

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Nana dan Taufik (2015) meneliti tentang uji performa motor 4 langkah berbahan bakar LPG dengan variasi *ignition timing*. Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data tentang pengaruh perubahan ignition timing terhadap unjuk kerja sepeda motor berbahan bakar LPG data hasil pengujian torsi tertinggi diperoleh pada sudut pengapian 32° sebesar 5,97 Nm pada putaran 4500 rpm 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.

Maulana ishaq (2017) meneliti tentang pengaruh bukaan throttle terhadap motor bakar 6 langkah dengan sistem injeksi. Berdasarkan hasil penelitian, analisa dan pembahasan pada pengujian variasi bukaan throttle terhadap unjuk kerja motor bakar 6 langkah dengan sistem injeksi adalah torsi terbesar didapat pada putaran 4200 sebesar 0,60 kg.m. daya efektif sebesar 3,79 hp pada 6000 rpm. SFCe didapat 0,261 pada 7200 rpm dan efisiensi thermal efektif didapat sebesar 44,85 %

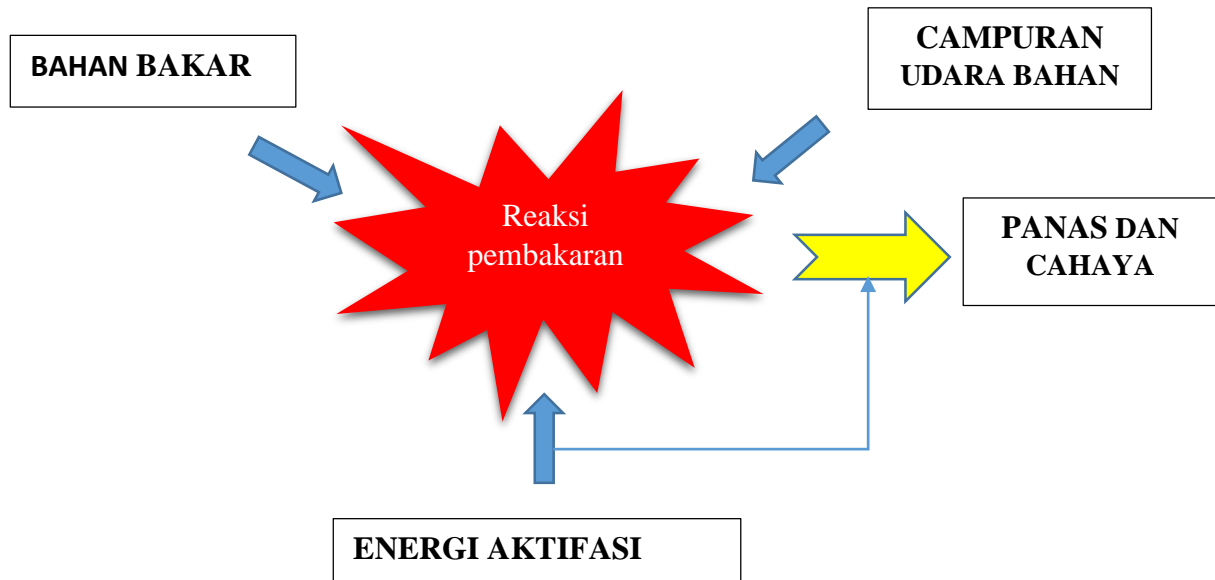
Saidut, dkk (2012) merangkum teknologi yang melakukan pemanfaatan kembali energi pada motor bakar. Diantaranya terdapat beberapa rangkuman dari beragam jenis motor bakar 6 langkah yang menggunakan pemanfaatan kembali energi termal dari gas buang. Pemanfaatan ini dapat meningkatkan unjuk kerja motor bakar dibanding motor bakar Otto 4 langkah konvensional. Hal ini yang menginspirasi desain motor bakar secara umum, bahwa motor bakar 6 langkah(dengan penambahan 2 langkah dari siklus Otto) akan memiliki unjuk kerja yang lebih baik dari motor bakar 4 langkah Otto.

Ivan Surya Kartika dan Philip Kristanto (2012) meneliti pengkonversian bahan bakar bensin menjadi etanol pada motor bakar 4 langkah hasil penelitiannya menunjukkan etanol dapat diterapkan pada motor 4 langkah dengan ubahan rasio kompresi 11,2:1 dengan pengapian maju (advance) 5 derajat sebelum TMA. tenaga yang dihasilkan naik menjadi 7,6 HP dari 6,6 HP pada kondisi standart.

2.2 Proses Pembakaran

Pembakaran adalah proses reaksi kimia dimana bahan bakar, udara dan energi aktivasi untuk menghasilkan cahaya dan panas sehingga menyebabkan naiknya temperatur. Proses pembakaran terjadi disaat ada bahan bakar, udara dan energi aktivasi. Campuran bahan bakar

dan udara harus seimbang agar mampu menghasilkan pembakaran yang dimaksud storiometri, setelah itu kedua komposisi tersebut akan diberikan suatu energi percikan untuk memicu proses terjadinya pembakaran (Wardana, 2008:3). Bisa dilihat pada proses pembakaran: Gambar 2.1 ilustrasi.



Gambar 2.1 Ilustrasi proses pembakaran

Sumber: Wardana (2008:3)

Proses pembakaran yang sempurna harus selalu memenuhi syarat yaitu:

1. Terdapat bahan bakar
2. Pasokan udara yang pas
3. Campuran bahan bakar dan udara harus storiometri
4. Terdapat energi aktivasi

Syarat diatas jika tidak terpenuhi salah satu maka tidak akan menghasilkan pembakaran yang sempurna (Soetiari, 1990:35). Proses pembakaran yang tidak sempurna akan menyebabkan polusi udara.

2.3 Proses Terjadinya Tenaga

Sebuah kendaraan bisa bergerak membutuhkan energi gerak untuk melawan gesekan ban dengan jalan, gesekan udara, gesekan antara bagian yang berputar. Alat yang dapat membangkitkan energi gerak disebut penggerak utama yang dikenal dengan nama motor.

Motor harus melakukan proses pembakaran agar terjadi energi gerak. Pembakaran yang terjadi pada motor menghasilkan CO_2 , H_2O , energi cahaya, energi panas. Energi panas yang

timbul itulah yang digunakan oleh motor untuk menghasilkan tenaga sebagai penggerak dengan cara merubah gerak translasi menjadi rotasi

Kesimpulannya adalah motor berfungsi untuk mengubah energi panas dari hasil pembakaran menjadi energi gerak atau energi mekanik.

2.4 Prinsip Kerja Motor Bakar

Motor bakar 4 langkah yang konstruksinya terdiri dari *piston*, *connecting rod*, *crankshaft*, *cylinder blok*, *klep in*, *klep out*, *head*, *pin piston*, *ring piston* dan, *fly wheel*

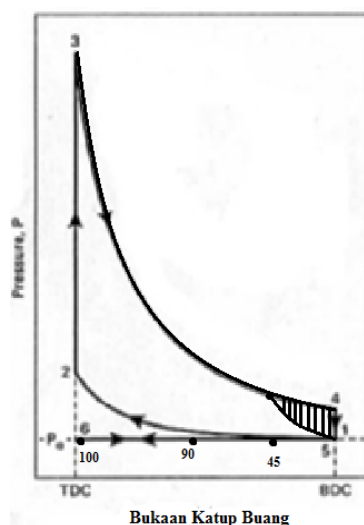
Di dalam motor bakar 4 langkah bahwa campuran antara udara dan bensin dibakar untuk memperoleh energi panas. Energi panas diubah menjadi energi mekanik

Jadi agar motor bakar dapat bekerja, harus melakukan beberapa proses kerja, yaitu:

1. Menghisap campuran udara – bahan bakar masuk ke dalam *cylinder*
2. Mengompresi gas campuran udara – bahan bakar agar diperoleh tekanan pembakaran yang tinggi
3. Pengapian pada saat yang tepat
4. Meneruskan gaya tekan hasil pembakaran sehingga dapat diubah menjadi energi gerak
5. Membuang gas sisa pembakaran keluar dari ruang pembakaran.

