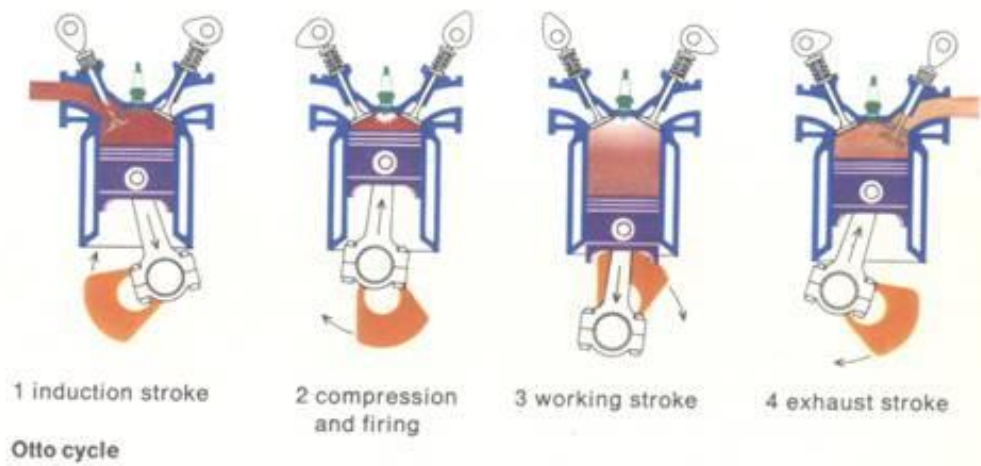


2. STUDI LITERATUR

2.1. Mesin Bensin

Mesin/motor bensin atau mesin *Otto* dari Nikolaus Otto adalah sebuah tipe mesin pembakaran dalam yang menggunakan nyala busi untuk proses pembakaran, dirancang untuk menggunakan bahan bakar bensin atau yang sejenis.

Mesin bensin berbeda dengan mesin diesel dalam metode pencampuran bahan bakar dengan udara, dan mesin bensin selalu menggunakan penyalan busi untuk proses pembakaran.



Gambar 2.1. Siklus kerja motor bensin

Sumber : <http://www.oto.clas.web.id/2014/11/cara-kerja-motor-4-tak-otomotif-dasar.html>

Pada mesin diesel, hanya udara yang dikompresikan dalam ruang bakar dan dengan sendirinya udara tersebut terpanaskan, bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar di akhir langkah kompresi untuk bercampur dengan udara yang sangat panas, pada saat kombinasi antara jumlah udara, jumlah bahan bakar, dan temperatur dalam kondisi tepat maka campuran udara dan bakar tersebut akan terbakar dengan sendirinya.

Pada mesin bensin, umumnya udara dan bahan bakar dicampur sebelum masuk ke ruang bakar, sebagian kecil mesin bensin modern mengaplikasikan injeksi bahan bakar langsung ke silinder ruang bakar termasuk mesin bensin 2 tak

untuk mendapatkan emisi gas buang yang ramah lingkungan. Pencampuran udara dan bahan bakar dilakukan oleh karburator atau sistem injeksi, keduanya mengalami perkembangan dari sistem manual sampai dengan penambahan sensor-sensor elektronik. Sistem Injeksi Bahan bakar di motor otto terjadi di luar silinder, tujuannya untuk mencampur udara dengan bahan bakar seproporsional mungkin yang dinamakan EFI.

Pada proses pembakaran, temperatur bahan bakar yang digunakan baik di motor bensin maupun motor diesel dapat mempengaruhi hasil daya dan torsi dari kinerja mesin tersebut. Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya pada mesin diesel berkapasitas 2500cc, hasil perubahan suhu bahan bakar menunjukkan perbedaan daya dan sfc. Pada suhu bahan bakar 50°C didapat peningkatan daya sebesar 4.1% dan penurunan sfc sebesar 23.4% dibandingkan dengan suhu 30°C (Willyanto, 1999).

2.1.1. Mesin Bensin Karburator



Gambar 2.2. Karburator mobil
Sumber : <https://camargus.com/magazine/182>

Karburator adalah sebuah alat yang mencampur udara dan bahan bakar untuk sebuah mesin pembakaran dalam. Pada mesin bensin model lama banyak menggunakan karburator sebagai pencampur udara. Namun mulai pada tahun 1980, sistem karburator mulai diganti dengan sistem injeksi. Sistem karburator pada dasarnya bekerja dengan menggunakan prinsip Bernoulli.

Semakin cepat udara bergerak, maka semakin kecil tekanan statisnya, tetapi semakin tinggi tekanan dinamisnya. Pedal gas sebenarnya tidak mengendalikan aliran bahan bakar secara langsung, tetapi mengendalikan katup dalam karburator untuk menentukan besarnya udara yang masuk ke dalam ruang bakar. Prinsip kerja dari karburator menggunakan asas debit aliran fluida, dimana aliran udara akan bertambah cepat bila melalui saluran udara yang menyempit sedangkan tekanannya menurun (Kristanto, 2015)

Karburator dikelompokkan menurut arah aliran udara, barel, dan tipe venturi. Setiap karburator mengkombinasikan ketiga alat tersebut dalam desainnya.

1. Arah aliran udara :

- Aliran turun (*downdraft*), udara masuk dari bagian atas, lalu keluar menuju bagian bawah karburator,
- Aliran datar (*sidedraft*), udara masuk dari sisi samping dan mengalir dengan arah mendatar lalu keluar lewat sisi sebelahnya,
- Aliran naik (*updraft*), udara masuk dari bawah, lalu keluar melalui bagian atas.

2. Barel : saluran udara yang terdapat dalam venturi



Gambar 2.3. Empat barel karburator

Sumber : <http://www.speedwaymotors.com/Holley-0-80541-1-HP-Crate-Racing-650-CFM-4-Barrel-Carburetor,8290.html>

- *Single* barel, hanya memiliki satu barel. Umumnya digunakan pada sepeda motor atau mobil dengan kapasitas mesin kecil.

- *Multi* barel, memimiliki lebih dari satu barel (terdapat dua atau empat barel), untuk memenuhi kebutuhan akan aliran udara yang lebih besar terutama untuk mesin dengan kapasitas mesin yang besar.

