

TEKNOLOGI OTOMOTIF DASAR

Penulis:

Arief Kurniawan, M.Pd.

Penerbit:

UAD Press

TEKNOLOGI OTOMOTIF DASAR

Penulis : Arief Kurniawan, M.Pd.

Penerbit: **UAD Press**

Kantor : Lembaga Penerbitan dan Publikasi Ilmiah
Universitas Ahmad Dahlan
Kampus 4, Jln. Ringroad Selatan Yogyakarta
Telp. 0274-379418 Ext. 4902

Website: ppi.uad.ac.id

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

KATA PENGANTAR

Pertama penulis mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT sehingga buku ajar ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian buku ini. Secara khusus penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada kedua orang tua, Bapak Suyardi dan Ibu Esti Barokah. Lalu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada bapak Dr. Budi Santosa selaku kaprodi Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif dan seluruh staf dosen Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif UAD. Buku ajar berjudul Teknologi Otomotif Dasar dikhususkan bagi mahasiswa Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif sebagai pendamping mata kuliah Teknologi Otomotif Dasar. Terdapat beberapa bagian utama dari buku ini yaitu dasar-dasar mesin kendaraan ringan. Penulis menyadari bahwa buku ajar ini masih jauh dari kata sempurna. Kritik dan saran sangat diharapkan untuk memperbaiki buku ajar Teknologi Otomotif Dasar. Tidak lupa puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan hidayah, selamat membaca dan semoga bermanfaat. Aamiin.

Yogyakarta, 14 Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	2
KATA PENGANTAR	3
DAFTAR ISI	4
BAB I. DASAR-DASAR MESIN KENDARAAN RINGAN	5
1.1. Tujuan Pembelajaran	5
1.2. Uraian Materi	5
1.3. Rangkuman Materi	51
1.4. Soal Latihan	54
DAFTAR PUSTAKA	55
GLOSARIUM	56
Tentang Penulis	58

BAB I

DASAR-DASAR MESIN KENDARAAN RINGAN

1.1. TUJUAN PEMBELAJARAN

Tujuan dari pembelajaran dasar-dasar mesin kendaraan ringan adalah sebagai berikut:

- Setelah mempelajari materi dasar-dasar mesin kendaraan ringan mahasiswa diharapkan dapat memahami Konsep Pembakaran
- Setelah mempelajari materi dasar-dasar mesin kendaraan ringan mahasiswa diharapkan dapat memahami Prinsip Dasar Proses Kerja Mesin.
- Setelah mempelajari materi dasar-dasar mesin kendaraan ringan mahasiswa diharapkan dapat memahami Karakteristik Mesin Kendaraan.
- Setelah mempelajari materi dasar-dasar mesin kendaraan ringan mahasiswa diharapkan dapat memahami Sistem Bahan Bakar.
- Setelah mempelajari materi dasar-dasar mesin kendaraan ringan mahasiswa diharapkan dapat memahami Sistem Pelumas Dan Sistem Pendingin Pada Mesin Kendaraan Ringan.

1.2. URAIAN MATERI

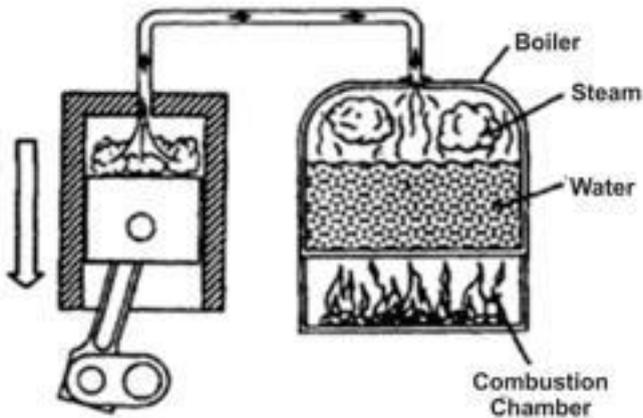
Konsep Dasar Pembakaran. Pada tahun 1876, Nikolaus August Otto mengembangkan mesin pembakaran dalam. Mesin pembakaran dalam merubah energi secara tidak langsung yaitu perubahan konversi dari bahan bakar menjadi energi panas yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi energi mekanis.

Pemanfaatan perubahan energi panas menjadi energi mekanis merupakan jenis penggerak dari mesin bakar. Kendaraan bermotor dapat bergerak dikarenakan terdapat sumber tenaga dari mesin. Dengan

menggunakan mekanisme sistem pemindah tenaga, maka tenaga dari mesin tersebut dapat disalurkan untuk menggerakkan kendaraan.

Mesin bakar dibagi menjadi dua tipe yaitu mesin dengan pembakaran luar dan pembakaran dalam. Berikut perbedaan dari kedua tipe mesin tersebut:

Mesin Pembakaran Luar (Eksternal Combustion Engine). Mesin pembakaran luar merupakan mesin dengan proses pembakaran yang terjadi di luar mesin tersebut atau tidak di dalam ruang tertutup dalam mesin bakar. Mesin pembakaran luar memerlukan beberapa komponen penghantar untuk merubah panas yang dihasilkan dari proses pembakaran menjadi tenaga gerak.

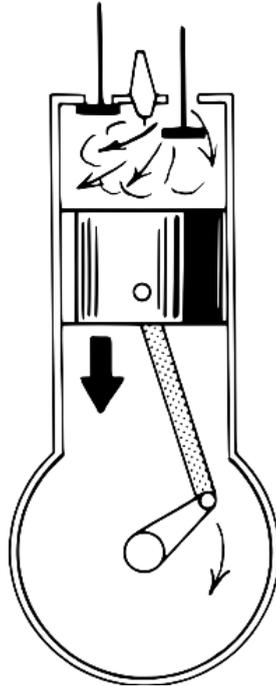


Gambar 1.1. Mesin Pembakaran Luar

Kelebihan mesin pembakaran luar:

- Mesin pembakaran luar lebih sesuai digunakan untuk beban-bean yang besar dalam satu poros.
- Mesin dengan jenis pembakaran luar biasanya digunakan pada kendaraan yang memiliki daya tinggi.
- Mesin pembakaran luar dapat menggunakan bahan bakar dengan kualitas apapun.
- Bahan bakar dengan jenis apapun dapat digunakan untuk mesin pembakaran luar, seperti bahan bakar cair, padat, dan gas. Contoh mesin bakar dengan pembakaran luar: kereta api uap, kapal uap.

Mesin Pembakaran Dalam (Internal Combustion Engine). Mesin pembakaran dalam merupakan mesin dengan sumber tenaga dari pengembangan gas panas campuran udara dan bahan bakar dengan tekanan yang sangat tinggi yang berlangsung di dalam ruang bakar di dalam mesin itu sendiri yang di sebut ruang bakar.



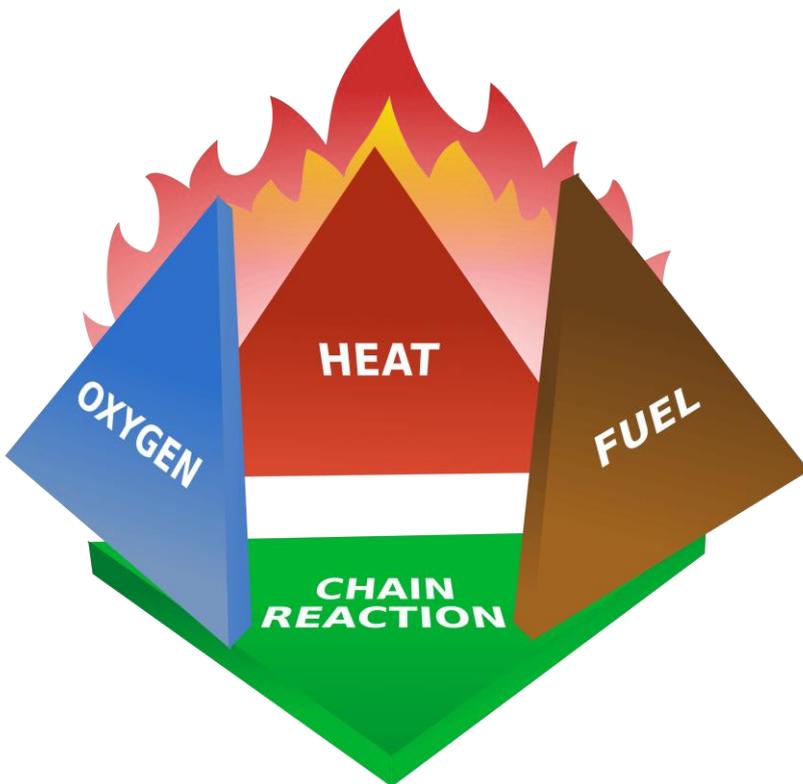
Gambar 1.2. Mesin Pembakaran Dalam

Kelebihan mesin pembakaran dalam:

- Dengan desain yang sederhana maka dapat dengan mudah dan cepat untuk dioperasikan
- Mesin pembakaran internal memiliki efisiensi termal yang sangat baik karena pembakaran terjadi di dalam silinder mesin sehingga dapat menghemat bahan bakar.
- Desain Konstruksi mesin pembakaran dalam lebih sederhana.
- Tidak memerlukan tempat yang luas sebagai tempat menampung mesin dikarenakan konstruksi mesin yang sederhana.

Pada dasarnya prinsip kerja mesin pembakaran dalam bahan bakar dibakar dengan secepat mungkin di dalam sebuah ruang bakar untuk memaksimalkan daya ledak yang dihasilkan dari pembakaran tersebut. Ketika katup hisap terbuka, maka udara dan bahan bakar yang telah bercampur masuk terhisap ke ruang bakar, kemudian udara dan bahan bakar yang telah bercampur tersebut di bakar dan akan menghasilkan ledakan kemudian menjadikan tenaga putar untuk dapat menggerakkan kendaraan. Contoh mesin bakar dengan pembakaran dalam: mesin kendaraan ringan, mobil, sepeda motor, truk, bus, dan sebagainya.

Syarat-syarat Terjadinya Pembakaran. Terdapat tiga unsur yang menyebabkan terjadinya proses pembakaran, yaitu adanya oksigen, bahan bakar dan api. Ketiga unsur tersebut bertemu di dalam ruang bakar pada saat yang tepat sesuai dengan proses kerja dari mesin.



Gambar 1.3. Segitiga Pembakaran

Mesin bekerja dengan baik apabila pembakaran yang terjadi memiliki siklus pembakaran yang sempurna, mesin bensin dapat bekerja dengan sempurna apabila syarat-syarat sudah terpenuhi, syarat tersebut ketika terpenuhi campuran udara dan bahan bakar dengan komposisi yang tepat, memiliki tekanan kompresi tinggi, dengan waktu pengapian yang tepat, dan terdapat percikan bunga api yang kuat. Pada prinsipnya pembakaran pada motor bensin tergantung pada campuran udara dengan bahan bakar, waktu pengapian yang tepat, kemudian tekanan kompresi.

Perbandingan Campuran udara dan bahan bakar. Internal combustion engine merupakan mesin pembakaran dalam, untuk melakukan pembakaran dan mendapatkan tenaga mesin yang maksimal maka pembakaran yang terjadi pada ruang bakar harus terjadi dengan sempurna. Proses pembakaran yang sempurna terjadi ketika bahan bakar dan udara bercampur dengan komposisi yang tepat sesuai dengan spesifikasi mesin masuk ke ruang bakar.

Pada sistem bahan bakar konvensional, komposisi campuran udara dan bahan bakar diatur dengan menggunakan karburator, sedangkan pada sistem bahan bakar EFI diatur oleh ECU (Electronic Control Unit) yang dapat bekerja untuk mengatur campuran udara dan bahan bakar melalui sensor-sensor yang akan mengirimkan signal untuk diolah oleh ECU.

Perbandingan bahan bakar dan udara adalah perbandingan berat campuran bahan bakar dan udara dengan masa bahan bakar. Perbandingan udara-bahan bakar secara teoritis, merupakan perbandingan udara terhadap bahan bakar supaya mendapatkan pembakaran yang sempurna. Secara teori perbandingan bahan bakar dan udara yang ideal yaitu 15:1. Dengan rincian jumlah udara adalah 15 dan jumlah bahan bakar adalah 1. Perbandingan udara dan bahan bakar tersebut dapat dipengaruhi terhadap beberapa factor, seperti temperatur mesin, kecepatan putaran mesin, beban yang ditanggung mesin, dan kondisi jalan yang dilaluinya.

