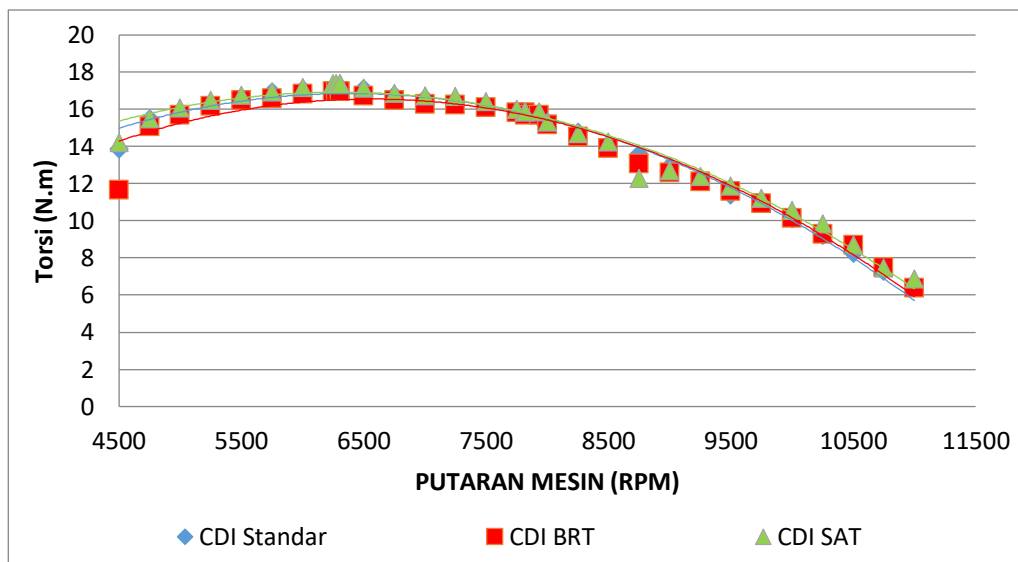


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

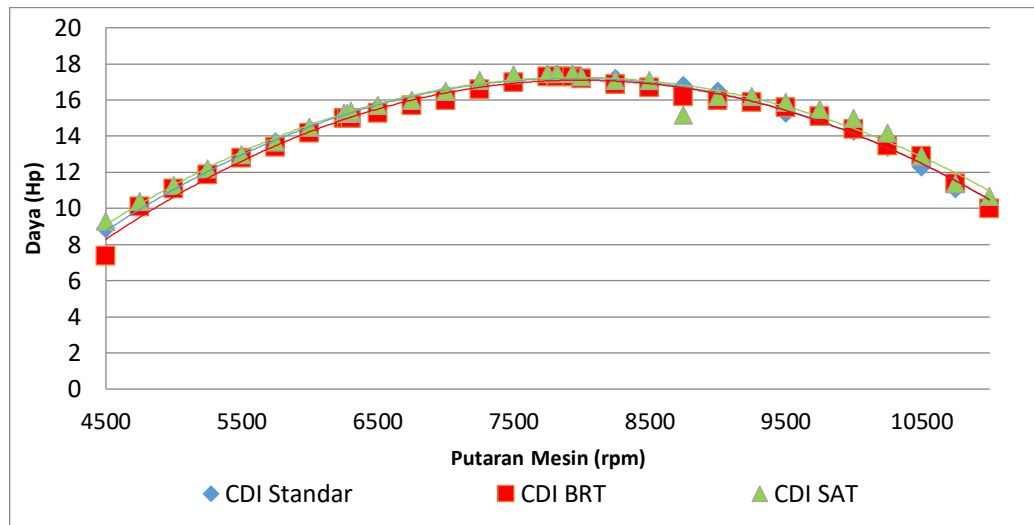
#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Wardana (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi CDI terhadap kinerja motor bensin 4 langkah 200 cc berbahan bakar premium. Penelitian menggunakan mesin 200 cc Honda Tiger. Dari penelitian diperoleh hasil sebagai berikut, perbandingan torsi tertinggi didapat pada variasi CDI Siput Advan Tech yaitu 17,38 N.m pada putaran mesin 6305 rpm yang dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar (rpm) dengan Torsi (N.m).  
(Wardana, 2016)

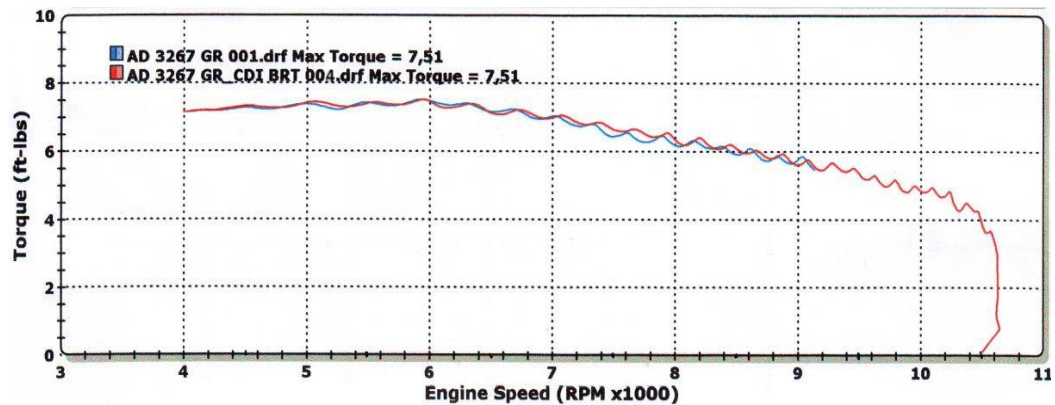
Daya yang paling besar dihasilkan oleh CDI Siput Advan Tech yaitu 17,5 Hp pada putaran mesin 7820 rpm dikarenakan penggunaan CDI *racing* menghasilkan percikan bunga api yang dihasilkan lebih besar dari standarnya sehingga mempercepat proses pembakaran. Hasil perbandingan daya dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar (rpm) dengan Daya (Hp).  
(Wardana, 2016)

Konsumsi bahan bakar paling rendah didapat pada penggunaan CDI Standarnya, sedangkan konsumsi bahan bakar paling tinggi pada CDI SAT. Penggunaan CDI *racing* mempengaruhi konsumsi bahan bakar diduga karena percikan bunga api yang dihasilkan lebih besar jadi pembakaran semakin cepat di ruang bakar. Pengaruh penggantian CDI terhadap konsumsi bahan bakar yang dihasilkan terjadi penurunan, konsumsi bahan bakar paling rendah didapat pada penggunaan CDI Standar yaitu 35,87 km/l, sedangkan CDI BRT didapatkan konsumsi bahan bakar 33,3 km/l, dan CDI SAT didapatkan konsumsi bahan bakar 32,85 km/l, sama-sama menggunakan bahan bakar premium 420 ml. Penggunaan CDI *racing* mempengaruhi konsumsi bahan bakar karena percikan bunga api yang dihasilkan lebih besar sehingga pembakaran akan lebih cepat di ruang bakar.

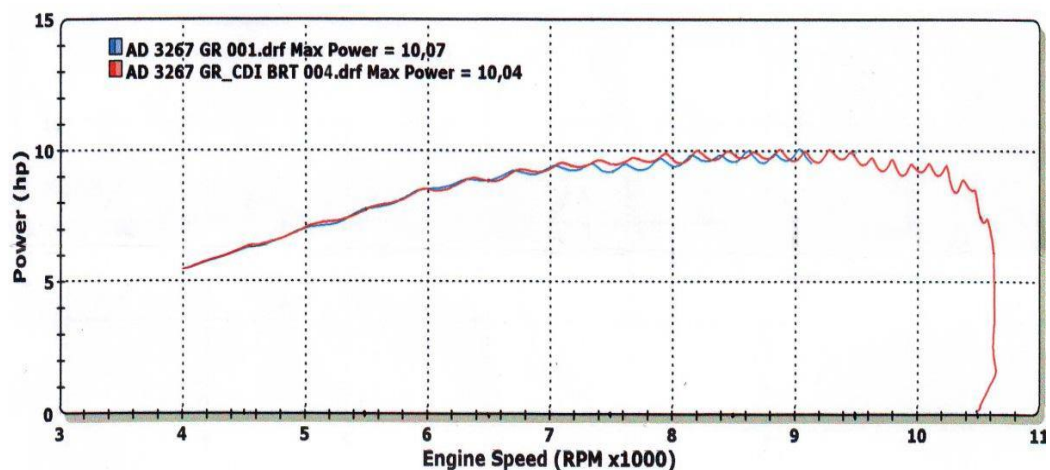
Purnomo, dkk (2012) melakukan analisis penggunaan CDI digital HYPER BAND dan variasi putaran mesin terhadap torsi dan daya mesin pada sepeda motor Yamaha Jupiter MX tahun 2008. Penelitian ini menggunakan bahan bakar premium dan dilakukan mulai posisi gigi 2 pada saat pengambilan data (DYNOJET sudah dikalibrasi untuk gigi 2 untuk pengujian daya pada sepeda motor dengan *top gear* 4 atau selisih 2 *gear* dari *top gear*). Grafik perbandingan torsi dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar (rpm) dengan Torsi (ft-lbs).

(Purnomo, dkk, Juli 2012)

Hasil dari penelitian menunjukkan pada putaran mesin 4000 rpm – 6000 rpm grafik torsi pada poros roda yang terjadi ketika menggunakan CDI standar dan CDI digital *hyper band* hampir sama. Pada putaran mesin 6000 rpm - 9000 rpm torsi pada poros roda yang dihasilkan oleh kedua CDI sama-sama menurun. Besar torsi maksimal yang dapat dihasilkan oleh kedua CDI adalah sama. Pada putaran mesin 9100 rpm, grafik torsi pada poros roda yang dihasilkan ketika menggunakan CDI standar terputus. Sedangkan ketika menggunakan CDI digital *hyper band* dapat terjadi hingga putaran mesin 10600 rpm. Untuk daya yang dihasilkan, dapat terlihat pada gambar 2.4.

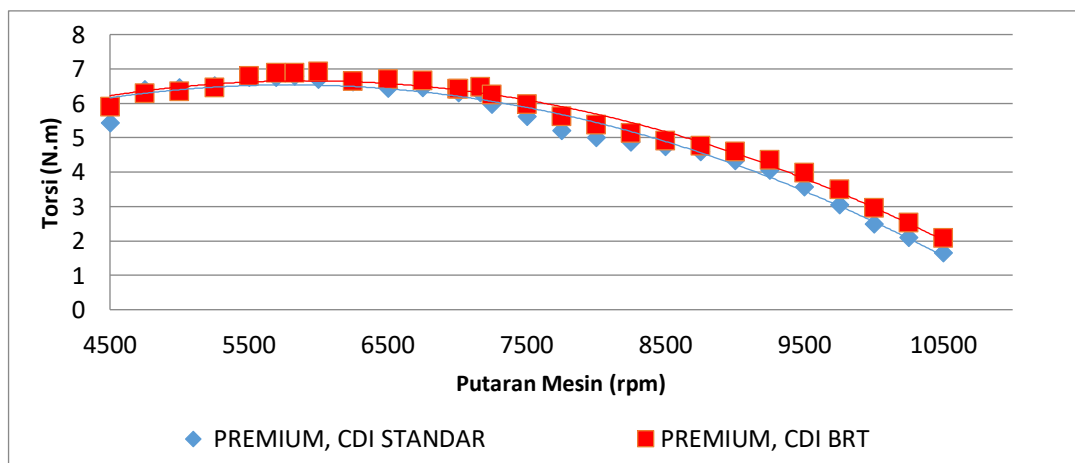


Gambar 2.4 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar (rpm) dengan Daya (hp).

