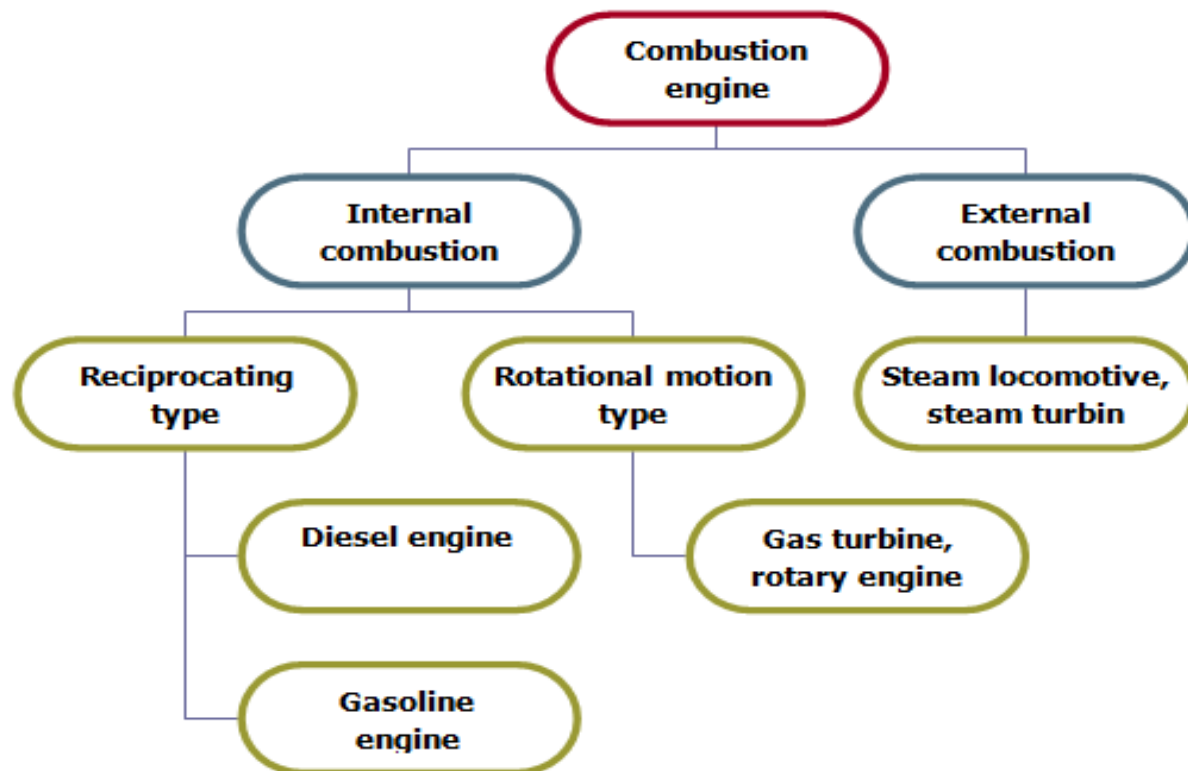


Klasifikasi Engine

Diesel engine merupakan salah satu tipe dari internal combustion engine (motor bakar dalam). Internal combustion engine (motor bakar dalam) merubah energi panas yang dibangkitkan dari hasil pembakaran fuel menjadi energi mekanik. Combustion engine (motor bakar) dapat diklasifikasikan menjadi internal combustion engine (motor bakar dalam) dan external combustion engine (motor bakar luar).

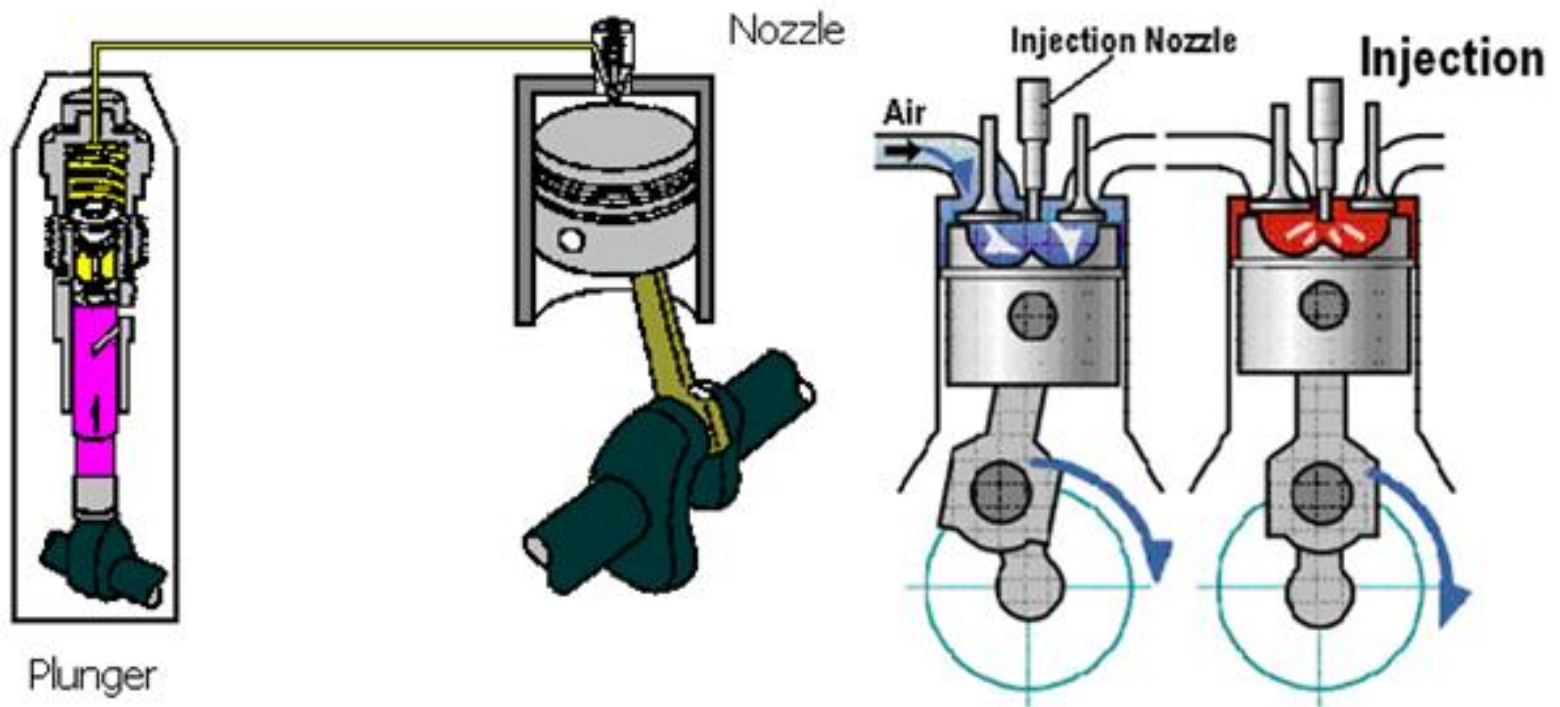
Combustion engine dapat diklasifikasikan sebagai berikut :