Berikut merupakan perbandingan udara dan bahan bakar yang dibutuhkan seauai dengan kondisi yang dialami pada mesin:

Tabel 1.1 Perbandingan Udara dan Bahan Bakar

Kondisi Kerja Mesin	Perbandingan Udara dan Bahan bakar
Pada saat proses Engine Start, Temperatur 0 ⁰ C	Kira-kira 1:1
Pada saat proses engine start temperature 20 ⁰ C	Kira-kira 5:1
Pada saat engine pitaran idle	Kira-kira 11:1
Pada saat engine di putaran lambat	12-13:1
Pada saat engine melakukan akselerasi	Kira-kira 8:1
Pada saat engine pada putaran maksimum (beban penuh)	12-13:1
Pada saat engine pada putaran sedang (ekonomis)	16-18:1

Perbandingan komposisi campuran bahan bakar dan udara setiap mesin memiliki spesifikasi berbeda-beda, hal tersebut bertujuan untuk menghasilkan tenaga mesin yang maksimal pada setiap kondisi putaran mesin. berikut merupakan pengaruh perbandingan udaran dan bahan bakar terhadap kerja engine:

Campuran udara dan bahan bakar kaya/gemuk. Campuran udara dan bahan bakar di katakan kaya atau gemuk merupakan perbandingan volume teoritis yang lebih sedikit volume udaranya dibandingkan dengan bahan bakar apabila di bandingkan dengan perbandingan secara teoritis, perbandingan campuran bahan bakar dan udara secara teoritis 15:1, sebagai contoh perbandingan bahan bakar dan udara 9:1, maka secara komposisi volume bahan bakarnya adalah 9 untuk udara dan 1 untuk bahan bakarnya, maka secara teoritis jika dibandingkan dengan 15:1, campurannya akan terlalu gemuk dikarenakan terlalu banyak bahan bakar dibandingkan dengan volume udaranya. Campuran terlalu kaya tidak akan mengakibatkan tenaga yang dihasilkan oleh engine menjadi lebih baik, melainkan sebaliknya dikarenakan secara komposisi terlalu banyak bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar, mengakibatkan terdapat bahan

bakar yang tidak dapat terbakar secara sempurna dan akan menambah boros penggunaan bahan bakar.

Pada campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya juga akan mengakibatkan emisi gas buang berupa karbon, sehingga warna gas hasil pembakaran tersebut mengeluarkan gas buang berwarna hitam, jika hal tersebut dibiarkan akan mengakibatkan kerak yang bertumpuk pada ruang bakar, dan akan menyebabkan terjadinya engine knocking.

Campuran udara dan bahan bakar miskin/kurus. Campuran udara dan bahan bakar terlalu kurus mengakibatkan pembakaran mesin menjadi kurang baik, sehingga mesin akan tersendat-sendat dikarenakan kekurangan bahan bakar dan terlalu banyak udara. Bahan bakar dan udara bercampur terlalu kurus apabila dibandingkan dengan perbandingan ideal secara teoritis 15:1, maka sebagai contoh perbandingan udara dan bahan bakar terlalu kurus ini adalah 25:1, yaitu dimana 25 adalah volume udaranya dan 1 merupakan bahan bakarnya. Dari perbandingan campuran bahan bakar dan udara tersebut dapat dilihat bahwa udara dengan jumlah volume 25 memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan campuran bahan bakar dan udara secara teoritis. Dengan perbandingan tersebut akan mengakibatkan tenaga mesin akan berkurang dan temperatur mesin cepat panas sehingga menyebabkan mesin akan cepat rusak.

Campuran udara dan bahan bakar ideal. Perbandingan campuran udara dan bahan bakar secara ideal akan berpengaruh terhadap kerja mesin yang lebih optimal, dan menyebabkan pemakaian bahan bakar lebih efektif sehingga akan lebih irit penggunaan bahan bakar.

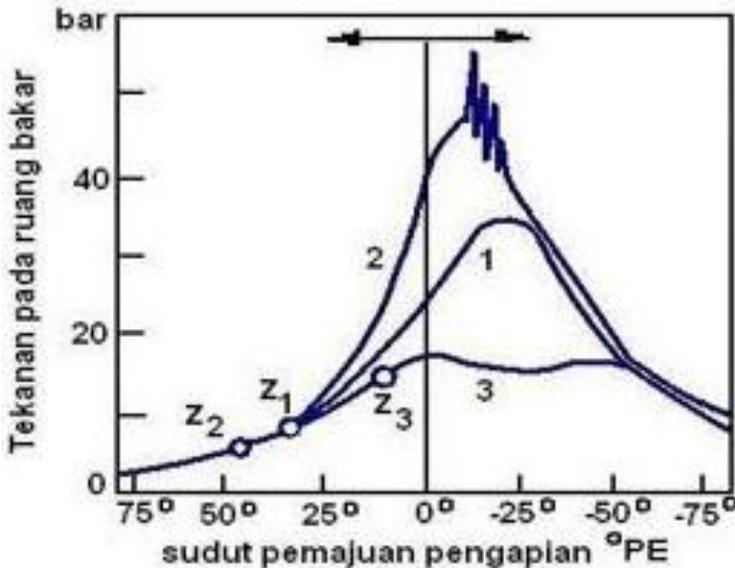
Pengaturan pengapian yang tepat. Untuk memberikan performa kinerja mesin supaya terjadi pembakaran yang sempurna di dalam ruang bakar, maka mesin dengan pembakaran dalam harus memberikan kualitas percikan bunga api yang baik dan waktu pengapian yang tepat. Di dalam mesin pembakaran dalam terdapat sistem pengapian yang bertugas untuk mengatur proses pengapian yang tepat dan memberikan kualitas bunga api yang baik supaya terjadi proses pembakaran yang sempurna di dalam ruang bakar. Sistem pengapian yang tepat harus memenuhi syarat berikut:

Bunga Api Kuat. Loncatan bunga api yang kuat pada busi memiliki ciri loncatan bunga api berwarna biru pada elektroda busi. Diperlukan tegangan coil pengapian dengan minimal 18 KV untuk menghasilkan

percikan bunga api berwarna biru. Hasil pembakaran yang sempurna selain dari campuran bahan bakar dan udara dengan komposisi secara ideal, dipengaruhi juga dari besar dan kecilnya celah busi untuk menghasilkan percikan bunga api yang baik.

Waktu Pengapian Tepat. Waktu pengapian harus terjadi dengan tepat supaya proses pembakaran terjadi dengan efektif. Perputaran mesin dan beban mesin dapat mempengaruhi pengapian sehingga akan berubah-ubah waktu pengapiannya, pada saat putaran mesin rendah, maka waktu yang dibutuhkan untuk membakar campuran udara dan bahan bakar berbeda dengan pada saat mesin sedang dalam kondisi putaran tinggi. Waktu pembakaran campuran udara dan bahan bakar ini juga akan berbeda ketika beban mesin tidak menopang beban yang berat dibandingkan pada saat mesin dalam kondisi menerima beban yang ringan.

Awal terjadinya percikan api yang terdapat pada busi sampai terjadi proses pembakaran dengan sepenuhnya diperlukan waktu 2ms. Pembakaran yang terjadi harus tepat waktu di dalam silinder dalam tekanan maksimum pembakaran atau pada saat tekanan tinggi akhir langkah kompresi yaitu terjadi ketika piston pada posisi akhir langkah kompresi.



Gambar 1.4. Kurva Tekanan Hasil Pembakaran

Keterangan:

1. Waktu Pengapian Tepat
 2. Waktu Pengapian Terlalu Maju
 3. Waktu Pengapian Terlambat
- Z = Waktu Pengapian

Pada kurva tersebut dapat dilihat bahwa apabila waktu pengapian (timing ignition) tepat atau sesuai maka kurva tekanan pengapian yang dihasilkan sesuai dengan nomor 1, dimana tekanan maksimum proses pembakaran terjadi setelah TMA yaitu sekitar 10-15°. Pada kurva nomor 2 dapat dilihat bahwa waktu pengapian terlalu awal, tekanan pembakaran maksimal terjadi pada posisi di TMA atau sebelum posisi TMA, apabila hal tersebut terjadi, maka akan mengakibatkan potensi terjadinya knocking atau getaran yang nanti jika setelah sekian lama dapat merusak komponen mekanis dari mesin. Pada kurva nomor 3 dapat dilihat bahwa waktu pengapian yang terjadi terlambat, maka akan mengakibatkan tekanan maksimal hasil pembakaran menjadi lemah dan daya mesin yang dihasilkan juga menjadi rendah dikarenakan tekanan pembakaran terjadi setelah piston pada posisi terlalu turun dari posisi TMA.

Pengapian yang tepat dapat diketahui dengan berbagai parameter. Parameter tersebut diantaranya adalah dari putaran mesin, rancangan mesin kondisi-kondisi kerja mesin dari posisi start, putaram stasioner dan pada saat pembukaan katup, kemudian parameter yang terahir dapat dilihat dari kualitas bahan bakar, berdasarkan kinerja sistem pengapian tersebut, maka terdapat sistem yang dapat memajukan pengapian sehingga didapatkan tekanan maksimal dari hasil pembakaran.

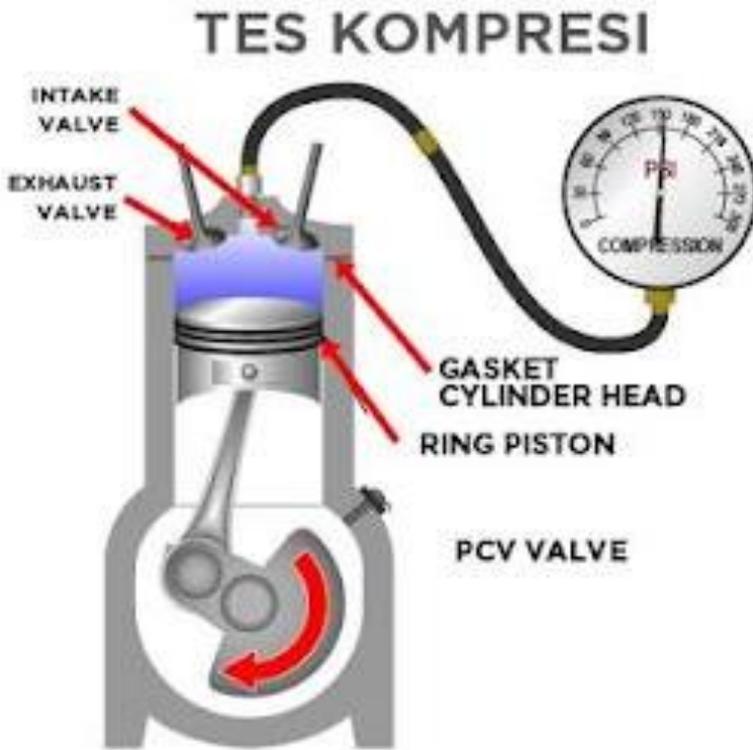
Ketahanan Panas dan Getaran. Mesin bensin bekerja berhubungan dengan panas dan terdapat getaran pada saat proses pembakaran. Maka komponen-komponen sistem pengapian harus tahan terhadap panas dan getaran yang terjadi akibat proses pembakaran supaya sistem pengapian dapat bekerja dengan dengan baik pada setiap kondisi kerja mesin.

Tekanan kompresi. Tekanan kompresi merupakan seberapa besar tekanan udara yang di mampatkan di dalam ruang bakar Ketika piston berada pada posisi TDC (Top Dead Center) atau Titik Mati Atas. Proses pembakaran di dalam ruang bakar dipengaruhi terhadap tekanan kompresi.

Mesin pembakaran dalam menggunakan bensin dicampur dengan bahan bakar kemudian di bakar di dalam ruang bakar dengan dengan tingkat takaran tertentu. Bahan bakar dan udara yang telah bercampur di dalam ruang bakar tidak dapat dibakar begitu saja, melainkan dengan dinaikan tekanannya melalui pemampatan tekanan udara dan bahan bakar supaya dapat lebih mudah terbakar di dalam ruang bakar. Ketika campuran udara dan bahan bakar tersebut sudah dikompresikan sehingga tekanan udara dan bahan bakar meningkat, maka akan dapat mudah terbakar oleh api sekecil apapun. Proses tersebut akan berimbang pada proses pembakaran yang sempurna yang terjadi pada mesin yang kemudian menghasilkan tenaga yang sempurna. Jika tekanan kompresi lemah, maka akan berimbang pada proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar, sehingga mengakibatkan campuran bahan bakar dan udara tidak terbakar sempurna di dalam ruang bakar dan mengakibatkan mesin susah untuk dihidupkan.

Tekanan kompresi yang terjadi pada setiap mesin disesuaikan dengan spesifikasi dari tenaga mesin yang akan dicapai. Nilai kompresi yang tinggi mengakibatkan proses pembakaran lebih maksimal dan efisien sehingga emisi gas buang yang dihasilkan juga baik dan ramah lingkungan. Tekanan kompresi yang lemah maka akan mengakibatkan pembakaran sulit dilakukan, apabila pembakaran dapat dilakukan, maka tenaga nya kurang maksimal, tekanan kompresi dikatakan lemah jika nilai 100 PSI/7bar ke bawah. Tekanan kompresi yang terdapat pada motor bensin secara umum adalah 140 PSI/9,5 bar – 220 PSI/15 bar.

