

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Wardana (2016) meneliti tentang pengaruh variasi CDI terhadap kinerja motor 4 langkahh 200 cc berbahan bakar premium. Paramater yang dicari adalah daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar. Dari hasil penelitian diperoleh torsi tertinggi pada penggunaan CDI *racing* Siput Advan Tech dengan torsi sebesar 17,38 (Nm) pada putaran mesin 7750 (RPM). Daya tertinggi diperoleh pada penggunaan CDI *racing* Siput Advan Tech dengan daya sebesar 17,5 HP pada putaran mesin 6450 (RPM). Konsumsi bahan bakar CDI standar sebesar 35,87 km/l, CDI BRT sebesar 33,3 km/l, dan CDI SAT sebesar 32,85 km/l dengan menggunakan bahan bakar yang sama yaitu premium 420 ml.

Sumasto (2016) meneliti tentang pengaruh variasi CDI terhadap kinerja motor bensin 4 langkahh 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 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.

Ramadhani (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan CDI dan Koil *racing* terhadap karakteristik percikan bunga api dan kinerja motor 4 langkahh 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.

Pambudi, dkk (2016) meneliti tentang *remapping* pengapian *programmable* CDI dengan perubahan variasi tahanan *ignition coil* pada motor bakar 4 langkah 125 CC berbahan bakar E-100. Parameter yang dicari adalah nilai torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar. Metode 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 10,1 Ohm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil nilai rata-rata torsi tertinggi saat menggunakan timing pengapian standar 15° dan oil dengan tahanan primer 1,3 Ohm dan tahanan 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° dengan koil tahanan primer 1,3 Ohm dan tahanan sekunder 10,1 Ohm sebesar 9,63 Hp di putaran mesin 7000 rpm. Dan untuk nilai maksimum rata-rata torsi tertinggi sebesar 12,33 N.m pada putaran mesin 2875 rpm nilai maksimum rata-rata daya tertinggi sebesar 9,3 pada putaran mesin 7034 rpm, nilai tersebut didapat saat menggunakan koil dengan tahanan primer 1,3 Ohm dan tahanan sekunder 10,1 Ohm dan timing pengapian 20°. Sedangkan untuk nilai *sfc* yang lebih irit adalah saat menggunakan koil dengan tahanan primer 1,3 Ohm dan tahanan sekunder 10,1 Ohm dan timing pengapian standar 15° sebesar 253.9 gr/kW.h.

Siswanto & Efendi (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.

Amri (2014) meneliti tentang pengaruh komponen dan setting pengapian terhadap kinerja motor 4 langkahh 113 CC berbahan bakar campuran premium-ethanol dengan kandungan ethanol 35%. Parameter yang dicari adalah nilai torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar dengan variasi campuran bahan bakar premium-ethanol 35%. Dari hasil penelitian diperoleh torsi tertinggi pada putaran 3916 (RPM) dengan torsi sebesar 11,82 (Nm). Daya tertinggi sebesar 7,7 (HP) pada putaran 7,776 (RPM), sedangkan pada penggunaan CDI standar konsumsi bahan bakar lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan CDI *racing*.

Momintan (2013) meneliti tentang pengaruh variasi *timing* pengapian terhadap kinerja motor bensin 4 langkahh 100 CC berbahan bakar campuran premium-ethanol 40 %. Parameter yang dicari adalah nilai torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar antara kondisi CDI standar, CDI *racing timing* standard an CDI *racing timing* non-standar. Dari hasil penelitian diperoleh torsi tertinggi pada CDI *racing* dengan *timing* standar pada putaran mesin 3.838 rpm dengan *timing* pengapian $\pm 45^\circ$ sebelum TMA yaitu sebesar 7,22 N.m. Daya tertinggi pada CDI *racing* dengan *timing* non-standar pada putaran mesin 7.755 rpm dengan *timing* pengapian $\pm 45^\circ$ sebelum TMA yaitu sebesar 5,9 HP. Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar pada CDI *racing* lebih boros dibandingkan CDI standar.

Apip (2009) meneliti tentang unjuk kerja motor bakar 4 langkahh berbahan bakar campuran premium - etanol dengan *persentase blending* 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pengujian dilakukan pada motor bensin 4 langkahh yang telah dilakukan *tune up* sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi kenaikan daya yang tidak begitu signifikan seiring dengan penambahan *persentase* etanol dan konsumsi bahan bakar spesifik juga mengalami penurunan yang tidak begitu signifikan.

Ardawalika (2009) meneliti tentang campuran bahan bakar besin dan etanol pada motor bakar empat langkahh 196cc dengan *persentase* 0%, 5%, 10%, 15%, 25%, 30%, dan 35%. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa penambahan etanol pada bensin yang diuji pada motor bensin standar tidak terlalalu mempengaruhi nilai torsi, daya, konsumsi bahan bakar, dan SFC. Tetapi untuk efisiensi *thermis* cenderung mengalami peningkatan. *Effisiensi* terbesar

tanpa penambahan etanol adalah 6,22% dan *effisiensi* terbesar dengan etanol adalah 7,996%.

