

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Prasetsya (2013) melakukan penelitian tentang perbandingan unjuk kerja dan konsumsi bahan bakar antara motor yang mempergunakan CDI *limiter* dengan motor yang mempergunakan CDI *unlimiter*. Dari hasil pengujian penggantian CDI terhadap daya yang dihasilkan terjadi kenaikan, pada CDI *limiter* daya yang dihasilkan sebesar 12,1 HP sedangkan pada CDI *unlimiter* merk BRT *Powermax Hyperband* sebesar 13,6 HP pada putaran mesin 8000 rpm. Torsi tertinggi dihasilkan pada CDI *unlimiter* yaitu sebesar 12,1 N.m sedangkan pada CDI *limiter* torsi yang dihasilkan 10,74 N.m pada putaran 8000 rpm. Sedangkan pada konsumsi bahan bakar CDI *unlimiter* lebih irit dibandingkan dengan CDI *limiter*.

Ramdhani (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan CDI dan Koil racing terhadap karakteristik percikan bunga api dan kinerja motor 4 langkah 160 cc berbahan bakar pertalite. Dari hasil penelitian diperoleh bunga api terbaik pada variasi CDI BRT dengan Koil Standar karena bunga api konstan dengan suhu sebesar 7000 - 8000 K. Torsi terbesar didapat pada variasi CDI BRT dengan Koil KTC pada putaran 6154 RPM dengan torsi sebesar 13,29 N.m. Daya tertinggi sebesar 13,3 HP pada putaran 7881 RPM dengan variasi CDI BRT dan Koil Standar. Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar yang rendah pada variasi CDI Standar dengan Koil Standar sebesar 56,8 km/ liter.

Arianto dkk (2015) melakukan penelitian tentang remaping pengapian CDI programmable dengan variasi camshaft pada motor 4 tak 125 cc bahan bakar E 100. Dari hasil pengujian menunjukkan torsi yang paling maksimal yaitu sebesar 11,32 N.m pada putaran mesin 3000 rpm menggunakan noken durasi 229 timing pengapian modifikasi 1, sedangkan daya paling maksimal yaitu sebesar 10,23 HP pada putaran mesin 7000 rpm menggunakan noken durasi 245 timing pengapian standar. Untuk konsumsi bahan bakar noken durasi 229 timing pengapian standar menghasilkan nilai Sfc yang terendah yaitu sebesar 0,2681 liter/kW.h.

Sumasto (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi CDI terhadap kinerja motor bensin 4 langkah 200 cc berbahan bakar pertalite. Dari hasil penelitian diperoleh torsi tertinggi pada variasi CDI Siput Advan Tech yaitu 17,05 N.m pada putaran mesin 6294 rpm. Daya tertinggi diperoleh pada penggunaan CDI *racing* Siput Advan Tech yaitu 17,3 HP pada putaran mesin 7660 rpm. Konsumsi bahan bakar paling rendah didapat pada penggunaan CDI Standar, sedangkan konsumsi bahan bakar paling tinggi pada CDI SAT. Penggunaan CDI *racing* mempengaruhi konsumsi bahan bakar karena percikan bunga api yang dihasilkan lebih besar jadi pembakaran lebih cepat dan lebih sempurna di ruang bakar.

Purwanto dan Muhaji (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh waktu pengapian (*ignition timing*) menggunakan CDI *programmable* dan bahan bakar pertalite terhadap unjuk kerja mesin sepeda motor supra x 125 tahun 2011. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar pertalite dengan variasi waktu pengapian terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa pada variasi pengapian $17,5^\circ$ sebelum TMA menggunakan bahan bakar pertalite menghasilkan unjuk kerja dan emisi gas buang yang paling baik. Unjuk kerja dan emisi gas buang pada pengapian $17,5^\circ$ berbahan bakar pertalite dibandingkan pengapian standar berbahan bakar premium adalah sebagai berikut: torsi rata-rata meningkat sebesar 1,89%, daya rata-rata meningkat sebesar 1,69%, konsumsi bahan bakar menurun sebesar 4,45%, emisi CO turun sebesar 16,82 %, emisi HC turun sebesar 16,54%, emisi CO₂ meningkat sebesar 109,14%, dan emisi O₂ turun sebesar 61,65%.

Siswanto (2015) melakukan penelitian tentang peningkatan performa sepeda motor dengan variasi CDI *programmable*. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan objek penelitian yaitu sepeda motor bebek 1 silinder 125 cc, dari hasil penelitian menunjukkan bahwa CDI Genuine menghasilkan daya tertinggi 8 HP yang diperoleh pada RPM 6542 dan torsi tertinggi adalah 10,12 N.m pada RPM 5085. Sedangkan pada CDI *programmable* daya tertinggi sebesar 8,2 HP pada RPM 6556 dan torsi 10,33 pada RPM 4670. Ada perbedaan performa mesin yang menggunakan CDI Genuine dan CDI *programmable*, daya tertinggi dicapai pada hampir semua variasi CDI

programmable yaitu sebesar 8,2 HP. Torsi tertinggi diperoleh dengan memajukan timing CDI programmable 2 derajat yaitu 10,33 N.m pada RPM 4670.