Untuk mengetahui tekanan kompresi pada mesin, dapat menggunakan *Compression Tester*. Dengan memanfaatkan lubang busi sebagai tempat *nipple* kemudian menggunakan alat *Compression Tester* lalu mesin di start sambil di tekan pedal gas secara penuh sehingga *Full Throttle Open*.



Gambar 1.5. *Compression Tester*

Untuk membaca seberapa besar tekanan kompresi pada mesin, dapat dilihat jarum pada *gauge*, sehingga dapat diketahui seberapa besar tekanan kompresi pada mesin apakah masih normal atau mengalami penurunan.

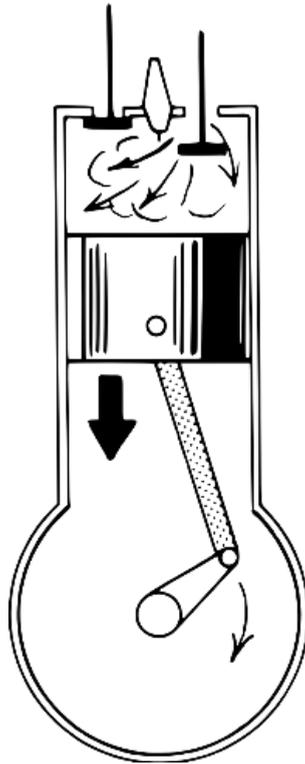
Prinsip Dasar Proses Kerja Mesin. Prinsip dasar proses kerja mesin yang akan dibahas adalah mesin pembakaran dalam. Mesin dengan jenis pembakaran dalam adalah jenis mesin dengan konversi energi panas yang dirubah menjadi energi gerak pada ruang bakar. Prinsip dasar proses kerja mesin pada mesin pembakaran dalam, yaitu memanfaatkan daya ledak yang terbentuk dari terbakarnya campuran udara dan bahan bakar yang berada di ruang bakar. Daya ledak tersebut dimanfaatkan untuk menggerakkan piston melalui poros engkol yang berputar, jika dilihat dari prinsip kerja tersebut, maka semakin besar daya ledak yang dihasilkan oleh pembakaran akan semakin cepat pula gerakan piston melalui putaran poros

engkol. Terdapat 2 jenis proses pembakaran dalam mesin pembakaran dalam, yaitu mesin 2 tak (2 stroke engine) dan 4 tak (4 stroke engine).

Pengertian dari “Tak” atau “Stroke” adalah langkah, tahap atau proses. Langkah tersebut merupakan tahapan yang dilakukan mesin dalam satu siklus proses kerja dalam pembakaran untuk menggerakkan piston melalui putaran poros engkol. Proses yang dilakukan pada mesin pembakaran dalam adalah Langkah hisap, Langkah kompresi, Langkah usaha dan Langkah buang. Jadi jika dilihat dari pengertian tersebut, mesin bensin 4 Tak memiliki 4 langkah/gerakan kerja dalam satu siklus pembakaran atau melakukan 2 kali putaran poros engkol dalam setiap setiap fasenya. Sedangkan mesin 2 Tak merupakan mesin yang melakukan 2 kali Langkah/Gerakan dalam satu siklus pembakaran, atau melakukan 1 kali putaran poros engkol dalam setiap fasenya. Langkah/Gerakan yang dimaksud adalah langkah piston dari posisi Titik Mati Atas (TMA) ke posisi Titik Mati Bawah (TMB) atau piston dari posisi atas ke bawah begitu juga sebaliknya dari bawah ke posisi atas yang disebut dengan rotasi putaran penuh. Berikut merupakan prinsip dasar siklus kerja mesin pembakaran dalam dilihat dari proses pembakarannya yaitu sebagai berikut:

Four Stroke Engine (Mesin 4 Tak/Langkah). Mesin 4 tak memiliki siklus berkesinambungan yang diperlukan untuk menghasilkan tenaga gerak untuk memutar poros engkol. Siklus tersebut yaitu dua kali putaran poros engkol terdapat 4 kali proses Langkah yang berurutan, yaitu : Intake Stroke (Langkah Hisap), Compression Stroke (Langkah Kompresi), Power Stroke (Langkah Usaha), Exhaust Stroke (Langkah Buang). Berikut Langkah-langkah mesin 4 Tak dalam satu kali siklus kerja sehingga dapat menghasilkan tenaga:

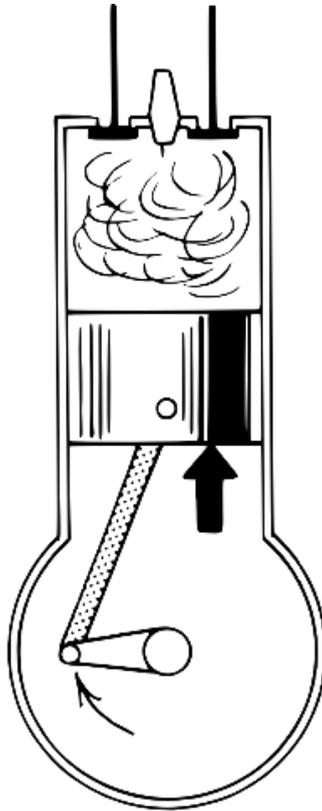
Langkah Hisap (Intake Stroke). Langkah hisap adalah dimana katup “in” (katup masuk) terbuka sedangkan katup “ex” (katup buang) tertutup, dan posisi piston bergerak mulai dari posisi TMA menuju TMB pada akhir langkah hisap. Dengan posisi tersebut, maka campuran udara dan bahan bakar dari *intake manifold* terhisap masuk ke ruang bakar.



Gambar 1.6. Langkah Hisap (Intake Stroke)

Cara kerja dari Langkah hisap, diawali dengan posisi piston yang berada pada posisi TMA, kemudian piston bergerak turun menuju ke TMB, dan katup intake terbuka. Langkah hisap menyebabkan tingkat kevakuman pada ruang bakar semakin besar. Tingkat vakum yang membesar mengakibatkan terhisapnya campuran bahan bakar dan udara masuk ke ruang bakar melewati katup intake yang terbuka.

Langkah Kompresi (Compression Stroke). Langkah kompresi adalah Langkah dimana katup “in” dan katup “ex” tertutup. Tujuannya adalah untuk memampatkan campuran udara dan bahan bakar yang telah masuk ke dalam silinder supaya mendapatkan daya ledak atau ekspansi yang dihasilkan pada saat proses pembakaran dapat lebih maksimal.

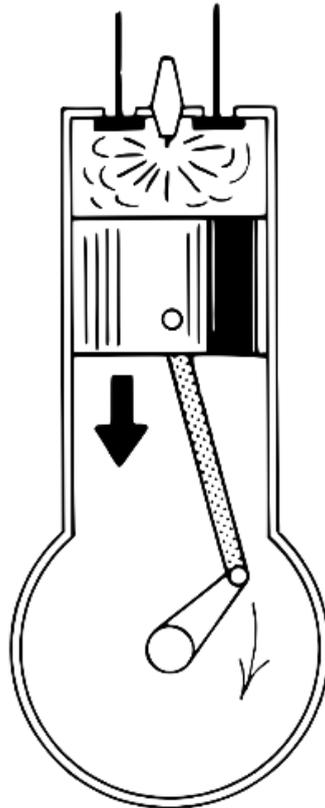


Gambar 1.7. Langkah Kompresi (Compression Stroke)

Pada posisi langkah kompresi, dimulai dari piston pada posisi TMB menuju ke TMA. Gerakan tersebut membuat volume ruang bakar semakin menyempit sehingga menyebabkan campuran udara dan bahan bakar tertekan dan mengakibatkan tekanan dan temperatur naik. Pada akhir Langkah kompresi, tekanan campuran udara dan bakar mencapai puncak tertinggi sehingga campuran udara dan bahan bakar tersebut dalam keadaan full pressure dan high temperature sehingga akan sangat mudah untuk dibakar dengan menggunakan percikan bunga api pada busi.

Langkah Usaha (Power Stroke). Langkah usaha adalah langkah dimana posisi katup “in” dan katup “ex” tertutup dan piston bergerak dari TMA menuju ke TMB. Pada langkah sebelumnya adalah langkah kompresi, dimana pada langkah tersebut posisi piston berada pada TMA dengan campuran udara dan bahan bakar sudah terkompresikan di dalam ruang bakar dengan kondisi *full pressure* dan *high temperature*, kondisi tersebut

akan memudahkan untuk dibakar dengan sedikit pemicu seperti percikan bunga api pada busi sehingga campuran udara dan bahan bakar tersebut dapat mengakibatkan terjadinya ledakan yang cukup besar.

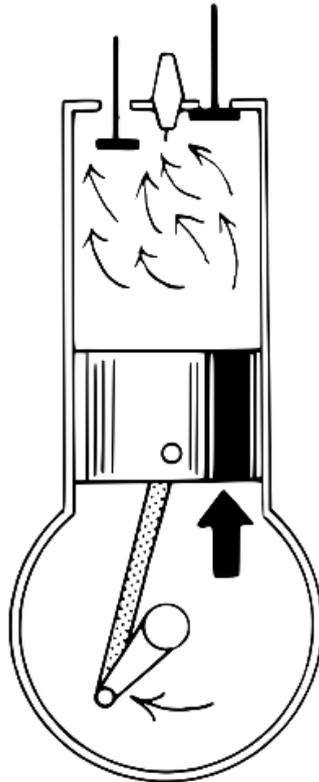


Gambar 1.8. Langkah Usaha (Power Stroke)

Ledakan yang terjadi mengakibatkan piston mendapatkan dorongan ekspansi menuju posisi TMB. Dari dorongan ekspansi inilah tenaga mesin terjadi. Dikarenakan adanya dorongan ekspansi piston dapat bergerak naik dan turun di dalam mesin. Daya ekspansi tidak hanya dapat menggerakkan piston saja akan tetapi dapat menggerakkan powertrain pada kendaraan sehingga kendaraan dapat melaju dengan kencang dikarenakan besarnya daya ledak yang terjadi.

Langkah Buang (Exhaust Stroke). Langkah buang adalah langkah dimana posisi katup “ex” terbuka sedangkan katup “in” tertutup, posisi piston dari TMB menuju ke TMA, sehingga menyebabkan sisa gas hasil

pembakaran campuran udara dan bahan bakar dibuang melalui katup “ex” menuju ke *exhaust manifold*. langkah buang terjadi setelah langkah usaha sehingga pada langkah tersebut terjadi pembuangan sisa gas pembakaran dari ruang bakar menuju ke *exhaust manifold*.



Gambar 1.9. Langkah Buang (Exhaust Stroke)

Proses langkah buang terjadi pada saat piston mendapatkan daya ekspansi, piston bergerak terdorong sampai pada posisi TMB. Piston bergerak dari posisi TMB menuju TMA diakibatkan dari mekanisme poros engkol. Ketika Langkah buang ini berlangsung, katup exhaust terbuka sehingga ketika piston bergerak menuju TMA maka gas sisa pembakaran campuran bahan bakar dan udara terdorong keluar melalui *exhaust manifold*.

Setelah piston pada posisi TMA, katup “ex” tertutup kemudian katup “in” kembali terbuka untuk melakukan langkah hisap, dan kembali untuk melakukan siklus mesin 4 Tak terjadi berulang kembali.

Two Stroke Engine (mesin 2 Tak/Langkah). Mesin 2 Tak merupakan salah satu mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang dalam satu siklusnya hanya memiliki 2 langkah piston dari TMA menuju ke TMB lalu sebaliknya, dimana sekali langkah piston hanya terjadi setengah putaran poros engkol.

Dikatakan 2 tak, karena terdapat 2 langkah disetiap siklusnya dan terjadi 2 proses dalam setiap langkahnya. Artinya dalam mesin 2 tak, diperlukan satu putaran engkol untuk menghasilkan daya. Sehingga dapat dikatakan, prinsip kerja mesin dua tak adalah mesin yang menghasilkan tenaga melalui satu putaran engkol.

