

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Ada banyak penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya untuk meningkatkan kinerja mesin bensin empat langkah. Penelitian yang pernah dilakukan oleh Purwanto (2016), membahas tentang pengaruh waktu pengapian (*ignition timing*) menggunakan CDI *programmable* dan bahan bakar pertalite terhadap unjuk kerja mesin sepeda motor Supra X 125 R. Objek dari penelitian ini adalah sepeda motor Supra X 125 R tahun 2011 menggunakan bahan bakar premium dengan waktu pengapian standar dan pertalite dengan variasi waktu pengapian 15°(standar), 17,5°, 20°, dan 22,5° sebelum TMA. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada variasi pengapian 17,5° 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° 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 C_O turun sebesar 16,82%, emisi H_C turun sebesar 16,54%, emisi CO₂ meningkat sebesar 109,14%, dan emisi O₂ turun sebesar 61,65%.

Siswanto (2015), meneliti tentang Peningkatan Performa Sepeda Motor Dengan Variasi CDI *Programmable* menggunakan sepeda motor bebek 1 silinder 125 cc. Dari Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Sepeda motor dengan CDI Genuine menghasilkan daya tertinggi 8 HP yang diperoleh pada RPM 6542 dan Torsi tertinggi adalah 10,12 NM pada RPM 5085. Sedangkan setelah CDI nya diganti dengan CDI *Programmable*, daya tertinggi 8,2 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 10,33Nm pada RPM 4670.

Arianto (2015), meneliti tentang Remaping Pengapian Cdi Programmable Dengan Variasi Durasi Camshaft pada Motor 4 Tak 125 Cc Bahan Bakar E 100. Dari Hasil penelitian ini menunjukkan hasil Untuk torsi paling maksimal yaitu sebesar 11,32 N.m pada Putaran mesin 3000 rpm menggunakan noken durasi 229 *timing* pengapian modifikasi 1 dan 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.

Ramdani (2015), meneliti tentang Analisis Pengaruh Variasi Cdi Terhadap Performa Dan Konsumsi Bahan Bakar Honda Vario 110 cc, pengujian dengan cara menghitung waktu lama motor menghabiskan bahan bakar sebanyak 100 ml dengan menggunakan ketiga CDI tersebut. Berdasarkan hasil penelitian dengan cara pengujian performa mesin diketahui bahwa dengan menggunakan CDI standar torsi tertinggi yang dapat dihasilkan 7,517 N.m di rpm 6000, daya tertinggi yang dapat dihasilkan CDI standar 5,712 kW di rpm 8000, sedangkan menggunakan CDI dual band (1) torsi tertinggi yang dihasilkan 7,558 N.m pada rpm 6000, daya tertinggi yang dihasilkan CDI *dual band* (1) 5,81 kW pada rpm 8500 dan dengan menggunakan CDI *dual band* (2) torsi tertinggi yang dihasilkan 7,511 N.m pada rpm 6500 sedangkan daya tertinggi yang dihasilkan 5,835 kW di rpm 8500 dan untuk pengujian konsumsi bahan bakar penggunaan CDI standar lebih irit dibandingkan penggunaan CDI *dual band* dan CDI *dual band* (2).

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° sebelum TMA, sedangkan pada emisi gas buang CO terendah terjadi pada pengapian 22,5° 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.