Diesel Engine dan Gasoline Engine

Diesel Engine

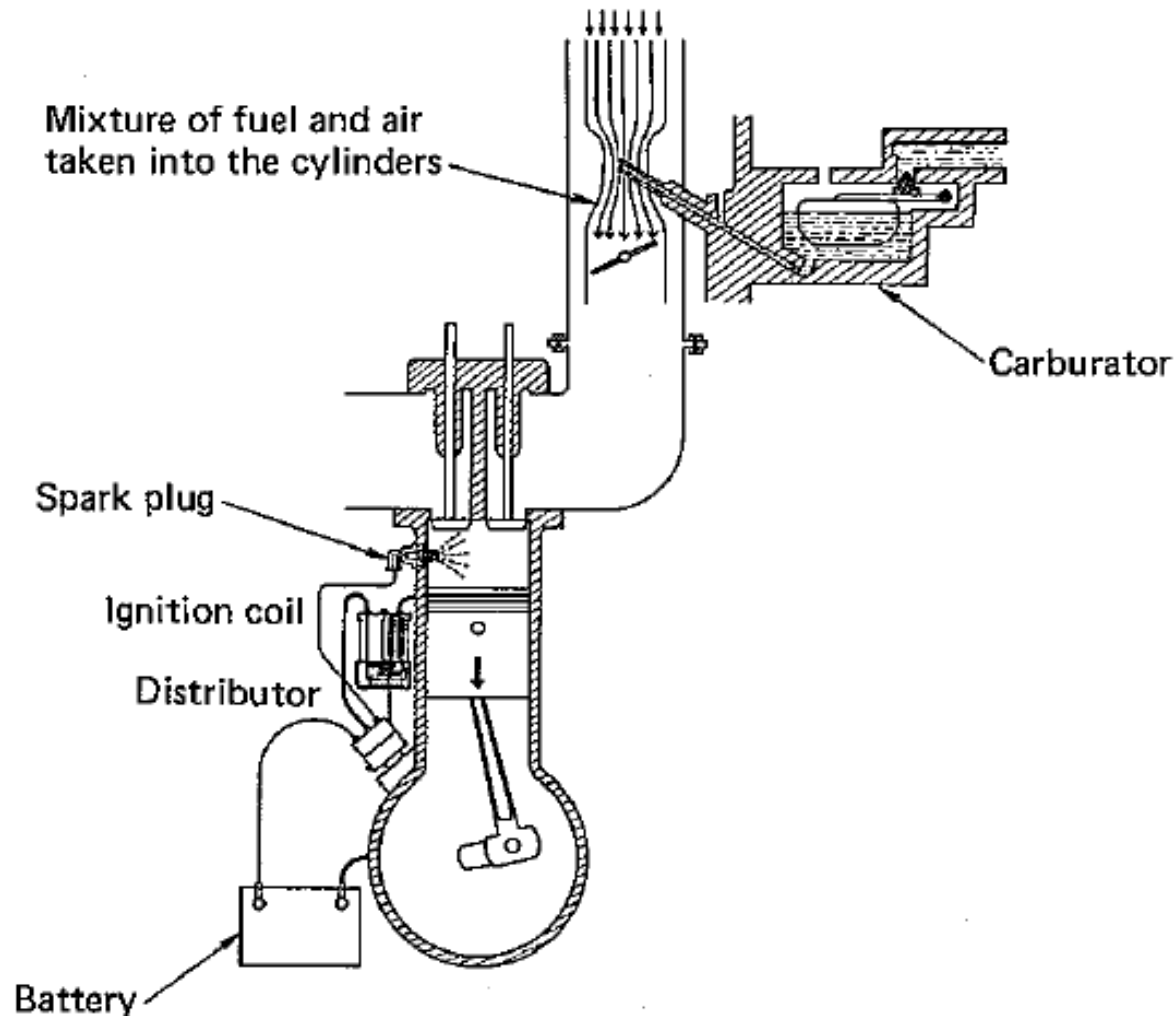
Pada diesel engine udara yang terhisap ke dalam ruang bakar dikompresi sehingga mencapai tekanan dan temperatur yang tinggi. Bahan bakar (fuel) diinjeksikan dan dikabutkan ke dalam ruang bakar sehingga terjadi pembakaran.



Prinsip kerja motor diesel

Gasoline Engine

Pada gasoline engine dilengkapi dengan karburator sebagai tempat pencampuran udara dan bahan bakar. Campuran udara dan bahan bakar dihisap ke dalam ruang bakar dan dikompresikan hingga mencapai tekanan dan temperatur tertentu. Pada akhir langkah kompresi, busi memercikkan api sehingga terjadi pembakaran.



Perbedaan Diesel Engine dan Gasoline Engine

		Diesel Engine	Gasoline Engine	Keuntungan dan kerugian Diesel Engine
1	Fuel	Heavy oli, light oil etc.	Gasoline	Keuntungan. Diesel fuel harga per liter lebih murah dan fuel consumption per horse power lebih rendah.
2	Fuel Consumption Ratio g/PS -Hr	170 ~ 210	230 ~ 270	
3	Flashing Point	Lebih tinggi dari 50 °C	Lebih tinggi dari 25 °C	Keuntungan. Diesel fuel tidak memerlukan perhatian dalam penanganannya.
4	Compression Ratio	14 – 22 Kg/cm ² (hanya udara)	5 – 10 Kg/cm ² (udara + fuel)	Keuntungan. Diesel engine lebih bertenaga (more powerfull)
5	Ignition (penyalaan)	Tidak diperlukan	Dengan Busi (electric spark)	Keuntungan. Tidak memerlukan sistem penyalaan.
6	Metode pengabutan	Fuel dikirim dari injection pump melalui NOZZLE ke dalam ruang bakar	Karburator diperlukan sebagai tempat pencampuran fuel dan udara	Kerugian. 1. Memerlukan peralatan injeksi. 2. Perawatan agak sulit.
7	Berat (Kg/Ps) output per stroke volume piston (PS/It)	3 ~ 9 ~ 20	0.5 ~ 3.5 30 ~ 50	Kerugian. Biaya pembuatan lebih tinggi.
8	Getaran	Besar	Kecil	Kerugian. Getaran besar
9	Trouble	Kecil	Besar	Kerugian. Sering timbul trouble.

Selain perbedaan diatas, di bawah ini dijelaskan tentang keuntungan dan kerugian diesel engine.

Keuntungan Diesel Engine :

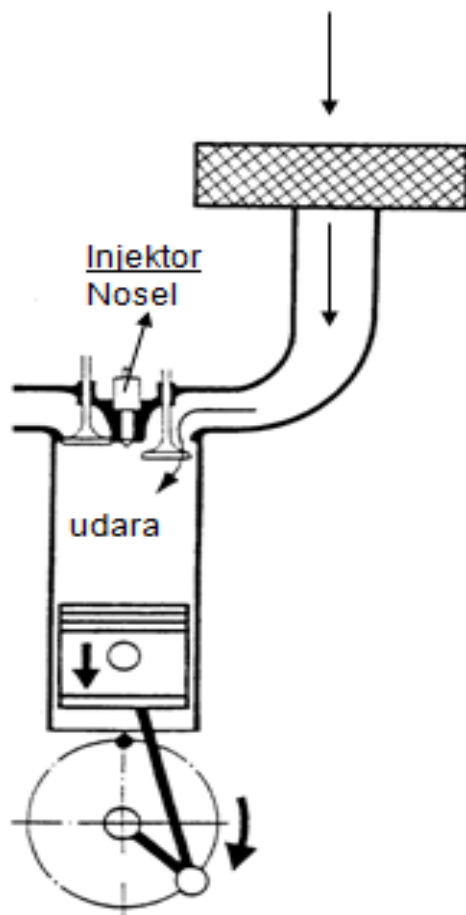
- Biaya pengoperasian lebih ekonomis karena harga bahan bakar lebih murah.
- Thermal efficiency tinggi (motor bensin adalah 20-30% dan motor diesel adalah 30–35%).
- Bahaya kebakaran lebih rendah karena titik nyala (flashing point) fuel relative lebih tinggi.
- Tidak membutuhkan sistem penyalaan (ignition device) dan carburator.
- Dapat menghasilkan tenaga yang besar pada putaran rendah.