Purnomo dkk (2013) melakukan penelitian tentang analisis penggunaan CDI digital *Hyper Band* dan variasi putaran mesin terhadap torsi dan daya mesin pada sepeda motor Yamaha Jupiter mx tahun 2008. Dari hasil penelitian kedua CDI yaitu CDI standar dan CDI digital *hyper band* menghasilkan torsi maksimal yang sama sebesar 10,18 N.m pada putaran mesin 5900 rpm. Sedangkan daya maksimal yang dihasilkan CDI standar sebesar 10,07 HP pada putaran 9050 rpm dan daya maksimal yang dihasilkan CDI digital *hyper band* sebesar 10,04 HP pada putaran mesin 9100 rpm. Pada penelitian ini penggunaan CDI digital *hyper band* tidak memberikan peningkatan torsi dan daya maksimal dibandingkan menggunakan CDI standar.

Priyatno dan Tuapetel (2017) melakukan penelitian tentang perbandingan unjuk kerja dan konsumsi bahan bakar motor yang memakai CDI standar (*limiter*) dan CDI BRT *Powermax Dualband (unlimiter)*. Pengambilan data torsi dan daya dilakukan pada putaran mesin 5000 rpm, 7000 rpm, dan 9000 rpm. Pengaruh penggantian CDI terhadap daya dan torsi dihasilkan terjadi kenaikan, pada putaran 5000 rpm CDI *limiter* menghasilkan daya sebesar 6,05 HP dan torsi 8,62 N.m sedangkan pada CDI *unlimiter* sebesar 6,45 HP dan torsi 9,2 N.m. Pada putaran 7000 rpm CDI *limiter* menghasilkan daya sebesar 10,13 HP dan torsi 10,30 N.m sedangkan pada CDI *unlimiter* menghasilkan daya sebesar 10,49 HP dan torsi 10,67 N.m. Pada putaran 9000 rpm CDI *limiter* menghasilkan daya sebesar 12,39 HP dan torsi 9,80 N.m sedangkan pada CDI *unlimiter* menghasilkan daya sebesar 12,72 HP dan torsi 10,07. Untuk satu konsumsi bahan bakar terjadi penurunan, yaitu CDI *limiter* lebih irit dibandingkan CDI *unlimiter*.

Pratama (2014), melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan bahan bakar pertamax dan waktu pengapian (*ignition timing*) terhadap performa mesin dan emisi gas buang sepeda motor Supra X 125 cc tahun 2008. Penelitian ini dilakukan pada sepeda motor Supra X 125 cc dengan bahan bakar Pertamax dan waktu pengapian standart 15°, 17,5°, 20° dan 22,5° sebelum TMA. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan penggunaan bahan bakar Pertamax dan

mengubah waktu pengapian dapat menaikkan performa mesin, menghemat bahan bakar dan menurunkan emisi gas buang. Hal tersebut dapat dibuktikan dari keempat variasi waktu pengapian terdapat hasil yang optimal ditinjau dari kelima parameter yaitu torsi, daya, fc, dan emisi gas buang HC terjadi pada pengapian $17,5^\circ$ sebelum TMA, sedangkan pada emisi gas buang CO terendah terjadi pada pengapian $22,5^\circ$ sebelum TMA.

Ariawan (2016), meneliti tentang Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar *Pertalite* terhadap Unjuk Kerja Daya, Torsi Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Bertransmisi Otomatis. Pada pengujian ini bahan bakar *Pertalite* akan dibandingkan dengan pemakaian bahan bakar Premium dan bahan bakar *Pertamax*. Pengujian dilakukan dengan variasi putaran mesin yang berbeda. Dari hasil pengujian penggunaan bahan bakar *Pertalite* menghasilkan uji kerja Daya, Torsi, dan Konsumsi Bahan Bakar yang lebih baik dibandingkan Premium, namun masih kalah unjuk kerjanya dibandingkan bahan bakar *Pertamax*. *Pertalite* lebih hemat bahan bakar, dan menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan Premium, sehingga menghasilkan SFC yang lebih baik dibandingkan Premium. Bila dibandingkan *Pertamax*, SFC *Pertalite* lebih rendah.

Suro (2013), pengaruh variasi unjuk derajat pengapian terhadap kerja mesin, variasi derajat pengapian yang dilakukan, yakni memajukan titik pengapian sebesar 3° dan 6° , dari standarnya. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut, pada variasi derajat pengapian standar mendapatkan torsi 7,86 N.m pada putaran mesin 5854 rpm, daya 7,0 HP pada putaran mesin 7625 rpm, sedangkan pada variasi derajat pengapian yang dimajukan 3° dari standar mendapatkan torsi 7,89 N.m pada putaran mesin 6155 rpm, daya 7,1 HP pada putaran mesin 7527 rpm dan pada variasi derajat pengapian yang dimajukan 6° dari standar mendapatkan torsi 7,90 N.m pada putaran mesin 6194 rpm, daya 7,3 HP pada putaran mesin 7796 rpm. pada derajat pengapian yang dimajukan dari standarnya, diperoleh peningkatan nilai prestasi pada mesin, dibanding derajat pengapian standar. Hal ini dapat dilihat dari nilai torsi dan daya poros yang lebih besar pada derajat pengapian yang dimajukan 6° dari standarnya.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pengertian Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis mesin kalor yang mengubah energi thermal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Sebelum menjadi tenaga mekanis, energi kimia bahan bakar diubah dulu menjadi energi termal atau panas melalui pembakaran bahan bakar dengan udara. Motor bakar merupakan penggerak yang banyak digunakan dengan memaksimalkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik (Pande, Suarnata dkk, 2017).