3. Venturi :

- Venturi tetap, pada tipe ini ukuran venturi selalu tetap. Pedal gas mengatur katup udara yang menentukan besarnya aliran udara yang melewati venturi sehingga menentukan besarnya tekanan untuk menarik bahan bakar.
- Venturi bergerak, pada tipe ini pedal gas mengatur besarnya venturi dengan menggunakan piston yang dapat naik-turun sehingga membentuk celah venturi yang dapat berubah-ubah. Naik turunnya piston venturi ini disertai dengan naik-turunnya *needle jet* yang mengatur besarnya bahan bakar yang dapat tertarik serta dengan aliran udara.

Campuran udara dengan bahan bakar pada mesin bensin berjenis karburator ini dilakukan secara manual, yaitu tergantung dengan putaran *screw* angin-angin dengan bahan bakar. Penyetelan karburator berfungsi untuk mendapatkan campuran yang sesuai (1 : 14,7), tinggi rendahnya pelampung (*float*), tinggi rendahnya jarum skep (*jet needle*), dan banyaknya putaran baut udara (*air screw*).

2.1.2. Mesin Bensin Injeksi

Injeksi bahan bakar adalah sebuah teknologi yang digunakan dalam mesin pembakaran dalam untuk mencampur bahan bakar dengan udara sebelum dibakar. Secara umum, sistem injeksi bahan bakar ini dapat lebih meningkatkan kinerja mesin bila dibanding dengan sistem karburator. Hal tersebut dikarenakan sistem ini dapat mengatur jumlah konsumsi dan pencampuran bahan bakar dengan udara yang lebih tepat, sehingga kinerja mesin lebih maksimal. Sistem awal injeksi bahan bakar berupa mekanik, namun sekitar tahun 1980, sistem injeksi bahan bakar mulai diganti dengan sistem elektronik yang memiliki berbagai sensor dan diatur dengan sebuah ECU (*Engine Control Unit*). Mesin injeksi dibuat dengan

berbagai tujuan, seperti meningkatkan performa mesin kendaraan, efisiensi bahan bakar, serta kemudahan untuk mendiagnosa kerusakan dan penyetelan mesin.



Gambar 2.4. Mesin bensin injeksi

Sumber : <http://www.honda.co.jp/tech/auto/engine/20i-vtec/>

Namun begitu terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan dari motor bakar sistem injeksi tersebut. Kelebihan dari sistem injeksi tersebut antara lain :

- Emisi gas buang yang rendah. Hal ini didapat karena terjadinya pembakaran yang sempurna didalam ruang bakar, sehingga emisi lebih rendah.
- Daya yang dihasilkan lebih besar. Pencampuran bahan bakar lebih homogen yang disebabkan kontruksi injektor lebih tepat pada *intake manifold*.
- Lebih hemat bahan bakar. Pembacaan sensor-sensor pada mesin dapat mengubah asupan bahan bakar, jadi pemasukan bahan bakar tidak selalu konstan, namun dapat berubah – ubah sesuai kondisi.
- Tidak memerlukan cok (*choke*). Injeksi bahan bakar dilengkapi sensor temperatur yang berfungsi melaporkan suhu mesin ke ECM, sehingga pada saat mesin dingin akan memerintahkan injektor memperkaya campuran bahan bakar.

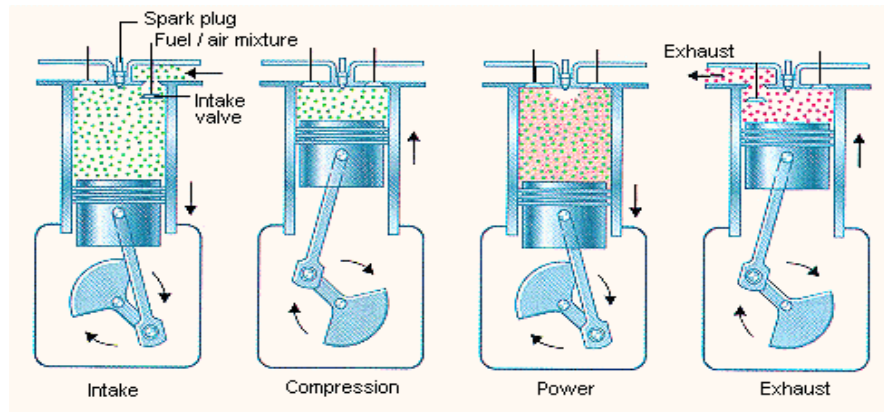
- Perawatan yang lebih praktis. Sistem injeksi memiliki konsep bebas perawatan, yang dibutuhkan saat servis hanya perlu pembersihan filter udara, busi dan pengaturan klep.

Serta kekurangan dari sistem injeksi antara lain :

- Akselerasi yang kurang responsif. Hal ini disebabkan banyaknya sensor pendeteksi yang membaca terlebih dahulu jumlah udara, bahan bakar dan lain-lain, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk berakselerasi.
- Kurangnya tenaga ahli. Sistem ini termasuk teknologi baru di Indonesia, tidak semua bengkel dapat menangani permasalahan di sistem injeksi tersebut.
- Sensitif pada benturan. Perangkat dalam ECM banyak yang menggunakan elektronik, sehingga rentan mati jika mengalami guncangan atau benturan yang cukup keras. Sama dengan perangkat-perangkat elektronik seperti biasanya (gadget, laptop, dll).
- Sensitif bahan bakar. Titik-titik yang terdapat diujung injektor yang berukuran sangat kecil, hal itu sangat rentan sekali terhadap penyumbatan yang dikarenakan bahan bakar yang kotor.
- Sensitif kelistrikan. Sensor-sensor yang terdapat pada mesin juga dapat menjadi masalah dalam sistem kerja mesin. Seperti contoh konektor pada penghubung sensor terjadi korosi, sehingga pembacaan data di ECM juga menjadi kacau, atau juga sensor yang kotor atau rusak, sehingga pembacaan data terganggu.

2.1.3. Proses Kerja Mesin Bensin Empat Langkah

Motor bakar empat langkah adalah mesin pembakaran dalam, yang dalam satu kali siklus pembakaran akan mengalami empat langkah piston. Empat langkah tersebut meliputi langkah hisap (pemasukan), kompresi, tenaga dan langkah buang. Yang secara keseluruhan memerlukan dua putaran poros engkol (*crankshaft*) per satu siklus pada mesin bensin atau mesin diesel.



