yang terjadi pada kumparan primer dapat disimpan sementara pada kondensator. Kemampuan dari suatu

kondensor ditunjukkan oleh seberapa besar kapasitasnya. Kapasitas kondensor diukur dalam satuan *farad* (*f*).

4. Koil (*Ignition Coil*)

Koil (*Ignition coil*) merupakan komponen sistem pengapian yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dari sumber tegangan. Besar perubahan tegangan yang dihasilkan dari sumber 12 V menjadi 10 kV bahkan lebih. Pada koil, kumparan primer dan sekunder dililit pada inti besi. Kumparan primer dan sekunder menaikkan tegangan dari baterai menjadi tegangan tinggi melalui induksi elektromagnetik. Inti besi (*core*) dikelilingi kumparan yang terbuat dari baja silikon tipis. Terdapat dua kumparan yaitu komponen primer dan kumparan sekunder dimana kumparan primer dililit oleh kumparan sekunder untuk menimbulkan medan magnet. Medan magnet akan dibangkitkan pada saat arus mengalir pada gulungan (kumparan) primer. Gambar 2.11 merupakan konstruksi pada koil.



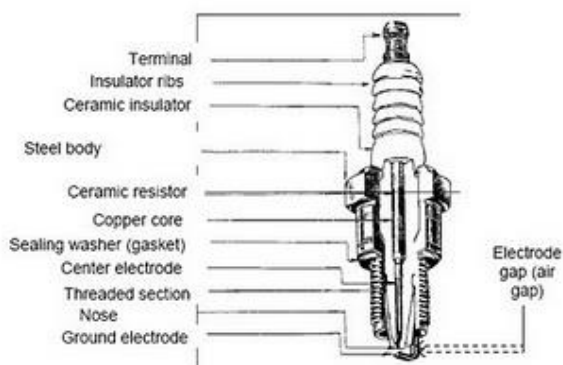
Gambar 2.11. Koil
(Sumber : Jama, dkk : 2008)

Garis gaya magnet dibangkitkan pada inti besi berlawanan dengan garis gaya magnet dalam kumparan primer. Jika kedua kumparan disusun dalam satu garis dan arus yang mengalir pada kumparan primer diputuskan, maka dapat menimbulkan tegangan pada kumparan sekunder berupa induksi sebesar 10 kV.

5. Busi (*Spark Plug*)

Tegangan tinggi yang dihasilkan oleh kumparan sekunder koil pengapian, setelah melalui rangkaian tegangan tinggi akan dikeluarkan diantara elektroda tengah (elektroda positif) dan elektroda sisi (elektroda negatif) busi berupa percikan bunga api. Fungsi busi adalah untuk mengalirkan arus tegangan tinggi dari tutup (terminal) busi ke bagian elektroda tengah ke elektroda sisi melewati celah kemudian berakhir ke masa (*ground*). Busi merupakan komponen sistem pengapian yang dapat habis, busi dirancang untuk digunakan dalam waktu tertentu dan harus diganti dengan yang baru jika busi sudah aus atau terkikis.

Pada konstruksi busi, bagian atas dari busi adalah terminal yang terhubung dengan kabel tegangan tinggi dari koil. Terminal ini berhubungan dengan elektroda tengah yang terbuat dari campuran nikel agar tahan terhadap panas. Pada beberapa busi elektroda terbuat dari campuran perak, platina, paladium atau emas. Busi-busi ini dirancang untuk memberikan ketahanan terhadap keausan. Pada gambar 2.12 merupakan konstruksi dan bagian-bagian pada busi.



Gambar 2.12. Konstruksi Busi
(Sumber : Jama, dkk : 2008)

Elektroda yang terletak bagian tengah busi dilindungi isolator yang terbuat dari keramik. Isolator ini berfungsi untuk melindungi elektroda busi dari kebocoran arus listrik dan melindungi dari panas mesin. Untuk mencegah kebocoran gas, terdapat *seal* (perapat) antara elektroda tengah dengan isolator dan antara isolator dengan bodi busi. Bodi busi dibuat dari baja berlapis nikel untuk mencegah timbulnya korosi. Bagian atas luar bodi berbentuk *hexagon*

yang berfungsi untuk memasang dan membuka busi pada mesin. Pada bagian bawah busi dibuat ulir agar busi dapat dipasang ke kepala silinder. Pada bagian ujung bawah busi terdapat elektroda sisi atau elektroda negatif sebagai jalur ke masa ketika terjadi percikan bunga api. Busi mempunyai tingkatan panas masing-masing, elektroda busi harus dipertahankan pada temperatur kerja yang tepat yaitu pada kisaran 400 °C hingga 800 °C.

