

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Umum Mesin Bensin

Mesin bensin atau *Gasoline Engine* adalah mesin pembakaran dalam yang melakukan pembakaran di ruang bakar yang terletak di dalam mesin dengan bahan bakar utama bensin. Nikolaus Otto adalah orang yang pertama kali menemukan mesin bensin. Saat itu mesin ini diciptakan untuk bisa digunakan menggunakan bahan bakar bensin, menyusul semakin maraknya ekspansi kilang minyak. Mesin berbahan bakar bensin, bisa melakukan proses pembakaran di dalam ruang mesin karena ada tiga hal. Yakni udara (oksigen) yang dikompresi, bahan bakar berupa bensin, dan api (percikan busi) sebagai pemicu pembakaran. Karena tiga syarat tersebut terpenuhi maka terjadilah proses pembakaran yang akan menimbulkan panas dan daya ekspansi. Daya ekspansi akibat pembakaran inilah yang digunakan untuk menggerakkan piston. Siklus Otto pada mesin bensin disebut juga dengan siklus volume konstan, dimana pembakaran terjadi pada saat volume konstan. (1)

Pada mesin bensin dengan siklus Otto dikenal dua jenis mesin, yaitu mesin 4 langkah (*Four Stroke*) dan 2 langkah (*Two Stroke*). Untuk mesin 4 langkah terdapat 4 kali gerakan piston atau 2 kali putaran poros engkol (*Crank Shaft*) untuk tiap siklus pembakaran, sedangkan untuk mesin 2 langkah terdapat 2 kali gerakan piston atau 1 kali putaran poros engkol untuk tiap siklus pembakaran. Sementara yang dimaksud langkah adalah gerakan piston dari TMA (Titik Mati Atas) atau *TDC (Top Death Center)* sampai TMB (Titik Mati Bawah) atau *BDC (Bottom Death Center)* maupun sebaliknya dari TMB ke TMA.

2.2 Klasifikasi Mesin Bensin

A. Mesin Bensin Dua Langkah Memiliki Cara Kerja Sebagai Berikut:

a) Langkah isap dan buang

Kedua langkah ini terjadi saat piston bergerak dari TDC (*Top Death Center*) ke BDC (*Bottom Death Center*). Saat piston bergerak ke BDC (*Bottom Death Center*), permukaan samping piston akan menutup *Intake Port* dan membuka saluran antara ruang engkol dan ruang silinder. Sehingga campuran udara dan bahan bakar terdorong ke ruang silinder melalui saluran penghubung karena dorongan piston. Permukaan samping piston juga membuka *Exhaust Port* piston saat bergerak ke BDC (*Bottom Death Center*). Saat campuran udara dan bahan bakar terdorong ke ruang bakar, gas sisa pembakaran akan terhembus keluar melalui *Exhaust Port* akibat dorongan dari udara baru tersebut. Ketika piston mencapai BDC, gas yang ada di ruang silinder merupakan gas bersih yang siap dikompresi.

Gambar 2.1. Langkah isap dan kompresi

b) Langkah Kompresi dan Usaha

Setelah selesai melakukan proses isap dan buang, selanjutnya piston akan bergerak ke TDC. Saat piston bergerak ke TDC, dinding piston akan menutup saluran yang menghubungkan ruang engkol dan ruang silinder, juga menutup *Exhaust Port*. Sehingga langkah piston ke TDC akan menghasilkan kompresi di ruang bakar. Selain itu, saat piston bergerak naik ke TDC, dinding piston akan membuka *Intake Port*. Sehingga, saat piston bergerak ke TDC, akan terjadi pembesaran volume pada ruang engkol. Karena *Intake Port* terbuka, akibatnya udara dan bahan bakar masuk karena kevakuman di ruang engkol.

Saat piston mencapai TDC, tekanan dan suhu campuran udara dan bahan bakar akan meningkat. Saat ini busi menyala sehingga gas tersebut terbakar dan mendorong piston ke BDC untuk melakukan siklus. Selanjutnya siklus tersebut akan terus berlanjut sampai *Ignition* atau bahan bakar dihilangkan.