Proses tersebut terjadi dalam suatu proses kerja yang disebut siklus. Satu siklus terjadi terjadi 4 proses kerja yang masing – masing proses kerja dilakukan oleh satu langkah *piston* sehingga satu kali usaha pada motor bakar diperlukan 4 langkah *piston*.

2.4.1 P-V Diagram *Ekpansion* 4 Stroke Akibat Bukaannya Katup Buang



Gambar 2.2 Prediksi P-V diagram motor bakar 4 langkah.
Sumber: Pulkrabek (2004:90)

Bisa dilihat Gambar 2.2 saat titik mati bawah, katup buang terbuka pada sudut 45° mengakibatkan bahan bakar sudah terbangun melalui *exhaust*. maka dari itu, sisa bahan bakar yang terbangun tersebut seperti yang diarsir bisa dimanfaatkan kembali untuk motor bakar 6 langkah, sehingga efisiensinya lebih tinggi daripada 4 langkah

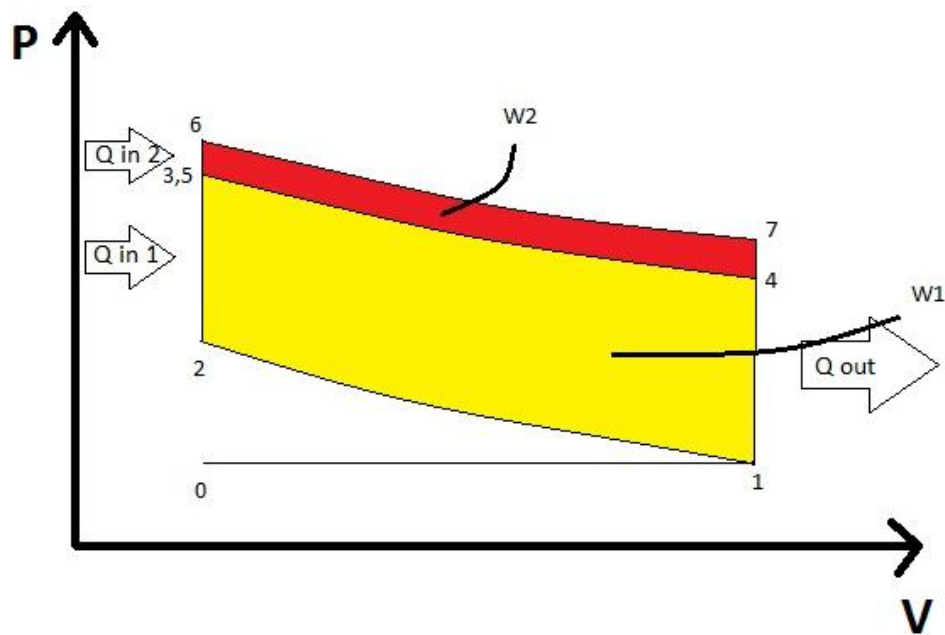
2.5 Motor Bakar 6 Langkah

Skema dari motor bakar 6 langkah ini didukung oleh beberapa literatur. Seperti rendahnya tingkat homogenitas dari campuran udara–bahan bakar maupun homogenitas temperatur pada campuran pada ruang bakar. Relatif rendahnya kedua homogenitas ini terutama saat putaran tinggi dikarenakan rendahnya kecukupan durasi difusi bahan bakar ke dalam seluruh udara pembakar (Liakos, Founti & N.C., 2000), dan kecukupan durasi difusi termal dari dinding silinder keseluruhan campuran udara–bahan bakar. Kedua kondisi ini mengakibatkan terdapat lokal-lokal area pembakaran yang tidak sempurna di dalam ruang bakar. Ketidak cukupan durasi ini telah diterangkan oleh Khovakh (1979), bahwa untuk 3000 rpm putaran motor waktu yang tersedia untuk pencampuran hanya sekitar 0.02 detik, sehingga kualitas campuran yang baik sulit diperoleh.

Keunggulan lain yaitu dalam 1 siklus ada 3 putaran *crankshaft* dengan 1 bahan bakar masuk. Maksudnya yaitu efisiensi bahan bakar yang lebih baik dari motor bakar 4 langkah dikarenakan bisa 3 putaran dalam 1 siklus. Sedangkan motor 4 langkah 2 putaran *crankshaft* dalam satu siklus dan motor 2 langkah 1 putaran *crankshaft* dalam satu siklus.

Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa konsep motor bakar 6 langkah memiliki potensi yang sangat besar untuk masa depan.

2.5.1 Prediksi P-V Diagram Motor Bakar 6 Langkah Dua Kali Pembakaran



Gambar 2.3 Prediksi diagram P-V ideal motor bakar 6 langkah

Pada kondisi yang ideal diasumsikan semua campuran udara - bahan bakar dianggap telah terbakar habis, namun pada kenyataannya masih menyisakan campuran udara - bahan bakar yang tidak terbakar sempurna. Sehingga proses pembakaran motor bakar 6 langkah didapatkan langkah siklus sebagai berikut.

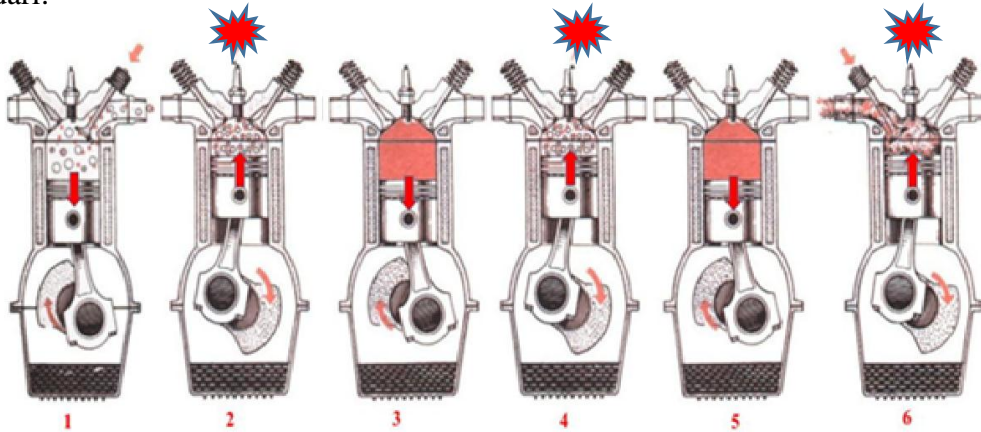
1. (0-1) = Langkah hisap (isobarik)
2. (1-2) = Langkah kompresi 1 (adiabatik)
(2-3) = Penambahan kalor I/Qin 1 (isokhorik)
3. (3-4) = Langkah ekspansi 1 (adiabatik)
4. (4-5) = Langkah kompresi 2 (adiabatik)
(5-6) = Penambahan kalor 2/Qin 2 (isokhorik)
5. (6-7) = Langkah ekspansi 2 (adiabatik)
(7-1) = Pelepasan kalor/Qout (isokhorik)
6. (1-0) = Langkah buang (isobarik)

Sedangkan untuk luas usaha dari diagram P-V ideal pada motor bakar 6 langkah yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Luas usaha ideal: } W_{\text{net}} &= W_1 + W_2 \\ &= 1 - 2 - 6 - 7 \text{ (bidang)} \end{aligned}$$

2.5.2 Motor Bakar 6 Langkah Berbasis Penambahan Difusi Massa dan Termal Campuran

Berbeda dengan konsep motor bakar 6 langkah sebelumnya, Eko Siswanto, et al (2014) menyampaikan suatu konsep baru yang tidak hanya menggunakan 1 langkah kerja pada satu siklus, tidak memerlukan sinkronisasi langkah kerja dan juga mengganti 2 langkah penyempurnaan pembuangan setelah langkah buang menjadi 2 langkah difusi jelang pembakaran, atau langkah kerja. Siklus motor bakar 6 langkah dalam penelitian ini terdiri dari:



Gambar 2.4 Skema siklus motor bakar 6 langkah

Sumber: Fikri (2015:22)

Seperti terlihat pada Gambar 2.4 penambahan 2 langkah terhadap siklus Otto 4 langkah yang dilakukan bertujuan untuk menambah durasi difusi bahan bakar terhadap udara masuk. Dengan penambahan tersebut, memungkinkan untuk meningkatkan homogenitas dan temperatur dari campuran udara-bahan bakar sebelum terbakar untuk mendapatkan daya ekspansi yang lebih baik.