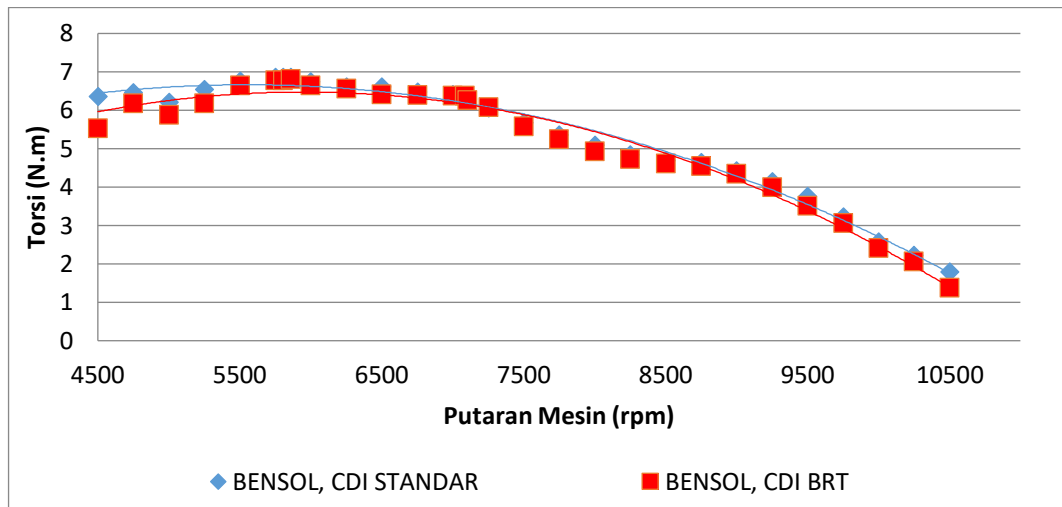
(Purnomo, dkk, Juli 2012)

Daya pada poros roda ketika menggunakan CDI standar dan CDI *hyper band* pada putaran mesin 4000 rpm – 7000 rpm hampir sama. Pada putaran 7500 rpm – 8500 rpm ketika menggunakan CDI *hyper band* lebih unggul di banding CDI standar yaitu pada 7500 rpm daya yang di hasilkan 9,5 hp dengan selisih 0,4 hp. Di putaran mesin 8000 rpm lebih unggul 0,2 hp dan pada putaran mesin 8500 rpm unggul 0,1 hp. Grafik putaran mesin saat menggunakan CDI standar hanya mampu sampai 9100 rpm, sedangkan CDI *hyper band* baru terputus pada putaran mesin 10600 rpm. Daya poros maksimal CDI standar terjadi pada putaran 9050 rpm yaitu sebesar 10,07 hp, sedangkan daya poros CDI *hyper band* terjadi pada putaran 9100 rpm yaitu sebesar 10,04 hp.

Yulianto (2013) melakukan penelitian pengaruh penggunaan bensol sebagai bahan bakar motor empat langkah 105 cc dengan variasi CDI tipe Standar dan *Racing*. Penelitian menggunakan mesin 105 cc Yamaha Vega R. Dari grafik perbandingan torsi pada gambar 2.5 dapat terlihat hasil 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.

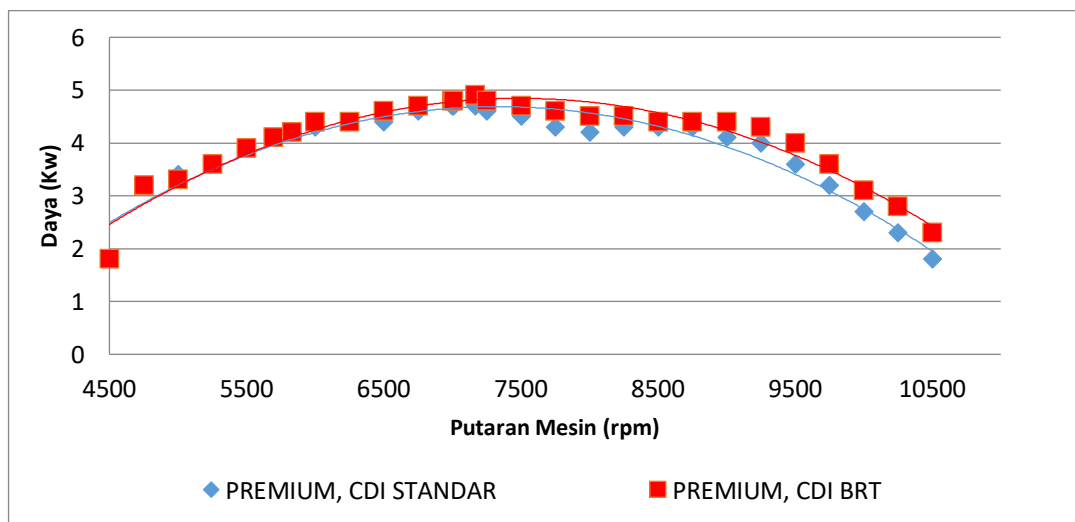


Gambar 2.5 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar (rpm) dengan Torsi (N.m) Berbahan bakar Premium. (Yulianto, 2013)

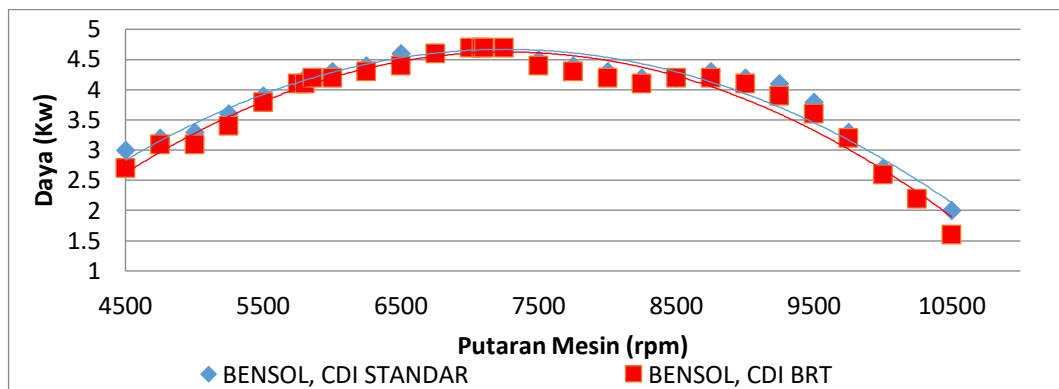


Gambar 2.6 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar (rpm) dengan Torsi (N.m) Berbahan bakar Bensol. (Yulianto, 2013)

Untuk hasil daya maksimumnya adalah 4,9 Kw pada jenis bahan bakar premium dengan CDI *Racing* sedangkan pada bahan bakar bensol dengan CDI tipe standar dan *racing* daya maksimum yang dicapai mempunyai nilai sama yaitu 4,7 Kw. Grafik perbandingan daya (Kw) dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar (rpm) dengan Daya (Kw) Berbahan bakar Premium. (Yulianto, 2013)

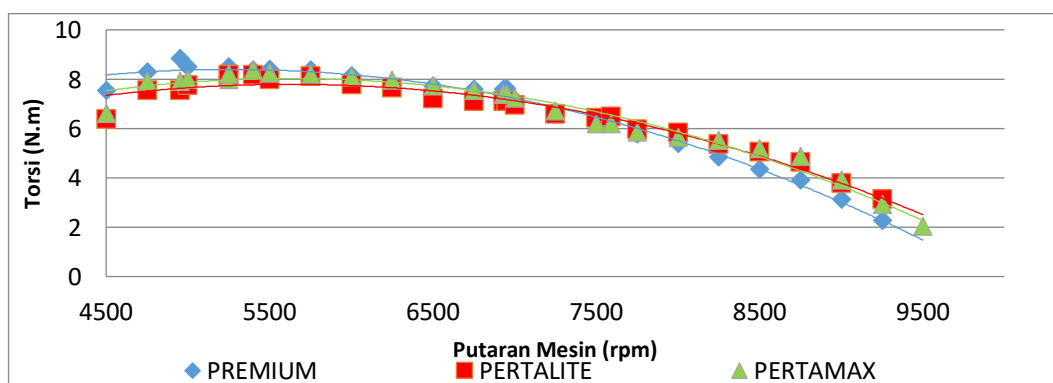


Gambar 2.8 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar (rpm) dengan Daya (Kw)

Berbahan bakar Bensol. (Yulianto, 2013)

Pada motor modifikasi konsumsi bahan bakar (mf) dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) minimal dimiliki jenis bahan bakar premium dengan CDI *racing*, kemudian bahan bakar bensol dengan CDI standar, dan bahan bakar bensol dengan CDI *racing*.

Efendi (2016) melakukan kajian eksperimental penggunaan bahan bakar premium, pertalite, dan pertamax terhadap unjuk kerja motor 4 langkah 110 cc. Dalam penelitian ini menggunakan motor yamaha jupiter Z 110 cc. Dari penelitian tersebut di dapatkan grafik perbandingan torsi (N.m) pada gambar 2.9.



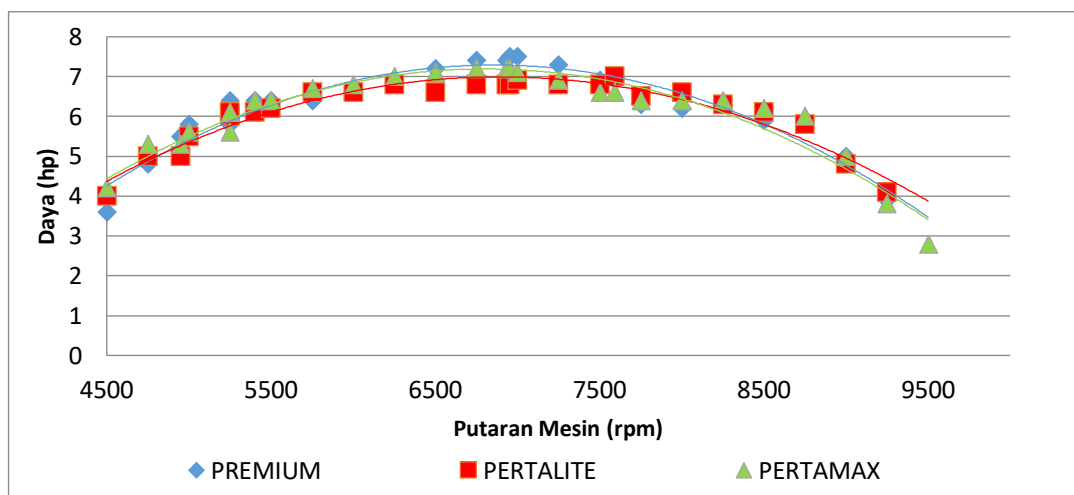
Gambar 2.9 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar (rpm) dengan Torsi (N.m).