Kerugian Diesel Engine :

- Berat output horse power lebih tinggi.
- Getaran selama operasi lebih besar dan suara lebih berisik (noise) lebih besar.
- Start lebih sulit.
- Biaya pembuatan (manufacturing) lebih tinggi.

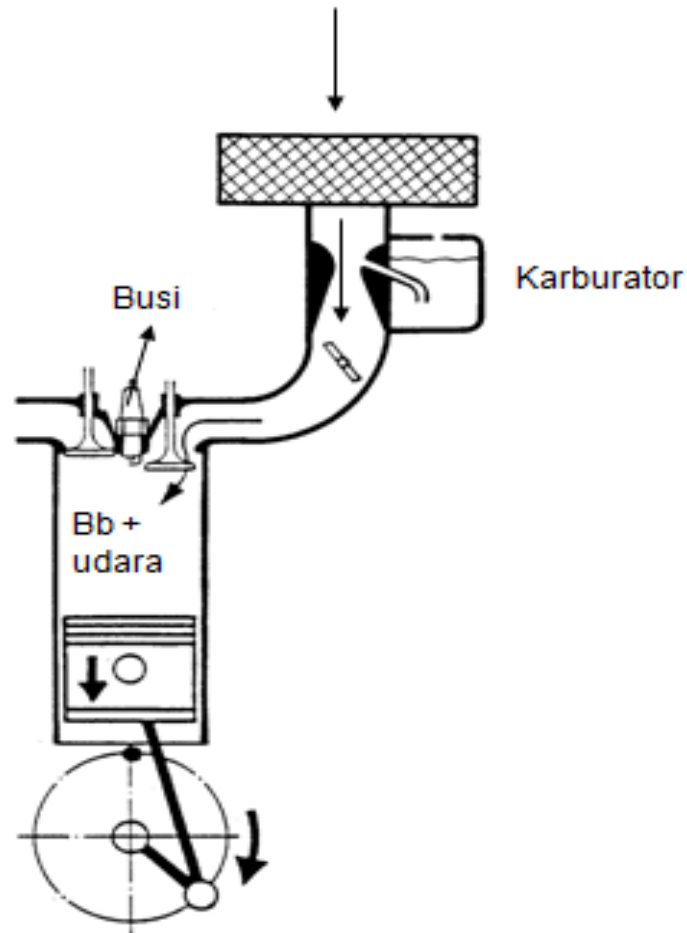
Proses Kerja Motor Diesel Dibandingkan Dengan Motor Otto 4 Tak

1. Langkah isap



Motor Diesel

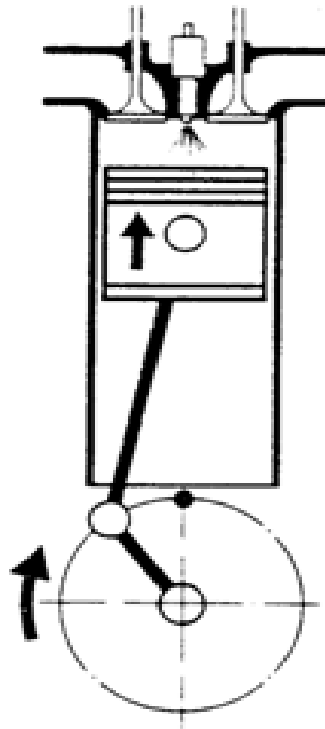
- ♦ *Yang dihisap hanya udara, silinder akan terisi penuh*



Motor Otto

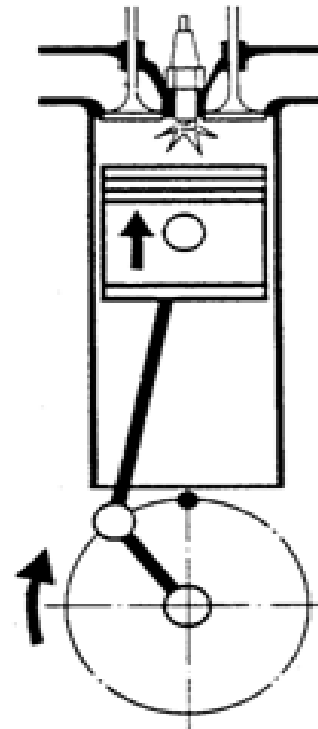
- ♦ *Yang dihisap adalah campuran bahan bakar dan udara, silinder akan terisi sesuai dengan posisi katup gas*

2. Langkah kompresi



Motor Diesel

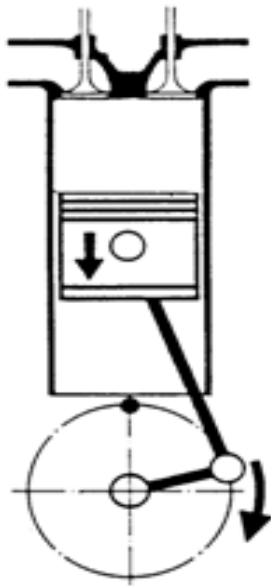
- Perbandingan kompresi (Σ) = 15 – 23
- Udara dikompresi sampai $\approx 1,5 - 4$ Mpa (15 – 40 bar)
- Temperatur menjadi $\approx 700 - 900 ^\circ\text{C}$
- Penyemprotan bahan bakar dimulai 30 – 10 sebelum TMA



Motor Otto

- Perbandingan kompresi (Σ) = 7 – 12
- Campuran udara dan bahan bakar dikompresi sampai $\approx 0,8 - 1,3$ Mpa (8 – 13 bar)
- Temperatur menjadi $\approx 300 - 600 ^\circ\text{C}$
- Saat pengapian $\approx 30 - 5$ sebelum TMA

3. Langkah usaha



Motor Diesel

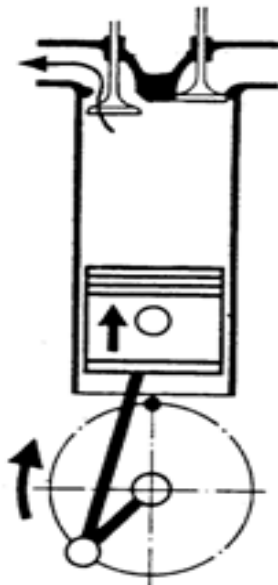
Bahan bakar terbakar dengan sendirinya akibat temperatur udara yang panas.