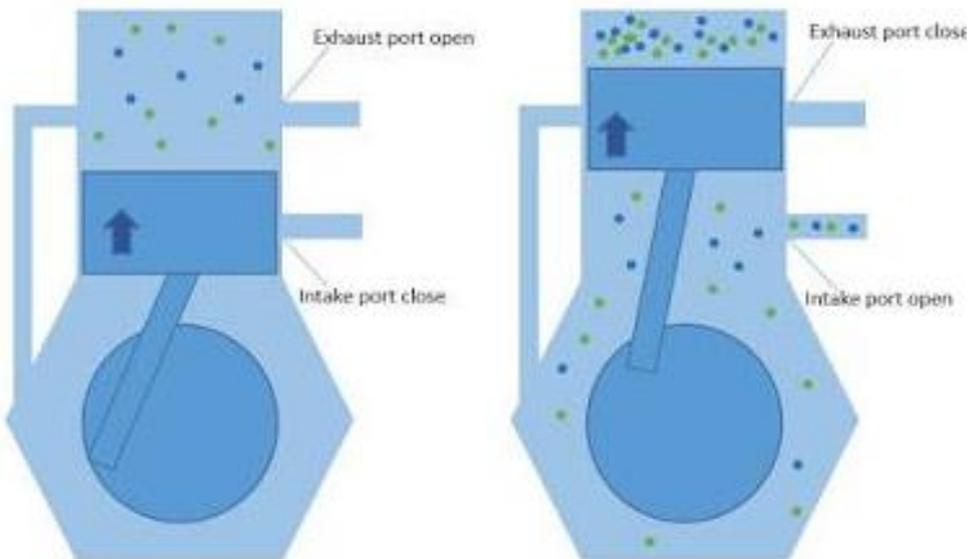
Untuk dapat memahami cara kerja dari mesin 2 Tak perlu mengenal komponen-komponen penting yang terdapat pada mesin 2 tak, yaitu sebagai berikut:

- Ruang bakar (*Combustion Chamber*), yaitu berfungsi sebagai tempat dimana campuran bahan bakar dan udara terbakar.
- Ruang poros engkol (*Crank Case*), yaitu berfungsi sebagai tempat menampung campuran udara dan bahan bakar sementara sebelum masuk ke ruang bakar (*Combustion Chamber*).
- *Transfer port*, yaitu berfungsi bertindak sebagai penghubung antara bak mesin dengan ruang bakar untuk mengarahkan campuran bahan bakar dan udara dari bak mesin ke ruang bakar.
- *Intake port*, yaitu digunakan untuk menyalurkan campuran bahan bakar dan udara ke crankcase dari karburator.
- *Exhaust port*, yaitu berfungsi untuk saluran keluar gas sisa pembakaran campuran udara dan bahan bakar dari ruang bakar menuju ke *manifold*.

Prinsip kerja mesin 2 tak proses pembakaran terjadi setiap satu siklus dimana dalam satu siklus tersebut mesin 2 tak hanya melakukan 2 langkah saja, berikut merupakan cara kerja 2 Stroke Engine (mesin 2Tak):

Langkah Pertama “Langkah Piston Naik”. Langkah pertama yaitu langkah piston bergerak dari posisi TMB menuju TMA. Pada saat piston berada pada posisi dibawah atau posisi TMB, campuran udara dan bahan

bakar berada di ruang bakar yang terisi melalui siklus sebelumnya, campuran udara dan bahan bakar tersebut sudah dalam kondisi siap untuk di kompresikan. Pada saat piston bergerak menuju TMA, dinding piston menutup kedua saluran, yaitu saluran *transfers port* dan saluran *exhaust port*. Piston menekan penuh sampai ke posisi TMA. Kondisi tersebut mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar yang berada didalam ruang bakar terperangkap sehingga campuran udara dan bahan bakar tersebut di kompresikan sampai piston pada posisi TMA. Beberapa saat sebelum piston sampai pada posisi akhir atau TMA, busi memercikan bunga api untuk membakar campuran udara dan bahan bakar.



Gambar 1.10. Langkah Piston Naik

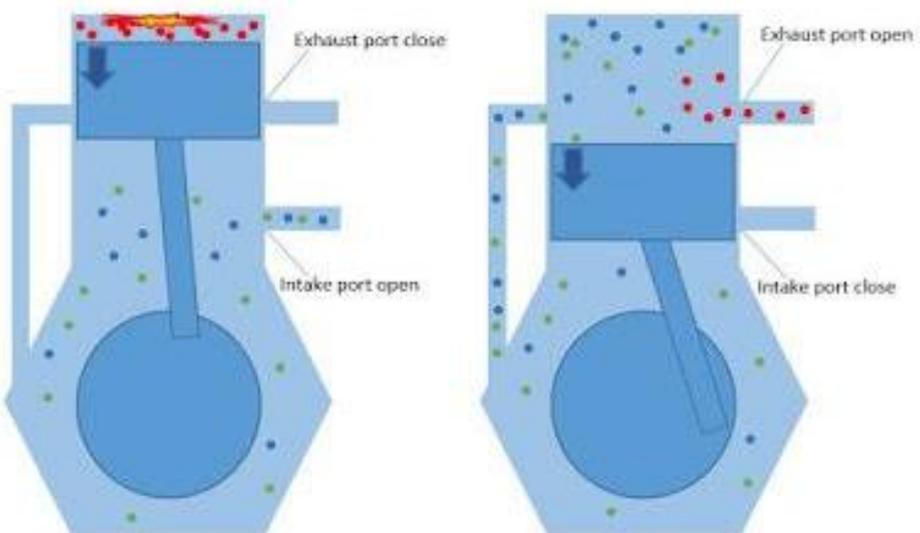
Langkah piston naik tersebut secara bersamaan mengakibatkan terjadi perbesaran volume yang pada *crank case*, dikarenakan piston dari TMB menuju ke TMA. Akibat dari proses tersebut maka terjadi kevakuman di dalam *crank case* sehingga kevakuman tersebut menghisap campuran udara dan bahan bakar dari karburator ke dalam *crank case* melalui *intake port*. Dalam sekali langkah piston naik atau langkah piston dari TMB menuju TMA ini terjadi dua proses kerja, yaitu terjadi proses Langkah Kompresi dan Langkah Hisap.

Langkah Kedua “Langkah Piston Turun”. Langkah kedua adalah langkah ketika piston turun dari posisi TMA menuju TMB. Proses tersebut

diawali pada saat busi memercikan bunga api sehingga menghasilkan pembakaran di dalam ruang bakar. Proses pembakaran mengakibatkan gaya ekspansi pada piston dan terdapat sisa gas pembakaran. Energi ekspansi mengakibatkan piston mendapatkan dorongan ekspansi menuju posisi TMB. Dari dorongan ekspansi inilah tenaga mesin terjadi.

Proses tersebut mengakibatkan volume *crank case* mengecil dikarenakan desakan piston yang semakin ke bawah menuju TMB. Pada *crank case* masih ada campuran bahan bakar dan udara yang telah terisi dalam langkah sebelumnya yaitu ketika terjadi langkah piston naik.

Dari pengecilan volume ruang pada *crank case* ini maka mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar terdesak dan terdorong menuju saluran yang telah terbuka, yaitu *transfer port*.



Gambar 1.11. Langkah Piston Turun

Dapat di perhatikan dalam gambar, bahwa pada posisi tersebut saluran *transfer port* terbuka dikarenakan posisi piston turun menuju ke TMB sehingga dinding piston tidak menutupi saluran *transfer port* menuju ke ruang bakar, pada posisi tersebut, dinding piston menutupi saluran *intake port* sehingga campuran udara dan bahan bakar tidak dapat masuk ke dalam *crank case*. Pada posisi ini juga saluran *exhaust port* juga terbuka, dikarenakan piston berada pada posisi menuju TMB, pada kondisi tersebut

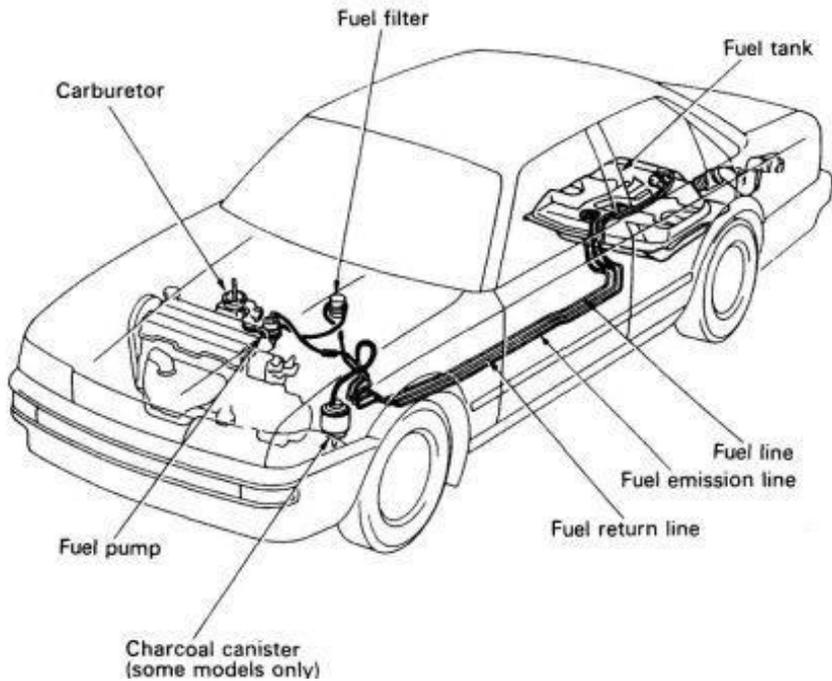
campuran bahan bakar dan udara mendorong gas sisa dari pembakaran melalui exhaust port, hal tersebut disebut dengan pembilasan, dikarenakan gas sisa pembakaran di dorong keluar oleh gas baru campuran udara dan bahan bakar yang masuk melalui transfer port.

Pada akhir langkah piston turun, campuran udara dan bahan bakar yang terdapat pada ruang bakar siap untuk di jalankan siklus berikutnya, dan berulang-ulang. Maka pada langkah piston turun ini terjadi 1 kali langkah piston dari TMA menuju TMB kemudian mengalami 2 proses kerja, yaitu Langkah Usaha dan Langkah Buang.

Sistem Bahan Bakar. Dalam teknik kendaraan ringan atau otomotif sistem bahan bakar merupakan salah satu sistem yang berfungsi untuk menyimpan bahan bakar, kemudian disalurkan ke tangki bahan bakar ke dalam ruang silinder (ruang bakar) sesuai dengan kebutuhan mesin. Bahan bakar tersebut di salurkan ke dalam ruang bakar dengan komposisi campuran udara dan bahan bakar dalam bentuk kabut sesuai dengan kebutuhan mesin. Dari prinsip kerja sistem bahan bakar tersebut, dapat dilihat dari cara campuran udara dan bahan bakar tersebut terdapat dua macam cara, yaitu dengan cara dihisap dan di injeksikan. Pada kendaraan ringan terdapat dua jenis bahan bakar yang digunakan untuk mesin pembakaran dalam yaitu bahan bakar bensin dan bahan bakar solar. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut:

Sistem Bahan Bakar Mesin Bensin. Terdapat dua prinsip kerja sistem bahan bakar pada motor bensin, yaitu sistem bahan bakar konvensional dan sistem bahan bakar EFI, berikut merupakan prinsip kerja dari sistem bahan bakar pada motor bensin:

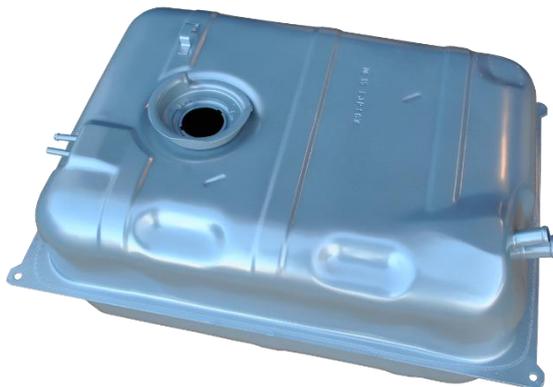
Sistem Bahan Bakar Konvensional. Pada mesin dengan bahan bakar bensin, masuknya campuran udara dan bahan bakar dengan cara di hisap, disebut dengan cara kerja sistem bahan bakar konvensional, karena yang dapat mempengaruhi hisapannya adalah komponen-komponen yang bekerja secara mekanis.



Gambar 1.12. Sistem Bahan Bakar Konvensional

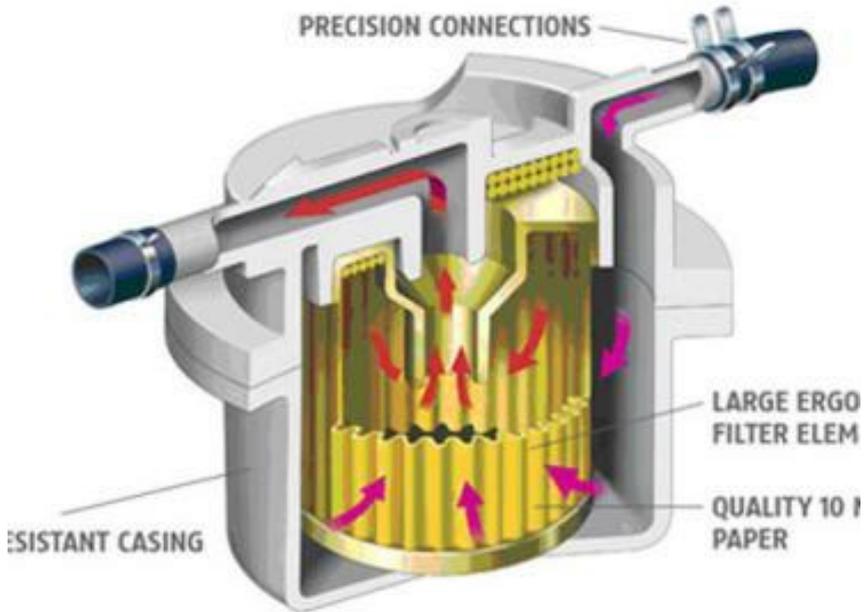
Sistem Bahan Bakar Bensin Konvensional dapat bekerja dikarenakan komponen-komponen sistem bahan bakar konvensional bekerja dengan baik, berikut komponen sistem bahan bakar konvensional:

Tangki Bensin. Berfungsi sebagai penampung menyimpan bahan bakar sebelum bahan bakar disalurkan keruang bakar.