2.2.2. Klasifikasi Motor Bakar

Pada dasarnya pembakaran yang terjadi pada motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu :

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

Motor bakar luar (*External Combustion Engine*/ECE) adalah proses pembakaran bahan bakar terjadi diluar mesin itu sehingga untuk melaksanakan pembakaran mesin tersendiri. Panas dari hasil pembakaran tidak langsung berubah menjadi tenaga gerak, karena terlebih dulu melalui media penghantar baru menjadi tenaga mekanik. Contohnya, pesawat tenaga uap, mesin uap kereta api dan turbin uap

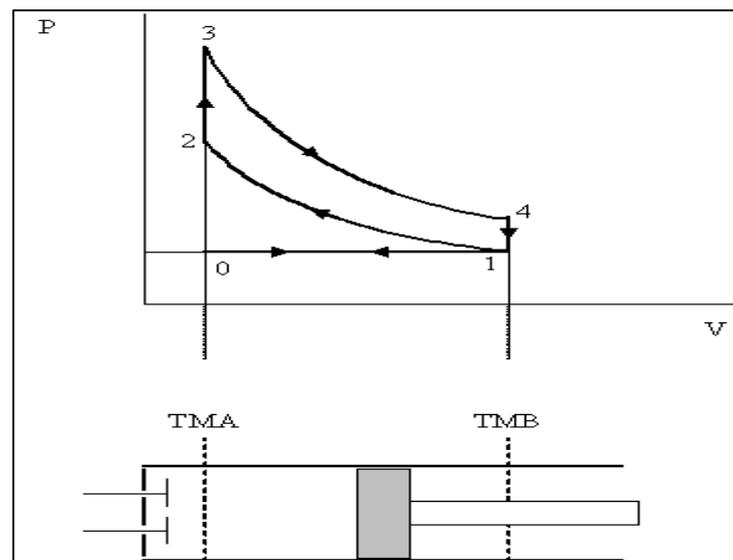
2. Motor pembakaran dalam atau *Internal Combustion Engine* (ICE)

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 energi mekanik. Contoh mesin yang menggunakan sistem ICE adalah motor bakar torak. Motor pembakaran dalam dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu Motor Bensin dan Motor Diesel. Perbedaan kedua motor tersebut yaitu jika motor bensin menggunakan bahan bakar bensin sedangkan motor diesel menggunakan bahan bakar solar. Perbedaan yang utama pada dua jenis motor ini yaitu terletak dalam sistem penyalanya, dimana pada motor bensin menggunakan busi sebagai sistem

penyalannya sedangkan pada motor diesel memanfaatkan suhu kompresi yang tinggi untuk dapat membakar bahan bakar.

2.2.3. Siklus Termodinamika

Siklus Otto dapat digambarkan dengan grafik P dan V seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram P vs V dari siklus Otto (Arismunandar, 2005)

Keterangan Gambar :

- P : Tekanan fluida kerja (Pa)
- V : Volume gas (m^3).
- qm : Jumlah kalor yang dimasukkan (J)
- qk : Jumlah kalor yang dikeluarkan (J)
- V_L : Volume langkah torak (m^3)
- V_s : Volume sisa (m^3)
- TMA : Titik mati atas

TMB : Titik mati bawah

Penjelasan :

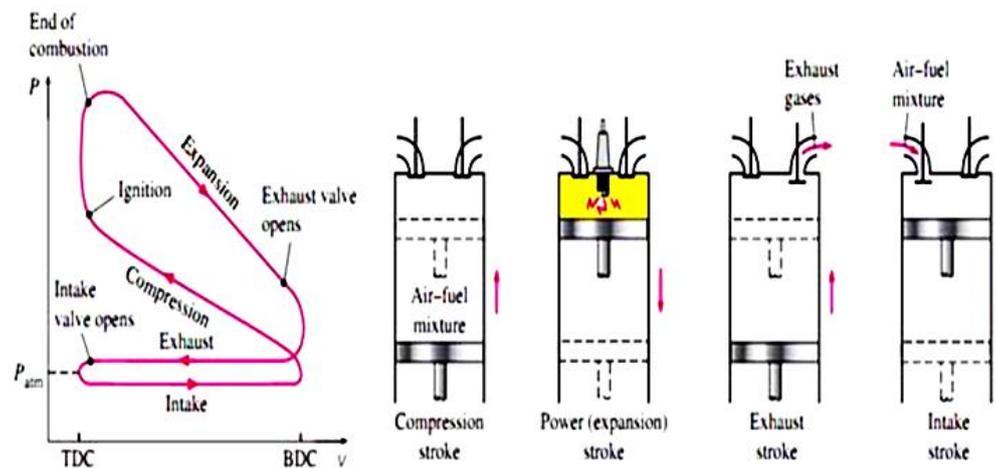
1. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan.
2. Langkah isap (0-1) merupakan proses tekanan konstan.
3. Langkah kompresi (1-2) merupakan proses isentropik.
4. Proses pembakaran (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan.
5. Langkah kerja (3-4)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