(Efendi, 2016)

hasil torsi tertinggi diperoleh pada bahan bakar premium yaitu 8,68 N.m pada putaran mesin 4950 rpm, untuk torsi pada bahan bakar pertamax 8,39 N.m

pada putaran mesin 5400 rpm dan torsi terendah pada bahan bakar pertalite yaitu 8,18 N.m pada putaran mesin 5248 rpm.

Untuk hasil daya tertinggi diperoleh pada bahan bakar premium yaitu 7,5 hp pada putaran mesin 6951 rpm, untuk daya pada bahan bakar pertamax 7,2 hp pada putaran mesin 6932 rpm dan daya terendah pada bahan bakar pertalite yaitu 7,0 hp pada putaran mesin 7590 rpm. Grafik perbandingan daya (hp) dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Grafik Perbandingan Kecepatan Putar (rpm) dengan Daya (hp).

(Efendi, 2016)

Pada penggunaan bahan bakar premium konsumsi bahan bakar ( $\dot{m}_f$ ) lebih rendah pada putaran tinggi yaitu 9000 rpm sampai 10000 rpm yang berarti bahan bakar pertalite dan pertamax hemat pada putaran 4000 rpm sampai 8000 rpm. Untuk hasil perbandingan emisi gas buang kandungan kadar CO paling tinggi jenis bahan bakar pertalite dan pada kadar CO<sub>2</sub> tertinggi terdapat pada bahan bakar pertalite. Untuk O<sub>2</sub> paling rendah ada pada bahan bakar pertalite. Dari hasil pengujian emisi gas buang yang paling aman adalah dari bahan bakar premium dikarenakan kadar CO masih diambang batas.

Setiawan dan Sudomo (2017) melakukan analisis penggunaan CDI *Dual Band* dan variasi bahan bakar terhadap konsumsi bahan bakar sepeda motor Yamaha Xeon 125 cc. Dalam pengambilan data bahan bakar yang digunakan 10

ml dan putaran mesin di *setting* 4000 rpm. Berdasarkan hasil dari analisis menunjukkan ada perbedaan konsumsi bahan bakar sepeda motor Yamaha Xeon 125 dengan menggunakan CDI *Dual Band* dan variasi bahan bakar. Perpaduan CDI dengan bahan bakar yang menghasilkan konsumsi bahan bakar paling irit didapat pada CDI *Dual Band* kurva II dengan Premium, dan untuk konsumsi bahan bakar paling boros didapat pada CDI *Dual Band* kurva II dengan Pertamina Turbo.

Ramdani (2015) melakukan analisis pengaruh variasi CDI terhadap performa dan konsumsi bahan bakar Honda Vario 110 cc. Berdasarkan hasil pengujian kinerja mesin torsi tertinggi didapat dengan menggunakan CDI *Dual Band* (klik 1) yaitu sebesar 7,558 N.m pada putaran mesin 6000 rpm, dan daya tertinggi yang dihasilkan oleh CDI *Dual Band* (klik 1) yaitu sebesar 5,81 kW pada putaran mesin 8500 rpm. Hasil pengujian kinerja mesin tertinggi yang dihasilkan oleh CDI *Dual Band* dikarenakan pada CDI *Dual Band* dilengkapi dengan mikrokontroler sehingga dapat mengatur *ignition timing* dengan lebih baik. Untuk hasil pengujian konsumsi bahan bakar paling irit didapat pada CDI Standar.

Hakim, dkk (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi jumlah busi dan variasi putaran mesin terhadap emisi gas buang CO sepeda motor Yamaha Jupiter Z tahun 2009. Hasil dari penelitian menunjukkan penggunaan dua busi berpengaruh signifikan terhadap emisi gas buang CO yang dapat menurunkan emisi gas buang. Putaran mesin juga berpengaruh terhadap emisi gas buang CO yang apa bila putaran mesin semakin tinggi maka emisi gas buang juga ikut naik begitu juga kebalikannya. Interaksi penggunaan dua busi dan variasi putaran mesin berpengaruh signifikan terhadap emisi gas buang. Semakin efisien pembakaran dengan dua busi dan semakin rendah putaran mesin maka emisi gas buang CO lebih rendah.

Cahyadi, dkk (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan busi ganda dan CDI ganda terhadap daya sepeda motor Yamaha Jupiter Z tahun 2009. Hasil pengujian daya yang paling tertinggi dihasilkan oleh Busi ganda dan CDI tunggal yaitu sebesar 5,767 Hp pada putaran mesin 7375 rpm. Hal ini



dikarenakan dengan menggunakan busi ganda maka pembakaran menjadi lebih cepat dan merata, sedangkan saat menggunakan CDI ganda maka tahanan menjadi lebih besar tetapi arus dari sumber tegangan besarnya sama dan terbagi untuk melayani dua CDI. Sehingga menyebabkan arus yang diterima masing-masing CDI menjadi lebih kecil.

Cahyadi, dkk (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan *MyGreenOil* dalam premium dan penggunaan CDI *Dual Band* terhadap konsumsi bahan bakar pada sepeda motor Honda *City Sport* 1 tahun 2008. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan penambahan *MyGreenOil* dalam Premium dan penggunaan CDI *Dual Band* terhadap konsumsi bahan bakar. Dari hasil penelitian konsumsi bahan bakar paling rendah didapat pada saat penambahan *MyGreenOil* 1 ml dengan penggunaan CDI Dual Band pada kurva II yakni sebesar 0,00446 ml/siklus.

Erdianto, dkk (2014) melakukan penelitian tentang penggunaan CDI digital *Hyper Band* dan pemakaian campuran premium dengan *Camphor* terhadap emisi gas buang pada sepeda motor Yamaha Jupiter MX tahun 2012. Hasil penelitian penggantian CDI digital *hyperband* akan selalu mengeluarkan kandungan emisi gas buang CO yang lebih kecil dibandingkan menggunakan CDI standar. Emisi gas buang pada penggunaan CDI standar dan CDI digital *hyper band* mempunyai selisih sedikit pada premium murni dan pada campuran 20 gram *camphor*, akan tetapi pada campuran 10 gram dan 30 gram *camphor* tiap liter premium mempunyai selisih yang lumayan besar terhadap penggunaan CDI standar. Penggantian CDI digital *hyperband* dan CDI standar tidak berdampak besar terhadap emisi gas buang CO. Kandungan CO dari rata-rata premium murni, penambahan 10 gram, 20 gram dan 30 gram *camphor* tiap liter premium mengalami penurunan emisi, baik menggunakan CDI standar maupun CDI digital *hyper band*. Emisi gas buang menunjukkan perubahan yang naik turun pada campuran *camphor* tiap gram yang berbeda antara menggunakan CDI standar maupun CDI digital *hyper band*.

Sigit, dkk (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi CDI dan putaran mesin terhadap daya mesin pada sepeda motor Suzuki Satria F 150 cc tahun 2008. Dari hasil pengujian bahwa ada pengaruh yang sangat signifikan antara jenis CDI terhadap daya mesin Suzuki Satria F150 tahun 2008. Daya CDI standar lebih kecil dari daya CDI *Dual band* kurva 1 dan daya CDI *Dual band* kurva 1 lebih kecil dari daya CDI *Dual band* kurva 2. Hal ini disebabkan karena perbedaan kenaikan derajat pengapian sehingga berpengaruh pada langkah kerja mesin. Daya tertinggi yang dihasilkan oleh CDI *Dual band* kurva 2 yaitu sebesar 16,2 Hp pada variasi putaran mesin 9242 rpm.

Sigit (2007) melakukan penelitian tentang usaha penghematan bahan bakar dengan sistem pengapian CDI. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variasi putaran mesin 800 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, dan 3000 rpm. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa putaran mesin sangat mempengaruhi konsumsi bahan bakar, dan sistem pengapian mempunyai peranan penting dalam mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Dari semua variasi putaran mesin yang mengalami penghematan bahan bakar didapat pada sistem pengapian CDI. Hal ini dikarenakan pada sistem pengapian CDI menghasilkan bunga api yang stabil yang mengakibatkan pembakaran lebih sempurna.

Pambudi, dkk (2016) melakukan penelitian tentang Remapping pengapian Programmable CDI dengan perubahan variasi tahanan ignitiion coil pada motor bakar 4 tak 125 cc berbahan bakar E-100. Penelitian yang digunakan adalah dengan mengatur *timing* pengapian yang sudah ditentukan dan mengubah suatu tahanan primer tahanan sekunder pada koil sebesar 0,2 Ohm 5,2 Ohm, 0,4 Ohm 7,1 Ohm dan 1,3 Ohm 10,1 Ohm untuk motor bakar 4 tak menggunakan bahan bakar etanol 96%. Hasil nilai rata-rata torsi tertinggi saat menggunakan *timing* pengapian standar  $15^\circ$  dan koil dengan tahanan primer 1,3 Ohm dan tahahan sekunder 10,1 Ohm sebesar 11,81 N.m di putaran mesin 2000 rpm, dan untuk nilai rata-rata daya tertinggi saat menggunakan *timing* pengapian standar  $15^\circ$  dengan koil tahanan primer 1,3 Ohm dan tahanan sekunder 10,1 Ohm sebesar 9,63 Hp di putaran mesin 7000 rpm. Untuk nilai maksimum rata-rata torsi

tertinggi sebesar 12.33 N.m pada putaran mesin 2875 rpm dan nilai maksimum rata-rata daya tertinggi sebesar 9.3 Hp pada putaran mesin 7034 rpm, nilai maksimum tersebut didapat saat menggunakan koil dengan tahanan primer 1,3 Ohm dan tahanan sekunder 10,1 Ohm dan *timing* pengapian map 2 (20°). Untuk nilai *sfc* yang paling maksimum adalah saat menggunakan koil dengan tahanan primer 1,3 Ohm dan tahanan sekunder 10,1 Ohm dan *timing* pengapian standar 15°.

## 2.2 Dasar 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 di peroleh dari proses pembakaran, proses pembakaran juga pengubahan energi tersebut dilaksanakan di dalam mesin dan ada yang dilakukan di luar mesin kalor (Kiyaku dan Murdhana, 1998).