Gambar 2.5. Siklus mesin bensin empat langkah

Sumber : <http://www.kitapunya.net/2013/11/cara-kerja-motor-bakar-4-tak.html>

a) Langkah ke 1

Piston bergerak dari TMA ke TMB, posisi katup masuk terbuka dan katup keluar tertutup, mengakibatkan udara (mesin diesel) atau gas (sebagian besar mesin bensin) terhisap masuk ke dalam ruang bakar. Proses udara atau gas sebelum masuk ke ruang bakar dapat dilihat pada sistem pemasukan.

b) Langkah ke 2

Piston bergerak dari TMB ke TMA, posisi katup masuk dan keluar tertutup, mengakibatkan udara atau gas dalam ruang bakar terkompresi. Beberapa saat sebelum piston sampai pada posisi TMA, waktu penyalaan (*timing ignition*) terjadi (pada mesin bensin berupa nyala busi sedangkan pada mesin diesel berupa semprotan (suntikan) bahan bakar).

c) Langkah ke 3

Gas yang terbakar dalam ruang bakar akan meningkatkan tekanan dalam ruang bakar, mengakibatkan piston terdorong dari TMA ke TMB. Langkah ini adalah proses yang akan menghasilkan tenaga.

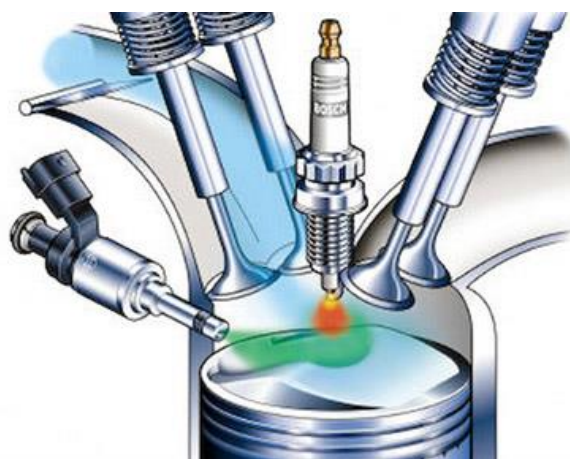
d) Langkah ke 4

Piston bergerak dari TMB ke TMA, posisi katup masuk tertutup dan katup keluar terbuka, mendorong sisa gas pembakaran menuju ke katup keluar yang sedang terbuka untuk diteruskan ke lubang pembuangan.

2.1.4. Klasifikasi Sistem Injeksi Bensin

Sistem injeksi bahan bakar pada mesin bensin dibedakan menurut lokasi dimana bahan bakar diinjeksikan, yaitu sistem injeksi bahan bakar langsung dan sistem injeksi bahan bakar tak langsung.

Pada sistem injeksi bahan bakar langsung (*Direct Multi Point Injection, DMPI*) bekerja dengan cara menginjeksikan bahan bakar secara langsung ke dalam ruang bakar. Pada sistem injeksi bahan bakar langsung digunakan pada mesin disel. Sistem injeksi bahan bakar langsung telah diaplikasikan pada mesin bensin, yaitu sistem injeksi langsung bensin (*Gasoline Direct Injection, GDI*) (Kristanto, 2015)

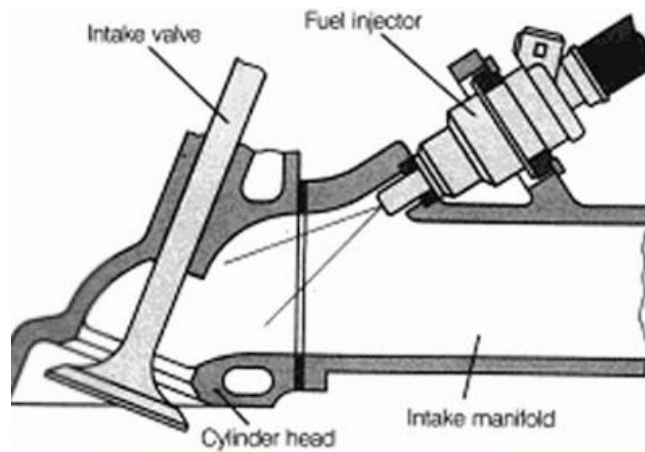


Gambar 2.6. *Gasoline direct injection*

Sumber : http://www.climatetechwiki.org/technology/ice_improvements

Sistem injeksi bahan bakar tak langsung bekerja dengan cara menginjeksikan bahan bakar pada *intake manifold* mesin. Pada sistem ini dibedakan menjadi dua jenis :

1. Injeksi tak langsung titik tunggal, pada sistem ini injektor dipasang diatas katup trotel (sebelum saluran isap).
2. Injeksi tak langsung multi titik, pada sistem ini injektor diletakkan diatas lubang isap pada tiap silinder.

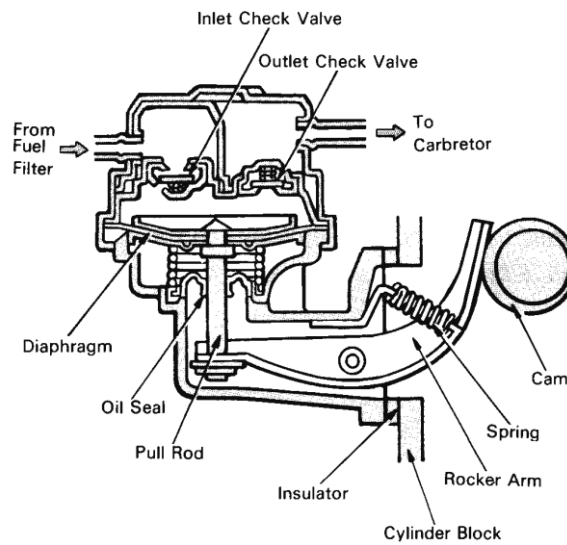


Gambar 2.7. Injeksi bahan bakar tak langsung

Sumber : <http://drive4corners.com/wp-content/usergallery/ted/untitledf.png>

2.1.5. Pompa Bahan Bakar

Pompa bahan bakar (*fuel pump*) digunakan untuk mengirim bahan bakar ke sistem injeksi bahan bakar (*fuel rail*) atau karburator. Pompa bahan bakar terdiri dari beberapa jenis. Untuk kendaraan dengan sistem karburator menggunakan pompa bahan bakar mekanis untuk memasok bahan bakar, sedangkan untuk sistem injeksi memerlukan pompa bahan bakar listrik yang dapat menghasilkan pompa bertekanan tinggi.