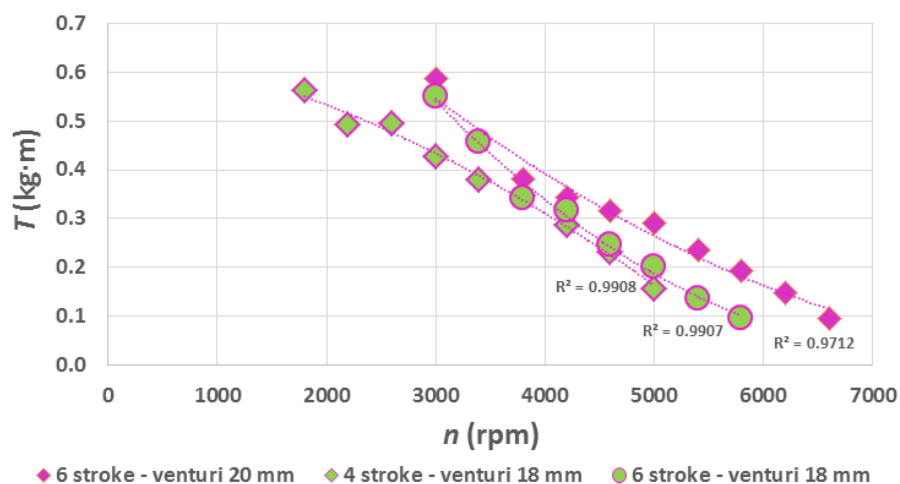
Dengan penambahan 2 langkah tersebut, secara teoritis dapat disimpulkan kualitas dari kerja ekspansi yang terjadi akan memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada motor bakar 4 langkah biasa. Dengan peningkatan kualitas tenaga per siklus ini, motor selain dapat menurunkan rasio konsumsi bahan bakar terhadap putaran, juga diharapkan mampu meningkatkan rasio energi ekspansi terhadap *losses* masa bahan bakar yang tidak terbakar dengan tidak mengorbankan rasio energi ekspansi terhadap rugi gesekan.

Karena kalor pada dinding silinder, kepala silinder, dan piston terdifusi kedalam campuran bahan bakar dan udara lebih lama maka operasi motor bakar 6 langkah ini juga diharapkan mampu menurunkan temperatur dinding silinder, kepala silinder dan piston yang berarti dapat menyederhanakan desain sistem pendingin atau dapat meningkatkan keandalan komponen-komponen motor. Difusi secara sederhana dipahami sebagai perpindahan massa

karena adanya perbedaan konsentrasi, perpindahan terjadi dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah. Kemudian yang mempengaruhi kecepatan difusi agar cepat seimbang dipengaruhi oleh penambahan 2 langkah yaitu *diffusion's compression stroke* semakin kecil jarak antar konsentrasi bahan bakar dan udara maka semakin cepat difusi yang terjadi. Pada langkah *diffusion's expansion stroke* dimana udara dan bahan bakar mendapatkan energi panas sehingga kecepatan difusi meningkat. Dengan mempercepat difusi maka bahan bakar dan udara bisa menjadi lebih homogen sehingga pembakaran yang terjadi semakin baik.

2.5.3 Pengaruh Diameter Venturi Karbureter Terhadap Kinerja Enam-Stroke 125 CC Combustion Engine

Performa motor bakar 6 tak dipengaruhi juga oleh diameter venturi. Diameter yang digunakan yaitu 18 mm dan 20 mm.

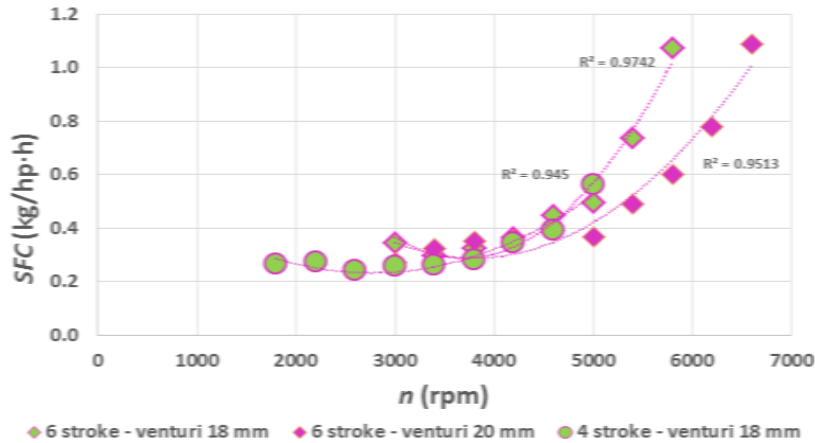


Gambar 2.5 hubungan antara putaran *crankshaft* terhadap torsi
Sumber: E. Siswanto (2016:4)

Bisa dilihat pada gambar bahwa torsi menurun ketika rpm naik. Hal ini disebabkan naiknya pembebanan pada rem kecepatan putaran bisa diatur sesuai keinginan. Sehingga dapat disimpulkan semakin besar beban pengereman maka semakin besar torsi. Hubungan antara beban F dan torsi T dapat ditulis:

$$T = F \times L$$

Di lain sisi, gerakan translasi piston dan akselerasi juga meningkat sehingga menghasilkan gaya gesek antara dinding piston dan silinder. Katup *intake* meningkat diiringi putaran engkol yang tinggi sehingga campuran massa bahan bakar udara yang masuk ke silinder menurun mengakibatkan tekanan efektif pembakaran berkurang.



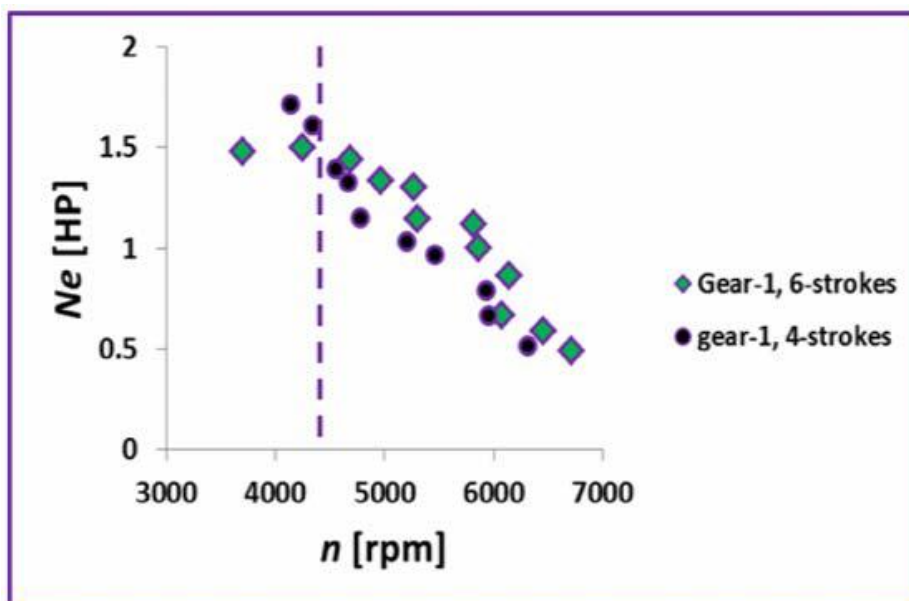
Gambar 2.6 hubungan antara putaran motor bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik
Sumber: E. Siswanto (2016:5)

Pada kondisi seperti gambar diatas pada putaran poros tinggi menyebabkan pembakaran sempurna dan menghasilkan tenaga yang lebih besar. Sehingga menunjukkan kecenderungan konsumsi bahn bakar (SFC) dari putaran awal sampai putaran putaran tinggi meningkat. Disebabkan rotasi yang lebih tinggi maka jumlah siklus ikut tinggi.