Apabila temperatur pada elektroda kurang dari 400°C menimbulkan kerak berupa karbon pada insulator dalam busi, hal ini mempengaruhi tegangan tinggi yang dialirkan ke elektroda akan menuju ke massa tanpa meloncat dalam bentuk bunga api pada celah elektroda, sehingga mengakibatkan terjadinya kesalahan pembakaran. Sebaliknya apabila temperatur elektroda telah melebihi 800 °C, dapat terjadi peningkatan kotoran oksida dan terbakarnya elektroda tersebut. Pada suhu 950°C elektroda busi akan menjadi sumber panas yang dapat membakar campuran bahan bakar tanpa adanya bunga api, hal ini disebut dengan istilah *pre-ignition* yaitu campuran bahan bakar dan udara akan terbakar lebih awal karena panas elektroda tersebut sebelum busi bekerja memercikkan bunga api. Terjadinya *pre-ignition* dapat mempengaruhi performa pada sebuah mesin, bahkan dapat merusak komponen dalam ruang bakar akibat temperatur yang sangat tinggi.

Busi mempunyai berbagai tipe sesuai dengan kebutuhan kendaraan bermotor, beberapa tipe yang sering digunakan adalah busi diantaranya adalah :

- 1) Busi Tipe Standar (*Standard Type*)

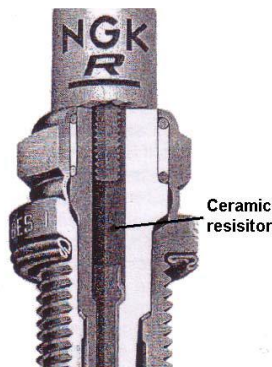
Busi standar pada umumnya hampir digunakan pada setiap kendaraan bermotor, busi dengan ujung elektroda menonjol lebih tinggi dari insulator pelindung elektroda yang terbuat dari keramik. Tipe busi ini lebih tepat untuk penggunaan sehari-hari.



Gambar 2.13. Busi Standar
(Sumber : Jama, dkk : 2008)

2) Busi Tipe Resistor (*Resistor Type*)

Busi dengan tipe resistor merupakan busi yang dilengkapi dengan resistor pada bagian dalam elektroda tengah, besar tahanan resistor yang dipasangkan pada elektroda sebesar 5 kilo ohm. Tujuan pemasangan resistor adalah untuk melemahkan gelombang-gelombang elektromagnet yang ditimbulkan oleh loncatan ketika pengapian, sehingga dapat mengurangi resiko terjadinya gangguan peralatan telekomunikasi pada kendaraan.

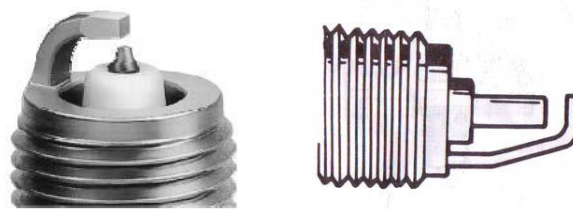


Gambar 2.14. Busi Tipe Resistor
(Sumber : Jama, dkk : 2008)

3) Busi dengan Elektroda yang Menonjol (*Project Nose Type*)

Busi dengan elektroda menonjol merupakan busi dengan konstruksi elektroda dan insulator menonjol keluar. Pada busi tipe elektroda menonjol, temperatur pada elektroda lebih cepat meningkat dibandingkan tipe busi standar dikarenakan konstruksi elektroda dan insulator menonjol ke dalam ruang bakar, hal ini membantu menjaga busi agar tetap bersih. Pada mesin yang mempunyai karakter kerja pada putaran tinggi, efek pendinginan yang datang dari campuran bahan bakar dan udara akan meningkat, sehingga dapat membantu menjaga busi beroperasi dalam suhu kerjanya, hal ini akan mempunyai kecenderungan

meminimalisir terjadinya *pre-ignition*. Gambar 2.15 merupakan jenis busi dengan bentuk elektroda menonjol.



Gambar 2.15. Busi Tipe Elektroda Menonjol
(Sumber : Jama, dkk : 2008)

4) Busi Tipe *Platinum*

Pada dasarnya busi tipe *platinum* mempunyai fungsi yang sama dengan busi pada umumnya, perbedaannya terdapat pada diameter pada elektroda. Diameter elektroda pada busi platinum adalah 1,1 mm lebih kecil dibandingkan dengan busi standar dengan diameter 2,5 mm. Busi platinum dilengkapi dengan lapisan *platinum* pada bagian ujung elektroda dengan tujuan untuk memperpanjang usia pakai busi. Gambar 2.16 merupakan jenis busi dengan elektroda dilapisi dengan *platinum*.