Setiawan (2017), meneliti tentang Analisis Penggunaan Cdi Dual Band Dan Variasi Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor Yamaha Xeon 125 dari Hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan konsumsi bahan bakar sepeda motor Yamaha Xeon 125 dengan menggunakan CDI *Dual Band* dengan variasi bahan bakar, hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian hipotesis Uji *Kruskal-Wallis* dengan bantuan *software* IBM SPSS 24, yakni Statistik Hitung > Statistik Tabel, 34,784 > 24,725 dan Sig. 0,00 < 0,01 maka H0 yang menyatakan “tidak ada perbedaan konsumsi bahan bakar sepeda motor Yamaha Xeon 125 dengan menggunakan CDI *Dual Band* dan variasi bahan bakar” ditolak. (2) Berdasarkan hasil analisis deskriptif untuk rata-rata konsumsi bahan bakar, maka perpaduan CDI dengan bahan bakar yang menghasilkan konsumsi bahan bakar paling irit ialah CDI *Dual Band* Kurva II dengan Premium, kemudian disusul CDI *Dual Band* Kurva I dengan Premium, CDI *Dual Band* Kurva II dengan *Pertalite*, CDI Standar dengan *Pertamax*, CDI *Dual Band* Kurva I dengan *Pertamax*, CDI *Dual Band* Kurva I dengan *Pertalite*, CDI Standar dengan *Pertalite*, CDI *Dual Band* Kurva I dengan *Pertamax Turbo*, CDI *Dual Band* Kurva II dengan *Pertamax*, CDI Standar dengan Premium, CDI Standar dengan *Pertamax Turbo*, dan terakhir CDI *Dual Band* Kurva II dengan *Pertamax Turbo*.

Surono (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 putar 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.

Hidayat (2015), meneliti tentang Uji Performa Pengaruh Ignition Timing Terhadap Kinerja Motor Bensin Berbahan Bakar Lpg. Pada penelitian ini menggunakan motor bensin 4 langkah 1 silinder yang dilengkapi dengan konverter kits. Variabel bebas dalam penelitian adalah variasi ignition timing berbahan bakar LPG dengan sudut pengapian. Sedangkan variabel terikat adalah seberapa besar pengaruh variasi ignition timing berbahan bakar LPG terhadap torsi dan daya pada motor bensin. Pengujian dilakukan pada putaran 4250 – 8250 rpm dengan menggunakan dynamometer inersia dan unjuk kerja yang dicari meliputi torsi dan daya. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa performance torsi dan daya tertinggi yang dihasilkan motor bensin berbahan bakar LPG pada sudut pengapian 32° sebesar 5,97 Nm pada putaran 4500 rpm dengan bahan bakar *LPG*. Untuk hasil pengujian daya tertinggi diperoleh pada sudut pengapian 30° sebesar 4,1 Hp pada putaran 6000 rpm dan 32° sebesar 4,1 Hp pada putaran 5750 rpm.

Priyanto (2017), membahas tentang perbandingan unjuk kerja dan konsumsi bahan bakar motor yang memakai CDI *limiter* dan CDI *unlimiter*. Pengujian dilakukan pada CDI *limiter* dan CDI *unlimiter* dengan motor Suzuki Satria F 150 cc, Pengambilan data dilakukan pada putaran mesin 5000 rpm, 7000

rpm, dan 9000 rpm, hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan daya, torsi dan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh kedua CDI. Pada CDI *limiter* dengan hasil daya 6,05 HP, 10,13 HP, 12,39 HP, menghasilkan torsi sebesar 8,62 Nm, 10,30 Nm, 9,80 Nm, serta konsumsi bahan bakar 17,5 ml/menit, 24,9 ml/menit, 29,3 ml/menit. Sedangkan pada CDI *unlimiter* dengan hasil daya 6,45 HP, 10,49 HP, 12,72 HP, menghasilkan torsi 9,2 Nm, 10,67 Nm, 10,07 Nm, serta konsumsi bahan bakar 14,8 ml/menit, 23,1 ml/menit, 27,8 ml/menit. Adanya kenaikan daya dan torsi pada CDI *unlimiter* dan pada konsumsi bahan bakar lebih irit.