Gambar 2.2. Langkah pembakaran dan buang

B. Mesin Empat Langkah Mempunyai Empat Gerakan Piston Yaitu:

a) Langkah isap

Piston bergerak dari TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah). Gerakan piston ini menyebabkan kehampaan di ruang bakar. Dalam langkah ini,

campuran udara dan bahan bakar diisap ke dalam silinder. Katup isap terbuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu piston bergerak ke bawah, menyebabkan ruang silinder menjadi vakum, masuknya campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder disebabkan adanya tekanan udara luar (*Atmospheric Pressure*). Kruk as berputar 180 derajat dan *Camshaft* berputar 90 derajat.



Gambar 2.3. Langkah isap

b) Langkah kompresi

Klep masukan dan klep keluaran ditutup. Piston terdorong ke atas dari TMB menuju TMA karena ada momentum dari *Flywheel*. Dorongan piston ini mendesak campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar yang tadi masuk ketika langkah isap. Karena tekanannya sangat tinggi, campuran udara dan bahan bakar akan sangat mudah terbakar. Piston naik ke atas berarti sudah gerakan piston kedua, Kruk as berputar 180 derajat, berarti sampai langkah kompresi, kruk as sudah berputar satu kali putaran atau 360 derajat. *Camshaft* berputar 90 derajat, berarti *Camshaft* sudah berputar 180 derajat. Ketika campuran bahan bakar dan udara selesai dikompresi yang mengakibatkan mereka berdua menjadi sangat mudah terbakar, busi menghasilkan percikan api dan terjadi ledakan.



Gambar 2.4. Langkah kompresi

c) Langkah usaha

Piston terdorong dari TMA ke TMB, dalam hal ini piston melakukan usaha, maka dinamakan langkah usaha. Piston bergerak ke bawah (gerakan ketiga). Gerakan usaha yang linier ini diteruskan ke kruk as agar menjadi gerakan rotasi atau putaran. Energi putaran ini disalurkan ke *Flywheel* yang berfungsi menyimpan tenaga dan momentum. *Flywheel* bertugas memberikan energi ketika piston sedang tidak melakukan langkah usaha. Jadi pada langkah isap, kompresi dan buang, *Flywheel* yang membuat mesin tetap berputar. Kedua katup masih menutup camshaft berputar lagi 90 derajat, maka total sudah berputar 270 derajat.

- Kruk as berputar lagi 180 derajat, maka total sudah berputar 540 derajat.

Spark Plug

Gambar 2.5. Langkah usaha

d) Langkah buang

Piston bergerak ke atas (gerakan keempat), piston bergerak dari TMB ke TMA. Dalam langkah ini, gas yang terbakar dibuang dari dalam silinder. Katup buang terbuka, piston bergerak dari TMB ke TMA mendorong gas bekas pembakaran ke luar dari silinder. Klep keluaran dibuka, Kruk as berputar 180 derajat, maka total putaran hingga langkah buang ini adalah 720 derajat atau dua kali rotasi. *Camshaft* berputar 90 derajat, maka total putaran adalah 1 putaran (360 derajat). Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan berikutnya, yaitu langkah isap.



Gambar 2.6. Langkah buang

C. Diagram P-V Mesin Bensin 4 Langkah 4 Silinder

Diagram P-V adalah suatu diagram yang menyatakan hubungan antara perubahan volume dengan perubahan tekanan yang terjadi di dalam silinder, pada setiap langkah torak selama satu siklus. Secara umum guna keperluan analisa motor bakar, diagram P-V dianggap sebagai siklus ideal. Siklus udara menggunakan beberapa keadaan yang sama dengan siklus aslinya. Misalnya mengenai proses, perbandingan kompresi, pemilihan temperatur dan tekanan pada

suatu keadaan serta penambahan kalor yang sama persatuan berat udara. Diagram P-V merupakan sebuah grafik yang terdiri dari sumbu horisontal yang menunjukkan tekanan dari ruang bakar dan sumbu vertikal adalah volume dari ruang bakar. Pada ujung samping sebelah kiri adalah TMA, posisi piston pada titik atas silinder, dan pada ujung samping sebelah kanan yaitu TMB, posisi piston berada pada titik bawah silinder. Adapun 2 jenis diagram P-V yaitu :

a) Diagram P-V teoritis pada proses pembakaran bahan bakar motor bensin 4 langkah adalah sebagai berikut:



Gambar 2.7. Diagram P-V teoritis

Berdasarkan gambar maka diagram P-V adalah :

0 – 1 : Langkah Isap

Torak bergerak dari TMA ke TMB untuk langkah isap. Pada kecepatan pengisap tertentu, garis akan berada di bawah garis atm, jadi ada tekanan bawah atau vakum.