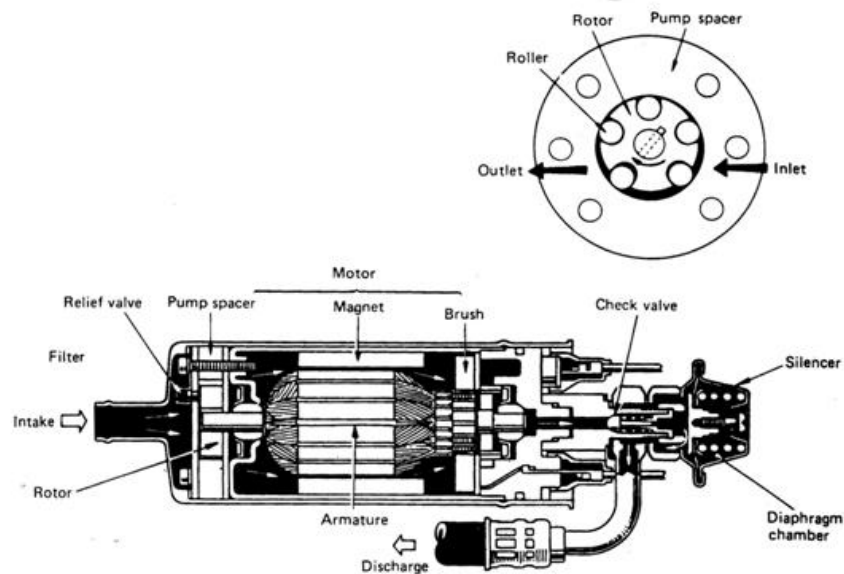
Gambar 2.8. Pompa bahan bakar mekanik

Sumber : <http://www.kitapunya.net/2013/11/pompa-bahan-bakar-bensin.html>

Pompa bahan bakar mekanis untuk mesin karburator memiliki cara kerja yang cukup sederhana, yaitu dengan mengandalkan diafragma karet yang diapit oleh bagian rumah dan ditekan oleh semacam lengan (*rocker arm*). *Camshaft* memiliki eksentrik yang dirancang untuk dapat beroperasi pada lengan tuas pompa. Apabila *rocker arm* ditekan oleh *camshaft*, diafragma akan tertarik kebawah sehingga ruang di atas diafragma menjadi vakum atau hampa. Katup masuk terbuka dan bahan bakar akan mengalir ke ruang diafragma. Pada saat ini katup keluar dalam keadaan tertutup. Pada saat *camshaft* tidak menyentuh *rocker arm*, diafragma bergerak ke atas sehingga bahan bakar yang ada di ruang diafragma terdorong keluar melalui katup keluar dan menuju karburator. Apabila bahan bakar pada karburator sudah cukup maka diafragma tidak terdorong ke atas oleh pegas dan *pull rod* pada posisi paling bawah, karena tekanan pegas sama dengan tekanan bahan bakar

Pompa bahan bakar elektrik digunakan untuk mobil dengan sistem injeksi. Pompa bahan bakar ini biasanya terletak di dalam tangki bahan bakar atau di dekat tangki untuk bertujuan mempertahankan jumlah bahan bakar dan memanfaatkan bahan bakar di dalam tangki sebagai pendingin pompa. Cara kerja dari pompa bahan bakar elektrik ini lebih mudah dibanding dengan mekanik. Saat kunci kontak ON, akan terjadi gaya magnet pada selenoid yang menyebabkan

diafragma tertarik ke atas sehingga bahan bakar masuk melalui katup masuk. Pada saat yang sama platina membuka karena tuas platina dihubungkan dengan rod sehingga kemagnetan pada solenoid hilang. Akibatnya diafragma bergerak ke bawah mendorong bahan bakar keluar melalui katup buang.



Gambar 2.9. Pompa bahan bakar elektrik

Sumber : http://insanubari.blogspot.co.id/2011/04/pemeliharaan-preventif-pompa-bahan_16.html

2.2. Bahan Bakar Bensin

Bensin atau gasoline atau petrol adalah salah satu jenis bahan bakar minyak yang dimaksudkan untuk kendaraan bermotor roda dua, tiga, dan empat. Secara sederhana, bensin tersusun dari hidrokarbon rantai lurus, mulai dari C7 (heptana) sampai dengan C11. Dengan kata lain, bensin terbuat dari molekul yang hanya terdiri dari hidrogen dan karbon yang terikat antara satu dengan yang lainnya sehingga membentuk rantai.

Jika bensin dibakar pada kondisi ideal dengan oksigen berlimpah, maka akan dihasilkan CO₂, H₂O, dan energi panas. Setiap kg bensin mengandung 42.4 MJ.

Bensin dibuat dari minyak mentah, cairan berwarna hitam yang dipompa dari perut bumi dan biasa disebut dengan petroleum. Cairan ini mengandung hidrokarbon, atom-atom karbon dalam minyak mentah ini berhubungan satu

dengan yang lainnya dengan cara membentuk rantai yang panjangnya yang berbeda-beda. Molekul hidrokarbon dengan panjang yang berbeda akan memiliki sifat yang berbeda pula. CH₄ (metana) merupakan molekul paling ringan; bertambahnya atom C dalam rantai tersebut akan membuatnya semakin “berat”. Empat molekul pertama hidrokarbon adalah metana, etana, propana, dan butana. Dalam temperatur dan tekanan kamar, keempatnya berwujud gas, dengan titik didih masing-masing -107, -67, -43 dan -18 derajat C. Berikutnya, dari C₅ sampai dengan C₁₈ berwujud cair, dan mulai dari C₁₉ ke atas berwujud padat.

Dengan bertambah panjangnya rantai hidrokarbon akan menaikkan titik didihnya, sehingga pemisahan hidrokarbon ini dilakukan dengan cara distilasi. Prinsip inilah yang diterapkan di pengilangan minyak untuk memisahkan berbagai fraksi hidrokarbon dari minyak mentah.