Hapsoro (2016), meneliti tentang pengaruh variasi 2 jenis koil dan 4 jenis busi terhadap kinerja motor bensin 4 langkah 135 cc berbahan bakar premium, pengujian dilakukan dengan penggunaan variasi koil standar, koil *racing*, busi standar, busi *platinum*, dan busi *iridium*. Pengujian dilakukan dengan alat uji percikan bunga api busi, *dynotest*, dan uji jalan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa percikan bunga api yang paling baik terdapat pada penggunaan busi standar merk NGK dan koil *racing* dengan bunga api berwarna biru tua dengan suhu antara 8500 s.d. 11000, torsi dan daya terbesar terdapat pada penggunaan busi *platinum* merk NGK *G-Power* dan koil KTC *racing* dengan nilai kenaikan torsi sebesar 3,56 % dan nilai kenaikan daya sebesar 5,21 % dibandingkan dengan kondisi standar, dan konsumsi bahan bakar paling rendah terdapat pada penggunaan busi NGK *G-Power* dan koil KTC *racing* dengan nilai kenaikan konsumsi bahan bakar sebesar 1,05 %, dibandingkan dengan kondisi standar.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi *thermal* untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Sebelum menjadi tenaga mekanis, energi kimia bahan bakar di ubah dulu menjadi energi termal atau panas melalui pembakaran bahan bakar dengan udara. Mesin pembakaran ini ada yang

dilakukan di dalam mesin kalor itu sendiri dan ada pula yang dilakukan di luar mesin kalor (Arismunandar, 2005).

2.2.2. Klasifikasi Motor Bakar

Mesin kalor dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu:

1. Motor bakar luar (*External Combustion Engine/ECE*)

Motor bakar luar (*external Combustion Engine/ECE*) adalah proses pembakaran bahan bakar terjadi diluar mesin itu sehingga untuk melakukan pembakaran digunakan mesin sendiri. Contohnya, mesin uap kereta api dan turbin uap.

2. Motor bakar dalam (*Internal Combustion Engine/ICE*)

Motor bakar dalam (*Internal Combustion Engine/ICE*) adalah proses pembakarannya berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri sehingga panas dari hasil pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja dan langsung bisa diubah menjadi tenaga mekanik. Contohnya, mesin bensin sepeda motor, mobil, mesin diesel, mesin rotary, turbin gas, dan mesin jet.

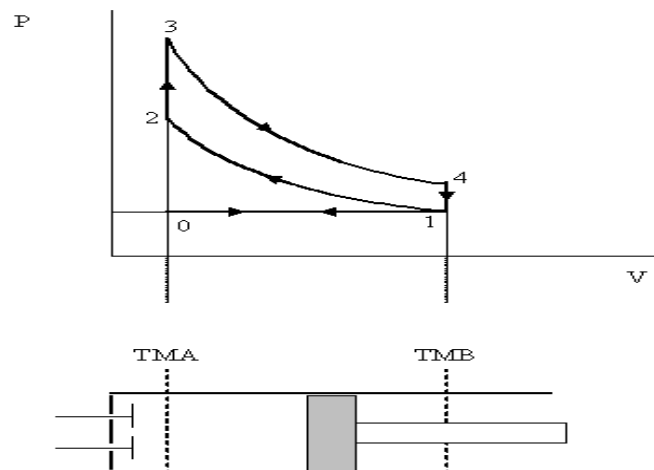
Hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan motor yang akan digunakan :

1. Motor dengan pembakaran luar yaitu :
 - a. Dapat memakai semua bentuk bahan bakar.
 - b. Dapat memakai bahan bakar yang bermutu rendah.
 - c. Cocok untuk melayani beban-beban besar dalam satu poros.
 - d. Lebih cocok dipakai untuk daya tinggi.
2. Motor dengan pembakaran dalam yaitu :
 - a. Pemakaian bahan bakar irit.
 - b. Berat setiap satuan mekanis lebih kecil.
 - c. Konstruksi lebih sederhana karena tidak memerlukan ketel uap kondensor dan sebagainya.