Hartono (2007) meneliti tentang penggunaan pada bahan bakar premium, pertamax dan pertamax plus. Hasil penelitian menunjukkan torsi maksimum dicapai pada bensin pertamax sebesar 7,52 Nm pada 6118 rpm, diikuti pertamax plus 7,41 Nm pada 5931 rpm, dan bensin premium 7,41 Nm pada 5958 rpm. Sedangkan daya maksimum pada bensin pertamax sebesar 6,80 HP pada 7434 rpm, diikuti premium 6,74 HP pada 7672 rpm, lalu pertamax plus sebesar 6,73 HP pada 7317 rpm. Untuk konsumsi bahan bakar spesifik minimal dimiliki pertamax plus sebesar 0,11 HP pada 5250 rpm, diikuti pertamax sebesar 0,12 HP pada 4750 rpm, kemudian premium sebesar 0,12 kg/kWh pada 5250 rpm.

Dari hasil tinjauan pustaka yang diacu tentang sistem pengapian dapat diambil kesimpulan bahwa dalam penggunaan CDI, Koil, Busi *racing* menghasilkan daya dan torsi lebih tinggi dan bahan bakar yang dikonsumsi lebih sedikit daripada penggunaan CDI, Koil dan Busi standar pabrikan dengan demikian penggunaan komponen pengapian *racing* dapat menambah kinerja mesin.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Motor Bakar

Motor bakar adalah jenis mesin kalor, yaitu mesin yang dapat mengubah energi termal menjadi energi kerja mekanik maupun mengubah bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Sebelum menjadi tenaga mekanis, energi kimia bahan bakar diubah menjadi energi termal atau panas melalui pembakaran dengan udara diruang bakar.

2.2.2 Jenis Motor Bakar

Motor bakar dibagi menjadi dua jenis, yaitu Motor Bensin (*Otto*) dan Motor *Diesel*. Perbedaan kedua motor tersebut yaitu motor bensin menggunakan bahan bakar bensin, sedangkan motor disel menggunakan bahan bakar solar, perbedaan lainnya ada pada sistem penyalaan, dimana motor bensin menggunakan

busi untuk sistem penyalaaan sedangkan pada motor disel tidak menggunakan busi melainkan menggunakan kompresi yang tinggi untuk dapat membakar bahan bakar solar. Mesin *Diesel* biasanya digunakan pada kendaraan atau alat berat seperti HD. Sedangkan mesin bensin biasanya digunakan di kendaraan roda dua dan kendaraan roda empat yang ukurannya relatif kecil.

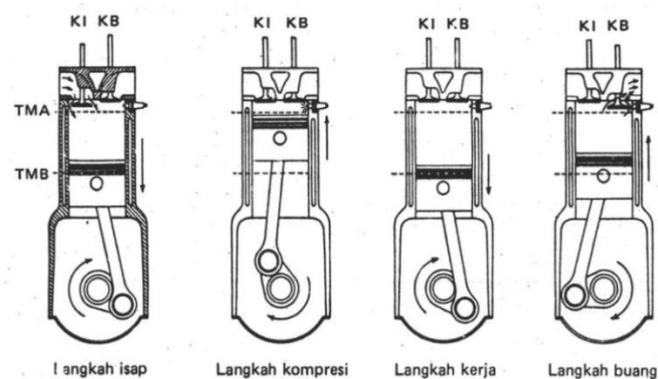
2.2.3 Prinsip Kerja Motor Bakar

2.2.3.1 Motor Bensin

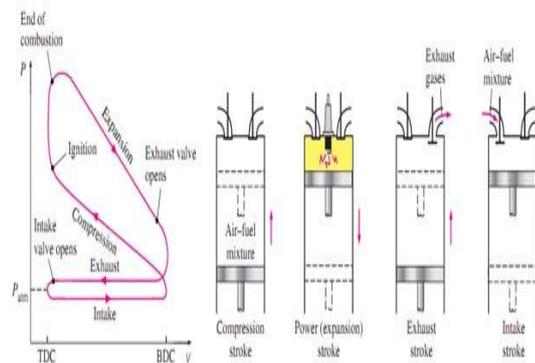
Motor bensin termasuk ke dalam jenis motor torak. Adapun proses pembakaran bahan bakar dan udara di dalam ruang silinder (*internal combustion engine*). Motor bakar bensin sendiri dilengkapi dengan busi dan karburator yang membedakannya dengan motor disel.

2.2.3.2 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah

Motor bakar bensin 4 langkahh adalah jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang dioperasikan dari udara yang bercampur dengan bensin dan untuk menyelesaikan satu siklusnya diperlukan empat langkahh piston dan dua kali putaran poros engkol, seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus motor bakar bensin 4 langkah (Arismunandar, 2005)



Gambar 2.2. Diagram P-v dari siklus aktual motor bakar bensin 4-langkah (Wardono, 2004).