1 – 2 : Langkah Kompresi

Torak bergerak dari TMB ke TMA dengan posisi kedua katup tertutup.

2 – 3 : Proses Pembakaran

Pada saat torak belum mencapai TMA sekitar 6° - 8° maka busi memercikan bunga api dan terjadilah pembakaran udara yang telah dikompresikan dengan bahan bakar.

3 – 4 : Langkah Ekspansi

Setelah terjadinya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke bawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin.

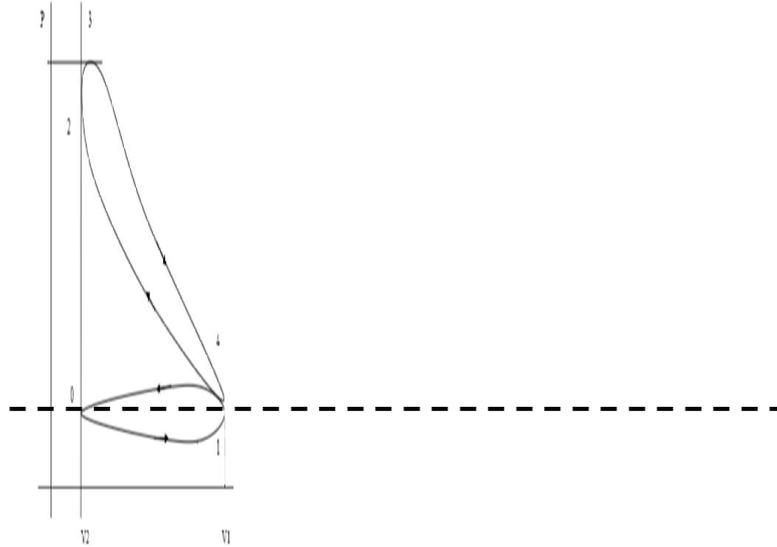
4 – 1 : Awal Pembuangan

Tekanan turun sesuai dengan tekanan atmosfer.

1 – 0 : Langkah Buang

Gas bekas pembakaran dibuang pada saat TMB ke TMA melalui katup buang yang terbuka.

b) Diagram P-V secara aktual pada proses pembakaran bahan bakar motor bensin 4 langkah adalah sebagai berikut :



Gambar 2.8. Diagram P-V secara aktual

Gambar diagram P-V diatas adalah :

0 – 1 : Langkah isap

Torak bergerak dari TMA ke TMB, katup isap terbuka dan katup buang tertutup sehingga tekanan dalam silinder kurang dari 1 atm dan udara luar sebagai bahan bakar masuk ke dalam silinder.

1 – 2 : Langkah kompresi

Torak bergerak dari TMB ke TMA kedua katup tertutup campuran udara dan bahan bakar dimampatkan hingga ± 15 atm.

2 – 3 : Proses Pembakaran

Pada saat torak belum mencapai TMA sekitar maka busi memercikan bunga api dan terjadilah pembakaran udara yang telah dikompresikan dengan bahan bakar.

3 – 4 : Langkah Kerja

TMA dan TMB tertutup, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke bawah

4 – 0 : Langkah Buang

Sisa gas pembakaran didesak keluar oleh torak pada saat TMB ke TMA. Karena kecepatan gerak torak, terjadilah kenaikan tekanan sedikit di atas 1 atm.

2.3 Kriteria Mesin Bensin 2 Langkah serta 4 Langkah

A. Kriteria Mesin Bensin 2 Langkah :

1. Mudah untuk dihidupkan.
2. Perawatan lebih mudah karena konstruksi mesin lebih sederhana dibanding 4 langkah.
3. Akselerasi mesin lebih cepat dibanding mesin 4 langkah.
4. Volume mesin sama namun tenaga yang dihasilkan lebih besar dibanding mesin 4 langkah.
5. Oli mesin lebih tahan lama karena hanya digunakan untuk melumasi mesin bagian bawah.
6. Polusi yang dihasilkan lebih banyak dibanding 4 langkah.
7. Lebih boros bahan bakar dibanding 4 langkah.
8. Mesin lebih cepat panas.