Motor pembakaran dalam khususnya motor bakar di bagi menjadi dua jenis utama yaitu Motor Bensin (Otto) dan Motor Diesel. Perbedaan yang utama terletak pada sistem penyalanya, pada bahan bakar motor bensin dinyalakan oleh loncatan bunga api listrik diantara kedua *electroda* busi. Karena itu motor bensin dinamai juga *Spark Ignition Engines*. Sedangkan pada motor diesel yang biasa juga disebut *Compression Ignition Engines*, terjadi proses penyalaaan itu sendiri, yaitu karena bahan bakar disemprotkan oleh *Nozzle* ke dalam silinder berisi udara yang bertemperatur dan bertekanan tinggi, pada saat kombinasi antara jumlah udara, jumlah bahan bakar, dan temperatur dalam kondisi tepat maka campuran udara dan bahan bakar tersebut akan terbakar dengan sendirinya. (Arismunandar, 2005)

2.2.3. Siklus Termodinamika

Siklus Otto dapat digambarkan dengan grafik P dan V seperti terlihat pada Gambar 2.1. Sifat ideal yang dipergunakan serta keterangan mengenai proses siklusnya adalah sebagai berikut.



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

- P : Tekanan fluida kerja (kg/cm^3).
- v : Volume gas (m^3).
- q_m : Jumlah kalor yang dimasukkan (kg).
- q_k : Jumlah kalor yang dikeluarkan (kg).

V_L : Volume langkah torak (m^3).

V_S : Volume sisa (m^3).

TMA : Titik mati atas.

TMB : Titik mati bawah.

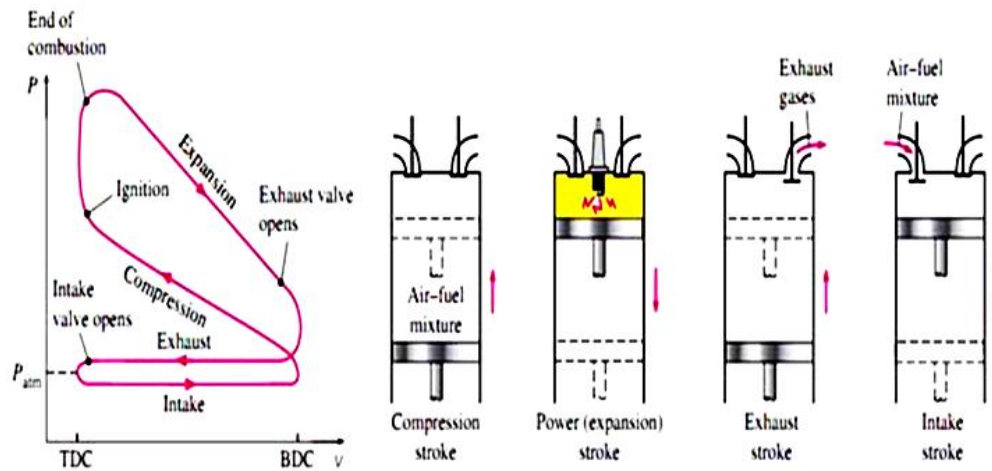
Penjelasan :

- a. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan.
- b. Langkah isap (0-1) merupakan proses tekanan konstan.
- c. Langkah kompresi (1-2) ialah isentropik.
Proses pembakaran (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan.
- d. Langkah kerja (3-4) ialah proses isentropik.
- e. Langkah buang (1-0) ialah proses tekanan konstan.
- f. 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.

2.2.4. Prinsip Kerja Motor Bakar Empat Langkah

2.2.4.1. Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin empat langkah adalah motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakar memerlukan empat langkah torak dan dua kali putaran poros engkol. Berikut ini Gambar skema gerakan torak empat langkah:



Gambar 2.2 Skema Gerakan Piston 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 dikaburkan 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.

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.

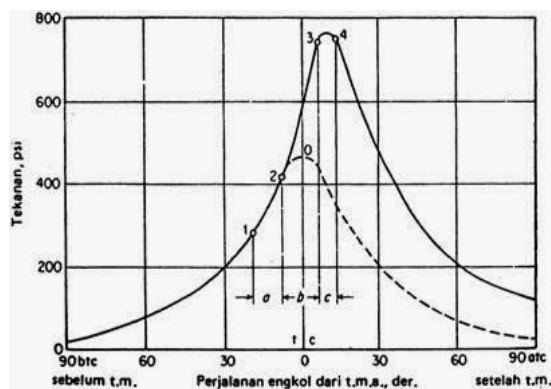
4. Langkah Buang

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.