Berdasarkan lokasi pembakarannya motor bakar di klasifikasikan menjadi 2 yaitu:

1. Motor pembakaran luar (*external combustion engine*)

Motor pembakaran luar yaitu suatu motor bakar dimana proses terjadinya pembakaran atau perubahan energi panas dilakukan di luar dari mekanisme/konstruksi mesin, dan dari ruang pembakaran energi panas tersebut di alirkan ke konstruksi mesin melalui media penghubung. Contoh : mesin uap/turbin uap. Hal-hal yang dimiliki pada mesin pembakaran luar yaitu :

- a. Dapat memakai semua bentuk bahan bakar
  - b. Dapat memakai bahan bakar yang bermutu rendah
  - c. Cocok untuk melayani beban - beban dalam satu poros
  - d. Cocok digunakan untuk daya tinggi
2. Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*)

Motor pembakaran dalam yaitu suatu motor bakar dimana proses terjadinya pembakaran berada di dalam mesin itu sendiri. Hal-hal yang di miliki pada mesin pembakaran dalam yaitu:

- a. Pemakaian bahan bakar irit
- b. Berat tiap satuan tenaga mekanis lebih kecil
- c. Kontruksi lebih sederhana, karena tidak memerlukan ketel uap, *condenser* dan sebagainya.

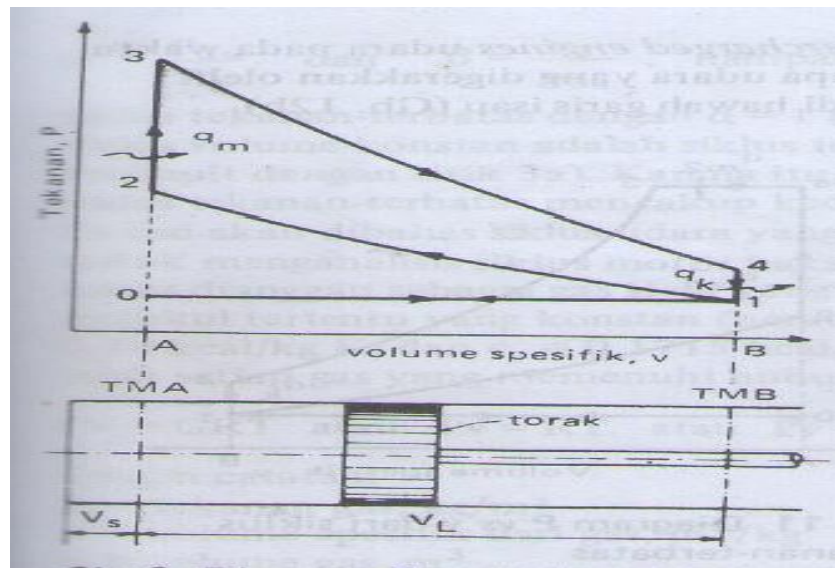
Setiap motor bakar membutuhkan fluida kerja sebagai perantara. Fluida kerja ini berfungsi sebagai pembawa atau perantara energi panas. Energi panas yang dibawa oleh fluida kerja ini selanjutnya akan dirubah menjadi energi mekanis.

### 2.2.2 Siklus Termodinamika

Proses termodinamika dan kimia terjadi di dalam 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 temperatur 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 2.11.



Gambar 2.11 Diagram P dan V dari siklus volume konstan (Arismunandar, 2005).

Keterangan :

- P = Tekanan fluida kerja ( $\text{N/m}^2$ )
- V = Volume spesifik ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )
- $q_m$  = Jumlah kalor yang dimasukkan (J)
- $q_k$  = Jumlah kalor yang dikeluarkan (J)
- $V_L$  = Volume langkah torak ( $\text{m}^3$ )
- $V_s$  = Volume sisa ( $\text{m}^3$ )
- 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.
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.

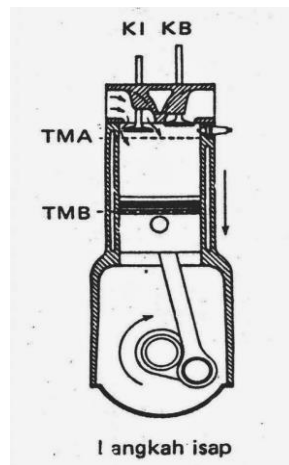
### 2.2.3 Motor Bensin 4 Langkah

Secara garis besar prinsip kerja motor bensin 4 langkah adalah sebagai berikut: Campuran antara bahan bakar dan udara yang di hasilkan oleh karburator di hisap masuk ke dalam silinder, ataupun yang sudah menggunakan sistem injeksi yaitu dengan menginjeksikan campuran bahan bakar dan udara ke dalam silinder kemudian dimampatkan dan dibakar. Karena panas yang timbul, gas tersebut akan mengembang dan karena ruangan tersebut terbatas, maka tekanan di dalam silinder tersebut meningkat yang pada akhirnya mendorong piston ke bawah sehingga menghasilkan usaha. Dorongan piston dan batang piston di teruskan ke poros engkol dan poros engkol akan berputar (Kurniawan, 2005).

Siklus motor 4 langkah ini di temukan oleh seorang *Insinyur* Jerman yang bernama Nikolass A. Otto pada tahun 1876. Untuk mengenang jasanya motor 4 langkah sering juga disebut motor Otto.

#### 1. Langkah Hisap

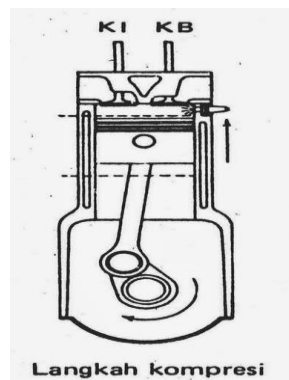
Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB), akibatnya terjadi penambahan volume dan penurunan tekanan di atas piston. Pada langkah ini katup hisap dalam keadaan terbuka dan katup buang tertutup. Karena perbedaan tekanan di luar dan di dalam silinder menyebabkan campuran bahan bakar akan mengalir masuk ke dalam silinder. Dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Prinsip kerja langkah hisap (Arismunandar, 2005).

## 2. Langkah Kompresi

Gerakan piston dari TMB menuju TMA dalam keadaan katup hisap maupun buang tertutup, akibatnya campuran bahan bakar di atas piston dipampatkan atau dikompresi sehingga tekanan dan suhunya akan naik. dapat dilihat pada Gambar 2.13.

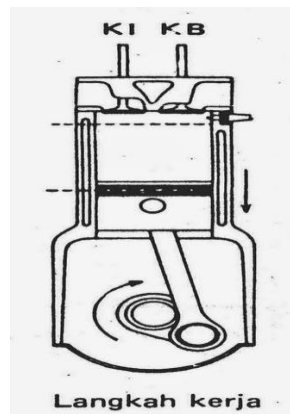


Gambar 2.13 Prinsip kerja langkah Kompresi (Arismunandar, 2005).

## 3. Langkah Usaha

Berdasarkan derajat sebelum piston mencapai TMA (akhir kompresi) terjadi percikan api pada busi yang akan membakar campuran bahan bakar. Proses pembakaran tersebut menyebabkan tekanan dan suhu naik, karena kedua katup pada posisi tertutup, maka tekanan pembakaran tersebut akan mendorong piston bergerak dari TMA menuju TMB.

Melalui batang piston gaya dorong piston di teruskan ke poros engkol, dimana gerak translasi piston berubah menjadi gerak putar, yang kemudian dimanfaatkan untuk memutar beban, dan oleh karena itu langkah ini disebut langkah usaha. dapat dilihat pada Gambar 2.14.

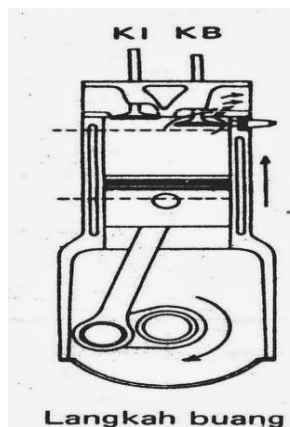


Gambar 2.14 Prinsip kerja langkah Usaha (Arismunandar, 2005).

#### 4. Langkah Buang

Piston bergerak dari posisi TMB menuju TMA dalam keadaan katup hisap tertutup dan katub buang terbuka. Gerakan tersebut menyebabkan gas sisa pembakaran akan terdorong ke luar melalui katub buang, saluran buang terus ke kenalpot .

Setelah langkah buang, motor akan melakukan langkah hisap, kompresi, usaha, buang demikian seterusnya sehingga motor akan berputar terus. Dapat dilihat pada Gambar 2.15.



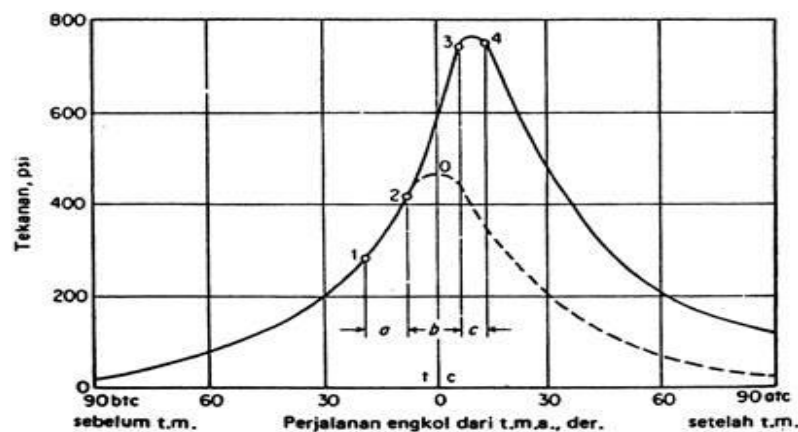
Gambar 2.15 Prinsip kerja langkah Buang (Arismunandar, 2005).



## 2.3 Proses Pembakaran dan Bahan Bakar

### 2.3.1 Proses Pembakaran

Proses pembakaran adalah suatu reaksi kimia cepat antara bahan bakar (hidrokarbon) dengan oksigen dari udara. Proses pembakaran ini tidak terjadi sekaligus tetapi memerlukan waktu dan dalam beberapa tahap. Di samping itu penyemprotan bahan bakar juga tidak dapat terjadi sekaligus tetapi berlangsung antara 30-40 derajat sudut engkol. Supaya lebih jelas dapat dilihat pada grafik tekanan versus besarnya sudut engkol seperti pada gambar 2.16. Pada gambar ini dapat dilihat bahwa tekanan udara akan naik selama langkah kompresi berlangsung. Beberapa derajat sebelum torak mencapai TMA bahan bakar akan mulai disemprotkan. Bahan bakar akan segera menguap dan bercampur dengan udara yang sudah bertemperatur tinggi.



Gambar 2.16 Grafik tekanan versus sudut engkol (Arismunandar, 2002).

Karena temperaturnya sudah melebihi temperatur penyalaan bahan bakar, maka bahan bakar akan terbakar sendirinya dengan cepat. Waktu yang diperlukan antara saat bahan bakar mulai disemprotkan dengan saat mulai terjadinya pembakaran dinamai periode persiapan pembakaran (a) gambar 2.16.