Sehingga didapat diameter venturi 20 mm memberi peningkatan torsi rata – rata 21% pada 3000 rpm sebesar 68 kg.m, daya efektif sebesar 2,84 (hp) dan, efisiensi termal tertinggi berada 29,78% .

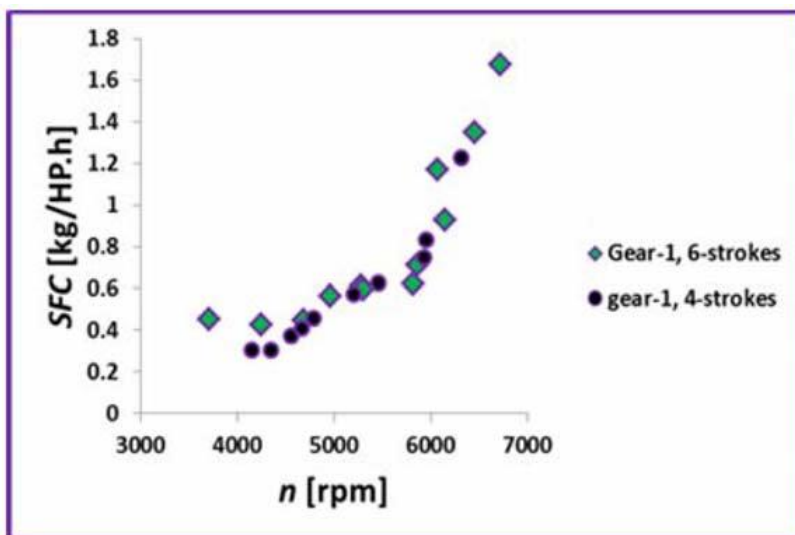
2.5.4 Performa Motor Bakar 6 Langkah

Di bawah ini adalah penjelasan tentang perbandingan antara performa *internal combustion engine six stroke* dan *internal combustion engine four stroke*.



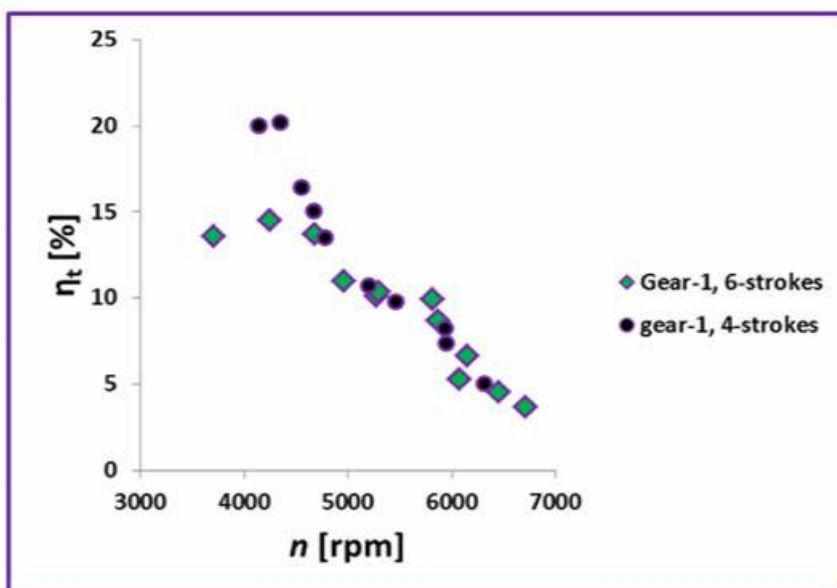
Gambar 2.7 efektif power Ne pada 6 stroke dan 4 stroke
Sumber: E Siswanto (2017:10)

Pada rpm 4500, diberikan garis putus putus tanda bahwa kekuatan motor bakar 6 stroke adalah sebesar 1.10 HP. Sedangkan rata rata yang dimiliki 4 stroke sebesar 0,99 HP. Maka dari itu, motor bakar 6 tak memiliki nilai yang lebih tinggi pada *power density* atau *ratio power to wight* pada *engine*. Daya efektif yang besar (N_e) dikarenakan campuran difusi yang lebih baik pada silinder dan efisiensi volumetrisnya juga besar. Semakin baik difusi menyebabkan homogenitas campuran udara bahan bakar lebih tinggi.



Gambar 2.8 Specific fuel consumption (SFC) pada 6 stroke dan 4 stroke
Sumber: E. Siswanto (2017:12)

Pada rpm 4500 sampai rpm 6500 dari 6 stroke menghasilkan SFC rata rata 0,78 kg/HP.h. pada 4 stroke berada pada 0,66 kg/HP.h. jika dilihat nilai *Specific fuel consumption* (SFC) pada motor bakar 6 stroke lebih boros sekitar 15,4%.



Gambar 2.9 Thermal efficiency η_t pada 6 stroke dan 4 stroke
Sumber: E. Siswanto (2017:14)

Bisa dilihat motor bakar 6 stroke memiliki efisiensi termal lebih rendah dari pada 4 stroke pada rpm 3600 sampai rpm 4500. Efisiensi termal berbanding terbalik dengan bahan bakar spesifik dan berbanding lurus pada daya efektif.

2.6 Injeksi

Injeksi adalah seperangkat alat penerus dari sistem karburator. Injeksi berfungsi sebagai pencampur bahan bakar dan udara dengan perbandingan yang diinginkan sehingga menghasilkan pembakaran yang sempurna. Injeksi ini membutuhkan perangkat yaitu injector. Injector inilah yang bertugas menyuplai bahan bakar disemprotkan ke *throttle body*. *Throttle body* ini berfungsi mencampur udara-bahan bakar. Penggunaan sistem injeksi bisa meningkatkan tenaga pada motor bakar jika dibandingkan dengan karburator karena bisa membuat bahan bakar tercampur secara homogen terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.10 injeksi

Sumber: Laboratorium Proses Produksi Jurusan Mesin Universitas Brawijaya (2016)

Part-part pada injeksi beserta fungsinya:

1. *Throttle body*

Mengatur atau mengontrol bukaan katup agar udara masuk terkendali

2. *Engine control module* (ECM)

Berfungsi untuk menerima sinyal dari berbagai sensor sehingga nantinya datanya diolah dan dibandingkan dengan parameter yang ada sehingga bisa memberikan apa yang dibutuhkan *engine*

3. *Manifold absolute pressure* (MAP)

Pendeteksi kevakuman di daerah *intake manifold*

4. *Injector*

berfungsi untuk menyemburkan bahan bakar ke *intake manifold* untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar

5. *Fuel pump*

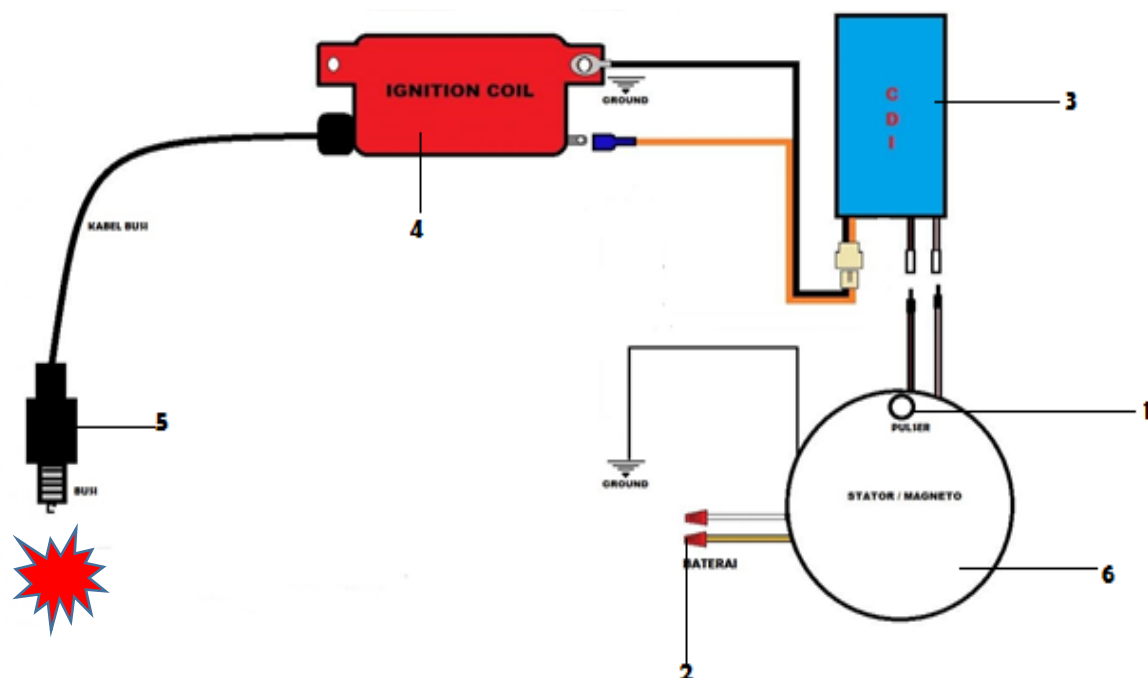
Memompa dan mengalirkan bahan bakar dari tangki bahan bakar menuju *injector*

6. *Engine oil sensor*

Pendeteksi panasnya oli motor

2.7 Sistem Pengapian

CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) ialah system alat pengapian elektrik yang digunakan pada motor bakar untuk menyimpan energi sementara dan akan dikeluarkan ketika waktunya pas untuk dialirkan ke koil dengan tegangan 12 volt untuk dinaikkan tegangannya hingga 15.000 volt, dengan output tegangan tinggi ini menghasilkan percikan api pada busi. Pada busi tergantung pada besarnya percikan api didalam kapasitor. Campuraan bahan bakar dan udara juga sangat berpengaruh terhadap kinerja motor bakar. Karena campuran bahan bakar dan udara serta percikan api yang bagus akan menghasilkan energi yang besar pula.



Gambar 2.11 Diagram sirkuit dasar CDI
Sumber: Techno, Sains (2016)

Bagian-bagian pada gambar 2.6 yang bisa ditemui disuatu pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) yaitu:

1. Kumparan Pemicu (*pulser coil*)

Pulser adalah alat memberi aba-aba pada cdi untuk memantikkan listrik dari magnet yang akan dirubah menjadi api di busi.

2. Baterai (*battery*)

Baterai adalah alat yang merubah energi kimia menjadi energi listrik. Kegunaan dari baterai itu sebagai penyimpan energi listrik dan mengeluarkan energi listrik ketika dibutuhkan yang contohnya untuk CDI.

3. *Capacitor Discharge Ignition* (CDI)

Capacitor Discharge Ignition (CDI) adalah Sistem pengapian elektrik pada motor bakar untuk melakukan pembakaran.

4. Kumparan Pengapian (*ignition coil*)

Ignition coil adalah alat yang digunakan untuk merubah arus 12 volt menjadi 15000-30000 volt agar memperkuat pengapian motor untuk memercikan api ke busi.

5. Busi

Busi berupa percikan api berguna untuk membakar bensin yang sudah di kompresi oleh piston.

6. Magnet/stator

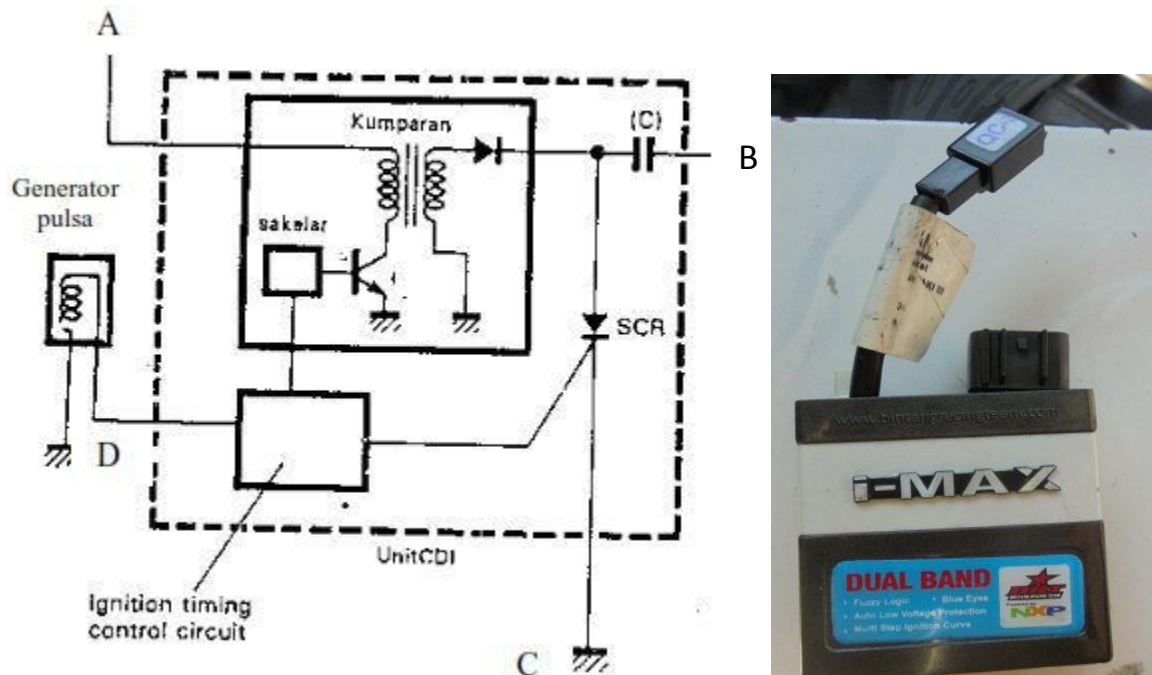
Magnet adalah kumparan untuk menghasilkan energi untuk mengisi baterai.

2.7.1 Sistem Pengapian CDI

Pada saat magnet berputar akan menghasilkan tegangan AC (bolak-balik) dalam bentuk induksi listrik yang berasal dari kumparan atau biasa disebut *spool*. Arus akan dikirimkan ke CDI dengan tegangan antara 100-400 volt, tergantung putaran *crankshaft* motor bakar. Selanjutnya arus bolak balik (AC) yang berasal dari kumparan dijadikan arus searah (DC) oleh diode dan disimpan di kapasitor pada CDI unit. Kapasitor tidak akan melepas arus sebelum komponen yang bertugas menjadi pintu (SCR) bekerja, bekerjanya SCR apabila telah mendapatkan sinyal pulsa dari kumparan pulser CDI (*pulser coil*) yang menandakan saatnya pengapian.