2.2.1. Bilangan Oktan

Karena merupakan campuran berbagai bahan, daya bakar bensin berbeda-beda menurut komposisinya. Ukuran daya bakar ini dapat dilihat dari bilangan oktan setiap campuran.

Bilangan oktan (*octane number*) merupakan ukuran dari kemampuan bahan bakar untuk mengatasi ketukan sewaktu terbakar dalam bensin. Nilai bilangan 0 ditetapkan untuk n-heptana yang mudah terbakar, dan nilai 100 untuk isooktana yang tidak mudah terbakar. Suatu campuran 30 n-heptana dan 70 isooktana akan mempunyai bilangan oktan :

$$=(30/100 \times 0) + (70/100 \times 10) = 70$$

Bilangan oktan bensin dapat ditentukan melalui uji pembakaran sampel bensin untuk memperoleh karakteristik pembakarannya. Karakteristik tersebut kemudian dibandingkan dengan karakteristik pembakaran dari berbagai campuran n-heptana dan isooktana. Jika ada karakteristik yang sesuai, maka kadar isooktana dalam campuran n-heptana dan isooktana tersebut digunakan untuk menyatakan nilai bilangan oktan dari bensin yang diuji.

Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh

percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara dan bensin juga bisa terbakar secara spontan sebelum percikan api dari busi keluar. Bilangan oktan suatu bensin memberikan informasi tentang seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin tersebut terbakar secara spontan. Jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka akan terjadi *knocking* atau ketukan di dalam mesin. *Knocking* ini akan menyebabkan mesin cepat rusak.

Nama oktan berasal dari oktana (C₈), karena dari seluruh molekul penyusun bensin, oktana yang memiliki sifat kompresi paling bagus; oktana dapat dikompres sampai volume kecil tanpa mengalami pembakaran spontan, tidak seperti yang terjadi pada heptana, misalnya, yang dapat terbakar spontan meskipun baru ditekan sedikit.

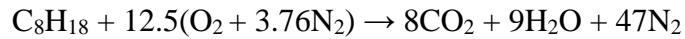
Bensin dengan bilangan oktan 87, berarti bensin tersebut terdiri dari campuran setara dengan campuran 87% oktana dan 13% heptana. Bensin ini akan terbakar secara spontan pada angka tingkat kompresi tertentu yang diberikan, sehingga hanya diperuntukkan untuk mesin kendaraan yang memiliki ratio kompresi yang tidak melebihi angka tersebut.

2.3. Gas Emisi Kendaraan

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Pencemaran udara saat ini dinilai cukup tinggi dan sangat mengkhawatirkan. Sebagian besar menurunnya kualitas udara disebabkan oleh emisi gas buang dari kendaraan bermotor yang jelek. Emisi gas buang kendaraan yang jelek atau melebihi batas ambang yang ditentukan dapat membahayakan kesehatan dan merusak lingkungan sekitar. Hal itu sangatlah membahayakan bagi manusia, terutama sangatlah rentan terhadap bayi dan anak – anak. Gas emisi yang berbahaya tersebut dapat menyerang manusia dengan meresap melalui kulit dan kemudian menyebar keseluruh bagian tubuh. Setelah itu, sebagian polutan disebarkan dari permukaan paru – paru menuju sel – sel lain dengan melalui darah, yang kemudian merusak sistem dan organ tubuh manusia. Dampak penyakit pada manusia yang ditimbulkan dari emisi yang buruk seperti,

hipertensi, iritasi mata, penurunan kecerdasan otak, tenggorokan gatal dan lain-lain.

Pada dasarnya, rumus pembakaran sempurna dapat digambarkan seperti berikut:



Rumus pembakaran tersebut merupakan pembakaran sempurna atau bahan bakar murni yang terjadi secara teori (Kritanto, 2015). Namun hal itu sangat sulit diaplikasikan untuk motor bakar saat ini. Untuk sistem pembakaran motor bakar saat ini dipengaruhi beberapa faktor yang mengakibatkan gas emisi sisa pembakaran menjadi buruk, terutama bahan bakar yang terdiri dari berbagai macam campuran (tidak murni HC). Pada pembakaran tidak sempurna dapat muncul berbagai macam zat, seperti O₂, HC, SO_x, Nox dan CO.

- CO₂

Karbon dioksida berasal dari pembakaran sempurna hidrokarbon di dalamnya termasuk minyak bumi dan gas alam. Pada umumnya gas CO₂ tidak berbahaya bagi manusia, tetapi kenaikan kadar CO₂ di udara telah mengakibatkan peningkatan suhu di permukaan bumi. Hal inilah yang disebut dengan efek rumah kaca, yaitu peristiwa dimana sinar matahari dapat menembus atap kaca, tetapi sinar infra merah tidak dapat menembusnya. Sinar matahari yang tidak bisa keluar itu yang mengakibatkan suhu didalam rumah kaca meningkat. Sama seperti itu pula efek dari karbon dioksida di udara, ia dapat melewati sinar ultra ungu dan sinar tampak, tetapi menahan sinar infra merah yang dipantulkan bumi. Hal tersebut mengakibatkan suhu dipermukaan naik dan dapat berdampak pada mencairnya es di bagian kutub.

- CO

Gas karbon monoksida merupakan senyawa berbahaya bagi lingkungan. CO terbentuk dari pembakaran yang tidak sempurna karena kekurangan oksigen dalam proses pembakaran. Gas ini tidak berwarna dan tidak berbau, oleh karena itu bentuk dari gas hasil pembuangan ini tidak terlihat oleh mata. Namun CO bersifat racun yang dapat membahayakan manusia seperti mengurangi kadar oksigen dalam darah. Jika masuk kedalam darah melalui pernafasan, CO bereaksi

dengan hemoglobin dalam darah dan membentuk COHb. Selain itu efek dari gas CO dapat menimbulkan pusing, gangguan berpikir, penurunan reflek dan gangguan jantung.

Untuk menurunkan kadar CO dalam emisi gas buang, dapat dilakukan beberapa cara, seperti menaikkan suhu bahan bakar. Melakukan pemanasan bahan bakar dapat mengurangi kandungan CO dalam emisi gas buang dan meningkatkan konsumsi bahan bakar baik untuk bahan bakar jenis Premium dan Pertamina (Hariyono, 2007).