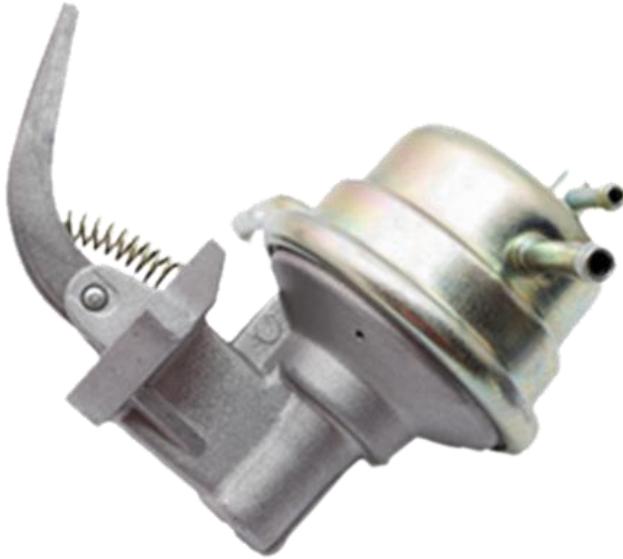
Gambar 1.13. Tangki Bahan Bakar

Filter Bensin. Berfungsi sebagai penyaring memisahkan antara kotoran dan air dengan bensin dari tangki yang akan menuju ke karburator, untuk menghindari kotoran masuk ke dalam karburator sehingga mengakibatkan saluran-saluran pada karburator dapat tersumbat.



Gambar 1.14. Filter Bensin

Pompa Bensin (Fuel Pump). Berfungsi untuk memompa bahan bakar dari tangki menuju ke karburator atau menuju ke injector. Pompa bensin menurut cara kerjanya terdapat dua jenis, yaitu dengan mekanis dan dengan elektrik. Pompa bensin mekanis dapat bekerja dari putaran mesin yang dihubungkan dengan belt, seperti pada mesin diesel. Untuk pompa bensin mekanis pada mesin bensin, dapat bekerja digerakkan dari mekanisme camshaft pada mesin.



Gambar 1.15. Pompa Bensin

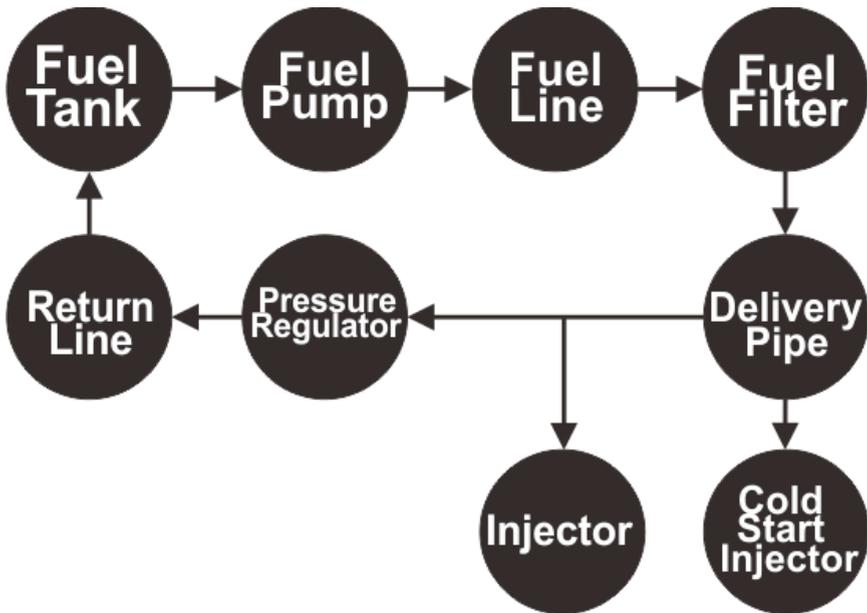
Karburator. Berfungsi untuk mencampur udara dan bahan bakar untuk di masuk kan ke dalam ruang bakar dalam bentuk kabut dengan kuantitas campuran yang iséal berdasarkan RPM mesin.



Gambar 1.16. Karburator

Selang Bensin dan Selang Pengembali. Berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar dari tangki bahan bakar ke karburator, dan mengembalikan bahan bakar yang berlebih untuk dikembalikan lagi ke tangki bahan bakar.

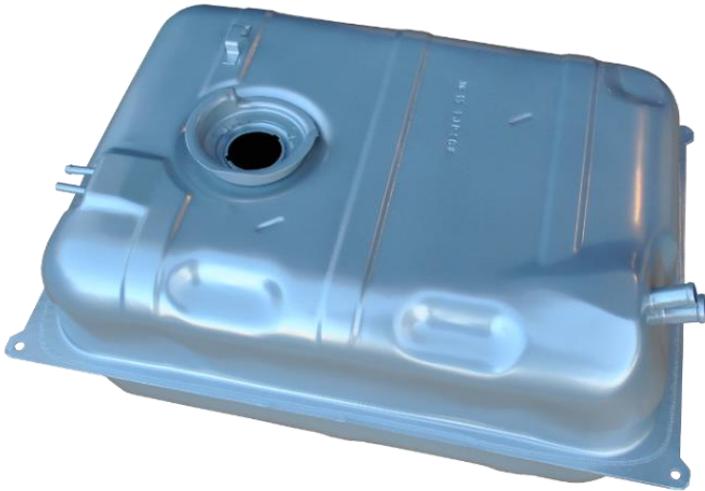
Sistem Bahan Bakar EFI (*Electronic Fuel Injection*). Sistem bahan bakar EFI berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar dari tangki bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan cara di injeksikan melalui injektor.



Gambar 1.17 Diagram Sistem EFI

Prinsip kerja sistem bahan bakar EFI dengan menggunakan perangkat elektronik dan sensor EFI (*Elektronik Fuel Injection*) sehingga dapat diperoleh data secara *real time* untuk menghasilkan campuran udara dan bahan bakar secara ideal sesuai dengan kebutuhan mesin pada saat itu juga. Berikut merupakan komponen sistem bahan bakar EFI:

Fuel Tank (Tangki Bahan Bakar). Tangki bahan bakar berfungsi untuk menampung bahan bakar sebelum di salurkan ke ruang bakar melalui injektor.



Gambar 1.18 Tangki Bahan Bakar

Fuel Filter (Filter Bahan Bakar). Dengan menggunakan filter bahan bakar akan menyaring kotoran dan air yang terbawa pada bahan bakar sehingga bahan bakar masuk ke ruang bakar melalui injektor dengan kondisi yang bersih.



Gambar 1.19 *Fuel Filter*

Fuel Pump. Komponen fuel pump pada mesin EFI bekerja dengan menggunakan elektrik dan posisinya berada di dalam tangki bahan bakar.



Gambar 1.20. a *Fuel Pump*



Gambar 1.20. a *Fuel Pump*

Fuel Delivery Pipe. Berfungsi untuk menampung bahan bakar yang telah di pompa oleh fuel pump yang terletak pada ujung saluran bahan bakar yang akan di salurkan ke injector.

Fuel Line. Berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar dari komponen-komponen yang terdapat pada sistem bahan bakar.

Injector. Berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar dari delivery pipe dengan komposisi yang sesuai dengan kondisi mesin pada saat itu. Injector bekerja menggunakan solenoid, sehingga waktu durasi lama dan tidaknya pembukaan nozzle pada injector dipengaruhi oleh listrik yang diberikan sehingga mempengaruhi komposisi bahan bakar yang keluar melalui injector. Semakin lama solenoid mendapatkan tegangan listrik, maka akan semakin banyak pula bahan bakar yang di injeksikan melalui injector.



Gambar 1.21 Injektor

Pressure Regulator. Berfungsi untuk menyetabilkan tekanan di dalam saluran bensin sesuai dengan standar tekanan yang diijinkan. Jumlah bahan bakar yang di injeksikan ke dalam ruang bakar tergantung dari lama tidaknya signal yang diberikan ke injektor. Pressure regulator juga

berfungsi untuk mengantisipasi pada saat tekanan berlebih yang diberikan oleh tekanan dari pompa bensin yang secara terus menerus bekerja. Tekanan bahan bakar yang berlebihan Kembali menuju tangka bahan bakar.



Gambar 1.22 *Pressure Regulator*

Return Feed. Berfungsi sebagai pengembali sisa bahan bakar pada saat tekanan bahan bakar berlebihan, di alirkan menuju ke tangki bahan bakar. Saluran bahan bakar ini memanjang menuju ke tangki bahan bakar.

Sensor. Sensor berfungsi untuk mendeteksi keadaan engine dalam keadaan yang sesungguhnya pada waktu itu, data hasil deteksi sensor tersebut dikirimkan ke ECU (Electric Control Unit) untuk diolah kemudian diteruskan ke actuator untuk menentukan lama dan tidaknya injektor membuka. Sensor-sensor yang terdapat pada sitem EFI: MAP (Manifold Absolute Pressure Sensor), IAT (Intake Air Temperature Sensor), Air Flow Meter, TPS (Throttle Position Sensor), CKP (Crankshaft Position Sensor), Oxygent Sensor, Water Temperature Sensor.

ECU (*Engine Control Unit*). ECU merupakan komponen pada kendaraan ringan yang berfungsi sebagai pengolah data yang dihasilkan dari sensor-sensor untuk kemudian data tersebut dikirimkan ke aktuator untuk bekerja sesuai dengan data yang telah di berikan.



Gambar 1.23. *Engine Control Unit*

Baterai. Baterai memiliki fungsi yang vital terhadap sistem bahan bakar EFI, dikarenakan rangkaian elektronik yang bekerja dengan menggunakan tegangan baterai. Baterai pada sistem bahan bakar EFI berfungsi untuk memberikan tegangan yang kemudian nanti akan diolah oleh sensor yang akan memberikan tegangan balik ke ECU.



Gambar 1.24. *Battery Accu*

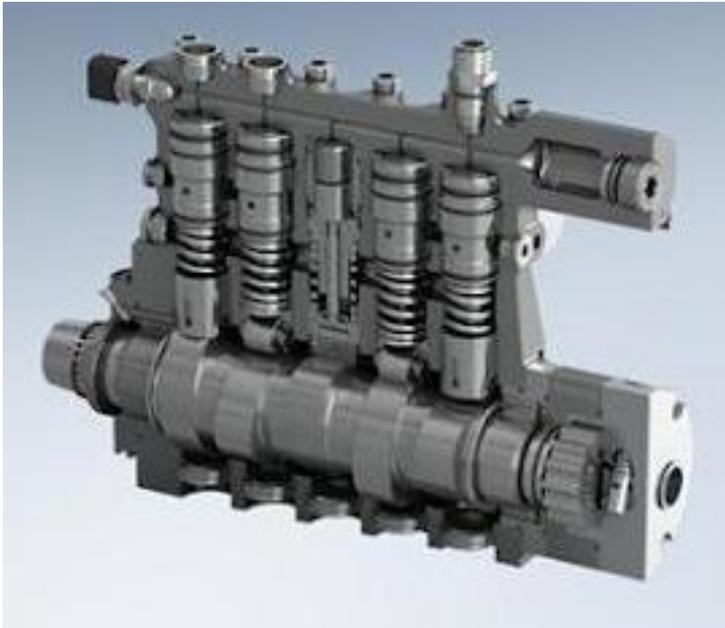
Sistem Bahan Bakar Mesin Diesel. Dalam sistem bahan bakar mesin diesel juga terdapat dua prinsip kerja sistem bahan bakar, yaitu sistem bahan bakar diesel konvensional dan sistem bahan bakar diesel Common Rail, berikut merupakan prinsip kerja dari sistem bahan bakar diesel:

Sistem Bahan Bakar Diesel Konvensional. Pada mesin dengan menggunakan bahan bakar solar atau sering disebut dengan mesin diesel, cara masuknya bahan bakar ke ruang bakar dengan menggunakan pompa injeksi, supaya solar yang terdapat di tangki bahan bakar dapat di salurkan ke ruang bakar dengan tekanan tinggi supaya bahan bakar solar dapat masuk ke dalam ruang bakar dalam bentuk kabut sesuai dengan timing pengapian pada mesin.