2.2.4. Prinsip Kerja Motor Bakar

2.2.4.1. Motor Bensin Empat Langkah

Motor bakar empat langkah adalah motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakar memerlukan empat langkah torak dan dua kali putaran poros engkol. Dibandingkan dengan motor bakar dua langkah, motor bakar empat langkah lebih sulit perawatannya karena terdapat banyak komponen-komponen pada bagian mesinnya. Pada motor empat langkah titik atas yang mampu dicapai oleh gerakan torak disebut titik mati atas (TMA), Sedangkan titik terendah yang mampu dicapai torak pada silinder disebut titik mati bawah (TMB). 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 yang akan mendorong piston ke TMB (Titik Mati Bawah)

menjadi langkah usaha. Gambar 2.2. adalah skema siklus kerja motor bakar empat langkah.



Gambar 2.2 Skema Siklus Kerja Motor Bakar 4 Langkah (Arismunandar, 2005)

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 (*intake*)

Pada langkah hisap posisi piston bergerak dari posisi TMA (Titik Mati Atas) menuju ke TMB (Titik Mati Bawah), pada saat langkah hisap katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Campuran bahan bakar dengan udara yang telah masuk ke 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.

2. Langkah kompresi

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

3. Langkah Kerja

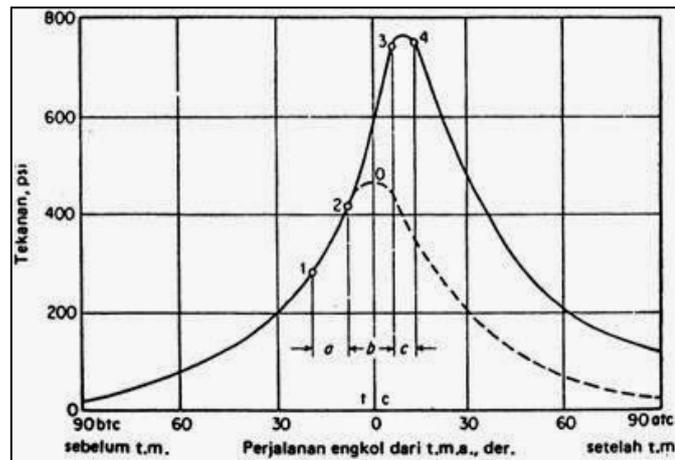
Pada saat langkah kerja/ekspansi kondisi kedua katup dalam keadaan tertutup, gas terbakar dengan tekanan yang tinggi akan mengembang menimbulkan ledakan kemudian mendorong torak turun ke bawah dari TMA ke TMB. Tenaga ini disalurkan melalui batang penggerak, selanjutnya oleh poros engkol diubah menjadi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

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 terbang semua sehingga tidak tercampur dengan campuran bahan bakar dan udara yang akan kembali dihisap pada langkah hisap.

2.2.4.2. 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 terjadi dalam beberapa tahap. Di samping itu penyemprotan bahan bakar juga tidak dapat dilaksanakan sekaligus tetapi berlangsung antara 30-40 derajat sudut engkol. Supaya lebih jelas dapat dilihat pada Grafik tekanan versus besarnya sudut engkol seperti pada Gambar 2.3. Pada Gambar ini dapat dilihat tekanan udara akan naik selama langkah kompresi berlangsung. Beberapa derajat sebelum torak mencapai TMA bahan bakar mulai disemprotkan. Bahan bakar akan segera menguap dan bercampur dengan udara yang sudah bertemperatur tinggi.



Gambar 2.3 Grafik tekanan versus sudut engkol (Arismunandar,2005)

Oleh karena temperaturnya sudah melebihi temperatur penyalaan bahan bakar, 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 2.3. 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 tidaklah 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 2.2 sebagai garis 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 berkurang. Hal ini disebabkan karena kenaikan tekanan yang seharusnya terjadi dikompensasi oleh bertambah besarnya volume ruang bakar sebagai akibat bergeraknya torak dari TMA ke TMB.

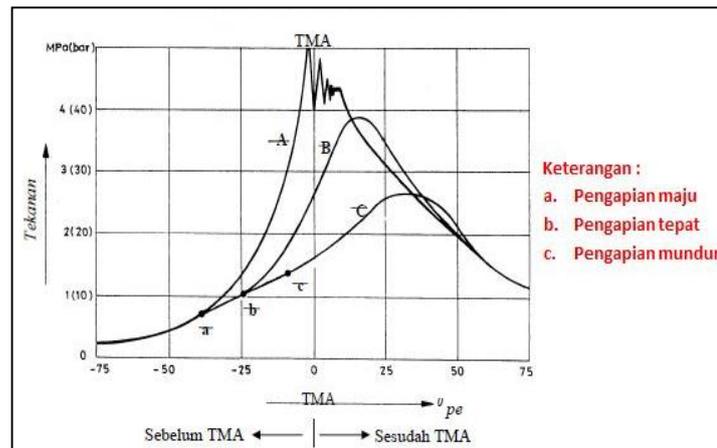
Periode pembakaran, ketika terjadi kenaikan tekanan yang berlangsung dengan cepat (garis tekanan yang curam dan lurus, garis BC pada Gambar 2.4) dinamai periode pembakaran cepat (b). Periode pembakaran ketika masih terjadi