Waktu persiapan pembakaran bergantung pada beberapa faktor, antara lain pada tekanan dan temperatur udara pada saat bahan bakar mulai disemprotkan, gerakan udara dan bahan bakar, jenis dan derajat pengabutan bahan bakar, serta perbandingan bahan bakar-udara lokal. Jumlah bahan bakar yang disemprotkan selama periode persiapan pembakaran bukan merupakan faktor yang terlalu

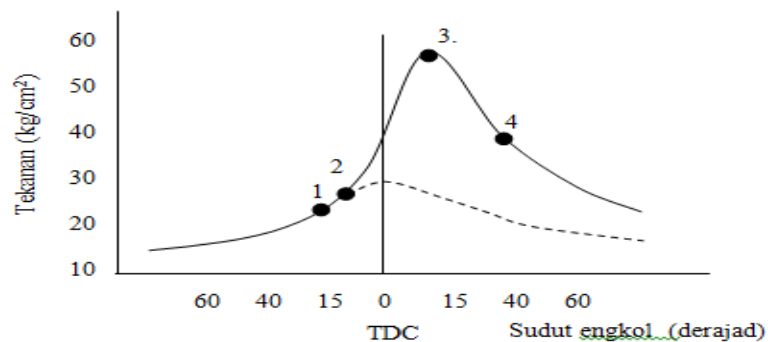
menentukan waktu persiapan pembakaran. Sesudah melampaui periode persiapan pembakaran, bahan bakar akan terbakar dengan cepat. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.16 digaris lurus yang menanjak, karena proses pembakaran tersebut terjadi dalam satu proses pengecilan volume (selama itu torak masih bergerak menuju TMA). Sampai torak bergerak kembali beberapa derajat sudut engkol sesudah TMA, tekanannya masih bertambah besar tetapi laju kenaikan tekanannya akan berkurang. Hal ini disebabkan karena kenaikan tekanan yang seharusnya terjadi dikompensasi oleh bertambah besarnya volume ruang bakar sebagai akibat bergerakanya torak dari TMA ke TMB.

Periode pembakaran, ketika terjadi kenaikan tekanan yang berlangsung dengan cepat (garis tekanan yang curam dan lurus, garis BC pada gambar 2.16) dinamai periode pembakaran cepat (b). Periode pembakaran ketika masih terjadi kenaikan tekanan sampai melewati tekanan yang maksimum dalam tahap berikutnya (garis CD, gambar 2.16), dinamai dengan periode pembakaran terkendali (b). Dalam hal terakhir ini jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam silinder sudah mulai berkurang, bahkan mungkin sudah dihentikan. Selanjutnya dalam periode pembakaran lanjutan (c) terjadi proses penyempurnaan pembakaran dan pembakaran dari bahan bakar yang belum sempat terbakar. Laju kenaikan tekanan yang terlalu tinggi sebenarnya tidaklah dikehendaki karena dapat menyebabkan beberapa kerusakan. Maka harus diusahakan agar periode persiapan pembakaran terjadi sesingkat-singkatnya sehingga belum terlalu banyak bahan bakar yang siap terbakar selama waktu persiapan pembakaran. Dipandang dari segi kekuatan mesin, di samping laju kenaikan tekanan pembakaran itu, perlu pula diperhatikan tekanan gas maksimum yang diperoleh. Supaya dapat diperoleh efisiensi yang setinggi-tingginya, pada umumnya diusahakan agar tekanan gas maksimum yang terjadi pada saat torak berada diantara 15-20 derajat sudut engkol sesudah TMA. (Arismunandar, 2002).

Pembakaran ada tiga macam yaitu:

A. Pembakaran Sempurna (normal)

Grafik pembakaran sempurna dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Grafik Pembakaran Sempurna (Arismunandar, 2002).

Pada gambar di atas memperlihatkan suatu grafik yang menunjukkan hubungan antara tekanan dari sudut engkol mulai dari saat penyalaan sampai akhir pembakaran. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa beberapa derajat setelah TMA.

Mekanisme pembakaran normal dalam motor bensin dimulai pada saat terjadinya loncatan bunga api pada busi. Selanjutnya api akan membakar gas bakar yang berada di sekelilingnya dan terus menjalar ke seluruh bagian sampai semua partikel gas bakar terbakar habis. Mekanisme pembakaran yang normal dalam motor bensin dimulai pada saat terjadinya loncatan api pada busi. Selanjutnya api membakar gas bakar yang berada disekelilingnya dan terus menjalar sampai seluruh partikel terbakar. Pada saat gas bakar dikompresikan, tekanan dan suhunya akan naik sehingga terjadi reaksi kimia dimana molekul hidrokarbon terurai dan bercampur dengan oksigen dan udara. Bentuk ruang bakar yang dapat menimbulkan turbulensi pada gas tadi akan membuat gas dapat bercampur secara homogen.

#### B. Pembakaran Tidak Sempurna (*Autoignition*)

Pembakaran tidak sempurna merupakan proses pembakaran yang terjadi hanya sebagian bahan bakar tidak ikut terbakar, atau tidak terbakar bersama pada saat keadaan yang dikehendaki. Bila oksigen dan hidrokarbon tidak bercampur dengan baik maka yang akan terjadi proses pembakaran tidak normal timbul asap. Pembakaran semacam ini biasa disebut pembakaran tidak

sempurna. Akibat pembakaran tidak sempurna yaitu: Detonasi, dan *Pre-ignition*

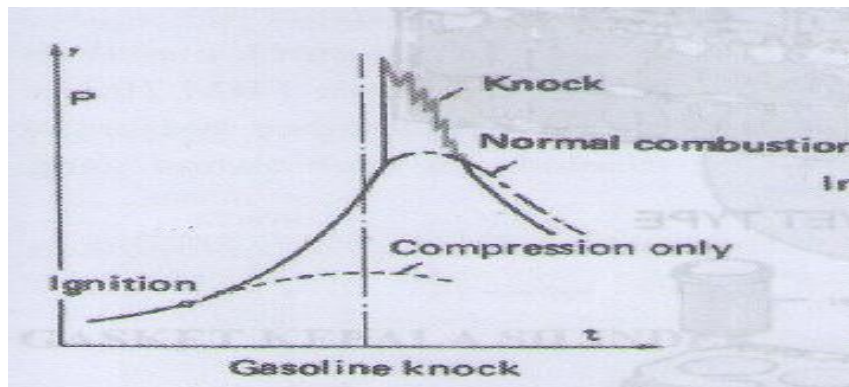
1). Detonasi

Dalam hal ini gas baru yang belum terbakar terdesak oleh gas yang telah terbakar, sehingga tekanan dan suhu naik sampai keadaan hampir akan terbakar. Jika pada saat ini gas terbakar dengan sendirinya maka yang akan timbul adalah ledakan (detonasi) yang menghasilkan gelombang kejutan (*explosip*) berupa suara ketukan (*knocking noise*) yang terjadi pada akhir pembakaran. Tekanan pembakaran dalam silinder lebih cepat dari 40 kg/cm<sup>2</sup> tiap 0,001 detik. Akibatnya tenaga mesin berkurang dan akan memperpendek umur mesin. Hal-hal yang menyebabkan *knocking* adalah:

- a. Perbandingan kompresi yang tinggi, tekanan kompresi, suhu pemanasan campuran, dan suhu silinder yang terlalu tinggi.
- b. Pengapian yang terlalu cepat.
- c. Putaran mesin rendah dan penyebaran api lambat.
- d. Penempatan busi dan konstruksi ruang bakar tidak tepat, serta jarak penyebaran api terlampau jauh.

Penyebab detonasi pada motor bensin terbagi dalam dua jenis :

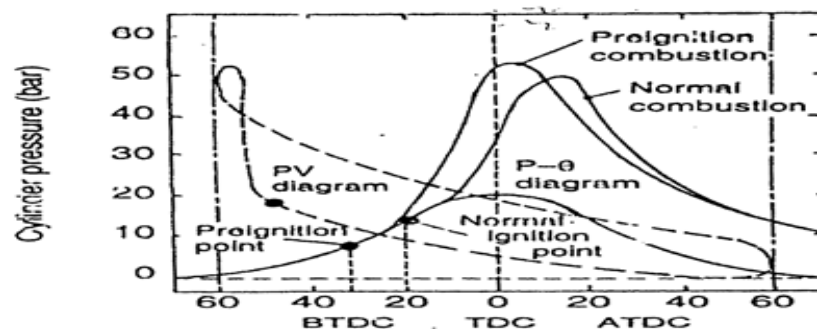
1. Detonasi karena campuran bahan bakar sudah menyala sebelum busi mengeluarkan bunga api. Hal ini disebabkan kotoran-kotoran arang yang tertimbun diatas kepala torak dan ruang bakar dan menyala terus menerus. Untuk menghilangkannya kotoran-kotoran yang menempel perlu dibersihkan.
2. Detonasi karena kecepatan pembakaran bahan bakar yang diakibatkan oleh kemajuan derajat pengapian. Hal ini mengakibatkan bahan bakar tidak dapat terbakar secara sempurna dan meninggalkan sisa bahan bakar yang belum terbakar terkompresikan, yang menyebabkan suhu pembakaran naik. Sisa bahan bakar yang suhunya telah naik dengan sendirinya akan terbakar kembali tanpa melalui busi.



Gambar 2.18 Grafik Detonasi motor (Daryanto, 2015)

### C. Pre-ignition

Gejala pembakaran tidak sempurna adalah *pre-ignition* peristiwanya hampir sama dengan *knocking* tetapi terjadi pada saat busi belum memercikan bunga api.



Gambar 2.19 Grafik Pre-Ignition motor (Arismunandar, 2005).

Bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya sebagai akibat dari tekanan dan suhu yang cukup tinggi sebelum terjadinya percikan bunga api pada busi. Jadi *pre-ignition* adalah peristiwa pembakaran yang terjadi sebelum sampai pada waktu yang dikehendaki.

### D. Pembakaran Tidak Lengkap

Pembakaran tidak lengkap yaitu saat terjadinya loncatan bunga api pada busi untuk membakar campuran bahan bakar dan udara menghasilkan tekanan yang tidak maksimal diakibatkan dari kekurangan bahan bakar atau udara yang masuk kedalam ruang bakar.

## 2.3.2 Bahan Bakar

### 2.3.2.1 Premium

Spesifikasi Premium dapat di lihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Spesifikasi Premium (Keputusan Dirjen Migas No. 3674 K/24/DJM/2006).

No	Sifat	MIN	MAX
1	Angka oktan ariset RON	88	-
2	Kandungan Timbul (Pb) (gr/lt)	-	0,30
3	Distilasi		
	10% Vol penguapan (°C)	-	74
	50% Vol penguapan (°C)	88	125
	90% Vol penguapan (°C)		180
	Titik Dihakhir (°C)	-	205
	Residu (% Vol)		2.0
4	Tekanan Uap (kpa)	-	62
5	Getah purawa (mg/100ml)	-	5
6	Periode induksi (menit)	360	-
7	Sulfur Mercaptan (% massa)	-	0,002
8	Korosi bilah tembaga (menit)	Kelas 1	
9	Uji Dokter	Negatif	
10	Warna	Kuning	2

### 2.3.2.2 Angka Oktan

Angka oktan pada bensin adalah suatu bilangan yang menunjukkan sifat anti ketukan /berdetonasi. Dengan kata lain, makin tinggi angka oktan semakin berkurang kemungkinan untuk terjadi 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.