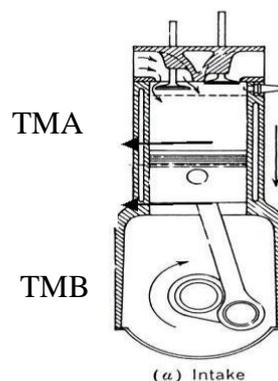
Untuk lebih jelasnya proses yang terjadi pada motor bakar bensin 4-langkahh dapat dilihat melalui siklus ideal dari siklus udara volume konstan seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.

Keterangan mengenai proses pada siklus udara volume konstan dapat dijelaskan sebagai berikut :

Pertama-tama kerja awal dengan cara menstarter, mengkol dan mendorong) dapat memperi kerja awal pada piston.

1. Proses 0→1 : Langkah hisap (*Intake*)

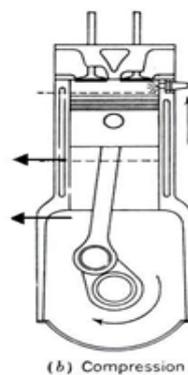
Pada saat proses langkahh hisap campuran udara dan bahan bakar dari karburator terhisap masuk kedalam ruang bakar karena Bergeraknya piston dari posisi TMA menuju TMB. Pada saat proses ini katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup secara otomatis. Dalam proses ini dapat kita lihat dari gambar 2.3 dibawah ini :



Gambar 2.3. Proses Langkahh hisap Motor 4 Langkahh (Arismunandar, 2005)

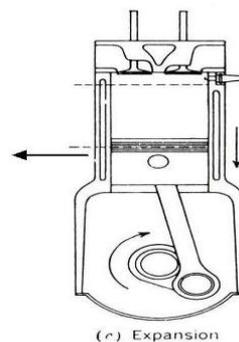
2. Proses 1→2 : Langkahh kompresi (*Compression*)

Proses kompresi adalah proses dimana piston bergerak dari TMB menuju TMA dan posisi katup hisap dan buang dalam keadaan tertutup, karnah adanya proses kompresi itu sehingga menyebabkan temperatur didalam ruang bakar atau silinder naik sehingga menyebabkan campuran udara dan bahan bakar mudah terbakar. Proses kompresi ini berlangsung secara isentropik. Dalam proses kompresi ini dapat kita lihat dari gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4. Langkahh kompresi Motor Bakar 4 Langkahh (Arismunandar, 2005)

3. Proses 2→3 : Langkahh pembakaran volume konstan



Gambar 2.5. Langkahh Pembakaran Motor Bakar 4 Langkahh (Arismunandar, 2005)

Pada saat piston hampir mencapai TMA, percikan bunga api dari elektroda busi dipercikan ke campuran udara dan bahan bakar terkompresi sehingga bahan bakar dan udar terbakar, akibatnya terjadi kenaikan temperatur dan tekanan yang drastis. Posisi katup masih dalam posisi

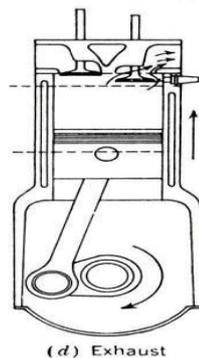
tertutup. Proses ini disebut sebagai proses pemasukan panas (kalor) pada volume konstan.

4. Proses 3→4 : Langkahh kerja/ekspansi (*Expansion*)

Katup hisap dan buang masih diposisi tertutup. Gas pembakaran yang terjadi mampu mendorong piston untuk bergerak kembali dari TMA menuju TMB. Bergeraknya piston menuju TMB menyebabkan volume gas pembakaran didalam silinder semakin bertambah, sehingga temperatur dan tekanannya turun.

5. Proses 4 → 1: langkah buang volume konstan (*Exhaust*)

Setelah piston mencapai TMB, katup buang terbuka secara otomatis sedangkan katup isap dalam posisi tertutup. Piston bergerak dari TMB ke TMA untuk membuang kalor sisa pembakaran. Proses ini terjadi pada volume konstan.

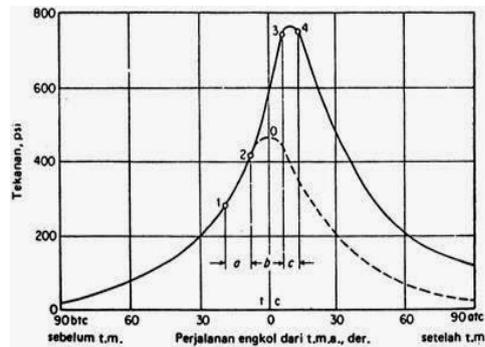


Gambar 2.6. Langkahh buang Motor Bakar 4 Langkahh
(Arismunandar, 2005)

2.2.4 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 2.7. Pada gambar ini dapat dilihat tekanan udara akan naik selama langkahh 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 2.7 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 2.7). 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 2.7 sebagai garis lurus yang menaik, 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.