- O₂

Oksigen dalam sisa pembakaran dapat muncul dikarenakan beberapa faktor, seperti campuran bahan bakar dengan udara sedikit miskin, sehingga tidak semua oksigen yang masuk dapat terbakar atau bereaksi dengan bahan bakar. Selain itu dapat muncul apabila bahan bakar dengan udara tidak terbakar sempurna, sehingga oksigen tetap dapat muncul pada emisi kendaraan.

- HC

Hidrokarbon yang merupakan senyawa dari bensin dapat muncul pada emisi gas buang kendaraan. Hal itu dikarenakan pembakaran tidak sempurna pada saat proses pembakaran dan HC dapat keluar bersama dengan gas lainnya. Salah satu faktor terbentuknya HC adalah campuran bahan bakar yang kaya, sehingga kekurangan oksigen untuk membakarnya dan mengakibatkan HC dapat muncul pada emisi gas buang. Hidrokarbon dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia, seperti iritasi pada mata, kepala pusing, batuk-batuk, adanya bercak kulit, memicu asma dan kanker paru-paru.

- NO_x

Senyawa nitrogen oksida atau NO_x merupakan ikatan kimia antara unsur nitrogen dan oksigen. NO_x dapat terbentuk apabila terjadi campuran miskin antara bahan bakar dengan udara. Dalam kondisi normal atmosphere, nitrogen adalah gas inert yang amat stabil yang tidak akan berikatan dengan unsur lain. Tetapi dalam kondisi suhu tinggi dan tekanan tinggi dalam ruang bakar, nitrogen akan memecah ikatannya dan berikatan dengan oksigen. Senyawa NO_x ini sangat tidak stabil dan bila terlepas ke udara bebas, akan berikatan dengan oksigen untuk membentuk

NO₂. Inilah yang amat berbahaya karena senyawa ini amat beracun dan bila terkena air akan membentuk asam nitrat. Tingginya konsentrasi senyawa NO_x disebabkan karena tingginya konsentrasi oksigen ditambah dengan tingginya suhu ruang bakar. Oksida Nitrogen (NO₂) dapat menimbulkan iritasi mata, batuk, meningkatkan kasus asma, menimbulkan infeksi saluran nafas, memicu kanker paru-paru, serta gangguan jantung dan paru.

- SO_x

Senyawa sulfur oksida (SO_x) dapat muncul pada emisi gas buang pada saat terjadi campuran miskin antara bahan bakar dengan udara. Senyawa yang memiliki sifat berbahaya adalah gas SO₂ dan SO₃. Gas SO₂ pada pembakaran dapat muncul apabila pembakaran atau bahan bakar mengandung sulfur atau belerang didalamnya. Udara yang mengandung SO₂ dalam kadar yang cukup tinggi akan dapat mengganggu kesehatan manusia, seperti menyebabkan radang paru-paru dan tenggorokan. SO₂ yang terhisap oleh manusia akan bereaksi dengan air didalam saluran pernafasan dan membentuk asam sulfat yang akan merusak jaringan dan menimbulkan rasa sakit. Sedangkan hasil oksidasi dari SO₂ akan menyebabkan terbentuknya SO₃, dan apabila SO₃ bereaksi dengan uap air akan menimbulkan hujan asam.

2.3.1. AFR (*Air Fuel Ratio*)

AFR (*Air Fuel Ratio*) adalah sebuah faktor yang mempengaruhi kesempurnaan pada proses pembakaran didalam ruang bakar. AFR membaca campuran bahan bakar dengan udara yang masuk kedalam ruang bakar. Idealnya, AFR bernilai 14.7, yang berarti campurannya terdiri dari 1 bensin dan 14.7 udara, yang biasa disebut campuran stoikiometri. Pada umumnya, AFR kendaraan sistem injeksi dibuat sedikit miskin agar dapat mengurangi sedikit konsumsi bahan bakar. Namun terlalu miskin atau terlalu kaya dapat juga mempengaruhi kinerja motor. Jika AFR terlalu miskin dapat menjadikan tenaga mesin menjadi lemah, sering timbul detonasi dan konsumsi bahan bakar lebih irit. Hal itu ditandai dengan electrode pada busi berwarna putih, putaran idle tidak stabil, mesin cepat panas, mesin sulit dihidupkan, dan sering ngelitik atau detonasi. Sedangkan jika AFR terlalu kaya dapat menjadikan tenaga mesin bertambah, konsumsi bahan

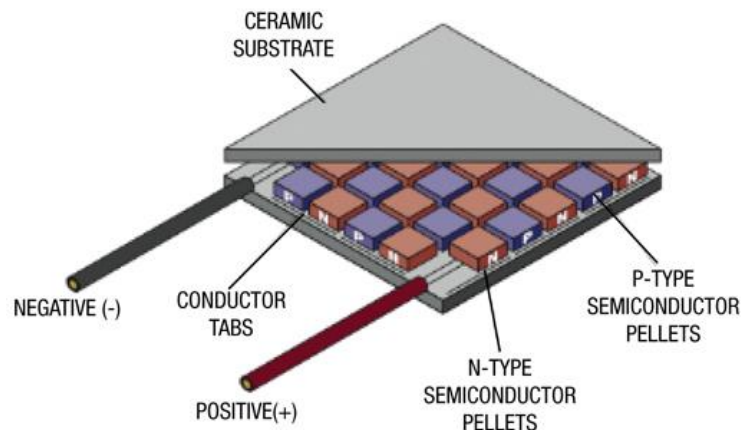
bakar bertambah, asap kendaraan berwarna hitam dan pedih dimata. Hal tersebut ditandai dengan electrode busi berwarna hitam dan basah, banyak karbon diruang bakar, putaran mesin tidak stabil.

2.4. Komponen Perangkat

Komponen perangkat utama yang digunakan adalah *fuel box*, *thermoelectric*, *thermal paste*, *heat sink*, kipas pendingin.

2.4.1. Thermoelectric

Termoelektrik (*thermoelectric*) atau yang disebut dengan peltier adalah sebuah fenomena konversi dari perbedaan temperatur menjadi energi listrik atau sebaliknya. Fenomena ini telah dikembangkan menjadi menjadi suatu modul sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik atau perangkat pendingin/pemanas.