Tekanan tinggi pada penginjeksian bahan bakar solar pada mesin diesel mencapai 100-250 bar dengan tekanan kompresi 15-40 bar dengan suhu 700 sampai 900°C supaya bahan bakar solar dapat dengan mudah terbakar di dalam ruang bakar tanpa menggunakan busi seperti pada sistem pembakaran mesin bensin, karena titik nyala pada bahan bakar solar pada suhu 50-96°C, dengan suhu kompresi mencapai 700°C maka bahan bakar solar akan segera terbakar. Komponen-komponen pada sistem bahan bakar mesin diesel konvensional adalah sebagai berikut:

Tangki Bahan Bakar Solar/*Fuel Tank*. Berfungsi untuk menyimpan bahan bakar solar yang akan di injeksikan ke ruang bakar dan dirubah menjadi bentuk panas melalui proses pembakaran.

Pompa Solar/Pompa Injeksi. Pompa solar berfungsi untuk memompa bahan bakar solar dari tangki bahan bakar solar menuju ke pompa injeksi. Pompa injeksi solar bekerja dengan sistem membran dengan tekanan dari nok untuk menggerakkan membran kearah maju atau mundur. Pompa solar/pompa injeksi ini terdapat dua jenis, yaitu pompa injeksi tipe distributor dan pompa injeksi tipe *In-Line*.



Gambar 1.25. a Pompa Solar/Pompa Injeksi tipe *In-Line*



Gambar 1.25. b Pompa Solar/Pompa Injeksi tipe *In-Line*

Priming Pump. Pompa priming berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar solar dari tangki menuju ke pompa injeksi dan berfungsi untuk melakukan proses bleeding.



Gambar 1.26. Priming pump

Filter Solar/Diesel Fuel Filter. Fuel filter pada mesin diesel memiliki peran yang penting yang sistem bahan bakar, berfungsi untuk menyaring bahan bakar supaya kotoran-kotoran yang terdapat pada bahan bakar solar dapat tersaring sebelum bahan bakar solar masuk ke ruang bakar.



Gambar 1.27 Diesel Fuel Filter

Injektor. Injektor berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar diesel yang sudah dirubah menjadi kabut ke dalam ruang bakar engine.



Gambar 1.28 Injektor nozzle diesel

Busi Pijar/Busi Pemanas. Busi pijar pada mesin diesel berfungsi untuk memberikan panas awal ruang bakar pada saat engine mulai star. Busi pijar merubah energi listrik dari accu menjadi panas untuk membakar bahan bakar yang temperatur bahan bakar sudah tinggi agar mudah terbakar.

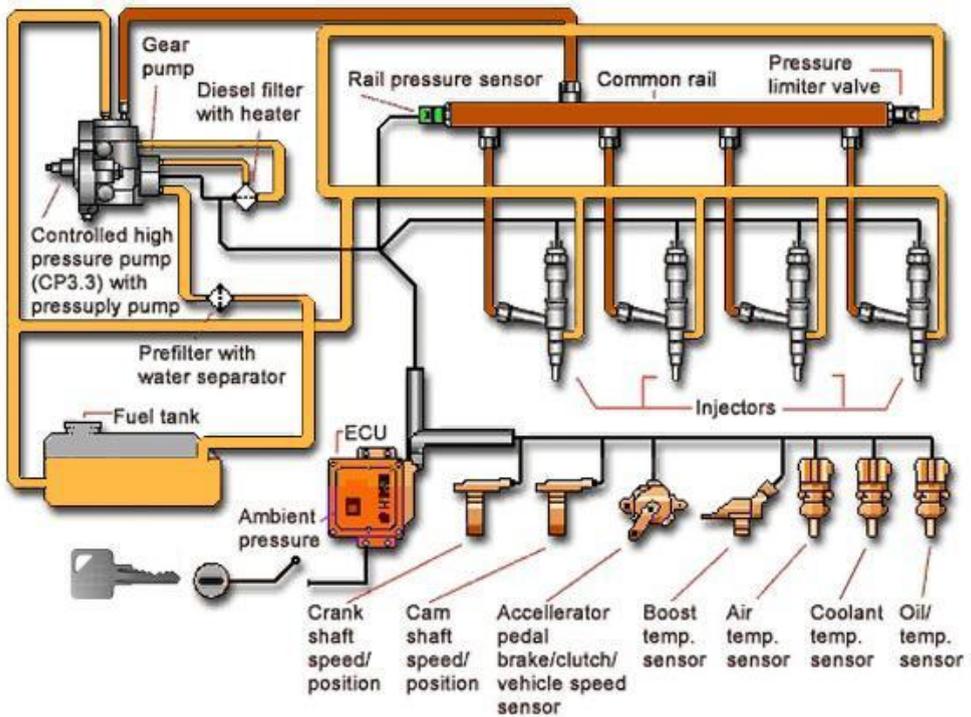


Gambar 1.29. Busi Pijar/*Glowplug*

Selang Bahan Bakar Solar. Selang solar atau selang bahan bakar pada mesin diesel berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar solar dari tangki bahan bakar menuju pompa injeksi, untuk di injeksikan ke ruang bakar melalui injektor.

Return Pipe/Pipa Saluran Pengembali. Berfungsi sebagai pengembali bahan bakar yang berlebih yang dipompakan dari pompa injeksi dan injektor dikembalikan lagi ke tangki bahan bakar.

Sistem Bahan Bakar Diesel *Common Rail.* Pada sistem bahan bakar mesin bensin terdapat teknologi sistem bahan bakar dengan menggunakan elektronik yaitu EFI (Electronic Fuel Injection), begitu juga pada mesin diesel terdapat teknologi sistem bahan bakar *Common Rail.*



Gambar 1.30. *Common Rail System*

Prinsip kerja sistem bahan bakar common rail mirip dengan EFI pada sistem bahan bakar mesin bensin, yaitu menggunakan sistem control elektronik untuk melakukan penginjeksian bahan bakar ke ruang bakar mesin yang dilakukan oleh Engine Control Unit (ECU). Berikut merupakan komponen-komponen pada sistem bahan bakar diesel common rail:

ECU (*Engine Control Unit*). Engine Control Unit berfungsi untuk mengolah data yang dikirimkan oleh sensor-sensor kemudian memberikan perintah kepada aktuator supaya dapat bekerja sesuai kebutuhan engine pada saat itu, sehingga menghasilkan output yang efisien dan optimal.



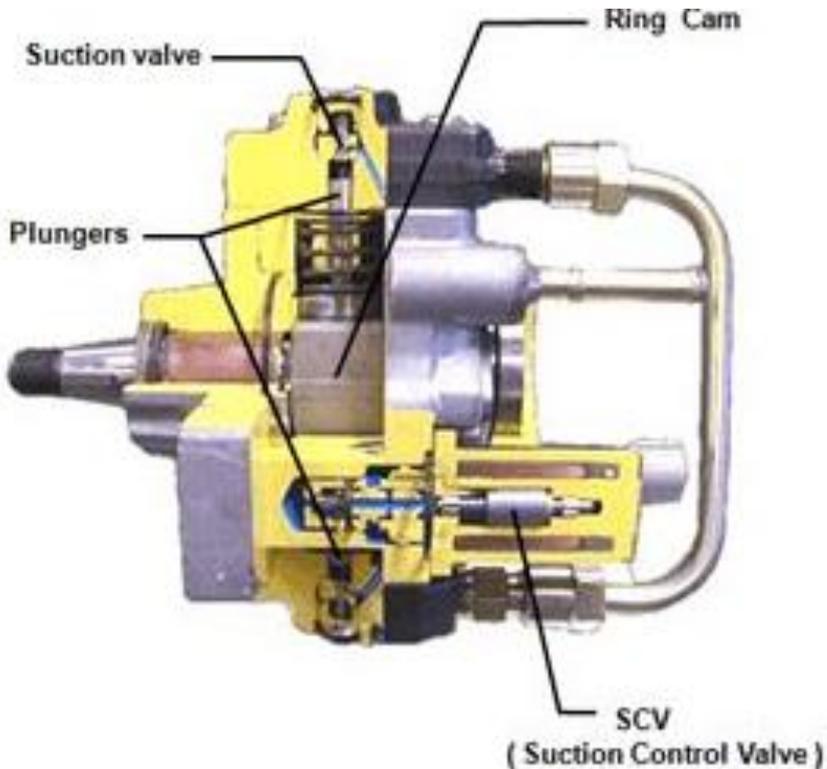
Gambar 1.31. *Engine Control Unit*

Sensor-sensor. Sensor pada mesin disesel common rail ini berfungsi sebagai pendeteksi dan mengukur yang terjadi pada mesin kemudian data yang diperoleh tersebut diolah dan digunakan untuk memberikan perintah ke aktuator berdasarkan data terkini pada mesin. Sistem common rail memiliki sensor-sensor sebagai berikut:

- Crank Angle Position Sensor
- Camshaft Position Sensor
- Engine Coolant Temperature Sensor
- Accelerator Pedal Sensor
- Pressure Sensor
- Manifold Absolute Pressure Sensor
- Oxygen Sensor
- Air Temperatur Sensor
- Rail Pressure Sensor
- Knock Sensor
- Fuel Temperature Sensor

High Pressure Supply Pump. High pressure supply pump berfungsi untuk menaikkan tekanan dengan menggunakan putaran mesin untuk

menghasilkan bahan bakar bertekanan tinggi kemudian disalurkan menuju common rail dan injektor.



Gambar 1.32. *High Pressure Supply Pump*

Fuel Rail/Common Rail. Common Rail berfungsi untuk menampung bahan bakar diesel yang telah di salurkan dari Supply Pump dengan bertekanan tinggi sekaligus berfungsi untuk menjaga tekanan bahan bakar supaya tekanan bahan bakar tersebut tetap terjaga dengan tekanan tinggi sesuai dengan kebutuhan mesin sebelum disalurkan ke injektor yang kemudian akan di injeksikan ke dalam ruang bakar oleh injektor. Untuk mempertahankan kan tekanan bahan bakar tersebut pada Fuel Rail/Common Rail dilengkapi dengan Fuel Pressure Limiter. Pada Fuel Pressure Limiter terdapat katup untuk mengontrol tekanan bahan bakar, sehingga katup hanya akan terbuka jika tekanan dapat mencapai minimal 220 MPa (32.000 psi), jika kurang dari 50 MPa (7,250 psi) katup akan menutup.



Gambar 1.33. Fuel Rail/Common Rail

Injector. Injector berfungsi untuk memasukkan bahan bakar solar dengan tekanan tinggi ke dalam ruang bakar dalam bentuk kabut. Injector pada common rail tersebut dapat mengalirkan bahan bakar dalam bentuk kabut dengan tekanan tinggi dikarenakan terdapat rangkaian solenoid yang di desain supaya dapat di control oleh ECU sesuai dengan kebutuhan mesin.



Gambar 1.34. *Injector*

Sistem Pelumasan dan Sistem Pendingin. Pada mesin kendaraan ringan terdapat sistem pelumasan dan sistem pendinginan untuk menjaga performa mesin supaya dapat bekerja dengan baik. Berikut merupakan pengertian tentang sistem pelumasan dan sistem pendingin pada mesin kendaraan ringan:

Sistem Pelumasan Mesin Kendaraan Ringan. Sistem pelumasan berfungsi sebagai pelumas pada bagian-bagian komponen mesin kendaraan ringan, dengan serangkaian hidrolis yang terdapat pada mesin maka oli mesin di distribusikan ke seluruh komponen mesin yang bergesekan. Tujuan dari oli mesin di distribusikan ke seluruh komponen yang bergesekan adalah, untuk mencegah komponen pada mesin cepat aus, supaya komponen mesin dalam kondisi dingin, dan untuk membersihkan komponen mesin dari kotoran dan kerak mesin. Komponen-komponen sistem pelumasan adalah sebagai berikut:

Pompa Oli/Oil Pump. Berfungsi untuk memompa oli mesin dan mendistribusikan ke seluruh mesin. Pompa oli dapat bekerja ketika mendapat putaran dari poros engkol mesin, sehingga secara otomatis oli akan terpompa untuk disalurkan ke seluruh mesin ketika engine menyala/bekerja.

Sistem Pengatur Tekanan. Sistem Pengatur Tekanan pada sistem pelumasan ini terdapat pada rumah pompa oli berfungsi untuk menjaga tekanan oli agar tetap stabil.

Oil Pressure Sensor. Digunakan untuk membaca seberapa besar tekanan oli mesin yang keluar dari pompa oli. Apabila sensor tersebut mendapatkan signal terdapat kelebihan atau kekurangan tekanan oli, maka akan ada tanda menyala pada dashboard kendaraan. Tanda tersebut dapat menunjukkan bahwa *volume* oli mesin kekurangan atau berlebihan dari ukuran yang telah ditentukan. Apabila tanda tersebut menyala, maka perlu di cek oli mesin dengan membuka stik oli, apabila *volume* pada oli tidak terjadi masalah maka apabila dashboard masih menyala dapat di cek kembali pada pompa olinya apakah bermasalah.