kenaikan tekanan sampai melewati tekanan yang maksimum dalam tahap berikutnya (garis C, Gambar 2.4), dinamai 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 tidaklah dikehendaki karena dapat menyebabkan beberapa kerusakan. Maka haruslah diusahakan agar periode persiapan pembakaran terjadi sesingkat-singkatnya sehingga belum terlalu banyak bahan bakar yang siap untuk 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 diperoleh efisiensi yang setinggi tingginya, pada umumnya diusahakan agar tekanan gas maksimum terjadi pada saat torak berada diantara 15-20 derajat sudut engkol sesudah TMA.

Saat pengapian adalah saat terjadinya percikan api pada busi. Pada putaran stasioner, saat putaran motor bensin terjadi sebelum titik mati atas akhir kompresi. Saat pengapian sangat menentukan kesempurnaan proses pembakaran sehingga ketepatan pengapian harus selalu diperiksa.

2.2.4.3. Tiga Macam Pembakaran

Pengapian merupakan hal terpenting bagi terwujudnya pembakaran. Pengapian yang baik harus memenuhi beberapa syarat, yaitu pengapian yang kuat (bunga api yang dihasilkan besar) dan waktu pengapian yang tepat. Waktu pengapian merupakan waktu dimana busi mulai memercikkan bunga api sampai terjadi proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara secara penuh (selesai). Saat pengapian yang tidak tepat akan menimbulkan beberapa masalah, baik saat pengapian yang terlalu maju ataupun saat pengapian yang terlalu mundur. Oleh sebab itu diperlukan penyetelan saat pengapian agar saat pengapian dapat sesuai. Gambar 2.4 adalah grafik pada saat proses pembakaran.



Gambar 2.4 Grafik Pembakaran (Gaco, 2008)

a. Pengapian Maju

Saat pengapian yang terlalu maju atau lebih awal yaitu saat pengapian yang lebih cepat dibandingkan dengan waktu pengapian yang seharusnya terjadi. Akibat dari saat pengapian yang terlalu maju adalah akan menghasilkan tekanan pembakaran seperti yang ditunjukkan pada Grafik pembakaran diatas nomer A, yaitu menyebabkan terjadinya knocking atau detonasi sehingga akan menyebabkan mesin bergetar, daya motor tidak optimal, mesin menjadi panas dan akan menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen pada mesin, misalnya piston, batang piston, bantalan dan lain-lain.

b. Saat pengapian yang terlalu mundur yaitu waktu pengapian yang lebih mundur dari waktu pengapian yang seharusnya (yang tepat) seperti yang ditunjukkan pada Grafik pembakaran diatas pada nomer C. Akibat saat pengapian yang terlalu mundur yaitu tekanan pembakaran yang dihasilkan akan terjadi jauh sesudah TMA sehingga daya mesin yang dihasilkan tidak optimal dan pemakaian bahan bakar yang lebih boros.

c. Saat pengapian yang tepat yaitu waktu pengapian yang terjadi sesuai dengan yang dianjurkan oleh pabrik pembuatnya (spesifikasinya). Saat pengapian yang tepat dapat dilihat pada Grafik pembakaran diatas pada nomer B. Pada umumnya saat pengapian yang baik yaitu beberapa derajat

pada saat pembakaran maka hendaknya penyalaan diatur menggunakan *timing* pengapian sehingga tekanan gas maksimum terjadi pada saat torak berada disekitar 15° sampai 20° engkol sesudah TMA. Bila *timing* pengapian terjadi terlalu awal maka gas sisa yang belum terbakar, terpengaruh oleh pembakaran yang masih berlaku dan pemampatan masih berjalan, akan terbakar sendiri.

Pembakaran yang sempurna terjadi setelah penyalaan dimulai, api menjalar dari busi dan menyebar ke seluruh arah dalam waktu yang sebanding, dengan 20° sudut engkol atau lebih untuk membakar campuran sampai mencapai tekanan *maximum*, ketika *timing* pengapian terjadi terlalu lambat, beberapa pukulan berkurang, akan terjadi pada penurunan daya dan torsi, pada saat *timing* pengapian terlambat, ruang diatas piston pada akhir pembakaran sudah membesar bahwa sebagian kecil dari kalor berubah menjadi tekanan. Akibatnya adalah bahwa sisa kalor dalam jumlah besar tertinggal dalam motor. Bukan hanya disebabkan oleh pembebanan termis dari beberapa bagian, seperti katupnya menjadi terlalu panas, tetapi disebabkan oleh suhu yang tinggi akan terlampaui batas dan terbakar sendiri. *Timing* pengapian yang dimajukan yaitu sudut pengapian maju beberapa derajat sebelum TMA ketika percikan busi menyalakan campuran bahan bakar di dalam ruang bakar selama langkah kompresi. Waktu pengapian yang mundur dapat didefinisikan sebagai merubah sudut pengapian sehingga campuran bahan bakar dan udara terjadi lebih lambat dari waktu yang ditentukan.