Besar angka oktan bahan bakar tergantung pada presentase iso-oktan dan normal heptana yang terkandung di dalamnya. Premium yang cenderung ke arah sifat heptana normal disebut bernilai oktan rendah (angka oktan rendah) karena mudah berdetonasi, sebaliknya bahan bakar yang lebih cenderung ke arah sifat iso-oktan (lebih sukar berdetonasi) dikatakan bernilai oktan tinggi (angka oktan tinggi). Misalnya, suatu premium dengan angka oktan 90 akan lebih sukar berdetonasi daripada dengan bensin beroktan 70. Jadi kecenderungan premium untuk berdetonasi di nilai dari angka oktannya Iso-oktan murni diberi indeks 100, sedangkan heptana normal murni diberi indeks 0.

Dengan demikian suatu bensin dengan angka oktan 90 berarti bahwa premium 18 tersebut mempunyai kecenderungan berdetonasi sama dengan campuran yang terdiri atas 90% volume iso-oktan dan 10% volume heptana normal. Angka oktan untuk bahan bakar terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Angka oktan untuk bahan bakar (Yulianto, 2013).

Jenis Bahan Bakar	Angka Oktan
Premium	88
Pertalite	90
Pertamax	92
Pertamax Plus	95
Bensol	100
Ethanol	117

### 2.3.2.3 Komponen Sistem Penyaluran Bahan Bakar Motor Bensin

Komponen sistem penyaluran bahan bakar pada motor bensin terdiri atas:

1) Tangki bahan bakar.

Tangki bahan bakar berfungsi sebagai penampung untuk menyimpan bahan bakar. Pada tangki tersebut terdapat kisi penyekat (saparator) yang berfungsi untuk mengurangi guncangan pada bahan bakar selama melintasi jalan bergelombang atau rusak. Pada tutup tangki terdapat lubang pernapasan untuk menghindari kevakuman di dalam tangki karena berkurangnya bahan bakar.

2) Kran bahan bakar.

Kran bahan bakar berfungsi untuk membuka dan menutup aliran bahan bakar dari tangki bahan bakar. Gangguan-gangguan yang mungkin terjadi yaitu kran bocor, kebocoran pada kran bahan bakar dapat terjadi karena pemasangan kedua baut yang kurang tepat atau mungkin karena seal karet yang sudah rusak.

3) Saringan bahan bakar.

Saringan bahan bakar berfungsi untuk menyaring bahan bakar yang akan menyaring kotoran bahan bakar yang akan masuk kekarburator. Secara periodik saringan harus di bersihkan agar suplai bahan bakar kekarburator lancar. Pemasangan saringan tidak boleh terbalik, sebab saringan akan cepat kotor, agar pemasangan tidak terbalik maka saluran saringan terdapat tanda panah arah pemasangan.

4) Karburator.

Karburator adalah alat untuk melakukan proses karburasi sedangkan karburasi adalah proses pencampuran udara dan bahan bakar yang kemudian masuk kedalam langkah hisap. Karburator berfungsi antara lain :

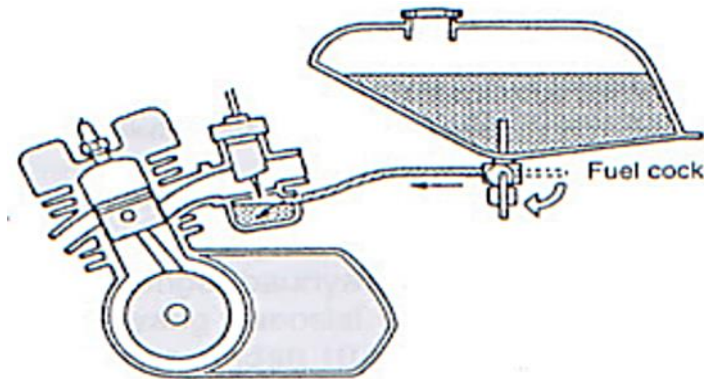
- 1) Mencampur bahan bakar dengan udara pada perbandingan yang tepat sesuai dengan beban, putaran dan kecepatan motor.
- 2) Memecah bahan bakar menjadi partikel sehingga mudah dibakar (mengabutkan bahan bakar).



3) Mengatur jumlah campuran yang akan masuk kedalam silinder.

5) Governor.

Governor adalah komponen sistem penyaluran bahan bakar motor bakar torak yang berfungsi untuk mengatur suplei kabut gas ke ruang bakar di dalam silinder tetap terjaga konstan pada berbagai variasi beban, sehingga besar kecepatan putar poros engkol tetap (stabil). Dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Komponen sistem bahan bakar pada motor bensin (Arismunandar, 2005).

## 2.4 Sistem Pengapian

Sistem pengapian bertujuan untuk menghasilkan arus listrik bertegangan tinggi untuk kebutuhan pembakaran campuran bahan bakar dan udara dalam ruangan bakar.

Fungsi pengapian adalah memulai pembakaran atau menyalakan campuran bahan bakar dan udara pada saat waktunya. Sistem pengapian di bedakan menjadi dua yaitu sistem pengapian konvensional dan sistem pengapian elektronik (Daryanto, 1995).

### 2.4.1 Sistem Pengapian Konvensional

Sistem pengapian konvensional adalah dua macam yaitu sistem pengapian magnet dan sistem pengapian baterai.

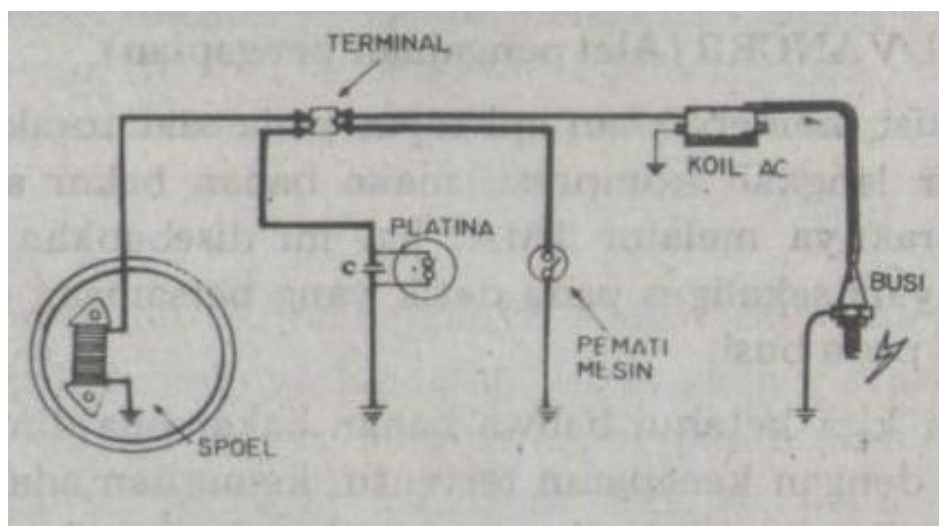
### 2.4.1.1 Sistem Pengapian Magnet

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

Ciri-ciri umum pengapian magnet :

- 1) Platina terletak di dalam rotor.
- 2) Untuk menghidupkan mesin menggunakan arus listrik dari generator AC.
- 3) Menggunakan Kiprok plat tunggal.
- 4) Menggunakan Koil AC.
- 5) Sinar lampu kepala tergantung putaran mesin. Semakin cepat putaran mesin maka lampu kepala akan semakin terang.

Sistem mempunyai dua kumparan yaitu kumparan primer dan sekunder, salah satu ujung kumparan primer di hubungkan ke massa sedangkan ujung kumparan yang lain ke kondensator. Dari kondensator mempunyai tiga cabang salah satu ujungnya di hubungkan ke platina, sedangkan bagian platina yang satu lagi di hubungkan ke massa. Jika platina menutup, arus listrik dari kumparan primer mengalir ke masa akan melewati platina, dan busi tidak akan 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. Sistem pengapian dengan magnet seperti terlihat pada Gambar 2.21.



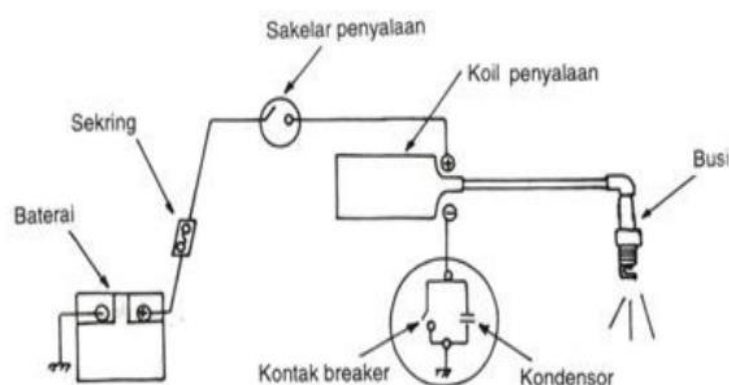
Gambar 2.21 Rangkaian Sistem Pengapian Magnet (Northop, 2003).

### 2.4.1.2 Sistem Pengapian Baterai

Sistem pengapian baterai adalah loncatan bunga api pada elektroda busi menggunakan arus listrik dan baterai. Sistem pengapian baterai mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- 1) Menggunakan koil DC.
- 2) Platina terletak di luar rotor/magnet.
- 3) Sinar lampu kepala tidak dipengaruhi oleh putaran mesin tetapi dari arus listrik baterai.
- 4) Menggunakan kiprok plat ganda.

Kutub negatif baterai di hubungkan ke massa sedangkan kutub positif baterai di hubungkan ke kunci kontak. Dari kunci kontak kemudian ke koil, antara baterai dan kunci kontak akan di beri sekering pengaman. Arus listrik mengalir dari kutub positif baterai ke kumparan primer koil, dari kumparan primer koil kemudian mengalir 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 di teruskan ke busi sehingga pada busi akan timbul loncatan bunga api. Sistem pengapian dengan baterai seperti terlihat pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22 Rangkaian Sistem Pengapian Baterai (Daryanto, 2008).

### 2.4.2 Sistem Pengapian CDI (*Capasitor Dischange Ignition*)

Sistem pengapian CDI merupakan salah satu jenis sistem pengapian pada kendaraan bermotor yang memanfaatkan arus pengosongan muatan (*discharge current*) dari kondensator yang gunanya mencatu daya kumparan pengapian (*ignition coil*). Pengapian sistem ini lebih ke arah pengapian yang diatur secara elektrik oleh satu komponen yang dinamakan CDI (*Capacitor Discharge Ignition*). 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 pada saat kendaraan dipacu maksimum. Jadi kurang lebih CDI mempunyai tugas yang sama seperti platina, tetapi CDI bekerja dengan modul komponen elektrik yang menjadikannya lebih tahan lama dari pada platina, karena tidak akan mengalami keausan. Cara kerja CDI adalah mengatur waktu meletiknya api di busi.