2.2.5. 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,2002)

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 bergernaknya torak dari TMA ke TMB.

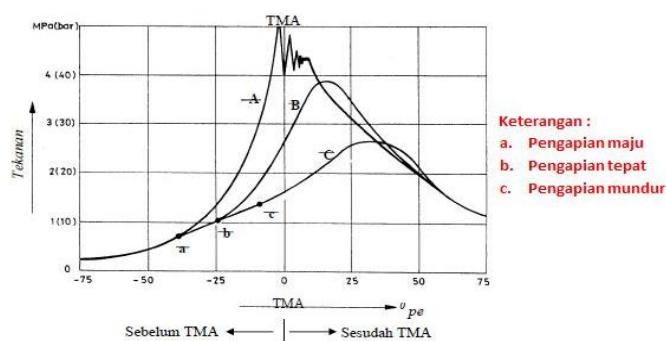
Periode pembakaran, ketika terjadi kenaikan tekanan yang berlangsung dengan cepat (garis tekanan yang curam dan lurus, garis BC pada Gambar 2.2) dinamai periode pembakaran cepat (b). Periode pembakaran ketika masih terjadi kenaikan tekanan sampai melewati tekanan yang maksimum dalam tahap berikutnya (garis CD, Gambar 2.2), 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.

2.2.6. 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 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 sebelum piston mencapai TMA sehingga tekanan pembakaran maksimal dapat diperoleh ketika piston sudah melewati beberapa derajat setelah TMA. Saat pengapian yang tepat akan menghasilkan tenaga yang optimal dan pemakaian bahan bakar yang lebih efisien.

2.2.7. Sistem Pengapian

Sistem pengapian adalah suatu sistem yang ada dalam setiap motor bensin yang digunakan untuk membakar campuran bahan bakar dan udara yang ada di dalam ruang bakarnya. Pada sepeda motor urutan sistem pengapian dapat dijelaskan menjadi beberapa tahap yaitu penyediaan dan penyimpanan energi listrik di baterai, penghasil tegangan tinggi, menyalurkan tegangan tinggi ke busi,

dan pelepasan bunga api pada elektroda busi. Tanpa adanya tahapan tersebut maka pembakaran dalam sebuah motor bensin tidak akan terjadi (Prabowo, 2005). Sistem pengapian dibedakan menjadi 2 yaitu sistem pengapian konvensional dan sistem pengapian elektronik.

2.2.7.1. Sistem Pengapian Elektronik

Sistem pengapian elektronik ini menggunakan CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) sebagai pemercik bunga api pada busi. CDI itu sendiri terbagi atas 2 jenis, yaitu CDI AC dan CDI DC.

1) Sistem pengapian CDI-AC

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

2) Sistem pengapian CDI-DC



Gambar 2.5 CDI (*Capacitor Discharge Ignition*)

Sistem pengapian CDI-DC ini menggunakan sumber tegangan berasal dari dalam *flywheel* magnet yang berputar yang menghasilkan arus listrik AC dalam bentuk induksi listrik dari pulser yang nantinya arus tersebut akan disearahkan dengan menggunakan *rectifier* kemudian di hubungkan ke baterai untuk melakukan proses pengisian (*Charging System*). Dari baterai arus ini dihubungkan

ke kunci kontak, CDI unit, koil pengapian sebagai pembangkit tegangan, dan kemudian ke busi.

2.2.7.2. Sistem Pengapian Konvensional

Sistem pengapian konvensional dibedakan menjadi 2 macam yaitu sistem pengapian magnet dan sistem pengapian baterai.

1) Sistem Pengapian Magnet

Sistem pengapian magnet ini menggunakan arus dari kumparan magnet (AC) sebagai pemercik bunga api pada busi.