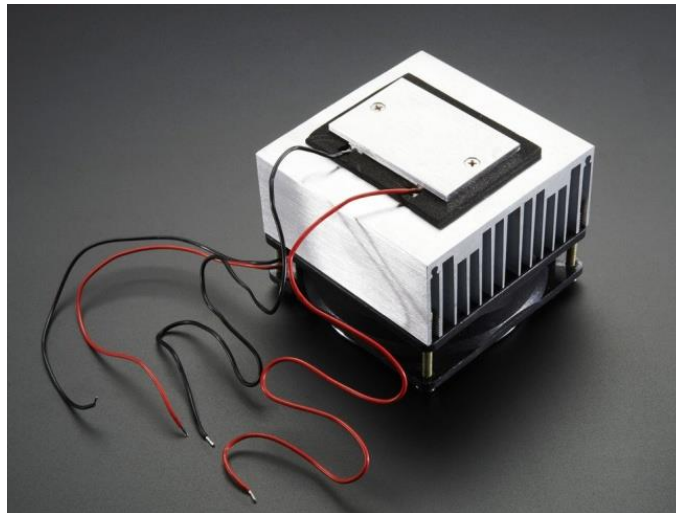


Gambar 2.10. Perangkat peltier

Sumber : <http://theelectricenergy.com/thermoelectric-generator-teg/>

Modul termoelektrik berupa sebuah keping berbentuk persegi dengan ketebalan tertentu. Jika terdapat perbedaan temperatur antara sisi yang satu dengan yang lainnya, maka akan timbul tegangan listrik searah yang keluar dari modul tersebut. Sebaliknya, jika tegangan listrik searah diberikan ke modul termoelektrik, maka akan terjadi perbedaan temperatur antara kedua sisi modul tersebut. Sisi yang dingin dapat digunakan sebagai pendingin dan sisi yang panas dapat digunakan sebagai pemanas.

Dibandingkan dengan teknologi pendingin konvensional, termoelektrik memiliki banyak kelebihan seperti pemanas atau pendingin yang dapat diatur dengan mengubah arah arus listrik, sangat ringkas, tidak ada getaran, handal, tidak ada perawatan khusus, dan tidak membutuhkan refrigeran. Namun, kekurangan dari pendingin termoelektrik adalah koefisien kinerjanya relatif sangat rendah.



Gambar 2.11. Peltier untuk pendingin elektronik
Sumber : <https://www.adafruit.com/product/1335>

Teknologi pendingin termoelektrik telah diterapkan di berbagai aplikasi seperti pendingin minuman dan pendingin elektronik. Selain itu juga termoelektrik diterapkan sebagai alat pengontrol temperatur pada sistem tertentu. Pada penggunaan untuk perangkat elektronik atau pendingin minuman, termoelektrik tersebut memerlukan bantuan *heat sink* atau seperti kisi yang berguna untuk membuang panas. Pada *heat sink* dilengkapi dengan kipas untuk membantu proses pelepasan kalor agar lebih cepat.



Gambar 2.12. *Heat sink* dengan *fan*

Sumber : <http://seacadtech.com/evaluating-the-usefulness-of-a-heat-sink-using-solidworks-simulation-2/>

2.4.2. *Thermal paste*

Thermal paste biasa juga disebut *thermal gel* adalah cairan kental yang memiliki sifat seperti minyak, yang berguna untuk meningkatkan konduktivitas termal antara dua permukaan dengan mengisi celah-celah mikroskopis. *thermal paste* biasa berada di antara *chip* dan *heatsink*, secara garis besar berguna untuk melancarkan rambatan panas yang dihasilkan oleh *chip* menuju *heatsink* agar mudah di lepaskan ke udara (*heat dissipation*) .



Gambar 2.13. *thermal paste*

Sumber : <https://alavictor.wordpress.com/2013/03/17/mengenai-thermal-paste-dan-cara-penggunaannya/>

2.5. Efisiensi Volumetrik

Efisiensi volumetrik (*Volumetric Efficiency*) adalah perbandingan antara volume muatan segar yang masuk kedalam silinder dengan volume langkah. Secara teori banyaknya bahan bakar dan udara yang masuk kedalam ruang silinder sama jumlahnya dengan volume dari silinder itu sendiri, tetapi kenyataannya berbeda. Sebagian besar efisiensi dari sebuah mesin tidak akan mencapai 100%, melainkan hanya berkisar antara 75% hingga 95%. Efisiensi volumetrik dapat mencapai 100% atau lebih jika dilakukan modifikasi (*tune*) pada mesin. Rata-rata efisiensi volumetrik pada mesin standar berkisar antara 75% (mike urich, 1994).

Perbedaan volume udara yang masuk keruang bakar itu disebabkan beberapa hal seperti tekanan udara, perbedaan temperatur, panjang saluran dan bentuk saluran udara. Akan tetapi, terdapat beberapa cara untuk meningkatkan efisiensi volumetrik pada mesin, seperti:

- Menjaga suhu jalur masuk udara (*intake*) tetap dingin dengan mengarahkan jauh dari kompartemen mesin.
- Merubah *timing* pada klep mesin atau memodifikasi klep mesin agar dapat membuka lebih jauh.

Untuk mencari jumlah volume udara murni yang masuk ke dalam mesin dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\eta_{vol} = \frac{Vi}{VL} \times 100\%$$

$$Vi = \eta_{vol} \times VL \times 100\%$$

Dimana:

$$\eta_{vol} = \text{Volumetric Efficiency}$$

$$Vi = \text{Volume muatan udara segar}$$

$$Vl = \text{Volume langkah}$$

2.6. Uji Emisi Kendaraan

Uji emisi kendaraan adalah pengukuran gas buang kendaraan bermotor untuk mendeteksi kinerja mesin kendaraan. Hingga saat ini masih jarang masyarakat yang mengerti betul tentang apa fungsi dan kegunaan pengujian emisi kendaraan. Pada dasarnya tujuan dari pengujian emisi adalah memperoleh gambaran secara tepat tentang efisiensi pembakaran didalam mesin. Batasan-batasan yang diperoleh dari pembacaan emisi gas buang adalah berupa parameter-parameter, yaitu CO (*carbonmonoxida*), HC (*hydrocarbon*), CO₂ (*carbondioxida*), O₂ (*oxygen*), lambda dan AFR (*Air Fuel Ratio*).