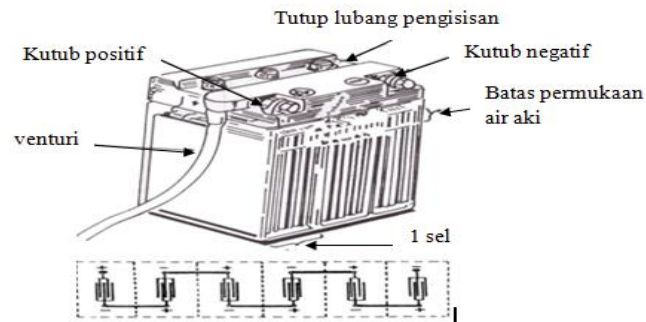
Kelebihan sistem pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) adalah :

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

## 2.5 Komponen Sistem Penyalaan

### 2.5.1 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 sel terdapat beberapa elemen yang terendam di dalam larutan elektrolit. Baterai hanya mampu menyediakan arus listrik tegangan rendah (12 Volt). Kutub negatif baterai di hubungkan dengan massa, sedangkan kutub positif baterai dengan koil, pengapian (*ignition coil*) melalui kunci kontak. Baterai dapat dilihat seperti Gambar 2.23.



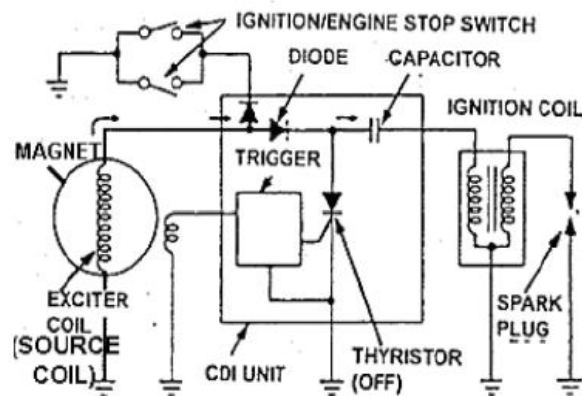
Gambar 2.23 Baterai (Kristanto, 2015).

Sebuah baterai biasanya terdiri dari tiga komponen penting yaitu:

- 1) Pasta sebagai Elektrolit (penghantar).
- 2) Batang karbon sebagai Anode (kutub positif baterai).
- 3) Seng (Zn) sebagai Katode (kutub negatif baterai).

### 2.5.2 CDI (*Capacitor Discharge Ignition*)

CDI menurut fungsinya adalah mengatur waktu/*timing* untuk meletikkan api pada busi yang sudah di besarkan oleh koil untuk memicu pembakaran pada ruang bakar silinder. Pengaturan pengapian dapat memaksimalkan akselerasi dan *power* mesin hingga maksimal karena pada saat uap bahan bakar yang telah tercampur udara masuk keruang bakar akan terbakar dengan sempurna sehingga tidak ada bahan bakar yang terbuang. Kerja CDI didukung oleh pulser sebagai sensor posisi piston, di mana sinyal dari pulser akan memberikan arus pada SCR (*Silicon Controller Rectifier*) yang akan membuka, sehingga arus yang ada dalam capasitor di dalam CDI akan dilepaskan. Selain pulser, kerja CDI juga didukung oleh baterai (pada CDI DC) atau spul (CDI AC) di mana sebagai sumber arus yang kemudian diolah oleh CDI. Tentunya CDI di dukung oleh koil sebagai tegangan yang di kirim ke busi. Skema CDI dapat terlihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 CDI Pemutus Arus (Yulianto, 2013).

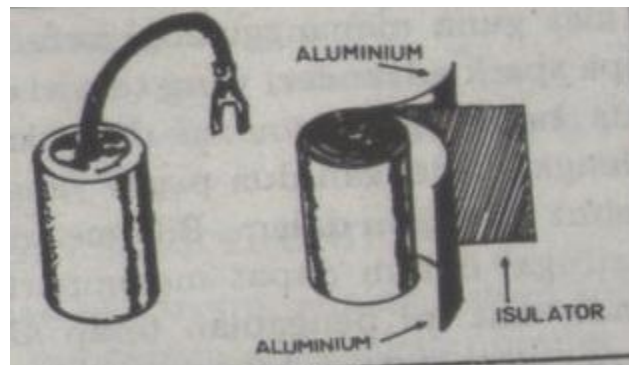
### 2.5.3 Kondensator/Kapasitor

Kondensator akan di pasang paralel terhadap platina, fungsi kondensator adalah untuk mengurangi terjadinya percikan bunga api pada platina dan memperbesar arus induksi tegangan tinggi, kapasitas kondensator antara 0,2 - 0,3 mikrofarad.

Kapasitor yang digunakan pada sepeda motor biasanya berbentuk tabung atau silinder. Kapasitor seperti ini mempunyai dua lembaran logam, di antara kedua lembaran tersebut diberi bahan elektrik seperti pemisah. Kedua lembaran tersebut dihubungkan dengan kawat yang dipasang di pinggir lembaran tersebut secara berlawanan arah.

Kapasitor ini ada yang berbentuk lempengan keramik atau mika yang disusun secara paralel. Bahan tersebut di celupkan ke dalam gips dan dilapisi dengan email, kapasitor ini disebut dengan kapasitor keramik.

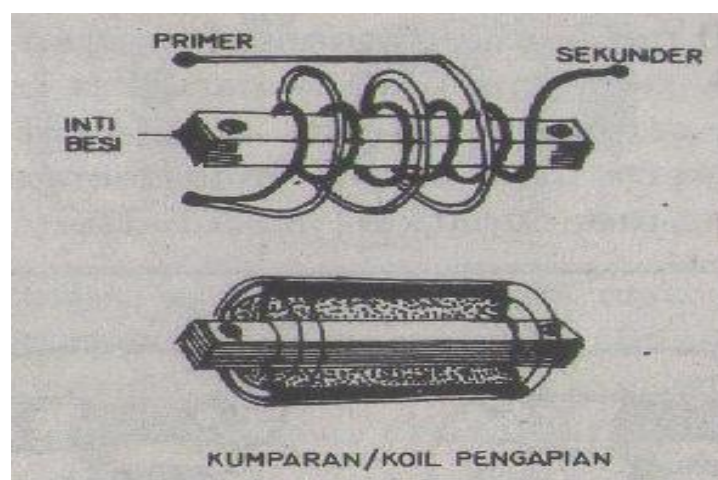
Kapasitor yang digunakan untuk mesin dengan penyalaan baterai tidak sama dengan yang digunakan pada mesin penyalaan magnet. Ciri-ciri kapasitor untuk mesin penyalaan baterai jumlah kabelnya 2 atau 1 sedangkan untuk kapasitor mesin penyalaan magnet kabelnya selalu tiga. Kondesor dapat dilihat pada Gambar 2.25.



Gambar 2.25 Kondensor (Northop, 2003).

#### 2.5.4 Koil Pengapian (*ignition coil*)

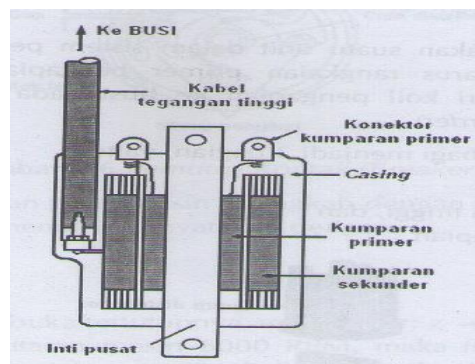
Koil pengapian berfungsi untuk membentuk arus tegangan tinggi untuk di salurkan ke busi, selanjutnya kembali lagi melalui *ground*/massa. Di dalam bagian tegangan koil pengapian itu ada inti besi dan inti besi tersebut di lilit oleh gulungan kawat halus yang ter-isolasi. Kumparan kawat tersebut memiliki panjang kurang lebih 20.000 lilitan dengan diameter 0.05 - 0,08 mm. Salah satu ujung lilitan digunakan untuk terminal tegangan tinggi yang dihubungkan dengan komponen busi, sedangkan ujung yang lain disambungkan dengan kumparan primer. Jadi gulungan kawat itu disamakan kumparan yang kedua atau kumparan sekunder. Koil dapat dilihat pada Gambar 2.26.



Gambar 2.26 Koil (Northop, 2003).

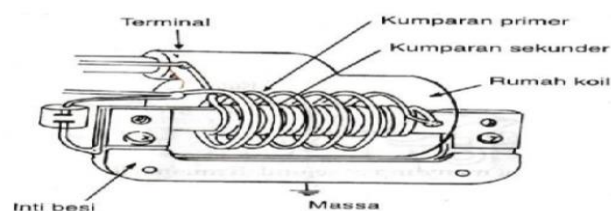
Bagian luar kumparan sekunder diisolasi lagi dengan gulungan kawat dengan jumlah lilitannya sebanyak 200 lilitan dengan diameter 0,6 - 0,9 mm yang disebut kumparan primer. Karena perbedaan jumlah gulungan yang terdapat pada kumparan primer dan sekunder, maka pada kumparan sekunder akan timbul tegangan 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 hanya pada kumparan sekunder yang terbentuk arus tegangan tinggi, akan tetapi pada kumparan *primer* juga muncul tegangan tinggi sekitar 300 sampai dengan 400 Volt yang disebabkan oleh adanya induksi sendiri.

Koil untuk sistem pengapian baterai adalah koil DC dan koil yang digunakan untuk pengapian magnet adalah Koil AC, Koil DC dapat dilihat pada Gambar 2.27.



Gambar 2.27 Koil DC (Kristanto, 2015).

Kemudian untuk Koil AC dapat dilihat pada Gambar 2.28.

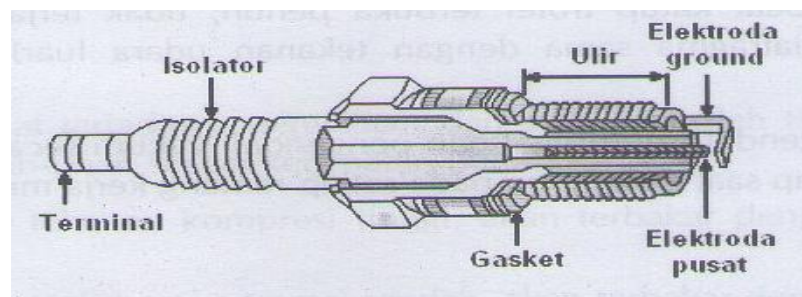


Gambar 2.28 Koil AC (Daryanto, 2008).