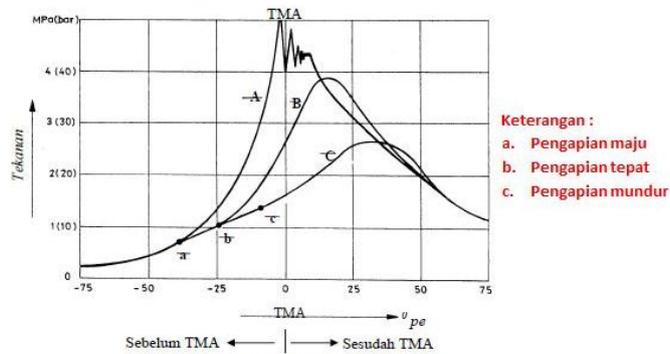
Periode pembakaran, ketika terjadi kenaikan tekanan yang berlangsung dengan cepat (garis tekanan yang curam dan lurus, garis BC pada gambar 2.7) dinamai periode pembakaran cepat (b). Periode pembakaran ketika masih terjadi kenaikan tekanan sampai melewati tekanan yang maksimum dalam tahap berikutnya (garis CD, gambar 2.7), dinamai periode pembakaran yang akan 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. Padaputaran 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 dan di setel.

2.2.4.1 Tiga Macam Pengapian

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 pengapian dapat sesuai. Adapun akibat dari waktu pengapian yang tidak tepat,



Gambar 2.8 Grafik pengapian

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. Pengapian Mundur

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. Pengapian Tepat

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.

2.3 Sistem Pengapian

Sistem pengapian berfungsi mengatur proses pembakaran campuran bensin dan udara di dalam silinder sesuai waktu yang sudah ditentukan yaitu pada akhir langkahh kompresi. Pembakaran diperlukan karena pada motor bakar bensin pembakaran tidak bisa terjadi dengan sendirinya. Pembakaran campuran bensin dan udara yang dikompresikan terjadi di dalam silinder setelah busi memercikkan bunga api, sehinga diperoleh tenaga akibat pemuaiian gas (eksplosif) hasil pembakaran, mendorong piston ke TMB menjadi langkahh usaha. Agar busi dapat memercikkan bunga api, diperlukan suatu sistem yang bekerja secara akurat. Sistem pengapian terdiri dari berbagai komponen yang bekerja bersama-sama dalam waktu yang sangat cepat dan singkat. Sistem pengapian terdiri dari 2 jenis, yaitu sistem pengapian konvensional dan sistem pengapian elektronik. Perbedaan mendasar kedua sistem pengapian ini terletak pada pengatur sistem pengapiannya. Pengapian konvensional menggunakan platina sebagai pengatur pengapiannya, sedangkan pengapian elektronik menggunakan CDI sebagai pengatur pengapiannya.

2.3.1 Sistem Pengapian Elektronik

Sistem pengapian elektronik pada motor dibuat untuk mengatasi kelemahan-kelemahan yang terjadi pada sistem pengapian konvensional, baik yang menggunakan baterai maupun magnet. Pada pengapian konvensional umumnya kesulitan membuat komponen seperti *contact breaker* (platina) dan unit pengatur saat pengapian otomatis yang cukup presisi (teliti) untuk menjamin keterandalan dari kerja mesin. Sistem pengapian elektrik menggunakan CDI

(*Capasitor Discharge Ignition*) sebagai pengganti platina pada sistem pengapian konvensional. Komponen CDI secara umum merupakan suatu alat yang mampu mengatur dan menghasilkan energi listrik yang sangat baik diseluruh rentang putaran mesin (*rpm*) mulai dari putaran rendah pada saat *start* sampai putaran mesin tinggi saat kendaraan dipacu sangat kencang. Terdapat beberapa macam sistem pengapian elektronik, antara lain :

Sistem pengapian semi transistor, merupakan sistem pengapian elektronik yang masih menggunakan platina.

- a. Sistem pengapian full-transistor, merupakan sistem yang tidak terdapatnya bagian-bagian yang bergerak (secara mekanik) dan mengandalkan *magnetic trigger* (magnet pemicu) dan sistem *pick up coil* untuk memberikan sinyal ke control unit guna menghasilkan percikan bunga api busi.
- b. Sistem pengapian *Capasitor Discharge Ignition* (CDI), merupakan sistem pengapian elektronik yang sangat populer digunakan pada sepeda motor saat ini. Sistem pengapian CDI lebih menguntungkan dan lebih baik dibandingkan pengapian konvensional (menggunakan platina). Dengan pengapian CDI, tegangan pengapian yang dihasilkan lebih besar dan stabil sehingga proses pembakaran campuran bensin dan udara bisa berpeluang makin sempurna.