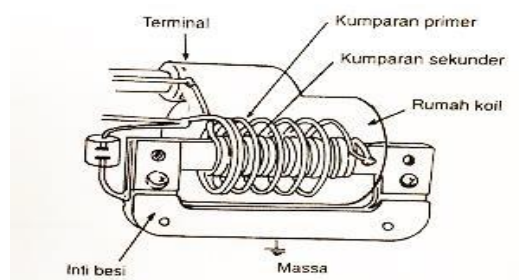
2) Sistem Pengapian Baterai

Sistem pengapian baterai ini sumber tegangan berasal dari baterai (*accu*) yang kemudian disalurkan ke CDI, dari CDI arus listrik di salurkan ke koil untuk mengubah tegangan rendah menjadi tegangan tinggi sebagai pemercik bunga api pada busi.

2.2.8. Koil

Koil berfungsi untuk membangkitkan sumber 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.

Koil memiliki inti besi yang dililitkan oleh 2 jenis gulungan kawat yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada kumparan sekunder jumlah lilitan pada kumparan kawat tersebut kurang lebih 20.000 lilitan dengan diameter 0,05-0,08 mm. Pada salah satu ujung lilitan digunakan sebagai terminal tegangan tinggi yang dihubungkan dengan komponen busi, sedangkan untuk ujung yang lainnya disambungkan dengan kumparan primer.



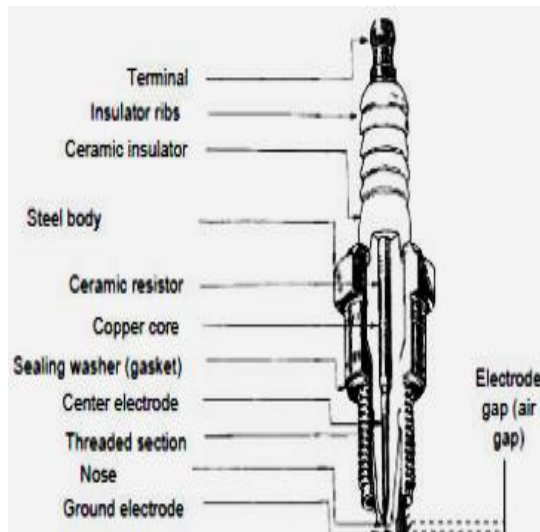
Gambar 2.6 Bagian-bagian Koil (Tristanto, 2014)

Pada kumparan primer jumlah lilitannya sebanyak 200 lilitan dengan diameter 0,6-0,9 mm yang digulung pada bagian luar kumparan sekunder. Akibat perbedaan jumlah lilitan pada kumparan primer dan sekunder, maka pada kumparan sekunder akan timbul tegangan kurang lebih 10.000 volt. Arus tegangan tinggi ini timbul akibat terputus-putusnya aliran arus pada kumparan primer yang mengakibatkan timbul dan hilangnya medan magnet secara tiba-tiba. Hal ini mengakibatkan terinduksinya arus listrik tegangan tinggi pada kumparan sekunder. Arus tegangan tinggi tidak hanya terjadi pada kumparan sekunder, tetapi pada kumparan primer juga memiliki tegangan sekitar 300-400 volt yang disebabkan adanya induksi sendiri.

2.2.9. Busi

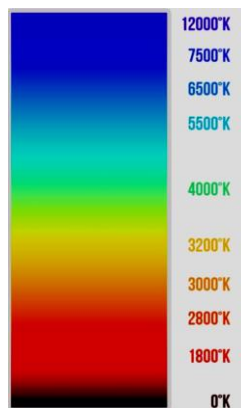
Busi adalah suatu alat yang dipergunakan untuk meloncatkan bunga api listrik di dalam silinder ruang bakar. Bunga api listrik ini akan diloncatkan dengan perbedaan tegangan 10.000 volt diantara kedua kutup elektroda dari busi. Karena busi mengalami tekanan, temperatur tinggi dan getaran yang sangat keras, maka busi dibuat dari bahan-bahan yang dapat mengatasi hal tersebut. Pemakaian tipe busi untuk tiap-tiap mesin telah ditentukan oleh pabrik pembuat.