Gambar 2.16. Busi Tipe *Platinum*

5) Busi Tipe *Iridium*

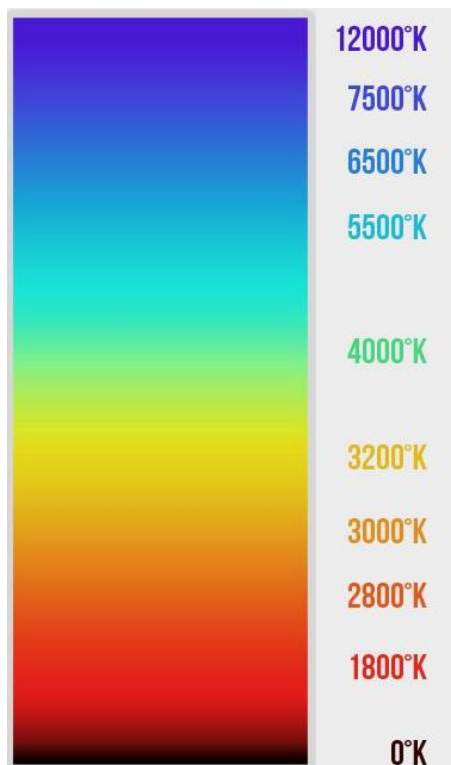
Busi *Iridium* mempunyai fungsi dan tujuan yang sama dalam sistem pengapian, yaitu meneruskan tegangan tinggi dari koil yang digunakan untuk memercikan bunga api pada langkah akhir kompresi. Perbedaan busi *Iridium* dengan standart terletak pada diameter elektroda pada busi *Iridium* lebih kecil diantara busi standar dan *platinum* yaitu sebesar 0,4 mm. Ukuran elektroda pada busi *Iridium* mempengaruhi *output* tegangan yang dihasilkan dari koil untuk

melakukan proses pembakaran pada langkah akhir kompresi. Gambar 2.17 merupakan busi jenis *iridium* dengan bentuk elektroda runcing.



Gambar 2.17. Busi Tipe *Iridium*

Pada tiap jenis busi mempunyai kemampuan tersendiri dalam menghasilkan besar dan warna bunga api tergantung pada celah busi, jenis bahan elektroda dan bentuk elektroda busi. Bunga api yang dihasilkan busi mempunyai warna masing-masing dan mempunyai temperatur yang berbeda pada tiap warna yang dihasilkan. Beberapa warna dan temperatur yang dihasilkan pada busi dapat dilihat pada gambar 2.18 sebagai berikut :



Gambar 2.18. *Colour Temperature Chart*
(Sumber : www.mediacollage.com)

2.2.6. Pengaruh Pengapian

Sistem pengapian CDI merupakan penyempurnaan dari sistem pengapian konvensional yang menggunakan platina (*contact breaker*) sebagai pengatur saat pengapian. Sumber tegangan yang diperoleh pada CDI dan platina pada dasarnya sama yaitu berasal dari baterai (*accu*) dan spool (*source coil*). Perubahan dari sistem pengapian platina ke CDI bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kerja mesin, dimana pada CDI pembakaran yang dihasilkan dapat mencapai kesempurnaan. Kesempurnaan pembakaran dapat diamati dari sisa kerak yang tertinggal pada bagian insulator dalam busi. CDI menghasilkan output tegangan yang cukup besar dan stabil karena tidak terpengaruh ketika terjadi getaran, berbeda dengan platina ketika terjadi getaran dapat mempengaruhi kinerja sistem pengapian, dalam hal ini platina perlu dilakukan penyetelan ulang.

2.2.7. Bahan Bakar

Bahan bakar mesin merupakan senyawa Hidro-karbon yang diolah dari minyak bumi. Pada mesin bensin menggunakan bahan bakar bensin yaitu premium, pertalite, pertamax, dan pertamax plus dan pada mesin diesel menggunakan minyak diesel.

Bahan bakar yang umum digunakan pada sepeda mesin adalah bensin. Unsur utama bensin adalah *carbon* (C) dan *hydrogen* (H). Bensin terdiri dari *octane* (C₈H₁₈) dan *nepthane* (C₇H₁₆). Pemilihan bensin sebagai bahan bakar berdasarkan pertimbangan dua kualitas, yaitu nilai kalor (*calorific value*) yang merupakan sejumlah energi panas yang bisa digunakan untuk menghasilkan kerja/usaha dan *volatility* yang mengukur seberapa cepat bahan bakar dapat menguap pada suhu rendah. Perbandingan campuran bensin dan udara harus ditentukan agar dapat diperoleh efisiensi dan pembakaran yang sempurna. Secara tepat perbandingan campuran bensin dan udara yang ideal (perbandingan *stoichiometric*) untuk proses pembakaran yang sempurna pada mesin adalah 1 : 14,7.