2.3.2 Sistem Pengapian CDI

Sistem pengapian CDI merupakan salah satu jenis sistem pengapian pada kendaraan bermotor yang memanfaatkan arus pengosongan muatan (*discharge current*) dari kondensator yang berfungsi penyatu daya kumparan pengapian (*ignition coil*). Pengapian sistem ini lebih ke arah pengapian yang diatur secara elektrik oleh suatu komponen yang dinamakan CDI (*Capasitor Discharge Ignition*). CDI mempunyai tugas yang sama dengan platina, yaitu mengatur waktu meletiknya bunga api pada busi yang akan membakar bahan bakar yang telah dimampatkan oleh piston. Sistem pengapian CDI terbagi menjadi jenis, yaitu :

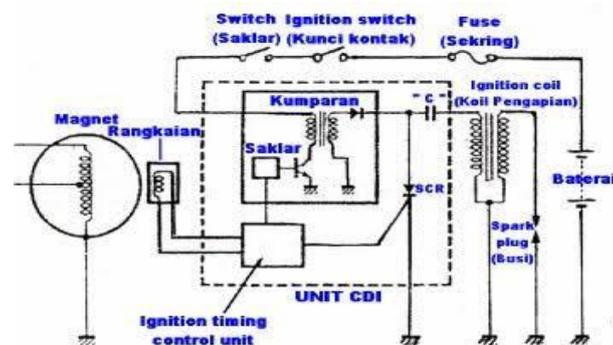
- a. Sistem pengapian CDI-AC (*Alternative Current*), merupakan sistem pengapian CDI yang sumber tegangan listriknya berasal dari *sourch coil*.
- b. Sistem Pengapian CDI-DC (*Dirrect Current*), merupakan sistem pengapian.
- c. CDI yang sumber tegangannya berasal dari baterai.

Kelebihan sistem pengapian CDI adalah :

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

2.3.3 Sistem Pengapian CDI-DC (*Direct Current*)

Sistem pengapian CDI arus DC merupakan sistem pengapian yang sumber tegangan listriknya berasal dari baterai. Jalur kelistrikan pada sistem pengapian CDI dengan sumber arus DC ini adalah arus pertama kali dihasilkan oleh kumparan pengisian akibat putaran magnet yang selanjutnya diserahkan dengan menggunakan *Rectifier* kemudian dihubungkan ke baterai untuk melakukan proses pengisian (*Charging System*). Dari baterai arus ini dihubungkan ke kunci kontak, CDI unit, koil pengapian, dan busi.



Gambar 2.9. Sirkuit sistem pengapian CDI dengan arus DC (Jama, 2008)

Cara kerja sistem pengapian CDI dengan arus DC yaitu pada saat kunci kontak di *ON*-kan, arus akan mengalir ke kumparan penguat arus dalam CDI yang meningkatkan tegangan dari baterai. Selanjutnya arus disearahkan melalui dioda dan kemudian dialirkan ke kondensator untuk disimpan sementara. Akibat putaran mesin, koil pulsa menghasilkan arus yang kemudian mengaktifkan SCR, sehingga memicu kondensator/kapasitor untuk mengalirkan arus ke kumparan primer koil pengapian. Pada saat terjadi pemutusan arus yang mengalir pada kumparan primer koil pengapian, maka timbul tegangan induksi pada kedua kumparan yaitu kumparan primer dan sekunder dan menghasilkan loncatan bunga api pada busi untuk melakukan pembakaran campuran bahan bakar dan udara.

2.4 Komponen Sistem Pengapian

2.4.1 Capacitor Discharge Ignition (CDI)

CDI menurut fungsinya adalah pengatur waktu/*timing* untuk mijarkan bunga api busi yang sudah dibesarkan oleh koil untuk memicu pembakaran pada ruang bakar silinder. Pengaturan pengapian akan memaksimalkan kemampuan akselerasi dan *power* mesin hingga maksimal. Komponen ini digunakan pada sistem pengapian elektronik.

2.4.2 Baterai

Baterai adalah alat yang mampu menghasilkan energi listrik dengan menggunakan energi kimia. Baterai biasanya digunakan untuk menyuplai arus listrik ke sistem *starter* mesin, sistem pengapian, lampu-lampu, dan sistem kelistrikan lainnya. Komponen ini digunakan pada sistem pengapian konvensional dan elektronik.

2.4.3 Ignition Coil (koil)

Untuk menghasilkan percikan bunga api, listrik harus melompat melewati celah udara yang terdapat diantara dua elektroda pada busi. Karena udara merupakan isolator (penghantar listrik yang kurang baik), tegangan yang sangat tinggi dibutuhkan untuk mengatasi sistem tersebut dan seluruh komponen sistem

pengapian lainnya. Koil pengapian mengubah sumber tegangan rendah dari baterai atau koil sumber (12 V) menjadi sumber tegangan tinggi (10 KV atau lebih) yang diperlukan untuk menghasilkan loncatan bunga api yang kuat pada celah busi dalam sistem pengapian. Komponen ini digunakan pada sistem pengapian konvensional dan elektrik.

Pada koil pengapian, kumparan primer dan sekunder digulung pada inti besi. Kumparan-kumparan ini akan menaikkan baterai menjadi tegangan yang sangat tinggi melalui induksi elektromagnetik. Inti besi (*core*) dikelilingi kumparan yang terbuat dari baja kumparan yaitu kumparan sekunder dan primer dimana lilitan pri oleh lilitan sekunder.