Taken pembakaran $\approx 4 - 12$ Mpa (40 – 120 bar)

Motor Otto

- *Bahan bakar terbakar akibat loncatan bunga api pada busi*
- *Taken pembakaran $\approx 3 - 6$ Mpa (30 – 60 bar)*

4. Langkah buang



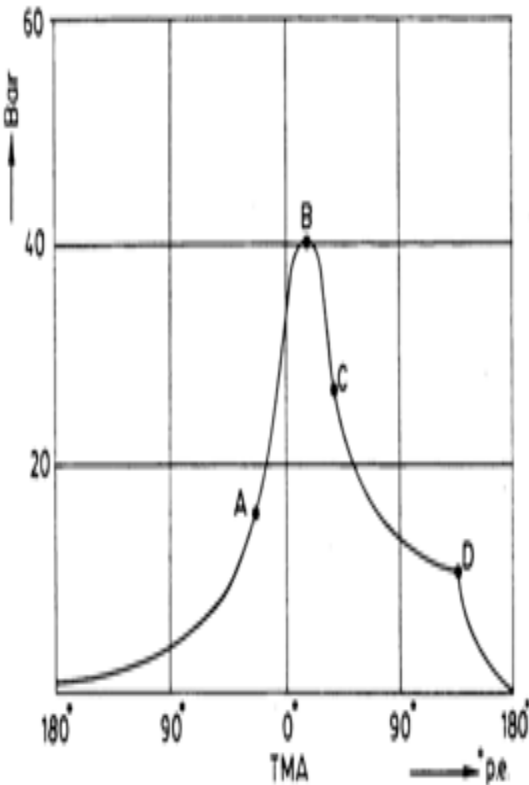
Motor Diesel

Temperatur gas buang $\approx 500 - 600$ °C

Motor Otto

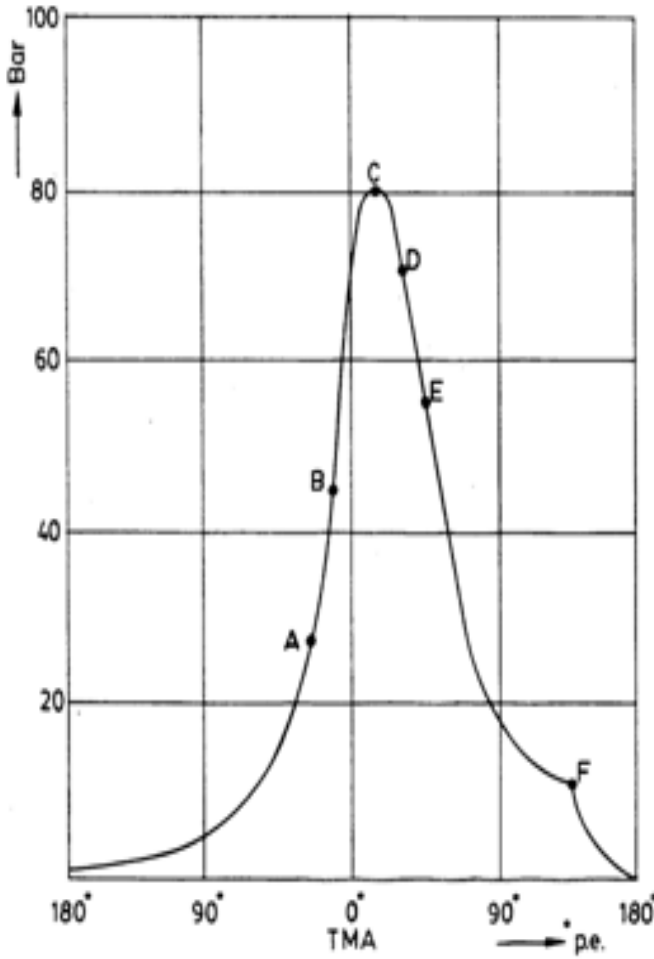
Temperatur gas buang $\approx 700 - 1000$ °C

Diagram indikator tekanan motor Otto 4 tak



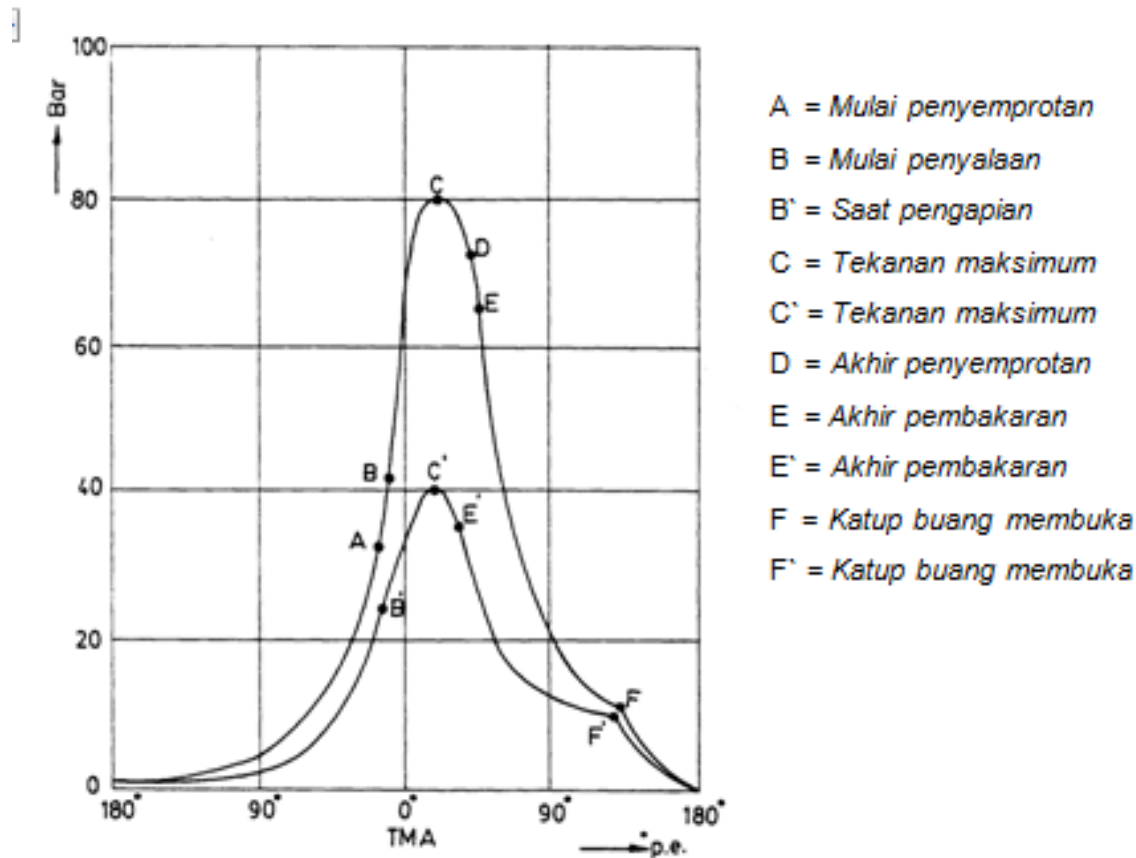
- A = Saat pengapian
- B = Tekanan maksimum
- C = Akhir pembakaran
- D = Katup buang membuka

Diagram indikator tekanan motor Diesel 4 tak



- A = Mulai penyemprotan
- B = Mulai penyalaan
- C = Tekanan maksimum
- D = Akhir penyemprotan
- E = Akhir pembakaran
- F = Katup buang terbuka

3. Perbedaan proses pembakaran



□

Motor Diesel

- Tekanan pembakaran maksimum *jauh lebih tinggi* dari pada motor otto
- Proses pembakaran dapat *dikendalikan* oleh sistem injeksi
 (misalnya : lama penyemprotan menentukan lama pembakaran)