Saringan Oli/Oil Filter. Oil Filter diperlukan pada engine supaya oli yang masuk kedalam ruang engkol mesin terhindar dari kotoran sisa-sisa pembakaran. Kotoran sisa pembakarang tersebut akan terhenti dan

terkumpul pada saringan oli, maka saringan oli perlu diganti pada seitan penggantian oli secara rutin.

Penampung Oli/Carter. Penampung oli yang terdapat pada bagian bawah engine atau dibawah poros engkol engine, berfungsi untuk menampung oli mesin.

Sistem Pendinginan Mesin Kendaraan Ringan. Sistem pendinginan mesin merupakan salah satu sistem pada mesin yang berguna untuk menjaga kondisi suhu mesin supaya dalam temperature kerja dan mencegah mesin overheating. Mesin bekerja pasti menghasilkan panas, suhu temperature kerja pada setiap mesin berbeda-beda, akan tetapi rata-rata temperature kerja mesin dari 90-95°C. Awal mula mesin bekerja suhu temperature kerja idle masih belum tercapai, hal tersebut mengakibatkan sistem pendingin belum bekerja, maka cairan pendingin masih belum bersirkulasi. Saat mesin mencapai suhu tinggi, salah satu komponen sistem pendingin mulai bekerja sehingga cairan pendingin bersirkulasi untuk mendinginkan mesin. Komponen tersebut yaitu *Thermostat* yang berfungsi sebagai pengatur sirkulasi cairan pendingin yang berada dalam radiator.

Berikut merupakan komponen-komponen sistem pendinginan mesin kendaraan ringan:

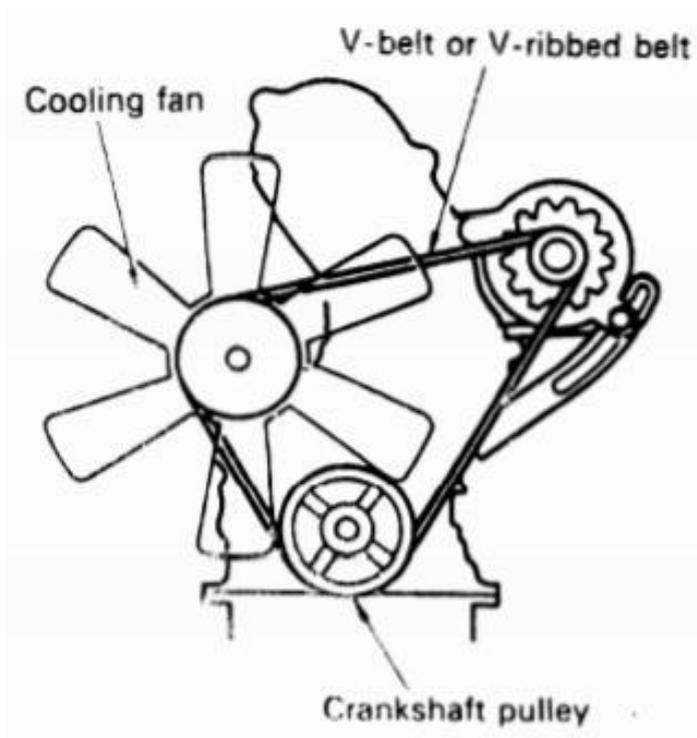
Radiator. Radiator merupakan salah satu komponen sistem pendingin yang berfungsi untuk meredakan panas yang diakibatkan dari proses pembakaran yang terjadi pada silinder mesin. Pada radioator terdapat cairan pendingin, cairan tersebut bersirkulasi untuk mendinginkan dinding silinder tersebut.



Gambar 1.35 Radiator

Kipas Pendingin. Kipas Radiator berfungsi untuk menjaga suhu air pendingin pada radiator supaya suhu tetap stabil, melalui kipas radiator udara yang berputar akan menyerap panas melalui sirip-sirip radiator untuk menurunkan suhu air pendingin pada radiator. Cara kerja kipas radiator dibedakan menjadi dua, yaitu:

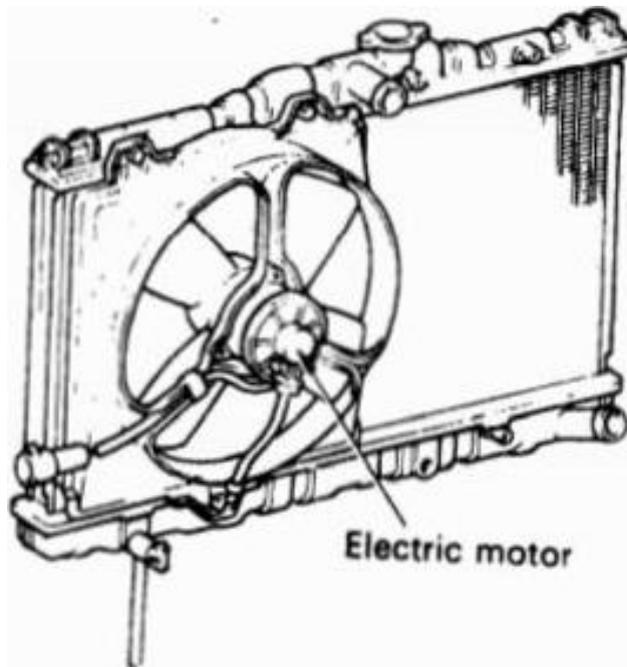
Kipas Pendingin Manual/Manual Fan. Kipas radiator konvensional yang digerakkan pulley poros engkol, pulley kipas, dan pulley V-Belt melalui belt, sehingga kipas radiator tersebut akan berputar terus seiring mesin bekerja, akibatnya mesin akan sulit tercapai suhu kerja dan menyebabkan mesin terlalu dingin yang mengakibatkan mesin tidak bekerja optimal, selain itu putaran kipas terjadi dikarenakan putaran mesin, sehingga menambah beban dan konsumsi bahan bakar.



Gambar 1.36. Kipas Radiator Manual

Kipas Pendingin Elektrik/*Electric Fan*. Kipas pendingin dengan menggunakan motor listrik untuk menggerakkan kipas pendingin. Kipas bekerja berdasarkan masukan dari sensor suhu dengan mendeteksi temperature cairan pendingin yaitu WTS (Water Temperature Sensor). Apabila suhu dalam air pendingin tersebut mencapai batas suhu yang telah ditetapkan maka sensor akan memberikan sinyal kepada ECU untuk memerintahkan kepada relay kipas dengan memberikan tegangan supaya arus listrik dapat mengalir ke motor listrik yang kemudian membuat motor listrik bekerja untuk memutar kipas.

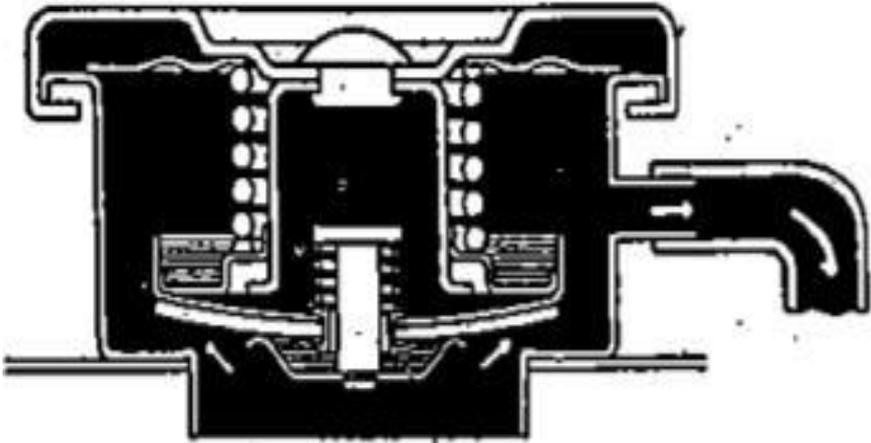
Dengan menggunakan motor listrik tersebut, maka temperatur kerja mesin akan tercapai, dan mesin tidak terbebani untuk memutar kipas pendingin sehingga penggunaan bahan bakar dapat lebih efisien.



Gambar 1.37. Kipas Pendingin Elektrik

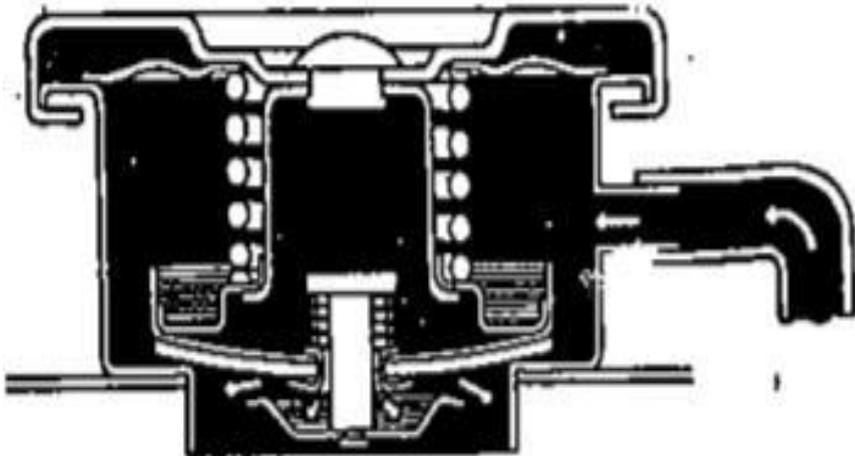
Tutup Radiator. Tutup radiator memiliki dua katup sebagai pengontrol air pendingin radiator supaya air radiator tidak mendidih pada suhu 100°C , katup radiator tersebut yaitu:

Relief Valve. Relief valve pada tutup radiator ini berfungsi ketika mesin mulai panas sehingga tekanan air pendingin di dalam radiator mulai naik. Jika tekanan tersebut mencapai $0,3-1,0 \text{ kg/cm}^2$ pada $110-120^{\circ}\text{C}$ maka relief valve akan terbuka sehingga cairan pendingin menguap dan masuk reservoir.



Gambar 1.38 *Relief Valve*

Vacuum Valve. Berfungsi ketika mesin berhenti bekerja dan suhu pada air pendingin radiator ini turun, pada *vacuum valve* terjadi kevakuman di dalam radiator. Vacuum valve tersebut membuka untuk menghisap udara segar dan cairan pendingin dari *reservoir*.



Gambar 1.39. *Vacuum Valve*

Pompa Air/Water Pump. Water pump digerakkan oleh V-Belt berfungsi untuk memompa cairan pendingin pada radiator untuk bersirkulasi ke seluruh sistem pendingin.



Gambar 1.40. *Water Pump*

Thermostat. Merupakan komponen pengatur sirkulasi cairan pendingin yang terdapat di dalam radiator. Prinsip kerja thermostat seperti katup yang terbuka dan tertutup untuk menahan cairan pendingin pada suhu tertentu. Thermostat juga berfungsi untuk mengatur cairan pendingin mesin dari radiator untuk bersirkulasi sehingga suhu ideal mesin tetap terjaga.



Gambar 1.41. Thermostat

Reservoir. Reservoir Tank atau tangki cadangan pada radiator berfungsi untuk mencegah cairan pendingin yang terdapat di dalam radiator terbuang dikarenakan volume cairan berekspansi dikarenakan temperatur yang tinggi, dan apabila temperatur cairan pendingin turun, cairan pendingin tersebut dapat dikembalikan lagi ke dalam radiator.



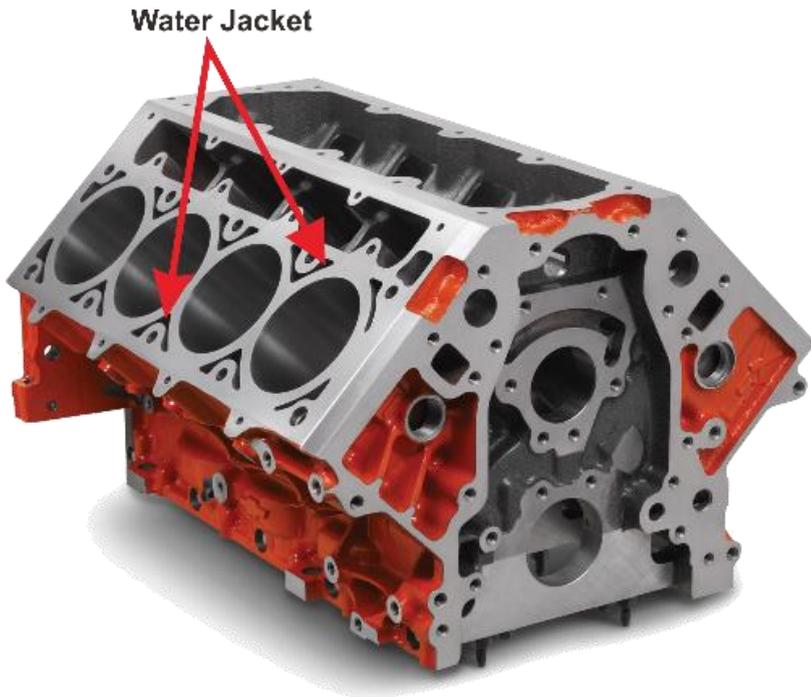
Gambar 1.42. Reservoir Tank

V-belt. Komponen ini berfungsi untuk menggerakkan komponen-komponen pada sistem pendingin seperti kipas pendingin dan pompa air. V-belt juga berfungsi untuk menggerakkan komponen lain selain komponen sistem pendingin, yaitu seperti pompa power steering, alternator.