Terdapat tiga tipe utama koil yang umum digunakan, yaitu :

a. Tipe *Canister*

Tipe ini mempunyai inti besi di bagian tengahnya dan kumparan sekunder mengelilingi inti besi tersebut. Kumparan primernya berada di sisi luar kum sekunder. Keseluruhan komponen dirakit dalam salah satu rumah di logam *canister*. Terkadang, koil meredam panas yang dihasilkan.

b. Tipe Koil *Moulded*

Tipe *moulded coil* tipe ini, inti besi di bagian tengahnya dikelilingi oleh kumparan primer, sedangkan kumparan sekunder berada di sisi luarnya. Konstruksi Koil (Sumber : Tristante, 2014) tegangan yang diterima dari *silicon* tipis. Terdapat dua *canister* ini diisi dengan oli (pelumas) untuk membantu merupakan tipe yang sekarang umum digunakan. kemudian dibungkus dalam resin (damar) agar tahan terhadap getaran yang biasanya ditemukan dalam sepeda motor.

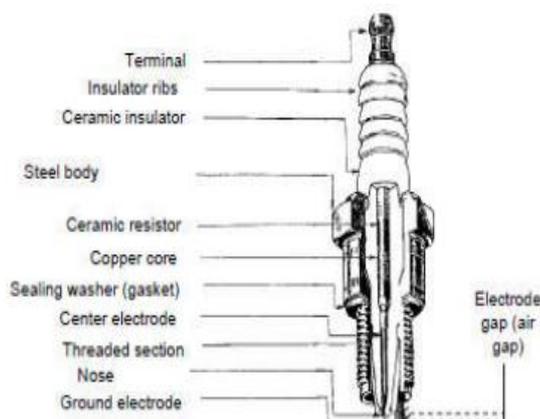
c. Tipe koil gabungan (menyatu) dengan tutup busi (*spark plug*)

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

2.4.5 Spark Plug (busi)

Busi difungsikan untuk memercikan buanga api yang digunakan untuk membakar campuran bahan bakar dan udara yang telah di kompresi, sehingga terjadi langkabh usaha. Busi memiliki 2 elektroda yakni elektroda tengah dan elektroda negatif (masa)

Setelah arus listrik dibangkitkan oleh igiton coil (koil pengapian) menjadi arus listrik tegangan tinggi, kemudian arus tersebut mengalir menuju distributor, kabel arus tegangan tinggi dan ke busi, pada busi arus melompat dari elektroda tengah ke elektroda negatif sehingga menimbulkan loncatan buanga api yang dibutuhkan untuk membakar campuran udara dan bahan bakar.



Gambar 2.10. Kostruksi Busi (Jama, 2008)

Penjelasan :

1. *Terminal stud*

Terminal stud terletak di dalam insulator. *Terminal stud* ini dihubungkan dengan kaca konduktif khusus yang berhubungan dengan *centre electrode* secara langsung. Bagian dari ujung *terminal stud* yang keluar dari insulator memiliki aliran yang berfungsi untuk memasang kabel tegangan tinggi (kabel busi). Pada ulir dipasang sebuah terminal yang digunakan untuk memasang kabel busi.

2. Isolator

Isolator terbuat dari material keramik yang diproduksi dengan nama dagang *sintox*, *pyranit*, *corudite*, dan sebagainya. Biasanya insulator

berbahan dasar *aluminium oxide* yang dicampur dengan keramik. Insulator berfungsi untuk mengisolasi elektroda pusat dan *terminal stud* dan *shell*. Agar tidak terjadi hubungan singkat, insulator harus memiliki kekuatan mekanik yang cukup, tahanan listrik yang tinggi, dan konduktivitas panas yang tinggi untuk memenuhi kondisi kerjanya.

3. *Ground Electrode*

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

4. *Centre Electrode*

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

5. Celah Elektroda

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

2.5 Pengaruh Pengapian

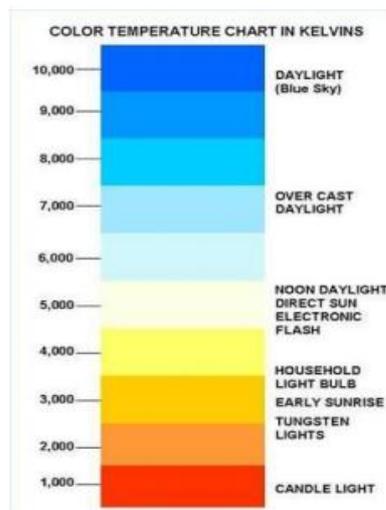
Sistem pengapian CDI merupakan penyempurnaan dari sistem pengapian magnet konvensional (sistem pengapian dengan kontak platina) yang mempunyai kelemahan-kelemahan sehingga akan mengurangi efisiensi kerja terhadap mesin. Sebelumnya sistem pengapian pada sepeda motor menggunakan sistem pengapian konvensional.

Dalam hal ini sumber arus yang dipakai ada dua macam, yaitu dari baterai dan dari 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.

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

Sistem pengapian CDI pada sepeda motor sangat penting, dimana sistem tersebut berfungsi sebagai pembangkit atau penghasil tegangan tinggi untuk kemudian disalurkan ke busi. Bila sistem pengapian mengalami gangguan atau kerusakan, maka sistem pembakaran pada ruang bakar akan terganggu dan tenaga yang dihasilkan oleh mesin tidak maksimal. Pengapian CDI akan lebih menghemat bahan bakar karena lebih sempurna dalam sistem pembakaran.