B. Kriteria Mesin Bensin 4 Langkah :

1. Mesin lebih ramah lingkungan karena polusi yang dihasilkan lebih sedikit.
2. Daya tahan mesin lebih kuat dibanding 2 langkah.
3. Suara yang dihasilkan lebih kecil dibanding mesin dengan 4 langkah.

4. Lebih presisi, efisien, dan stabil untuk putaran dari rendah ke tinggi lebih lebar (500-10000 rpm) karena proses pemasukan, kompresi, kerja, dan proses buangnya terpisah sendiri-sendiri.
5. Dapat berakselerasi dengan lebih baik di jalan atau trek menanjak seperti pegunungan karena tenaga yang dihasilkan lebih besar dan stabil.
6. Konstruksi mesin lebih kompleks dibanding mesin 2 langkah.
7. Perawatan mesin lebih mahal.
8. Untuk mendapatkan tenaga yang sama dengan mesin 2 langkah diperlukan Volume mesin yang lebih besar dibanding mesin 2 langkah.

2.4 Mekanisme Katup Mesin Bensin

Mesin bensin memiliki mekanisme katup yang berbeda, antara lain sebagai berikut :

A. Tipe *Timing Gear*

Tipe ini digunakan pada mekanisme katup jenis mesin OHV (*Over Head Valve*), yang letak sumbu noknya di dalam blok silinder. *Timing Gear* biasanya menimbulkan bunyi yang besar dibanding dengan rantai (*Timing Chain*), sehingga mesin bensin model penggerak katup ini menjadi kurang populer pada mesin bensin zaman modern ini. (2)

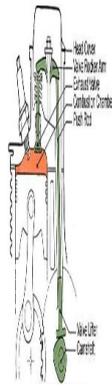


Gambar 2.9. Mesin bensin OHV

Keterangan pada gambar :

1. *Valve Lifter* berfungsi untuk memindahkan gerakan *Camshaft* (poros nok) ke *Rocker Arm* melalui *Push Rod*.
2. *Push Rod* berfungsi untuk meneruskan gerakan *Valve Lifter* (pengangkat katup) ke *Rocker Arm*.
3. *Rocker Arm* berfungsi untuk menekan katup - katup sehingga dapat membuka dan menutup.

Prinsip kerja mesin OHV sebagai berikut :



Gambar 2.10. Prinsip kerja mesin OHV

1. Saat poros engkol berputar, roda gigi pada *Crankshaft* akan memutar roda gigi *Camshaft*. Akibatnya *Camshaft* ikut berputar selama *Crankshaft* berputar.
2. Putaran *Camshaft* akan membuat cam atau tonjolan bergerak, ketika tonjolan tersebut menyentuh *Valve Lifter* maka *Valve Lifter* akan terangkat.
3. *Push Rod* akan menghubungkan gerakan *Valve Lifter* ke *Rocker Arm*.
4. Akibatnya terjadi efek ayunan, ketika ujung *Rocker Arm* terangkat, maka ujung lainnya akan menekan katup.
5. Saat katup tertekan *Rocker Arm*, maka katup akan terbuka.
6. Ketika tekanan dari *Rocker Arm* usai, pegas katup akan mengembalikan posisi katup ke semula.

Kelebihan mesin berjenis OHV adalah :

1. Ukuran mesin relatif kecil karena mekanisme katup OHV relatif sederhana.
2. Mekanisme penggerak lebih kompak.
3. Torsi yang dihasilkan lebih besar.
4. Konstruksi mesin lebih sederhana sehingga perawatan akan lebih mudah.

Kekurangan mesin berjenis OHV adalah :

1. Putaran mesin tidak bisa tinggi sehingga kecepatan maksimal tidak dapat diperoleh.
2. Katup yang digunakan tidak bisa banyak sehingga 1 silinder hanya ada 2 katup yaitu katup masuk dan katup keluar.
3. Lebih boros bahan bakar dibanding jenis mesin lainnya karena tidak dapat mengaplikasikan *Variable Valve Timing*.