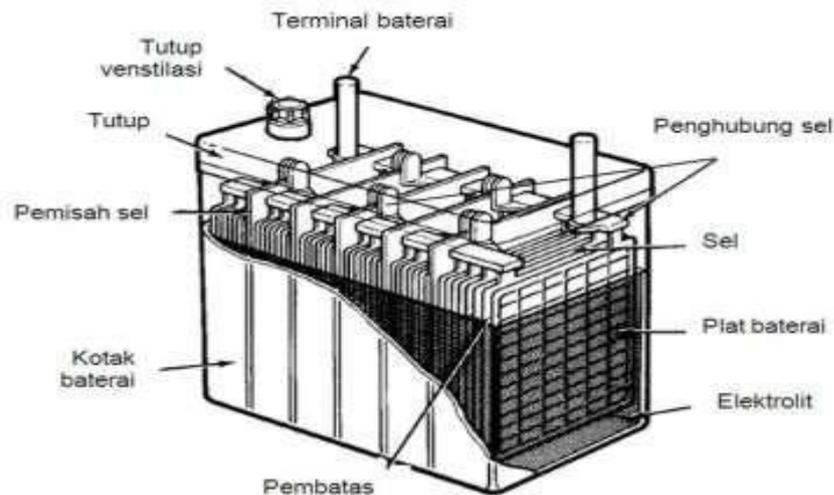
2.2.5.2 Komponen Sistem Pengapian

Sistem pengapian pada dasarnya memiliki komponen-komponen penting didalamnya yang dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Baterai

Baterai merupakan komponen kelistrikan pada kendaraan yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Baterai biasanya digunakan untuk menyuplai arus listrik ke sistem starter mesin, sistem pengapian, lampu-lampu, dan sistem kelistrikan lainnya. Dalam baterai terdapat 2 kutub yaitu kutub positif dan kutub negatif yang dapat bereaksi dengan larutan elektrolit, larutan elektrolit tersebut berupa asam sulfat yang akan melepaskan muatan

elektron. Elektron yang bergerak dari kutub negatif ke kutub positif itulah yang akan menjadi arus listrik. Kontruksi baterai dapat di lihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kontruksi Baterai (Arismunandar, 2005)

2. CDI (*Capasitor Discharge Ignition*)

CDI berfungsi untuk mengatur waktu/*timing* melitiknya bunga api pada busi yang akan membakar bahan bakar yang telah dipadatkan oleh piston pada ruang bakar silinder. Pengaturan pengapian dapat memaksimalkan kemampuan akselerasi dan power mesin hingga maksimal, karena pada saat uap bahan bakar yang telah tercampur udara masuk keruang bakar akan terbakar sempurna sehingga tidak ada bahan bakar yang terbuang . Kerja CDI didukung oleh pulser sebagai sensor posisi piston, dimana sinyal dari pulser akan memberikan arus pada SCR (*Silicon Controller Rectifier*) yang akan membuka sehingga arus yang ada di dalam capasitor di dalam CDI dilepaskan. Selain didukung oleh pulser, kinerja CDI juga

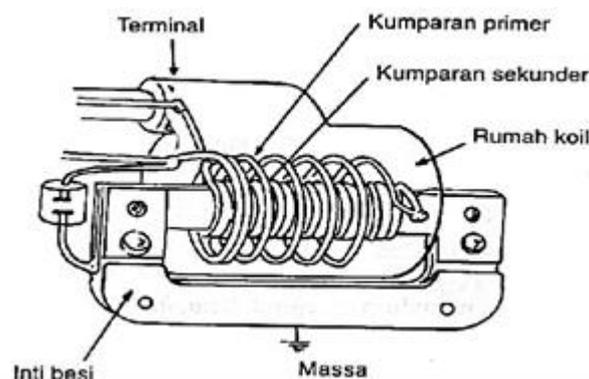
didukung oleh baterai (pada CDI DC) atau spul (pada CDI AC) dimana sebagian sumber arus diolah oleh CDI.



Gambar 2.7 CDI (Capasitor Discharge Ignition)

3. Koil Pengapian (*ignition coil*)

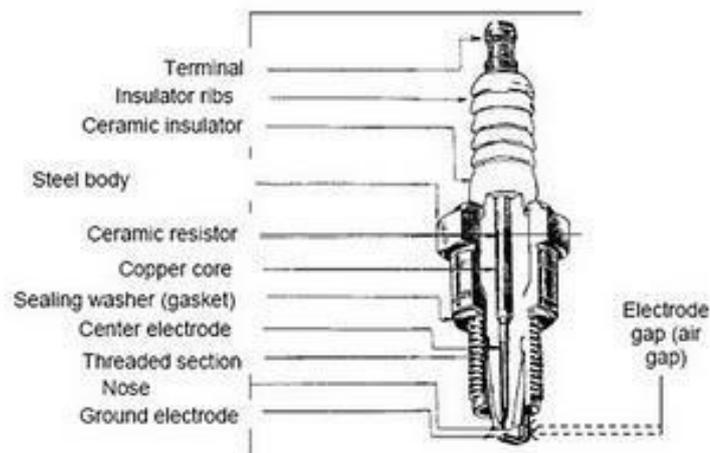
Koil berfungsi untuk menyimpan energi pengapian dan menyalurkan dalam bentuk gelombang tegangan tinggi melewati kabel pengapian tegangan tinggi (Daryanto, 2004). Koil merupakan bagian terpenting dalam sistem pengapian karena koil merupakan komponen pengapian yang menentukan baik atau tidaknya dalam proses pembakaran dalam ruang bakar silinder. Peranan koil dalam sistem pengapian yaitu sebagai pengubah arus tegangan rendah dari 12 volt pada baterai menjadi sumber tegangan tinggi sebesar 10.000 volt atau lebih, yang kemudian disalurkan ke busi untuk menghasilkan percikan bunga api.