2.2.7.1. Pertamax

Pertamax merupakan bahan bakar ramah lingkungan beroktan tinggi dari hasil penyempurnaan produk dari PERTAMINA seblumnya. Formula baru yang terbuat dari bahan baku berkualitas tinggi memastikan mesin kendaraan bermotor bekerja lebih baik, bertenaga, *kock free*, rendah emisi, dan memungkinkan menghemat pemakaian bahan bakar.

Pertamax memiliki beberapa keunggulan yaitu bebas timbal (*unleaded*) dan *Research Octane Number* sebesar 92 dengan stabilitas oksidasi yang tinggi dan kandungan *olefin*, *aromatic*, dan *benzene* pada level yang rendah, sehingga dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna pada mesin. (www.pertamina.com)

Pada tabel berikut merupakan spesifikasi yang terdapat pada bahan bakar jenis pertamax dengan nilai oktan 92.

Tabel 2.1. Speksifikasi Pertamax

No	Sifat	MIN	MAX
1	Angka oktana riset RON	92	
2	Kandungan Pb (g/lit)		0,30
3	Distilasi		
	10% Volume Penguapan (°C)		70
	50% Volume Penguapan (°C)	77	110
	90% Volume 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 purwa (mg/100 ml)		4
6	Periode induksi (menit)	480	
7	Kandungan belerang (% masa)		0,1
8	Masa Jenis (kg/m ³)		740
9	Warna	Biru	

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

2.2.8. 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 terjadi detonasi (*knocking*). Dengan berkurangnya intensitas 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.

Tabel 2.2. Angka Oktan Untuk Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	Angka Oktan
Bensin	88
Pertalite	90
Pertamax	92
Pertamax Plus	95
Pertamax <i>Racing</i>	100
Bensol	100

(www.pertamina.com, 2014)

2.2.9. 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 mesin sepeda motor menjadi besar, sehingga efisiensi moto menjadi turun, tenaga yang dihasilkan dari mesin sepeda motor menurun pada penggunaan bahan bakar yang tetap.

2. Sisa pembakaran dapat menyebabkan komponen ring piston melekat pada alurnya, sehingga kinerja yang dihasilkan ring piston menurun.
 3. Sisa pembakaran dapat melekat pada lubang pembuangan antara katup dan *bushing valve*, terutama pada katup buang, sehingga katup tidak dapat menutup dengan rapat.
 4. Sisa pembakaran yang telah mengeras di antara piston dan dinding silinder menghalangi pelumasan, sehingga piston dan silinder mudah aus.
- Efisiensi bahan bakar dan efisiensi panas sangat menentukan bagi efisiensi mesin sepeda motor. Masing-masing mesin sepeda motor mempunyai efisiensi yang berbeda.

2.2.10. Dynamometer

Dynamometer merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya daya, torsi, dan kecepatan putar pada sebuah mesin. Beberapa bagian *dynamometer* adalah sebagai berikut :

1. Engine Dyno

Sepeda motor dinaikan di atas mesin dyno untuk mengetahui tenaga yang dihasilkan. Tenaga yang tercatat pada mesin dyno merupakan hasil dari putaran mesin sesungguhnya.

2. Chasis Dyno

Roda pada sepeda motor diletakan diatas drum dyno yang dapat berputar. Penempatan roda sepeda motor harus bergesekan dengan roda pada dyno. Pada saat melakukan pengukuran, hasil yang tercatat merupakan daya dan torsi sesungguhnya yang dihasilkan mesin karena sudah dikurangi dengan faktor gesek hingga mencapai 30%.

2.2.11. Perhitungan Torsi, Daya, dan Konsumsi Bahan Bakar

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

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

Dimana :

T = Torsi (N.m)

F = Gaya yang terukur pada *dynamometer* (kgf)

L = Panjang langkah pada *dynamometer* (m)

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 satuan (kW) dan satuan HP dapat digunakan, dimana :

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

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

Besar konsumsi bahan bakar diambil dengan cara pengujian jalan dengan menggunakan tangki mini dengan volume 150 ml kemudian tangki diisi penuh dan digunakan untuk uji jalan dengan jarak tempuh sama pada tiap sampel yaitu 3 km, dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Diamana :

v = volume bahan bakar terpakai (ml)

s = jarak tempuh (km)