B. Tipe Timing Chain

Tipe ini digunakan pada mekanisme katup jenis OHC (*Over Head Camshaft*) pada umumnya berarti *Camshaft* yang dipasang di kepala silinder dan katup dioperasikan baik oleh *Rocker Arm* atau langsung melalui *Lifters*. Terdapat 2 tipe mesin OHC yaitu:

a. SOHC (*Single Over Head Camshaft*)

Mesin pada jenis SOHC memiliki *Camshaft* yang terletak di dalam *Silinder Head* yang digerakan oleh poros engkol dengan perantara *Timing Belt*, *Timing Gear* atau *Timing Chain* untuk menggerakkan katup. Jenis mesin ini sedikit lebih rumit dibandingkan dengan OHV, namun tidak menggunakan *Lifter* dan *Push Rod* sehingga berat bagian yang bergerak menjadi berkurang.

Gambar 2.11. Mesin SOHC

Kelebihan mesin berjenis SOHC adalah :

1. Berat bagian yang bergerak menjadi berkurang.
2. Kemampuan pada kecepatan tinggi cukup baik, karena katup-katup membuka dan menutup lebih tetap (stabil).
3. Kinerja mesin yang lebih optimal khususnya pada kekuatan torsi yang mampu melaju pada putaran bawah.
4. biaya pembuatan, bobot yang lebih ringan dan ukuran lebih kecil.

Kekurangan mesin berjenis SOHC adalah :

1. Jenis mesin ini sedikit lebih rumit dibandingkan dengan OHV.
2. Tenaganya kurang maksimal di putaran tinggi
3. Mesin SOHC membutuhkan perangkat tambahan untuk menerjemahkan setiap gerakan katup *Camshaft* karena tidak mungkin memasang *Camshaft* secara langsung diatas kedua *Intake* dan katup *Exhaust*.

b. Mesin DOHC (*Double Over Head Camshaft*)

Mekanisme katup yang ketiga adalah tipe DOHC, tipe yang satu ini pada prinsipnya hampir sama dengan tipe yang diatas (SOHC), bedanya kalau ini jumlah *Camshaft*nya terdapat dua buah yang dimana satu *Camshaft* khusus untuk menggerakkan katup buang, dan satunya lagi untuk menggerakkan katup isap. Tipe ini dianggap yang paling baik, diantara ketiga jenis mekanisme katup. Karena memiliki 2 *Camshaft* per kepala, maka masing-masing *Camshaft* hanya untuk katup isap atau katup buang. Oleh karena itu, mereka dapat terletak tepat diatas katup. Letak inilah yang membuat perbedaan antara mesin DOHC dan non DOHC. Karena pada mesin DOHC posisi *Camshaft* langsung diatas katup, maka

tidak lagi membutuhkan lengan rocker dan tentunya memiliki bagian yang bergerak lebih sedikit.



Gambar 2.12. Mesin DOHC

Keuntungan mesin berjenis DOHC :

1. Memiliki tenaga pada putaran tengah hingga tinggi.
2. Berat bagian yang bergerak menjadi berkurang.
3. Kemampuan pada kecepatan tinggi cukup baik, karena katup-katup membuka dan menutup lebih presisi .
4. Mampu Mengisap bahan bakar dan udara secara maksimal.

Kerugian mesin berjenis DOHC :

1. Harga jenis mesin ini relatif lebih mahal.
2. Mesin menjadi lebih berat.
3. Relatif boros bahan bakar karena memiliki 2 *Camshaft* dan putaran mesin lebih tinggi.
4. Perawatan tergolong lebih sulit karena komponennya lebih banyak.

2.5 Konfigurasi Mesin Bensin

Mesin bensin memiliki beberapa jenis konfigurasi mesin secara umum antara lain :

A. Mesin Segaris (*Inline*).

Mesin segaris adalah sebuah *Internal Combustion Engine* yang semua silindernya terletak segaris. Mesin segaris lebih mudah dibuat dari mesin jenis lainnya, seperti mesin flat atau mesin V karena hanya membutuhkan satu cabang silinder dan crankshaft. Mesin ini juga membutuhkan *Cylinder Head* dan *Camshaft* yang lebih sedikit. (3)



Gambar 2.13. Mesin segaris

B. Mesin V

Mesin V ini adalah konfigurasi mesin yang sangat umum yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Struktur piston yang diatur sedemikian rupa hingga membentuk huruf V membuat mesin ini disebut “mesin V”. Konfigurasi mesin V dapat mereduksi panjang dan berat mesin secara keseluruhan jika dibandingkan dengan mesin yang tersusun dengan konfigurasi segaris. Variasi sudut dari konfigurasi V ini digunakan di berbagai mesin yang berbeda, tergantung pada jumlah silindernya. Hal tersebut juga memungkinkan adanya

perbedaan besar sudut yang terasa lebih baik kinerjanya daripada besar sudut lain dalam stabilitas.