Jenis busi pada umumnya dirancang menurut keadaan panas dan temperatur didalam ruang bakar. Secara garis besar busi dibagi menjadi tiga yaitu busi dingin, busi sedang (medium type) dan busi panas. Busi dingin adalah busi yang menyerap serta melepaskan panas dengan cepat sekali. Jenis ini biasanya digunakan untuk mesin yang temperatur dalam ruang bakarnya tinggi. Busi panas adalah busi yang menyerap serta melepaskan panas dengan lambat. Jenis ini hanya dipakai untuk mesin yang temperatur dalam ruang bakarnya rendah. (Prabowo, 2005). Gambar bagian-bagian dari busi dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Konstruksi (busi jama, 2008)

Pada setiap jenis busi memiliki kemampuan tersendiri dalam menghasilkan besar kecilnya percikan dan warna bunga api yang tergantung pada celah dari tiap-tiap 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.



Gambar 2.8 Colour Temperature Chart

(www.otomotif.web.id. 2014)

2.2.10. Bahan Bakar

2.2.10.1 Pertamina Turbo

Pertamax turbo merupakan bahan bakar superior Pertamina dengan kandungan energi tinggi dan ramah lingkungan, diproduksi menggunakan bahan baku pilihan berkualitas tinggi sebagai hasil penyempurnaan formula terhadap produk Pertamina sebelumnya. Pertamina Turbo memiliki beberapa keunggulan yaitu: bebas timbal (*unleaded*) dan *Research Octane Number* (RON) sebesar 98 yang didalamnya terkandung energi besar yang akan membuat pembakaran kendaraan lebih bertenaga, berakselerasi tinggi, lebih responsif dan *knock free*. Pertamina Turbo mampu membersihkan timbunan deposit pada *fuel injector*, *inlet valve*, ruang bakar yang dapat menurunkan performa mesin kendaraan dan mampu melarutkan air di dalam tangki sehingga dapat mencegah karat dan korosi pada saluran dan tangki bahan bakar pada Tabel 2.1. Menunjukkan spesifikasi dari Pertamina Turbo.

Tabel 2.1 Spesifikasi Pertamina Turbo (Mulyono, 2012)

No	Sifat	MIN	MAX
1	Angka Oktan riset RON	98	
2	Kandungan Pb (gr/ltr)		0,013
3	Distilasi		
	10% Vol penguapan (°C)		70
	50% Vol penguapan (°C)	77	110
	90% Vol penguapan (°C)	130	180
	Titik Didih Akhir (°C)		205
	Residu (% Vol)		2,0
4	Tekanan Uap Reid pada 37,8 °C (psi)	45	60
5	Getah purawa (mg/100ml)		5
6	Periode Induksi (menit)	520	
7	Kandungan Belerang (% massa)		0.2
8	Korosi bilah tembaga (3jam/50°C)		
9	Uji dokter atau belerang mercapatan		0.0
10	Massa Jenis (kg/M ³)	715	770
11	Warna	Merah	

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

2.2.10.2. Angka Oktan

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

Tabel 2.2 Angka Oktan untuk Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	Angka Oktan
Premium	88
Pertalite	90
Pertamax	92
Pertamax turbo	98
Bensol	100

2.2.11. Dynamometer

Dynamometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi, putaran mesin, dan daya yang dihasilkan dari sebuah mesin tanpa harus mengetes di jalan raya. Berikut ini jenis-jenis dari *Dynamometer* :

a. *Engine dyno*

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

b. *Chasis dyno*

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

2.2.12. 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 momen dan apabila dihubungkan dengan kerja dapat ditunjukkan dengan persamaan (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 (Heywood, 1988).

$$P = \frac{2\pi nT}{60.000} \dots\dots\dots (2.2)$$

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

Besaran konsumsi bahan bakar diambil dengan cara pengujian jalan menggunakan tangki mini yang telah dimodifikasi dan dilakukan uji jalan dengan jarak tempuh sama pada setiap sampel yaitu 4,1 km, dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Dimana :

v = volume bahan bakar terpakai (mL)

s = jarak tempuh (km)