Gambar 2.8 Kontruksi Koil (Tristante, 2014)

4. Busi

Busi merupakan komponen didalam sistem pengapian pada motor bensin yang memiliki dua elektroda yaitu elektroda tengangan (positif) dan elektroda sisi (negatif) (massa). Busi berfungsi untuk menghasilkan loncatan bunga api diantara celah elektroda busi didalam ruang bakar silinder, sehingga campuran udara dan bahan bakar dapat terbakar. Busi merupakan komponen system pengapian yang dapat habis, busi dirancang untuk digunakan dalam waktu tertentu dan harus diganti dengan yang baru jika busi sudah aus atau terkikis.



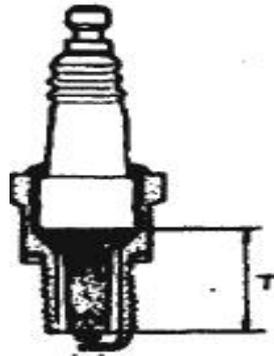
Gambar 2.9 Kontruksi Busi (Jama, 2008)

Pada kontruksi busi Gambar 2.9, busi adalah terminal yang terhubung dengan kabel tegangan tinggi dari koil. Selanjutnya terminal berhubungan dengan elektroda tengah yang terbuat dari campuran nikel agar tahan terhadap panas. Pada beberapa busi elektroda terbuat dari campuran perak, palladium, platina, atau emas. Busi-busi ini dirancang untuk memberikan ketahanan terhadap keausan. Berdasarkan kemampuan mentransfer panas, busi dibagi dalam 2 jenis, yaitu :

a. Busi Tipe Panas

Busi panas merupakan busi yang memiliki kemampuan menyerap serta melepas panas kedalam sistem pendingin lebih lambat dari busi standarnya. Cepat

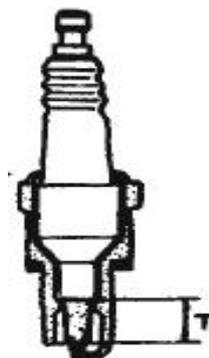
mencapai temperature kerja yang optimal tetapi jika untuk pemakaian berat dapat terbakar. Biasanya digunakan pada sepeda motor standar untuk jarak dekat.



Gambar 2.10 Busi Panas (Jama, 2008)

b. Busi Tipe Dingin

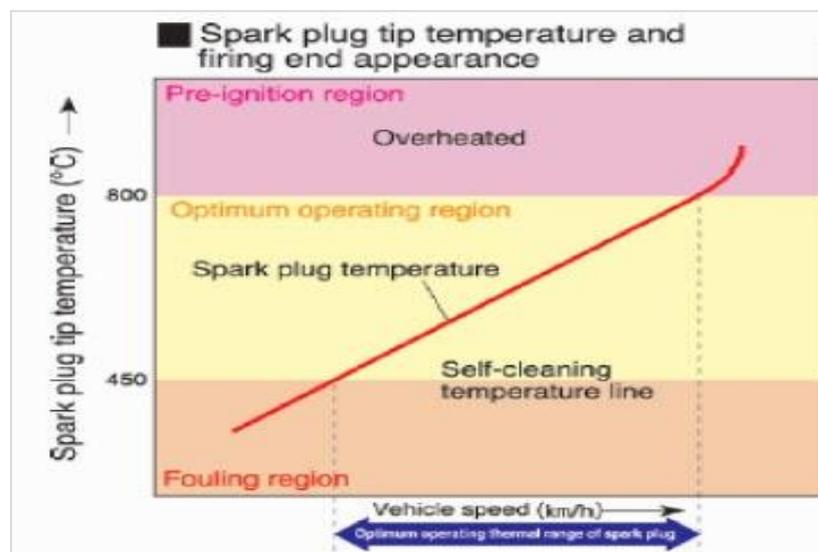
Busi dingin merupakan busi yang memiliki kemampuan menyerap serta melepas panas kedalam sistem pendingin lebih cepat dari busi standarnya. Biasanya digunakan untuk penggunaan yang lebih berat misalnya untuk balap atau pemakain jarak jauh , karena sifat busi ini mudah dalam pendinginan.



Gambar 2.11 Busi Dingin (Jama, 2008)

Pada tiap jenis busi memiliki 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 memiliki warna masing-masing dan memiliki temperatur yang berbeda pada tiap warna yang dihasilkan.