Sudut-sudut yang sangat kecil dari konfigurasi V dapat memadukan beberapa keuntungan dari mesin V, terutama dalam hal kepadatan nya. Beberapa mesin konfigurasi V mempunyai keseimbangan mesin yang baik, meskipun pada beberapa jenis mesin segaris mampu menciptakan kehalusan yang lebih baik. Sudut antar cabang silinder yang paling umum digunakan pada mesin V adalah 90° . Konfigurasi ini membuat pembakaran lebih optimal dan minim getaran. (3)



Gambar 2.14. Mesin V

C. Mesin *Flat* (*Boxer*)

Mesin *Flat* juga dikenal dengan mesin *Boxer* dimana piston bergerak secara horizontal. *Crankshaft* (poros engkol) ada satu dan silindernya diletakkan di sisi kiri dan kanan membentuk sudut 180 derajat. Konsep mesin ini sendiri ditemukan oleh orang jerman “Karl Benz” pada tahun 1896. Mesin boxer ini cenderung menghasilkan getaran yang sedikit karena pergerakan piston yang silih berganti pada sudut 180 derajat serta memiliki tingkat keseimbangan yang baik.

Tenaga yang dihasilkannya pun terbilang besar. Jadi tak heran, jika mesin *Boxer* banyak digunakan oleh pabrikan mobil beraura sport seperti mobil Subaru atau Porsche. Kekurangannya adalah membutuhkan ruang mesin yang besar pada mobil.



Gambar 2.15. Mesin *Flat*

2.6 Jumlah Silinder Mesin Bensin

Pada mesin pembakaran dalam memiliki jumlah silinder yang bervariasi. Adapun jumlah silinder mesin sebagai berikut :

A. Mesin *Single* Silinder

Mesin *Single* silinder merupakan mesin yang memiliki jumlah Silinder *Liner* hanya ada 1 buah beserta komponen penyusunnya. Mesin 1 silinder biasa digunakan pada mesin motor kecil karena efisiensi mudah didapatkan.

Gambar 2.16. Mesin *Single* silinder

B. Mesin Multi Silinder

Mesin multi silinder merupakan mesin yang memiliki jumlah silinder lebih dari 1. Ukuran tiap silinder yang lebih kecil di mesin multi silinder, maka part-part seperti piston, dan komponen yang berkaitan dengan itu juga lebih kecil, lebih ringan. Otomatis mesin mencapai rpm yang lebih tinggi lebih mudah. Dengan multi silinder juga punya keuntungan mengurangi ukuran stroke lebih kecil bila dibandingkan mesin single silinder untuk mencapai kubikasi mesin yang sama. Dengan mengurangi ukuran stroke maka pencapaian rpm mesin lebih tinggi juga lebih memungkinkan. Adapun *Firing Order* (urutan pembakaran) pada mesin 4 silinder segaris:

Tabel 2.1. *Firing Order*

Pada mesin empat silinder dan mempunyai firing order 1-3-4-2 artinya adalah setelah busi memercikkan bunga api pada langkah kompresi silinder 1, maka setengah putaran lagi pengapian akan terjadi pada silinder 3, kemudian disusul silinder 4 pada setengah putaran selanjutnya, disusul lagi silinder 2 pada setengah putaran yang selanjutnya lagi dan begitu seterusnya. Dengan mengetahui *Firing Order* ini maka akan memudahkan kita untuk memasang kembali kabel tegangan tinggi yang dilepas dari busi.

Firing Order ini juga berguna dan digunakan sebagai dasar untuk menentukan katup mana yang dapat disetel pada saat melakukan penyetelan celah

katup. Urutan pengapian harus diperhatikan saat kita melepas kabel tegangan tinggi dari busi, jangan sampai salah karena ketidaktahuan kita akan *Firing Order* ini. Biasanya pada tutup distributor sudah terdapat tanda yang menunjukkan *Firing Order*nya.