Motor Otto

- Tekanan pembakaran maksimum *lebih rendah* dari pada motor Diesel
- Proses pembakaran *tidak* dapat dikendalikan

4. Perbedaan perbandingan campuran

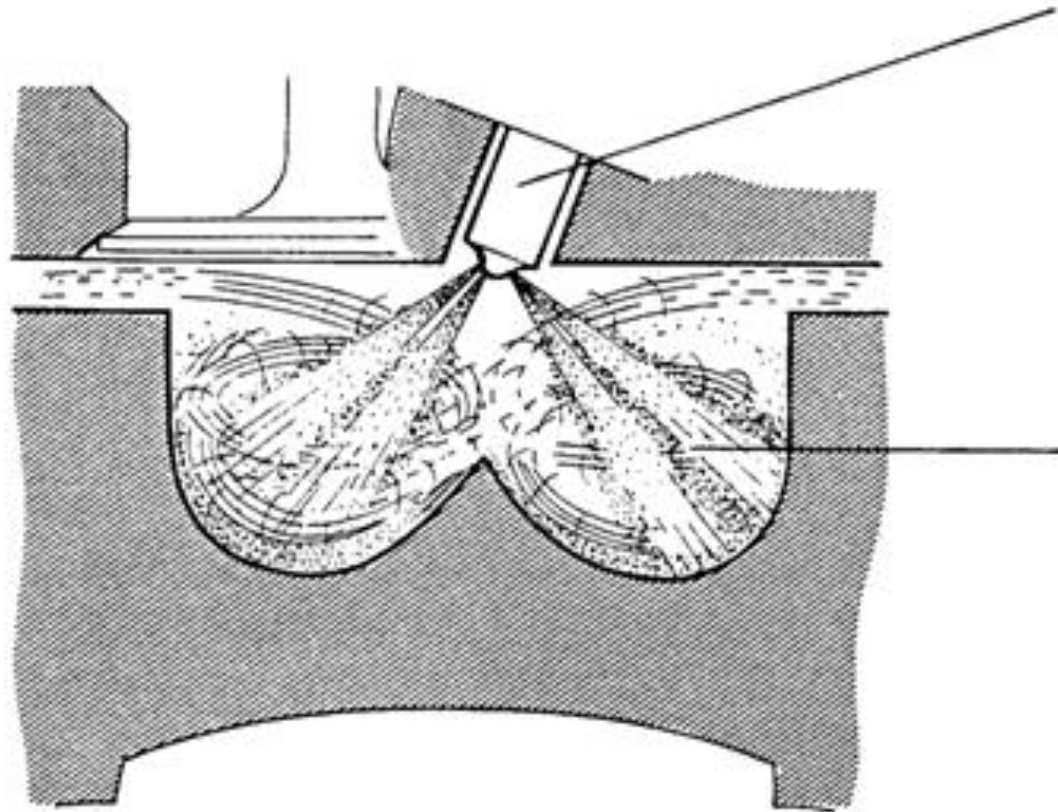
	Putaran idle	Beban menengah	Beban penuh
Otto	<i>Kaya</i> $1 : 10$	<i>Sedikit kurus</i> $1 : 17$	<i>Sedikit kaya</i> $1 : 12$
Diesel	<i>Kurus sekali</i> $1 : 300$	<i>Kurus</i> $1 : 30$	<i>Sedikit kurus</i> $1 : 17$

5. Perbedaan momen putar, putaran, daya & efisiensi (motor isapan biasa)

	Momen putar/dm ³ volume silinder	Putaran maksimum	Daya/dm ³ volume silinder	Efisiensi
Otto	$70 - 90 \text{ Nm/dm}^3$	$5000 - 6000$ rpm	$25 - 40 \text{ kw/dm}^3$	20 – 30 %
Diesel	$80 - 90 \text{ Nm/dm}^3$	$2000 - 5000$ rpm	$20 - 30 \text{ Km/dm}^3$	30 – 50 %

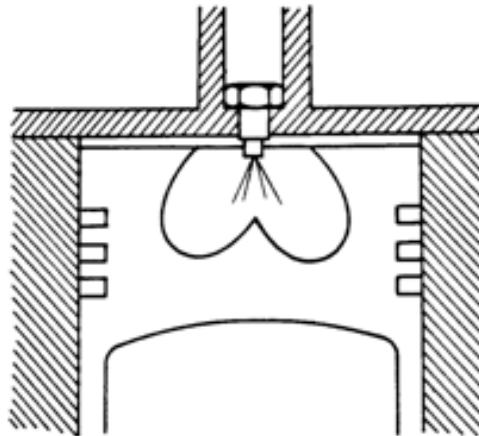
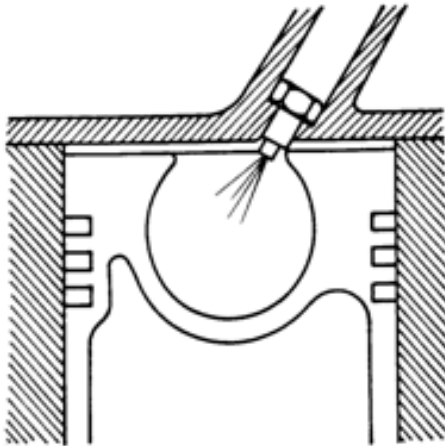
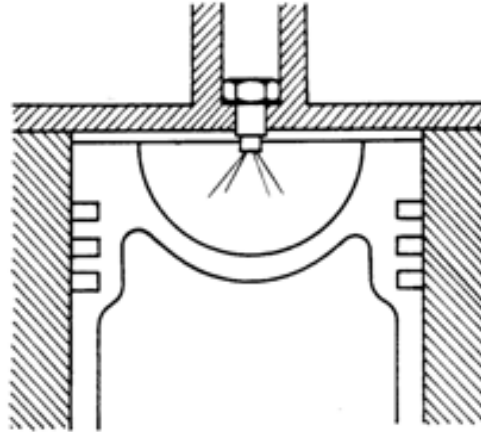
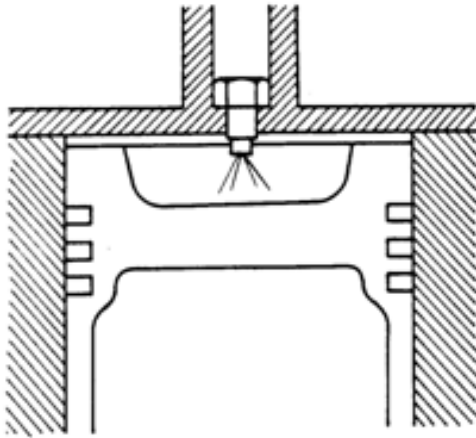
Injeksi Langsung Dan Tak Langsung