5. Tingkat Panas Busi



Gambar 2.12 Grafik suhu busi (*Spark plug*)

Gambar 2.12 grafik suhu busi , suhu kerja yang tepat pada busi , yaitu antara 400°C sampai 800°C, jika suhu elektroda tengah kurang dari 400°C, maka tidak akan cukup untuk membakar endapan karbon yang dihasilkan oleh pembakaran sehingga karbon tersebut akan melekat pada permukaan insulator dan menurunkan tahanan dengan rumahnya. Akibatnya, tegangan tinggi yang diberikan ke elektroda tengah akan menuju ke massa tanpa meloncat dalam bentuk bunga api pada celah elektroda, maka akan terjadi kesalahan pembakaran (*misfiring*). Suhu elektroda tengah melebihi 800°C, maka akan 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 (busi terlalu panas sehingga dapat membakar campuran

dengan sendirinya). Jika terjadi *pre-ignition*, maka daya mesin akan turun, karena waktu pengapian tidak tepat dan elektroda busi atau bahkan piston dapat retak.

Busi yang ideal adalah busi yang mempunyai karakteristik yang dapat beradaptasi terhadap semua kondisi operasional mesin mulai dari kecepatan rendah sampai kecepatan tinggi. Seperti disebutkan di atas busi dapat bekerja dengan baik bila suhu elektroda tengahnya sekitar 400°C sampai 800°C. Pada suhu tersebut karbon pada insulator akan terbakar habis. Batas suhu operasional terendah dari busi disebut dengan *self-cleaning temperature* (busi mencapai suhu membersihkan dengan sendirinya), sedangkan batas suhu tertinggi disebut dengan istilah *pre-ignition*.

2.2.6. Pengaruh Pengapian

Sistem pengapian CDI merupakan penyempurnaan dari sistem pengapian konvensional (sistem pengapian platina) yang mempunyai kelemahan sehingga akan mengurangi efisiensi kerja mesin. 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 dapat menghasilkan tegangan *output* 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 persenyawaan Hidro-karbon yang diolah dari minyak bumi. Untuk mesin bensin dipakai bensin dan untuk mesin diesel disebut minyak diesel. Bahan bakar yang umum digunakan pada sepeda mesin adalah bensin. Unsur utama bensin adalah *carbon* (C) dan *hydrogen* (H). Pemilihan bensin sebagai bahan bakar dapat dipertimbangkan dengan 2 hal, yaitu :

- a. Kalor (*calorific value*) yang merupakan sejumlah energi panas yang bisa digunakan untuk menghasilkan kerja/usaha.

- b. *Volatility* yang mengukur seberapa mudah bensin akan menguap pada suhu rendah.

2.2.7.1. Pertalite

Pertalite berasal dari bensin yang merupakan salah satu fraksi dari penyulingan minyak bumi yang diberi zat tambahan aditif, yaitu *Tetra Ethyl Lead* (TEL). Pertalite adalah bahan bakar jenis disilat berwarna hijau akibat adanya zat pewarna tambahan. Pertalite pada umumnya digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin, pertalite mempunyai angka oktan 90.

Tabel 2.1 Spesifikasi Pertalite

No	Sifat	MIN	MAX
1	Angka Oktan riset RON	90-91	
2	Kandungan Pb (gr/lit)		-
3	Distilasi		
	10% Vol penguapan (°C)	-	74
	50% Vol penguapan (°C)	88	125
	90% Vol penguapan (°C)	-	180
	Titik Didih Akhir (°C)	-	215
	Residu (% Vol)	-	2,0
4	Sedimen	-	1
5	Berat Jenis (15°C)	715	770
No	Sifat	MIN	MAX
6	Periode Induksi (menit)	520	
7	Kandungan Oksigen		2,7
8	Sulfur Mercapatan (% massa)		0,0002
9	Uji dokter atau belerang mercapatan		0.0
10	Massa Jenis (kg/M ³)	715	770
11	Warna	Hijau	

(Keputusan Dirjen Migas No. 313.K/10/DJM.T.2013)

2.2.7.2. Angka Oktan

Angka oktan pada bahan bakar 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 (Pertamina, 2015)

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

2.2.8 Perhitungan Torsi, Daya, dan Konsumsi Bahan Bakar

1. Torsi

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

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

Dengan :

T= Torsi (N.m)

F= Gaya yang terukur pada *Dynamometer* (N)

L= x = Panjang langkah pada *Dynamometer* (m)

2. Daya

Daya adalah besar usaha yang dihasilkan oleh mesin tiap satuan waktu, didefinisikan sebagai laju kerja mesin, ditunjukkan oleh persamaan 2.2. (Heywood, 1988).

$$P = \frac{2\pi.n.T}{60000} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

P= Daya (kW)

N= Putaran mesin (rpm)

T= Torsi (N.m)

Dalam hal ini daya secara normal diukur dalam KW, tetapi HP masih digunakan juga, dimana :

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

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

3. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah pemakaian bahan bakar yang terpakai per jam untuk setiap daya yang dihasilkan pada motor bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik didefinisikan dengan persamaan 2.3. (Arismunandar, 2002).

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

Dengan :

K_{bb} = Konsumsi bahan bakar yang terpakai (km/l)

v = Volume bahan bakar yang terpakai (l)

s = Jarak tempuh (km)