Gambar 2.14. Alat uji emisi

Sumber : http://giaiphapthietbioto.com/uploads/shops/2016_01/hg-520.jpg

CO (*carbonmonoxida*), merupakan bahan bakar yang tidak terbakar sempurna dan terbuang langsung melalui pipa pembuangan. Kondisi ini disebabkan karena campuran kaya pada mesin. Penyebab gas CO muncul dari emisi gas buang karena disebabkan beberapa hal, seperti filter udara yang kotor, injektor yang tidak mengabut dengan baik, ataupun terjadi kesalahan di sensor-sensor (MAF, *Air Flow*, IAT, ECT dan O₂ sensor). Namun untuk kendaraan saat ini gas CO sudah lebih minim dibanding dengan kendaraan-kendaraan model lama, hal itu disebabkan adanya *catalytic converter* yang bertujuan mengubah CO menjadi CO₂ dengan bantuan O₂ dan panas pada kisi-kisi didalamnya.

HC (*hidrocarbon*), sisa bahan bakar yang tidak terbakar sempurna, gas ini dapat keluar karena disebabkan beberapa faktor, seperti tekanan kompresi yang lemah, timing pembakarang tidak tepat, pemakaian busi yang tidak sesuai dan kesalahan sensor (CKP, CMP).

Lambda (λ), merupakan sebuah kesimpulan dari proses pembakaran yang terjadi di mesin. Lambda yang ideal selalu menunjukkan angka 1, jika nilai lambda dibawah 1, maka dapat diartikan campuran tersebut miskin, sedangkan jika diatas 1, maka campuran tersebut bersifat kaya.

AFR (*Air Fuel Ratio*), menunjukkan jumlah perbandingan udara dengan bahan bakar didalam mesin. AFR idealnya selalu menunjukkan angka 14.7. Jika AFR menunjukkan angka diatas 14.7, berarti menunjukkan campuran tersebut lebih banyak udara dibanding bahan bakar, dan sebaliknya.

CO₂ (*Carbondioxida*), gas CO₂ merupakan hasil proses pembakaran sempurna dari bahan bakar dengan oksigen. Konsentrasi CO₂ pada pembakaran semakin tinggi, maka hal tersebut menunjukkan semakin baik pula proses pembakaran yang terjadi.

O₂ (*Oxygen*), pada setiap pembakaran apapun pasti memerlukan oksigen untuk proses pembakaran. Pada mobil saat ini, campuran bahan bakar dengan oksigen sudah cukup bagus, sehingga jarang sekali terdapat O₂ yang keluar pada emisi gas buang. Adapun O₂ yang terbuang untuk mobil yang memiliki *catalytic conventer* pasti akan dimanfaatkan untuk merubah gas beracun CO menjadi CO₂ dengan bantuan panas dari kisi-kisi didalamnya.

2.6.1. Standar Emisi EURO

Tingginya tingkat pencemaran udara akibat dari mesin-mesin industri kendaraan bermotor lainnya memaksa banyak negara menerapkan sebuah standar emisi gas buang dengan nama EURO. Standar EURO itu sendiri pertama kali diperkenalkan di Eropa pada tahun 1992, yang mempunyai tugas utama mengurangi emisi gas buang pada kendaraan. Pada tahun 1992, standar emisi EURO mulai dirintis. Tahun 1996, EURO 2 mulai diperkenalkan dengan tujuan mengurangi emisi gas buang pada kendaraan jenis truk dan bis. Hingga saat ini standar EURO

di Eropa telah mencapai EURO 6 yang telah dimulai pada September 2015 lalu, sedangkan di Indonesia sendiri baru mencapai EURO 3 dan baru akan ditingkatkan ke EURO 4 akhir-akhir ini.

Dengan ditetapkannya EURO akan memberikan keuntungan bagi semua pihak, baik untuk masyarakat, konsumen otomotif maupun pemerintah dan industri. Dengan adanya EURO, kendaraan akan lebih ramah lingkungan karena minimnya emisi gas buang dan hemat bahan bakar. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan akan menjadi sebuah persoalan serius, seperti meningkatnya pemanasan global yang disebabkan gas buang kendaraan.

Salah satu alasan mengapa Indonesia belum menaikkan standar EURO 3 ke EURO 4 adalah alasan bahan bakar yang diproduksi. Untuk kualitas bahan bakar yang diproduksi di Indonesia sendiri masih hanya mempunyai kualitas standar EURO 2. Untuk mesin diesel harus menggunakan solar dengan kadar sulfur di bawah 500 parts per million (ppm). Dalam EURO 3 kadar sulfur di bawah 150 PPM, EURO 4 dan EURO 5 kadar sulfur di bawah 50 PPM, dan EURO 6 reduksi sulfur di mesin bensin dan solar pun jauh menurun dan hasilnya juga lebih ramah lingkungan.

Akan tetapi dalam waktu ini pemerintahan Indonesia telah menyiapkan proses penggantian dari EURO 3 menjadi EURO 4. Dalam penggunaan EURO 4, Indonesia dapat meningkatkan kualitas dan daya saing dalam menghadapi Masyarakat Ekonomi Asean dan pemberlakuan ratifikasi ASEAN *Mutual Recognition Agreement* (MRA). Bagi perindustrian otomotif, penerapan EURO 4 memberikan dampak positif karena produsen mobil tidak perlu lagi memberlakukan dua standar. Dua standar tersebut adalah produksi untuk negeri EURO 2 dan produksi untuk ekspor EURO 4 yang memakan biaya tinggi.

2.7. Dynotest

Dynotest adalah suatu metode pengujian performa mesin kendaraan (mobil maupun sepeda motor) dengan cara melihat *power* (daya) dan *torque* (torsi). Torsi adalah kemampuan mesin untuk menggerakkan atau memindahkan mobil maupun

sepeda motor dari kondisi diam hingga berjalan. Sedangkan *power* adalah seberapa cepat kendaraan itu mencapai kecepatan tertentu.



Gambar 2.15. *Dynotest*

Sumber : <https://www.avl.com/-/avl-roadsim-chassis-dynamometer>