Dengan berfungsinya SCR menyebabkan kapasitor melepaskan arus (*discharge*) dengan cepat. Kemudian arus mengalir ke kumparan primer koil pengapian dengan tegangan 100-400 volt, kemudian terjadi induksi dalam kumparan sekunder dengan tegangan sebesar 15000-30000 volt. Tegangan tinggi tersebut selanjutnya mengalir ke busi dalam bentuk loncatan bunga api yang akan membakar campuran udara dan bahan bakar. Kelebihannya dari CDI model ini bisa deprogram waktu pengapiannya sehingga menghasilkan ledakan pada waktu yang diinginkan. Bahan bakar yang kaya membutuhkan derajat lebih maju

karena bahan bakar tersebut susah dibakar sehingga membutuhkan pemajuan waktu pengapian dan begitu bahan bakar miskin maka derajat pengapiannya dimundurkan. Jika bahan bakar diubah menjadi etanol dengan angka oktan yang tinggi maka pengapian harus dimajukan karena bahan bakar etanol memiliki jeda waktu pembakaran lebih lama daripada bensin dan sejenisnya.



Gambar 2.12 Skema CDI

Sumber: *Text Book*, Suzuki 6:12

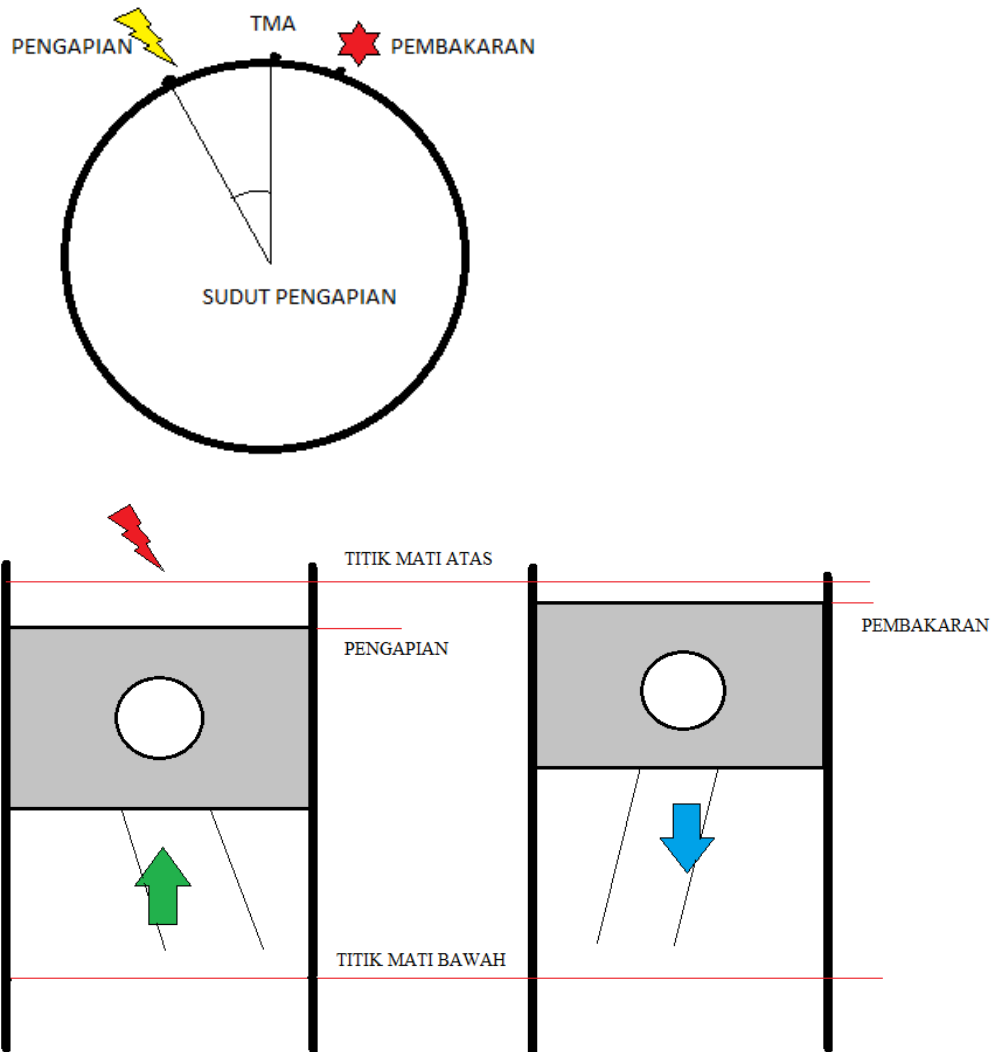
Keterangan:

- A : Kabel oranye dihubungkan ke baterai
- B : kabel putih gari biru dihubungkan ke kumparan primer koil pengapian
- C : Kabel hitam garis putih dihubungkan ke massa
- D : Kabel biru garis kuning

2.7.2 Sudut Pengapian

Proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar sangat cepat. Namun ada selang waktu sesaat awal penyalaan busi sampai udara dan bahan bakar terbakar habis. Nyala api akan merambat kesegala arah dengan kecepatan yang tinggi antara 20 m/s–50 m/s. (Arismunandar, 2005:82).

Ignition timing adalah saat terjadinya percikan busi pada waktu beberapa derajat sebelum TMA pada akhir langkah kompresi. Pada proses pembakaran dibutuhkan waktu bagi api untuk merambat pada ruang bakar.



Gambar 2.13 Sudut pengapian dan letak piston saat pengapian terjadi
Sumber: Dokumen pribadi

Untuk mendapatkan performa yang maksimal, *ignition timing* harus pas. Arends & berenscot (1994), jika *ignition timing* terlalu maju, bisa mengakibatkan detonasi dikarenakan ledakan terjadi saat piston sebelum melewati TMA. Hal itu sangat merugikan. Apabila *ignition timing* terlambat, mengakibatkan menurunnya daya. Volume ruang bakar pada akhir pembakaran sudah meningkat sehingga mengakibatkan sisa kalor akan terbawa gas buang.

Ignition timing juga memiliki variabel yang bisa berubah sesuai keinginan peneliti. Contohnya:

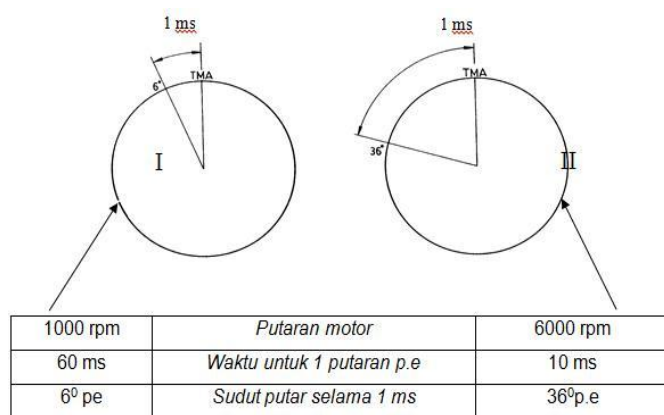
1. Kecepatan rambat api

Sudut pengapian yang dibutuhkan sangat dipengaruhi oleh kecepatan rambat api. Kecepatan rambat api dipengaruhi oleh konsentrasi campuran bahan bakar dan udara, campuran kaya atau basah membutuhkan waktu lebih lama untuk terbakar daripada campuran miskin atau kering. Nilai oktan dari bahan bakar juga mempengaruhi terhadap

kecepatan rambat api, semakin tinggi nilai oktan yang dimiliki bahan bakar akan memiliki waktu lebih lama untuk terbakar daripada bahan bakar yang memiliki nilai oktan rendah.