Percikan bunga api pada busi juga menghasilkan warna bunga api yang berbeda-beda. Semakin biru bunga apinya maka akan semakin besar pula suhu yang dikeluarkan dari busi tersebut.



Gambar 2.11. Tingkat warna Suhu (Digifotografi, 2012)

2.6 Bahan Bakar Minyak (BBM) Dan Ethanol

2.6.1 Definisi Bahan Bakar Minyak

BBM kepanjangan dari Bahan Bakar Minyak, BBM sering digunakan untuk kendaraan. Tanpa BBM motor atau mobil yang kita gunakan tidak bisa beroperasi. Bahan bakar adalah suatu materi yang bisa diubah menjadi energi. Bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran (reaksi redoks) dimana bahan bakar akan melepaskan panas setelah direaksi dengan oksigen diudara.

Panas atau kalor yang timbul karena pembakaran bahan bakar tersebut disebut hasil pembakaran. Kriteria umum yang harus dipenuhi bahan bakar yang akan digunakan dalam motor bakar adalah sebagai berikut:

- a. Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi.
- b. Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah pembakaran karena akan menyebabkan kerusakan pada dinding silinder.

- c. Gas sisa dari pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepas ke atmosfer.

Karakteristik utama yang diperlukan dalam bensin adalah sifat pembakarannya. Sifat pembakaran ini biasanya diukur dengan angka oktan. Angka oktan merupakan ukuran kecenderungan bahan bakar untuk mengalami pembakaran tidak normal yang timbul sebagai ketukan mesin. Semakin tinggi angka oktan suatu bahan bakar, semakin berkurang kecenderungannya untuk mengalami ketukan dan semakin tinggi kemampuannya untuk digunakan pada rasio kompresi tinggi.

2.6.2 Bahan Bakar Premium

Premium merupakan bahan bakar fosil yang umum digunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor. Bahan bakar ini sering disebut juga dengan *gasoline* atau *petrol*. Dari sisi lingkungan, premium masih memiliki kandungan logam berat timbal yang berbahaya bagi kesehatan. Dari segi teknologi, penggunaan premium dalam mesin berkompresi tinggi akan menyebabkan mesin mengalami knocking atau ngelitik. Sebab, premium di dalam mesin kendaraan akan terbakar dan meledak tidak sesuai dengan gerakan piston. Premium sendiri memiliki nilai oktan sebesar 88. Spesifikasi premium dapat dilihat pada tabel (2.1) berikut ini.

Tabel 2.1. Spesifikasi Premium (Keputusan Dirjen Migas)

NO	Sifat	MIN	MAX
1	Angka oktan riset RON	88	-
2	Kandungan Timbal pb (gr/lit)	-	0,30
3	Distilasi		
	10% Vol penguapan ($^{\circ}C$)	-	74
	50% Vol penguapan ($^{\circ}C$)	88	125
	90% Vol penguapan ($^{\circ}C$)	-	180
	Titik didih akhir ($^{\circ}C$)		205
	Residu (% Vol)		2.0

4	Tekanan Uap Reid pada 37,8 °C	-	62
5	Getah Purawa (mg/100ml)	-	5
6	Periode Induksi (menit)	360	-
7	Kandungan Belerang (% massa)	-	0.002
8	Korosi bilah tembaga (3 jam/ 50 °C)	Kelas I	
no	Sifat	Min	Max
9	Uji dokter atau belerang mercapatan	Negatif	
10	Warna	kuning	2

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

2.6.3 Ethanol

Ethanol adalah salah satu turunan dari senyawa hidroksil atau gugus OH, dengan rumus kimia C₂H₅OH. Istilah umum yang biasanya sering dipakai untuk senyawa tersebut, adalah alkohol. Ethanol memiliki sifat yang tidak berwarna, mudah menguap, mudah larut dalam air, berat molekul 46,1 dengan titik didih 78,3 derajat Celcius, membeku pada suhu -117,3 derajat Celcius, kerapatannya 0,789 pada suhu 20 C, nilai kalor 7077 kal/gram, panas latent penguapan 204 kal/gram dan angka oktan sebesar 91-105 (Hambali.,et al., 2008).

2.6.4 Syarat-Syarat Bahan Bakar Untuk Motor Bakar Bensin

2.6.4.1 Volatilitas Bahan Bakar

Volatilitas bahan bakar didefinisikan sebagai kecenderungan cairan bahanbakar untuk menguap. Pada motor bensin, campuran bahan bakar dan udara yang masuk dalam silinder sebelum dan sesudah selama proses pembakaran diusahakan sudah dalam keadaan campuran uap bahan bakar dan udara, sehingga memudahkan proses pembakaran. Oleh karena itu kemampuan menguapkan bahan bakar untuk motor bensin sangat penting.