Injeksi Langsung



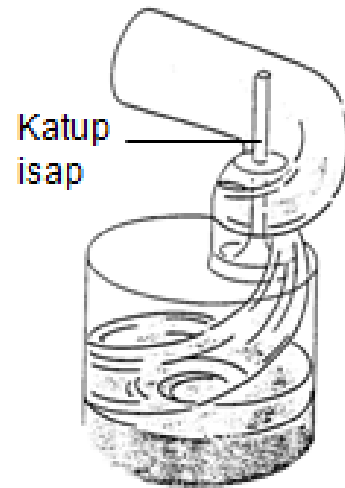
Macam-macam bentuk ruang bakar

I



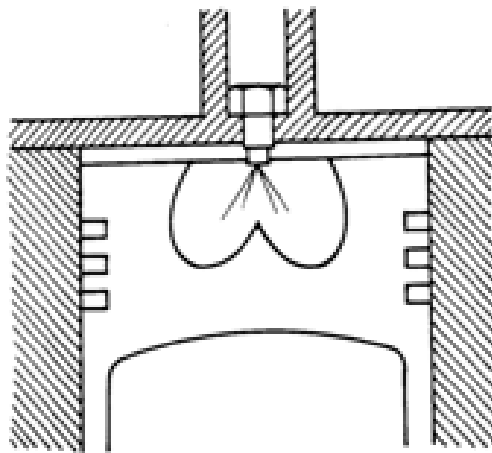
Cara memperoleh pusaran

Contoh : ruang bakar bentuk hati



Selama langkah isap

Saluran hisap dikonstruksi sedemikian rupa, supaya terjadi pusaran radial

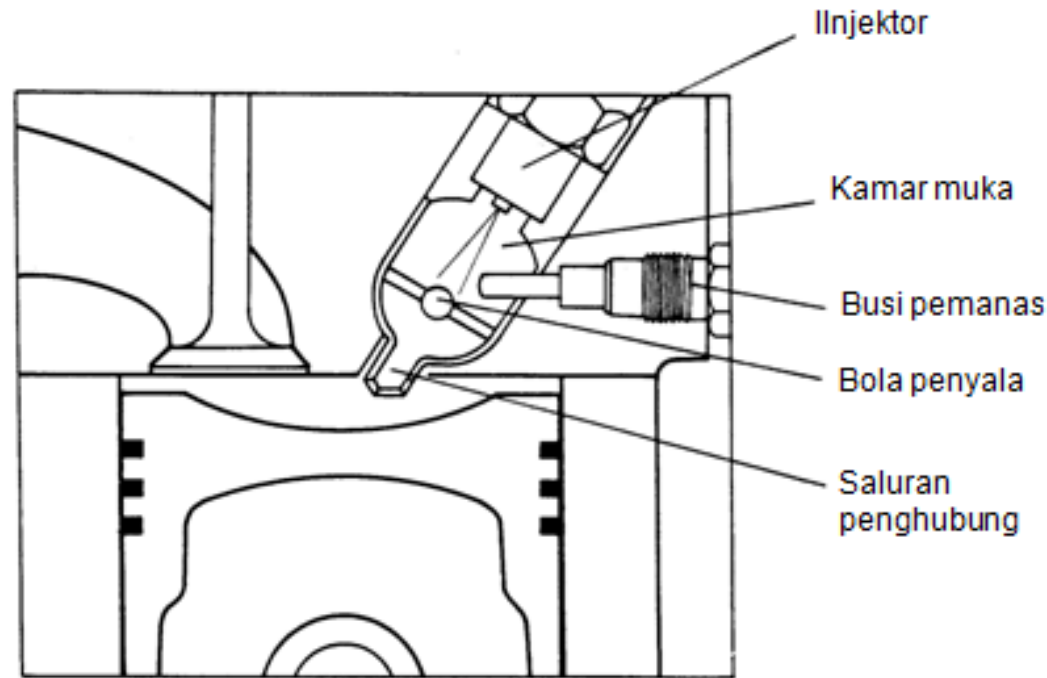


Selama langkah kompresi

Sewaktu torak mendekati TMA udara ditekan kedalam ruang bakar, sehingga terjadi putaran arah aksial

Injeksi Tak Langsung

1. Kamar muka



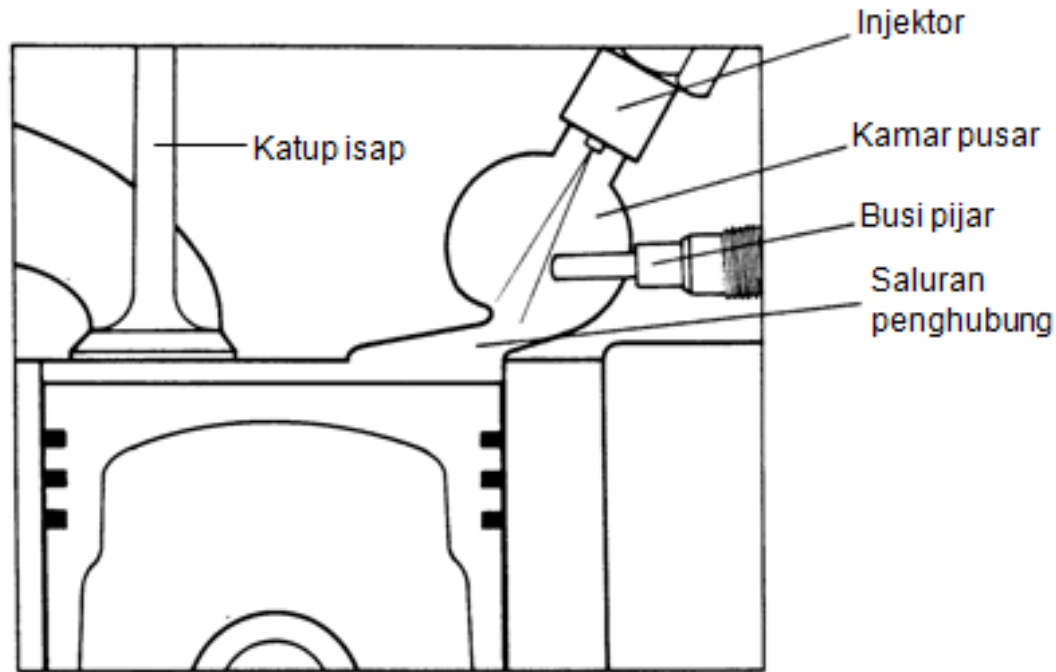
Cara kerja

Pada langkah kompresi, sebagian besar udara ditekan kedalam *kamar muka*, kemudian bahan bakar disemprotkan terhadap *bola penyalat*. Bagian tersebut terikat dengan jembatan yang relatif tipis, maka menjadi sangat *panas* selama motor hidup. Oleh karena itu, dengan cepat akibat pembakaran, sebagian bahan bakar ditiup *keluar* dari kamar muka dan ikut terbakar dengan udara yang masih didalam silinder.

Catatan

- Saat ini sistem tersebut hanya digunakan Mercedes – Benz
- Memerlukan injektor jenis Nozel pasak dengan bentuk penyemprotan khusus, tekanan pembukaan Nozel 110 – 150 bar / 11 – 15 Mpa
- Memerlukan sistem pemanas mula untuk menghidupkan motor, bila suhunya lebih rendah dari $\pm 50^{\circ} \text{C}$

2. Kamar Puser



Cara kerja

Pada langkah kompresi, sebagian besar udara ditekan kedalam *kamar puser*. Udara menerima pusaran yang sangat cepat, karena saluran penghubung yang menuju secara kedalam kamar puser.dikontruksi miring / tangensial.

Akibatnya bahan bakar yang disemprotkan cepat *menguap* dan menyalakan diri. Dari hasil pembakaran sebagian bahan bakar ditiup *keluar* dari kamar puser dan ikut terbakar dengan sisa udara yang masih didalam silinder.