Gambar 1.43. *V-belt*

Water Jacket. Tempat sirkulasi air pendingin di dalam mesin yang berfungsi untuk menyerap panas hasil dari proses pembakaran mesin secara langsung.



Gambar 1.44. Water Jacket

1.3. RANGKUMAN MATERI

Konsep dasar pembakaran. Mesin bakar dibagi menjadi dua tipe yaitu mesin dengan pembakaran luar dan pembakaran dalam. Berikut perbedaan dari kedua tipe mesin tersebut:

Mesin Pembakaran Luar (*Eksternal Combustion Engine*). Adalah mesin yang proses pembakarannya terjadi di luar mesin, bukan di ruang bakar yang tertutup seperti mesin pembakaran dalam. Mesin pembakaran luar memerlukan beberapa komponen penghantar untuk merubah panas yang dihasilkan dari proses pembakaran menjadi tenaga gerak.

Mesin Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*). Mesin pembakaran dalam merupakan mesin dengan sumber tenaga dari

pengembangan gas panas campuran udara dan bahan bakar dengan tekanan yang sangat tinggi yang berlangsung di dalam ruang bakar di dalam mesin itu sendiri yang di sebut ruang bakar.

Syarat-Syarat Terjadinya Pembakaran. Terdapat tiga unsur yang menyebabkan terjadinya proses pembakaran, yaitu adanya oksigen, bahan bakar dan api. Ketiga unsur tersebut bertemu di dalam ruang bakar pada saat yang tepat sesuai dengan proses kerja dari mesin.

Saat pembakaran sempurna, mesin bekerja dengan baik, mesin bensin dapat bekerja dengan sempurna apabila syarat-syarat sudah terpenuhi, yaitu campuran bahan bakar/udara yang tepat, tekanan kompresi tinggi, waktu pengapian yang tepat, dan percikan api yang kuat dari busi.

Prinsip Dasar Proses Kerja Mesin. Mesin pembakaran dalam adalah jenis mesin yang mengubah energi panas menjadi energi gerak di dalam ruang bakar. Prinsip dasar proses kerja mesin pada mesin pembakaran dalam, yaitu memanfaatkan daya ledak yang terbentuk dari terbakarnya campuran udara dan bahan bakar yang berada di ruang bakar. Daya ledak tersebut dimanfaatkan untuk menggerakkan piston melalui poros engkol yang berputar, jika dilihat dari prinsip kerja tersebut, maka semakin besar daya ledak yang dihasilkan oleh pembakaran akan semakin cepat pula gerakan piston melalui putaran poros engkol. Mesin pembakaran dalam dibagi menjadi mesin 4 tak (mesin 4 tak) dan mesin 2 tak (mesin 2 tak) sesuai dengan proses pembakarannya.

Berikut merupakan prinsip dasar siklus kerja mesin pembakaran dalam dilihat dari proses pembakarannya yaitu sebagai berikut:

Four Stroke Engine (mesin 4 Tak/Langkah). Mesin 4 tak membutuhkan beberapa siklus kerja mesin untuk dapat menghasilkan gerakan rotasi secara terus menerus pada poros engkol. Satu siklus mesin 4 Tak menghasilkan tenaga dengan 1 kali pembakaran melalui dua putaran engkol dengan 4 kali proses Langkah secara berurutan. Langkah siklus mesin 4 Tak tersebut yaitu: *Intake Stroke* (Langkah Hisap), *Compression Stroke* (Langkah Kompresi), *Power Stroke* (Langkah Usaha), *Exhaust Stroke* (Langkah Buang).

Two Stroke Engine (mesin 2 Tak/Langkah). Mesin 2 Tak merupakan salah satu mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang dalam satu siklusnya hanya memiliki 2 langkah piston dari TMA menuju

ke TMB lalu sebaliknya, dimana sekali langkah piston hanya terjadi setengah putaran poros engkol.

Dikatakan 2 tak, karena terdapat 2 langkah disetiap siklusnya dan terjadi 2 proses dalam setiap langkahnya. Artinya dalam mesin 2 tak, hanya diperlukan satu putaran engkol untuk menghasilkan daya. Sehingga dapat dikatakan, prinsip kerja mesin dua tak adalah mesin yang menghasilkan tenaga melalui satu putaran engkol.

Sistem Bahan Bakar. Dalam teknik kendaraan ringan atau otomotif sistem bahan bakar merupakan salah satu sistem yang berfungsi untuk menyimpan bahan bakar, kemudian disalurkan ke tangki bahan bakar ke dalam ruang silinder (ruang bakar) sesuai dengan kebutuhan mesin. Bahan bakar tersebut di salurkan ke dalam ruang bakar dengan komposisi campuran udara dan bahan bakar dalam bentuk kabut sesuai dengan kebutuhan mesin. Dari prinsip kerja sistem bahan bakar tersebut, dapat dilihat dari cara campuran udara dan bahan bakar tersebut terdapat dua macam cara, yaitu dengan cara dihisap dan di injeksikan. Pada kendaraan ringan terdapat dua jenis bahan bakar yang digunakan untuk mesin pembakaran dalam yaitu bahan bakar bensin dan bahan bakar solar.

Sistem Pelumasan dan Sistem Pendingin. Pada mesin kendaraan ringan terdapat sistem pelumasan dan sistem pendinginan untuk menjaga performa mesin supaya dapat bekerja dengan baik.

Sistem Pelumasan Mesin Kendaraan Ringan. Berfungsi sebagai pelumas pada bagian-bagian komponen mesin kendaraan ringan, dengan serangkaian hidrolis yang terdapat pada mesin maka oli mesin di distribusikan ke seluruh komponen mesin yang bergesekan.

Sistem Pendinginan Mesin Kendaraan Ringan. Mesin bekerja pasti menghasilkan panas, suhu temperature kerja pada setiap mesin berbeda-beda, akan tetapi rata-rata temperatur kerja mesin dari 90-95°C. Awal mula mesin bekerja suhu temperature kerja idle masih belum tercapai, hal tersebut mengakibatkan sistem pendingin belum bekerja, maka cairan pendingin masih belum bersirkulasi. Saat mesin sudah mencapai temperatur tinggi, cairan pendingin bersirkulasi untuk mendinginkan mesin karena salah satu bagian dari sistem pendingin mulai bekerja, yaitu Thermostat yang berfungsi sebagai pengatur sirkulasi cairan pendingin yang berada dalam radiator.

1.4. SOAL LATIHAN

Untuk menguji pemahaman dari pembaca, coba jawab pertanyaan berikut ini dengan jujur kepada diri sendiri, jika belum mampu maka coba pelajari kembali materi diatas sampai benar-benar dapat menjawab dengan baik dan benar tanpa melihat materi yang ada di atas.

1. Apakah yang dimaksud dengan internal combustion engine, jelaskan secara singkat dan berikan contoh engine yang termasuk dalam internal combustion engine?
2. Apakah yang dimaksud dengan external combustion engine, jelaskan secara singkat dan berikan contoh engine yang termasuk dalam external combustion engine?
3. Sebutkan bagaimana siklus kerja mesin 4 tak dan 2 tak!
4. Bagaimana jika syarat sistem pembakaran tidak terpenuhi?
5. Apakah yang terjadi apabila campuran udara dan bahan bakar secara teoritis gemuk atau kurus?
6. Jelaskan prinsip kerja sistem bahan bakar bensin pada kendaraan ringan!
7. Jelaskan prinsip kerja sistem bahan bakar diesel pada kendaraan ringan!
8. Jelaskan prinsip kerja sistem pelumasan dan sistem pendinginan pada kendaraan ringan!

DAFTAR PUSTAKA

Zammit, S.J., 1996, *Motor Vehicle Engineering Science for technician*, Longman Group, England

_____, 2000. *Toyota New Step 1*,: Toyota astra Motor

Garet. TK, dkk, 2001. *The Motor Vehicle*. Reston: Reston Publishing Co. Inc

Bell, Graham A., 1999, *Performance Tuning in Theory and Practice Two-Stroke*, Haynes Foulis Publisher, New South Wales Australia.

Bell, Graham A., 1999, *Performance Tuning in Theory and Practice Four-Stroke*, Haynes Foulis Publisher, New South Wales Australia.

_____, 1987. *Electronic N Step*, Japan, Nissan Motor CO Ltd.

John B. Heywood, (1993). *Internal Combustion Engine Fundamental*, New York, Mc Graw Hill Book.

Anonim (1995). *New Step 1 Training Manual*, Jakarta: Penerbit PT. Toyota Astra Motor.

Anonim (tt). *Step 2 Materi Pelajaran Chassis Group*, Jakarta: Penerbit PT. ToyotaAstra Motor.

Anonim (1993). *Training Manual ECT*, Jakarta: Penerbit PT. Toyota-Astra Motor.

Anonim (1994). *Training Manual Drive Train Group*, Jakarta: Penerbit PT. ToyotaAstra Motor

Anonim (2004). *N-Step Step 2 Chasis Training Materials Text*, Jakarta: Penerbit PT. NISSAN.

Anonim (tt). *Automatic Transaxle Model RL4F033A*, Jakarta: Penerbit PT. NISSAN.

GLOSARIUM

Daftar Glosarium:

Idle (stasioner): kondisi dimana katup gas tertutup dan mesin bekerja melakukan putaran tanpa beban.

Injektor (nozzle): bagian dari mesin dengan sistem bahan bakar injeksi yang berfungsi untuk merubah bahan bakar menjadi kabut dengan cara disemprotkan kedalam ruang bakar

Venturi: Bagian sempit pada tabung karbrator

Pressure Regulator: komponen sistem EFI berfungsi untuk mengatur tekanan dalam saluran bahan bakar supaya selalu konsisten.

Pneumatis: hal yang berhubungan dengan dengan udara bertekanan

PTC (Positive Temperatur Coefficient) thermistor: komponen yang terdapat pada sistem cuk otomatis, digunakan untuk mencegah arus berlebih pada coil.

Katup Termostatik (Hot Idle Compensator): Salah satu komponen yang terdapat pada karburator, berfungsi untuk menambah udara ketika temperatur sekitar mesin panas.

ECU (Electronic Control Unit): komponen pada sistem injeksi bahan bakar elektronik berfungsi untuk mengolah signal yang di berikan dari berbagai sensor untuk dapat diolah dan digunakan untuk dasar penentuan durasi penginjeksian bahan bakar dan mengatur pada saat pengapian.

EFI (Elektronik Fuel Injection): merupakan sistem bahan bakar pada motor bensin dengan menggunakan injeksi dan dikontrol secara elektronik.

Economic Jet: merupakan salah satu bagian karburator yang terletak pada saluran stasioner dan kecepatan lambat, yang berfungsi untuk mempercepat aliran bahan bakar.

Deceleration Fuel Cut-Off System (Sistem Pemutus Perlambatan): Komponen tambahan yang terdapat pada karburator, digunakan untuk memutus aliran bahan bakar pada saat kecepatan kendaraan melambat.

Charcoal Canister: komponen pada sistem bahan bakar yang berfungsi untuk menampung uap bensin pada tangki bahan bakar dan dari ruang pelampung pada karburator, lalu dikeluarkan ketika mesin hidup.

Barrel: Saluran masuk terletak pada karburator sebagai lokasi campuran udara-bahan bakar yang disemprotkan dan dirubah menjadi kabut dari nozzle.

Overslag Anti Dieseling: Komponen karburator tambahan yang mencegah mesin berputar saat kunci kontak dimatikan.

Dashpot: Komponen tambahan dari karburator yang digunakan untuk memperlambat penutupan katup gas saat pedal gas dilepaskan pada putaran mesin tinggi.

Tentang Penulis



Arief Kurniawan, lahir pada tanggal 23 Oktober 1987 di Yogyakarta. Pada tahun 2012 penulis menyelesaikan Pendidikan Sarjana di Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Negeri Yogyakarta. Pendidikan magister di Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2017. Penulis merupakan pengajar di Program Studi Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif Universitas Ahmad Dahlan. Bidang keilmuan penulis: Teknologi Otomotif Dasar, Teknologi Motor Bensin, Teknologi Motor Diesel, Teknologi Sepeda Motor, Pengantar Pendidikan Vokasi, Media Pembelajaran.