Table 2.2. Angka oktan bahan bakar

Jenis Bahan bakar	Angka Oktan
Premium	88
Pertalite	90
Pertamax	92
Pertamax Turbo	98

2.6.4.2 Parameter Prestasi Motor Bensin 4 Langkah

Prestasi mesin biasanya dinyatakan dengan efisiensi thermal, η_{th} . Karena pada motor bakar 4 langkahh selalu berhubungan dengan pemanfaatan energi panas/kalor, maka efisiensi yang dikaji adalah efisiensi thermal. Efisiensi thermal adalah perbandingan energi (kerja/daya) yang berguna dengan energi yang diberikan. Prestasi mesin dapat juga dinyatakan dengan daya output dan pemakaian bahan bakar spesifik engkol yang dihasilkan mesin. Daya output engkol menunjukkan daya output yang berguna untuk menggerakkan sesuatu atau beban. Sedangkan pemakaian bahan bakar spesifik engkol menunjukkan seberapa efisien suatu mesin menggunakan bahan bakar yang disuplai untuk menghasilkan kerja. Prestasi mesin sangat erat hubungannya dengan parameter operasi, besar kecilnya harga parameter operasi akan menentukan tinggi rendahnya prestasi mesin yang dihasilkan (Wardono, 2004).

Untuk mengukur prestasi kendaraan bermotor bensin 4–langkahh dalam aplikasinya diperlukan parameter sebagai berikut:

- a. Konsumsi bahan bakar, semakin sedikit konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor bensin 4 langkahh, maka semakin tinggi prestasinya.
- b. Akselerasi, semakin tinggi tingkat akselerasi kendaraan bermotor bensin 4 langkahh maka prestasinya semakin meningkat.
- c. Waktu tempuh, semakin singkat waktu tempuh yang diperlukan pada kendaraan bermotor bensin 4 langkahh untuk mencapai jarak tertentu, maka semakin tinggi prestasinya.

- d. Putaran mesin, putaran mesin pada kondisi idle dapat menggambarkan normal atau tidaknya kondisi mesin. Perbedaan putaran mesin juga menggambarkan besarnya torsi yang dihasilkan.
- e. Harga dari efisiensi volumetrik berbanding lurus dengan output mesin, sehingga output mesin akan lebih baik jika efisiensi volumetrik dibuat sebesar mungkin. Pada mesin 4 langkahh efisiensi volumetrik tidak dapat mencapai 100%. Hal ini disebabkan adanya banyak faktor yang mempengaruhi seperti temperatur dan kecepatan mesin serta perencanaan sistem pengisian bahan bakar terutama pada mekanisme katup (Nugroho, 2005).

2.6.5 Parameter Petunjuk Perhitungan

2.6.5.1 Torsi (Nm)

Torsi adalah indikator baik dari ketersediaan mesin untuk kerja. Torsi didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada jarak momen dan apabila dihubungkan dengan kerja dapat ditunjukkan. (Arismunandar , 1998)

$$T = F \times L$$

$$T_1 \text{ (Torsi } water \text{ break dynamometer)} = F \cdot L \text{ (N.mm)}$$

$$T_2 \text{ (Torsi motor)} = T_1 : \text{rasio gigi (N.mm)}$$

Dengan :

$$T = \text{Torsi (N.mm)}$$

$$F = \text{Gaya yang terukur pada } water \text{ break dynamometer (N)}$$

$$L = x = \text{panjang lengan pada } dynamometer \text{ (0,21m)}$$

$$\text{Rasio gigi} = 3,115$$

2.6.5.2 Daya

Daya adalah besar usaha yang dihasilkan 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 didalam silinder dan selanjutnya menggerakkan semua meknisme. Unjuk kerja

motor bakar pertama-tama tergantung dari daya yang ditimbulkan (Soenarto & Furuham, 1995).

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 dihubungkan dengan dinamometer dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor yang akan mengaduk air yang ada didalamnya. Hambatan ini akan menimbulkan torsi (T), sehingga nilai daya (P) dapat ditentukan sebagai berikut .

$$P = x = \frac{2\pi.n.T}{6000} (KW)$$

Dengan :

$$P = \text{Daya (KW)}$$

$$N = \text{Putaran Mesin (rpm)}$$

$$T = \text{Torsi (N.mm)}$$

Dalam hal ini daya normal diukur dalam kW, tetapi satuan HP masih digunakan juga, dimana :

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

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

2.6.5.3 Konsumsi Bahan Bakar

Besar pemakaian konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC/Spesifik Fuel Consumption*) ditentukan dalam g/kWh. Konsumsi bahan bakar spesifik adalah pemakaian bahan bakar yang terpakai perjam untuk setiap daya yang dihasilkan pada motor bakar (Arismunandar, 1988)

$$SFC =$$

Dengan :

$$SFC = \text{Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kWh)}$$

$$P = \text{Daya mesin (kW)}$$

Sedangkan nilai () dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$m_f = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} [Kg/jam]$$

Dengan :

B = Volume gelas ukur (cc)

t = Waktu pengosongan buret dalam detik (s)

ρ_{bb} = massa jenis bahan bakar

m_f = adalah penggunaan bahan bakar per jam pada kondisi Tertentu.