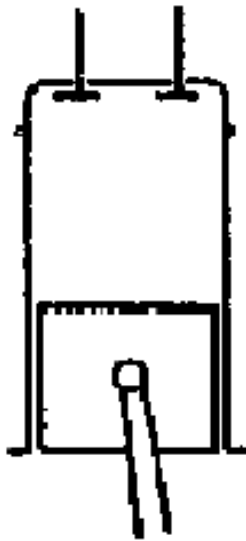
Catatan

- Kebanyakan motor kecil – sedang menggunakan sistem ini
- Menggunakan injektor nozel pasak dengan tekanan pembukaan nozel 110 – 150 bar / 11 – 15 Mpa
- Jika kondisi motor baik, sistem pemanas mula hanya perlu pada temperatur dibawah 25⁰ C

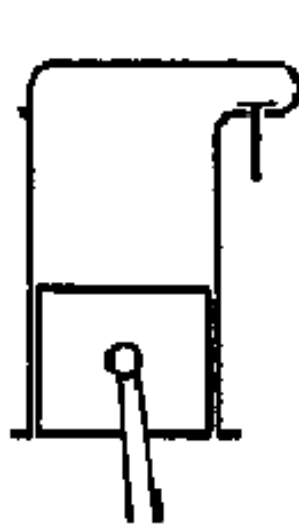
Combustion Chamber

Combustion Chamber Type berdasarkan Letak Valve

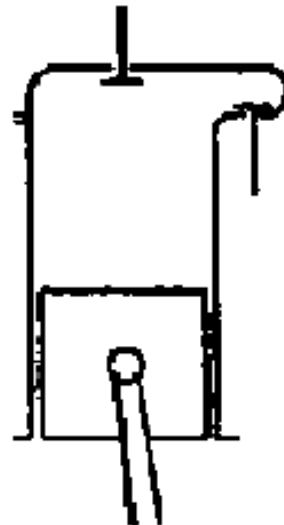
Combustion chamber (ruang bakar) adalah ruangan yang dilingkupi oleh permukaan bawah silinder head, permukaan atas silinder block dan permukaan atas silinder saat piston berada di titik mati atas (TMA). Ada bermacam-macam tipe ruang bakar sesuai dengan bentuk ruang bakar, letak valve intake, exhaust dan injector/nozzle dengan tujuan agar diperoleh *thermal efficiency* yang maksimal. Pada umumnya ruang bakar di klasifikasikan menurut letak intake valve dan exhaust valve.



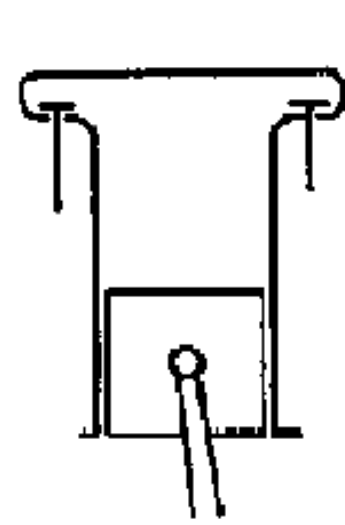
Overhead valve type



Side valve type



F-head type



T-head type

Over Head Valve Type

Intake valve dan exhaust valve dipasang di permukaan bagian atas silinder head. Dapat disebut juga tipe OHV atau tipe I - head. Ruang bakar tipe ini dibentuk agar berbentuk bulat (bola) sehingga dapat menghasilkan pusaran saat udara di kompresi dan penyalaan dapat merata ke segala arah. Tipe ruang bakar ini paling banyak digunakan dalam diesel engine.

Side valve type

Ruang bakar side valve type letak Intake valve dan exhaust valve sejajar disatu sisi silinder block. Tipe ini juga disebut tipe L - head. Bentuk ruang bakar rata (flat) sehingga struktur silinder head lebih sederhana dan biaya manufacturing lebih murah dibandingkan dengan tipe over head. Efisiensi pembakaran ruang bakar side valve type rendah, tetapi strukturnya lebih sederhana sehingga memudahkan perawatan dan bongkar pasang silinder head.

T-head type

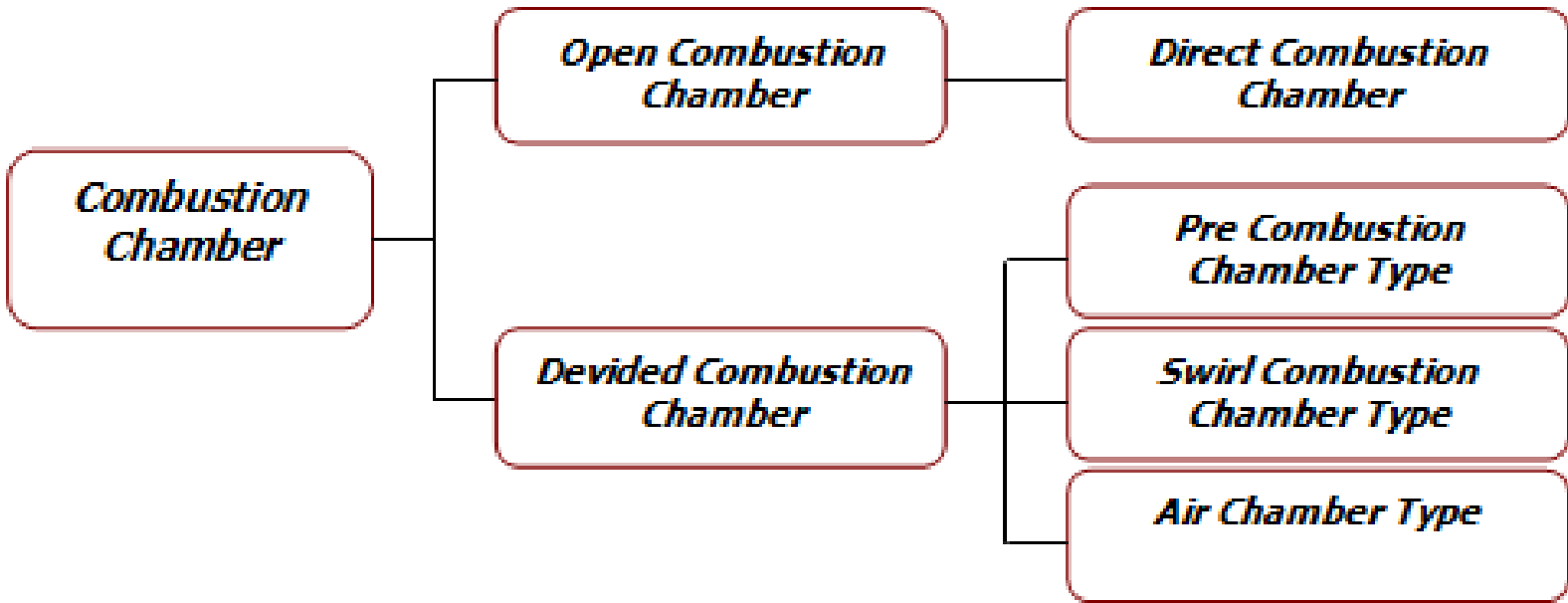
Ruang bakar T - head type Intake dan exhaust valve masing-masing dipasang secara terpisah di sisi kanan dan kiri dari silinder block. Tipe ini memudahkan udara masuk dan keluar tetapi efisiensi panas (thermal efficiency) kurang baik karena memerlukan waktu lama untuk meratakan pembakaran, karena itu ruang bakar tipe ini sangat jarang digunakan.