2. Kecepatan putaran

Sudut pengapian pada putaran rendah memiliki nilai sudut yang berbeda dengan putaran tinggi dikarenakan kecepatan piston akan meningkatkan kecepatan putaran poros engkol, namun waktu yang dibutuhkan api untuk terbakar tetap. Maka dari itu pada putaran tinggi dibuat lebih maju dari putaran rendah. Hal ini disarankan untuk diaplikasikan pada mesin dikarenakan, jika tidak diubah, bisa mengakibatkan menurunnya daya motor bakar itu sendiri.



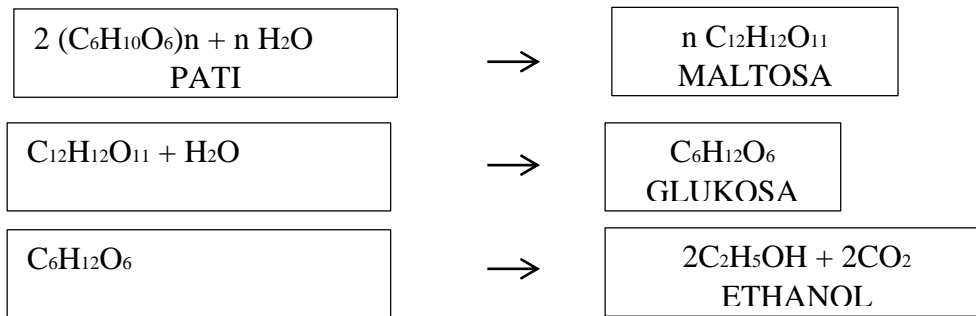
Gambar 2.14 Hubungan waktu pengapian terhadap putaran mesin
Sumber : Dokumen pribadi

2.8 Bahan bakar

Bahan bakar adalah semua zat yang bisa dijadikan energi. *Hydrocarbon merupakan* bahan bakar yang sering digunakan sebagai bahan bakar. Senyawa hydrocarbon saling berikatan hingga membentuk rantai. *Hydrocarbon* yang memiliki panjang rantai beda memiliki sifat yang berbeda juga. Pada kondisi tekanan kamar, C₁ – C₄ berwujud gas, sedangkan C₅ – C₁₈ berwujud cair dan, C₁₉ keatas berbentuk padat.

2.8.1 Ethanol

Ethanol berasal dari kata *etil-alcohol* yaitu senyawa hydrocarbon yang bisa digunakan untuk bahan bakar. Ethanol memiliki unsur C₂H₅OH. Ethanol bisa diperoleh dari peragian gula, sehingga banyak terdapat dan melimpah di alam seperti tebu, jagung, casava. Proses peragian ethanol dari gula seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Proses pembuatan ethanol
Sumber: Dokumen pribadi

Ethanol memiliki bau yang khas dan sering digunakan di laboratorium dan salah satunya dipakai sebagai bahan bakar. Ethanol dikategorikan mudah terbakar dan memiliki api biru warnanya dengan nilai kalor atau (HHV) 30,610 kJ/Kg dan titik nyala pada suhu 76,67°C.

Keuntungan pemakaian ethanol yaitu:

1. Emisi gas buangnya kecil
2. Memiliki kerapatan energi tinggi
3. Bisa dicampur di air

Namun juga memiliki kekurangan

1. Mudah menguap
2. Korosif

Penggunaan bahan bakar *ethanol* sudah banyak digunakan pada negara-negara seperti Amerika dan Brazil dengan cara mencampurkannya dengan bahan bakar bensin.

Penggunaan *ethanol* untuk bahan bakar harus melakukan beberapa perubahan terhadap motor bakar yang digunakan dikarenakan setiap bahan bakar memiliki *ignition lag* yang berbeda dengan bahan bakar bensin, *ignition lag* adalah waktu dimana pengapian menyala hingga terjadi pembakaran. *ignition lag* dipengaruhi dari beberapa hal seperti AFR, LHV dan, oktan *number*. Ketika *ignition lag* terlalu lama maka mengakibatkan hilangnya tenaga dan sebaliknya semakin cepat *ignition lag* maka bisa mengakibatkan *knocking*. *Ethanol* dengan unsur senyawa C_2H_5OH memiliki nilai LHV sebesar 5643,35 kkal·kg⁻¹ sedangkan pertamax yang memiliki unsur senyawa C_8H_{18} memiliki nilai LHV sebesar 10186,32 kkal·kg⁻¹ semakin tinggi nilai LHV maka semakin mudah bahan bakar tersebut terbakar.

2.8.2 Sifat Fisik Etanol

Etanol memiliki sifat fisik yaitu:

1. Rumus molekul : C_2H_5OH
2. Angka Oktan Riset : 111

3. $\Delta \hat{H}_m$: 5,021 KJ/gmol
4. $\Delta \hat{H}_v$: 38,6 KJ/gmol
5. Massa mollar : 46,06844 g/mol
6. Densitas : 0,7893 g/cm³
7. Titik didih : 78,29 0C
8. Titik lebur : -11,14 °C
9. Keasamaan (pKa) : 15,9
10. Viskositas : 1,17 cP (20 °C)
11. Nilai kalor : 29,847 MJ/kg
12. *Flash point* : 16,60 °C
13. LHV : 5643,35 kkal·kg⁻¹

Sumber: Perry (1997:648)

2.9 Pengenalan Perangkat Lunak *FittecPB*

FitteccPB merupakan *software* yang bisa diinstal di komputer maupun laptop. Fungsinya yaitu untuk menampilkan data yang dihasilkan oleh sensor yang sudah terpasang pada motor bakar 6 langkah. Dengan adanya alat bantu, peneliti dipermudah dalam mengetahui kondisi putaran mesin, jumlah bahan bakar yang disemprotkan, dan juga bisa digunakan untuk mengubah pengaturan volume bahan bakar yang disemprotkan. Karena sistemnya sudah digital, maka data yang sudah digunakan bisa disimpan sehingga bisa digunakan kembali.



Gambar 2.16 Window *software fittecPB_32Dmap-v6.00.05*

Sumber: *Engine Management System*

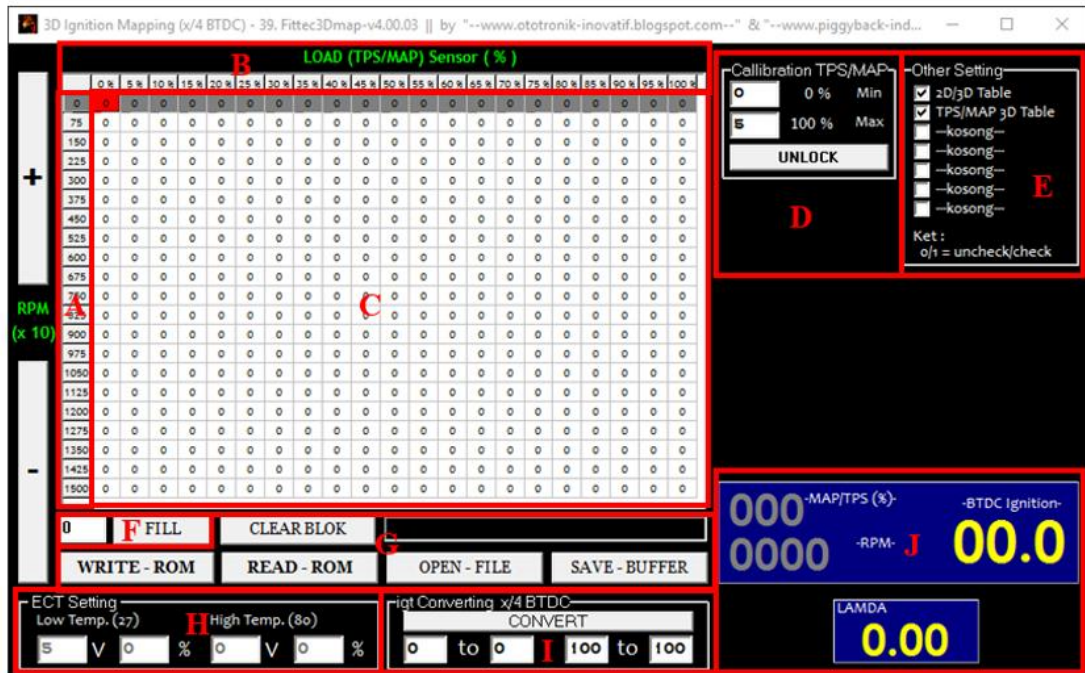
Tampilan *Window Software Fittec PB_32Dmap-v6.00.05*. Pada *software* ini Menu Bar yang digunakan hanya pada menu View yang terdiri dari:

1. Curren Data List (1st Run)



Gambar 2.17 Curren data list (1st Run)
 Sumber: Engine Management System

2. Window 3D injection Mapping



Gambar 2.18 Window 3D Ignition Mapping
 Sumber: Engine Management System

Keterangan Gambar 2.11:

- a. Bagian A adalah nilai *RPM* dimulai dari 0-1500 x 10.
- b. Bagian B adalah nilai *LoadTPS/MAP* dimulai dari 0%-100%.
- c. Bagian C adalah bagian nilai derajat pengapian, akan tetapi yang tertulis pada kolom ini bukanlah nilai derajat yang sebenarnya karena nilai yang digunakan pada kolom 3D *mapping* adalah 0-255, maka nilai derajat yang akan diisi dikalikan dengan 4. Semisal ingin menulis nilai 8 derajat berarti $8 \times 4 = 32$, nilai 32 ini yang ditulis pada kolom lalu klik *FILL*. Setelah semua data terisi klik *WRITEROM* pada *window 3D IgnitionMapping* maka data akan dituliskan ke dalam *ROM*.
- d. Bagian D adalah kalibrasi nilai tegangan minimum dan maksimum dari *sensorTPS/MAP*.
- e. Bagian E tidak digunakan.
- f. Bagian F adalah bagian untuk menuliskan nilai derajat pengapian. Ketika hendak menulis pilih kolom pada bagian C, lalu tuliskan nilai derajat yang diinginkan pada kolom *FILL* setelah terisi lalu klik *FILL*. Apabila penulisan sudah selesai klik *WRITE-ROM* untuk menulis nilai tersebut ke dalam *EEPROM*.
- g. Pada bagian G terdapat beberapa pilihan yang pertama *CLEARBLOK* berfungsi untuk menghapus 1 kolom pada bagian C atau beberapa kolom. *WRITE-ROM* berfungsi untuk menuliskan setingan-setingan yang telah dibuat pada *window 3D IgnitionMapping* ke dalam *EEPROM*. *READ-ROM* berfungsi untuk membaca isi *EEPROM*. *SAVE-BUFFER* berfungsi untuk menyimpan setingan-setingan pada *window 3D IgnitionMapping* dalam bentuk *fileformat* (.3DM). *OPEN-FILE* berfungsi untuk membuka *file* setingan yang telah dibuat.
- h. Bagian H adalah bagian kalibrasi nilai tegangan *sensorECT* ketika kondisi dingin dan kondisi panas tetapi pada *window 3D Ignition Mapping* tidak digunakan.
- i. Bagian I adalah bagian untuk mengganti nilai derajat pengapian yang telah dipilih secara diblok pada kolom bagian C dan nilai derajat dalam kolom akan ditambahkan dengan nilai yang telah ditulis pada kolom *IGTConverting*.
- j. Bagian J adalah bagian tampilan *realtime* nilai derajat pengapian, dan nilai *RPM*. Untuk lamda tidak digunakan.

2.10 Parameter Unjuk Kerja Motor Bakar

Pengujian dari suatu motor bahan bakar adalah mengetahui kinerja dari motor bakar itu sendiri. Parameter-parameter yang akan dibahas untuk mengetahui kinerja motor bakar dalam penelitian motor bakar enam langkah ini meliputi:

1. Torsi (T)
2. Daya efektif (Ne)
3. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe)
4. Efisiensi termal efektif

2.10.1 Torsi

Torsi merupakan momen putar yang dihasilkan oleh poros motor bakar. Besarnya torsi dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut dynamometer, yang akan menunjukkan besarnya gaya atau beban pengereman pada poros, sehingga harga torsi dapat dicari dari hubungan antara perkalian besarnya beban pengereman dengan panjang lengan yang menghubungkan timbangan dengan poros. Besar torsi dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$T = F \times L \quad (2-1)$$

Dengan:

T = Torsi yang dihasilkan (kg.m)

F = Besarnya beban pengereman (kg)

L = Panjang lengan dynamometer (m)

2.10.2 Daya Efektif

Daya efektif merupakan daya yang dihasilkan oleh poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya efektif ini dibangkitkan oleh daya indikasi, yaitu suatu daya yang dihasilkan oleh torak. Daya efektif didapatkan dengan mengalikan torsi (T) dengan kecepatan angular poros (ω). Persamaannya adalah:

$$Ne = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,5} \quad (2-2)$$

Dengan:

Ne = Daya efektif (hp)

T = Torsi (kg.m)

ω = Kecepatan angular poros (rad.detik⁻¹)

n = Putaran poros (rpm)

1 HP = 75 (Kg.m/s)

dapat juga daya efektif dicari dengan :

$$N_e = N_i - N_m$$

Dimana:

N_e = Daya efektif (hp)

N_i = Daya Indikatif (hp)

N_m = Daya mekanis yang hilang (hp)

2.10.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif selama 1 jam. *Specific fuel consumption effective* (SFCe) dengan persamaan sebagai berikut.

$$SFC_e = \frac{F_c}{N_e} \quad (2-3)$$

Dengan:

SFC_e = *Specific fuel consumption effective* (kg.hp⁻¹.jam⁻¹)

F_c = Konsumsi bahan bakar (kg.jam⁻¹)

N_e = Daya efektif (hp)

2.10.4 Efisiensi Termal Efektif

Efisiensi termal efektif merupakan perbandingan antara banyaknya daya efektif yang dihasilkan oleh pembakaran dengan banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan. Nilai ini digunakan sebagai ukuran ekonomis atau tidaknya penggunaan bahan bakar. Hal ini ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\eta_{te} = \frac{Q_e}{Q_b} = \frac{632 \cdot N_e}{F_c \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{F_c/N_e \cdot LHV_{bb}} = \frac{632}{SFC_e \cdot LHV_{bb}} \times 100\% \quad (2-1)$$

Dengan:

1 hp = 632 (kkal.jam⁻¹)

η_e = Efisiensi termal efektif (%)

LHV_{bb} = Nilai kalor dari bahan bakar (kkal.kg⁻¹)

FC = Konsumsi bahan bakar (kg.jam⁻¹)

N_e = Daya efektif (hp)

SFC_e = Konsumsi bahan bakar spesifik (kg.hp⁻¹.jam⁻¹)

2.11 Hipotesis

Dengan menjauhkan *ignition timing* atau sudut pengapian sebelum titik mati atas pada motor 6 langkah berbahan bakar *ethanol* bisa meningkatkan kinerja motor hingga maksimal pada rpm tertentu. Karena bahan bakar yang digunakan ethanol maka terjadi pembakaran yang lambat sehingga dengan memajukan derajat pengapian bisa menghasilkan waktu pembakaran yang sesuai dan menghilangkan terjadinya *knocking* dan *losis* daya.