### 2.5.5 Busi

Busi adalah alat untuk memercikan bunga api. Ada beberapa macam bahan elektroda busi yang memberikan sifat berbeda. Bahan elektroda dari perak mempunyai kemampuan menghantarkan panas yang sangat baik. Tetapi karena harganya yang mahal maka diameter elektroda tengah dibuat kecil. Busi ini umumnya digunakan untuk mesin-mesin berkemampuan tinggi atau balap. Bahan elektroda dari platina tahan karat dan tahan terhadap panas yang tinggi serta dapat mencegah penumpukan sisa pembakaran. Kontruksi Busi dapat dilihat pada gambar 2.29.



Gambar 2.29 Konstruksi Busi (Kristanto, 2015).

Elektroda yang terletak dibagian 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 pada 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 yaitu pada kisaran 400 °C hingga 800 °C.

Apabila temperatur pada elektroda kurang dari 400°C akan 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 tengah melebihi suhu 800 °C, dapat terjadi peningkatan kotoran oksida dan terbakarnya elektroda. Pada suhu 950°C elektroda busi akan menjadi sumber panas yang dapat membakar campuran bahan bakar tanpa adanya bunga api, hal ini biasa disebut dengan istilah *pre-ignition* yaitu campuran bahan bakar dan udara akan terbakar lebih awal karena panas elektroda sebelum busi bekerja memercikkan bunga api. Terjadinya *pre-ignition* dapat mempengaruhi performa pada sebuah mesin, bahkan dapat merusak komponen yang berada dalam ruang bakar akibat temperatur yang sangat tinggi.

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

1) Busi Tipe Standar (*Standard Type*)

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



Gambar 2.30 Busi Standar (Jama, 2008).

Pada tiap jenis busi mempunyai kemampuan yang berbeda-beda 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 tersendiri dan mempunyai temperatur yang berbeda pada tiap warna yang dihasilkan. Beberapa warna dan temperatur yang dihasilkan busi dapat dilihat pada gambar 2.31.



Gambar 2.31 *Colour Temperature Chart* ([www.mediacollage.com](http://www.mediacollage.com)).

### 2.5.6 Pengaruh Pengapian

Sistem pengapian CDI merupakan penyempurnaan dari sistem pengapian magnet konvensional (sistem pengapian dengan kontak platina) yang mempunyai banyak kelemahan sehingga akan mengurangi efisiensi kerja mesin.

Sumber arus yang dipakai ada dua macam, yaitu dari baterai dan generator. Perbedaan yang mendasar dari sistem pengapian baterai menggunakan baterai (aki) sebagai sumber tegangan, sedangkan untuk sistem pengapian magnet menggunakan arus listrik AC (*alternative current*) yang berasal dari alternator.

Di zaman sekarang ini sistem pengapian magnet konvensional sudah jarang digunakan. Sistem tersebut sudah tergantikan oleh sistem pengapian CDI

pada sepeda motor. Sistem CDI mempunyai banyak keunggulan di mana tidak dibutuhkan penyetelan berkala seperti pada sistem pengapian dengan platina.

Dalam sistem CDI busi juga tidak mudah kotor karena tegangan yang dihasilkan oleh kumparan koil sekunder lebih stabil dan sirkuit yang ada di dalam unit CDI lebih tahan air karena dibungkus dalam cetakan plastik. Pada sistem ini bunga api yang di hasilkan oleh busi sangat besar dan relatif lebih stabil, baik dalam keadaan putaran tinggi maupun putaran rendah. Berbeda dengan sistem pengapian magnet di mana saat putaran tinggi api yang dihasilkan akan cenderung menurun sehingga mesin tidak dapat bekerja secara optimal. Kelebihan inilah yang membuat sistem pengapian CDI banyak digunakan sampai sekarang.

Sistem pengapian CDI pada sepeda motor sangat penting, di mana sistem tersebut berfungsi sebagai pembangkit atau penghasil tegangan tinggi untuk kemudian di salurkan ke busi. Pengapian dengan CDI dapat menghemat bahan bakar karena lebih sempurna dalam sistem pembakaran.

## 2.6 Perhitungan Torsi, Daya, dan Konsumsi Bahan Bakar

### 2.6.1. Torsi

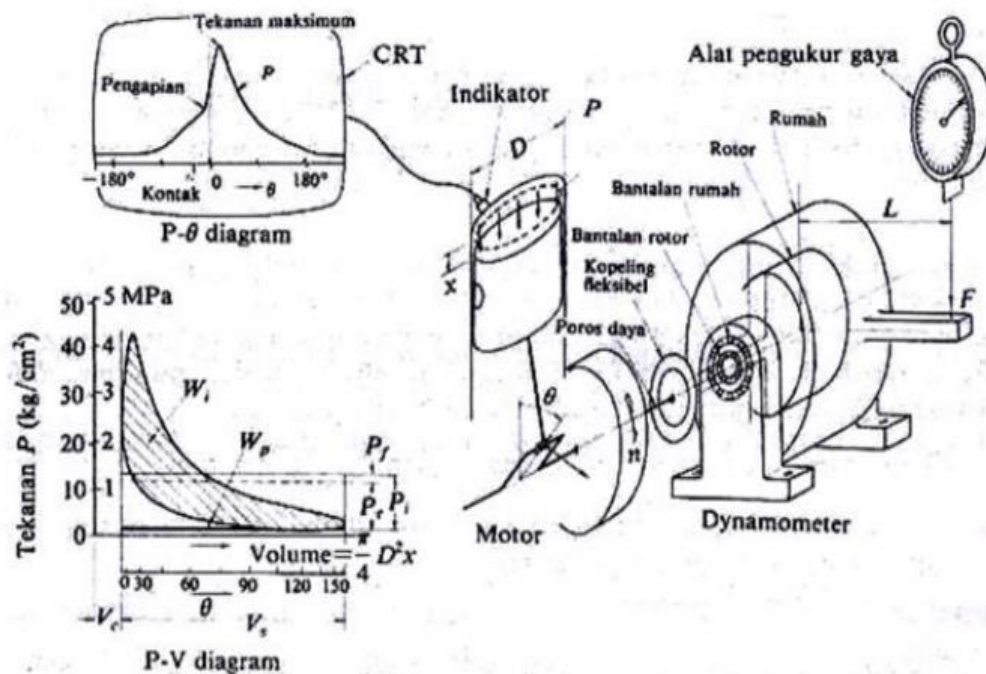
Torsi adalah indikator baik dari ketersediaan mesin untuk kerja. Torsi didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada jarak momen dan apabila dihubungkan dengan kerja dapat di tunjukkan (Heywood, 1988). Dapat ditentukan dengan persamaan 2.1.

$$\mathbf{T} = \frac{(MEP).V_d}{2\pi.n} \dots\dots\dots(2.1)$$

- Dengan: T : Torsi (N.m)  
n : Jumlah putaran poros engkol per satu kali siklus motor bakar torak. (untuk siklus 2 langkah, n=1. Untuk siklus 4 langkah, n=2)  
V<sub>d</sub> : Volume displacement (m<sup>3</sup>)  
MEP : Tekanan Efektif Rata-rata (Psi).

### 2.6.2. Daya

Daya adalah besar usaha yang di hasilkan oleh mesin tiap satuan waktu, didefinisikan sebagai laju kerja mesin. Pada motor bakar, daya yang berguna adalah daya poros. Daya poros ditimbulkan oleh bahan bakar yang dibakar dalam silinder dan selanjutnya menggerakkan semua mekanisme. Unjuk kerja motor bakar pertama-tama tergantung dari daya yang ditimbulkan (Soenarta & Furuhama, 1995), seperti terlihat pada gambar 2.32.



Gambar 2.32 Alat Tes Prestasi Motor Bakar (Soenarta & Furuhama, 1995).

Gambar 2.32 di atas menunjukkan peralatan yang dipergunakan untuk mengukur nilai yang berhubungan dengan keluaran motor pembakaran yang seimbang dengan hambatan atau beban pada kecepatan putaran konstan ( $n$ ). Jika  $n$  berubah, maka motor pembakaran menghasilkan daya untuk mempercepat atau memperlambat bagian yang berputar. Motor pembakaran ini di hubungkan dengan dynamometer dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor yang akan mengaduk air yang ada di

dalamnya. Hambatan ini akan menimbulkan torsi (T), sehingga nilai daya (P) dapat ditentukan dengan persamaan 2.2.

$$P = \frac{2\delta \cdot n \cdot T}{60000} \text{ (kW)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Di mana :

P = Daya (W)

n = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi (N.m)

Torak yang didorong oleh gas membuat usaha, Baik tekanan maupun suhunya akan turun waktu gas berekspansi. Energi panas diubah menjadi usaha mekanis. Konsumsi energi panas ditunjukkan langsung oleh turunnya suhu. Kalau toraknya tidak mendapatkan hambatan dan tidak menghasilkan usaha gas tidak akan berubah meskipun tekanan turun.

### 2.6.3. Konsumsi Bahan Bakar

Besar pemakaian konsumsi bahan bakar diambil dengan cara pengujian jalan dengan menggunakan tangki mini dengan volume 150 ml kemudian tangki diisi penuh dan digunakan uji jalan dengan jarak tempuh sama pada tiap sampel yaitu 3 km, dapat ditentukan dengan persamaan 2.3.

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

Dimana :

v = volume bahan bakar terpakai (ml)

s = jarak tempuh (km)

Nilai kalor mempunyai hubungan berat jenis pada umumnya semakin tinggi berat jenis maka semakin rendah kalornya. Pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna, tetapi juga dapat tidak sempurna. Jika bahan bakar tidak mengandung bahan-bahan yang sulit terbakar, maka pembakaran akan sempurna sehingga hasil pembakaran berupa gas pembakaran saja.

Pembakaran kurang sempurna dapat berakibat :

- 1) Kerugian panas dalam motor jadi besar, sehingga efisiensi motor menjadi turun. Usaha dari motor akan turun dengan penggunaan bahan bakar yang tetap.
- 2) Sisa pembakaran melekat pada lubang pembuangan antara katup dan dudukannya, terutama pada katub buang sehingga katub tidak dapat menutup dengan rapat. Sisa pembakaran yang telah menjadi keras antara torak dan dinding silinder akan menghalangi pelumasan, sehingga torak dan silinder mudah aus.
- 3) Nilai kalor mempunyai hubungan berat jenis pada umumnya semakin tinggi berat jenis maka semakin rendah kalornya. Pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna, tetapi juga dapat tidak sempurna. Jika bahan bakar tidak mengandung bahan yang tidak sulit terbakar, maka pembakaran akan sempurna sehingga hasil pembakaran berupa gas pembakaran saja.
- 4) Panas yang keluar dari pembakaran dalam silinder, motor akan memanaskan gas pembakaran sedemikian tinggi, sehingga gas-gas memperoleh tekanan yang lebih tinggi pula. Tetapi bila bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna, sebagian bahan bakar itu akan tersisa.

Dengan demikian akan terjadi pembakaran gas yang tersisa, apabila dibiarkan lama kelamaan akan menjadi liat bahkan menjadi keras. Akibatnya, panas yang terjadi tidak banyak, sehingga suhu dari gas pembakaran akan turun dan tekanan gas akan turun pula.