F-head type

Ruang bakar F-head type Intake dan exhaust valve masing-masing dipasang pada silinder head dan pada sisi silinder block. Tipe ini adalah gabungan (perpaduan) dari tipe over head valve dan tipe side valve. Bentuk ruang bakar mirip dengan tipe side valve. Mekanisme gerakan valve ruang bakar F-head type lebih kompleks sehingga tipe ini jarang digunakan.

Combustion Chamber Type berdasarkan Bentuk

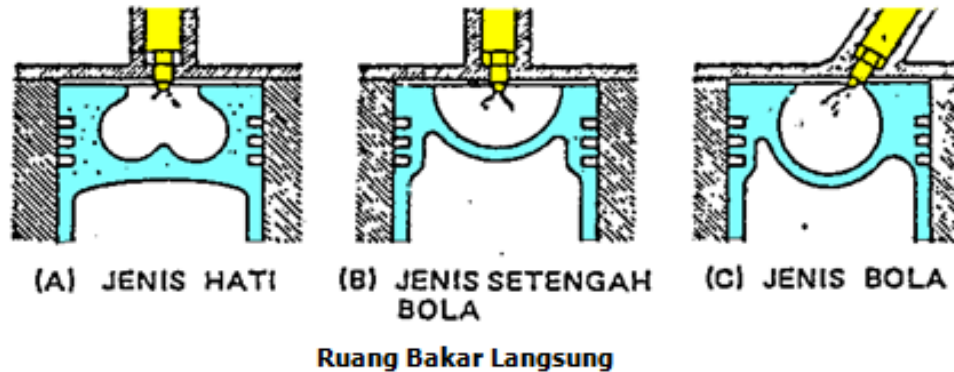
Bentuk ruang bakar pada motor diesel sangat menentukan terhadap kemampuan mesin, oleh karena itu ruang bakar dirancang agar campuran udara dan bahan bakar menjadi homogen dan terbakar sempurna. Tipe ruang bakar yang digunakan pada mesin diesel adalah:



Klasifikasi Ruang Bakar Engine

Direct Combustion Chamber

Seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini, ruang bakar ditempatkan diantara silinder head. Bahan bakar diinjeksikan langsung ke dalam ruang bakar. Pada ruang bakar jenis ini mendapatkan campuran yang baik, bentuk nozzle dan arah injeksi merupakan factor yang sangat menentukan.



Keuntungan :

1. Efisiensi panas lebih tinggi dan pemakaian bahan bakar lebih hemat.
2. Start dapat dilakukan dengan mudah pada waktu mesin dingin tanpa menggunakan alat pemanas.
3. Cocok untuk mesin - mesin besar (high power) karena konstruksi dari kepala silinder lebih sederhana.
4. Temperatur gas buang relatif lebih rendah.

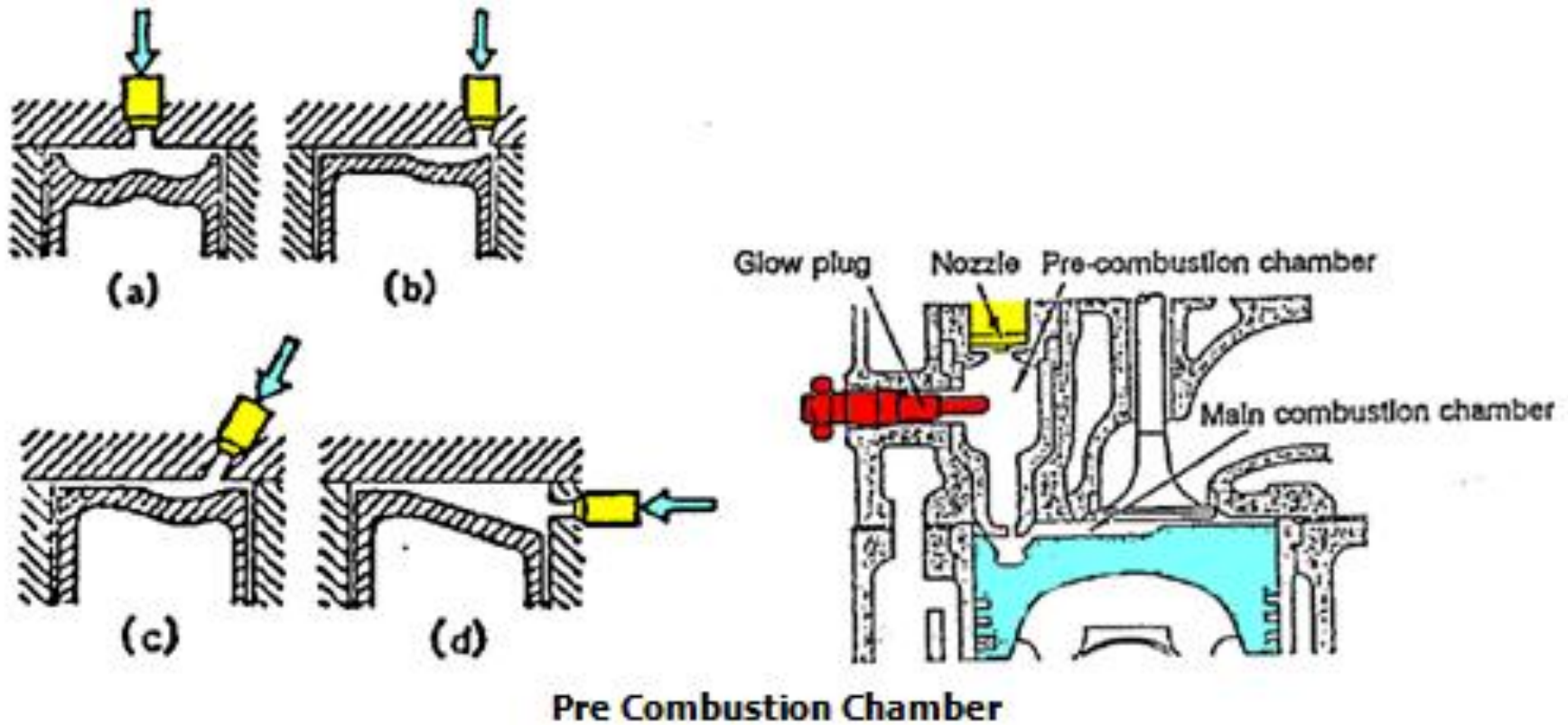
Kerugian :

1. Sangat peka terhadap mutu bahan bakar dan membutuhkan mutu bahan bakar yang baik.
2. Membutuhkan tekanan injeksi yang lebih tinggi.
3. Sering terjadi gangguan pada nozzle dan umur nozzle lebih pendek karena menggunakan multiple hole nozzle (nozzle lubang banyak).
4. Dibandingkan dengan jenis ruang bakar tambahan, turbulensi lebih lemah, sehingga sulit untuk kecepatan tinggi.

Auxiliary Combustion Chamber

Pre Combustion Chamber Type

Seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini, bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar muka oleh injection nozzle. Sebagian bahan bakar yang tidak terbakar dalam ruang bakar muka didorong melalui saluran kecil antara ruang bakar muka dan ruang bakar utama kemudian terbakar seluruhnya di ruang bakar utama sehingga percampuran udara dan bahan bakar lebih baik.



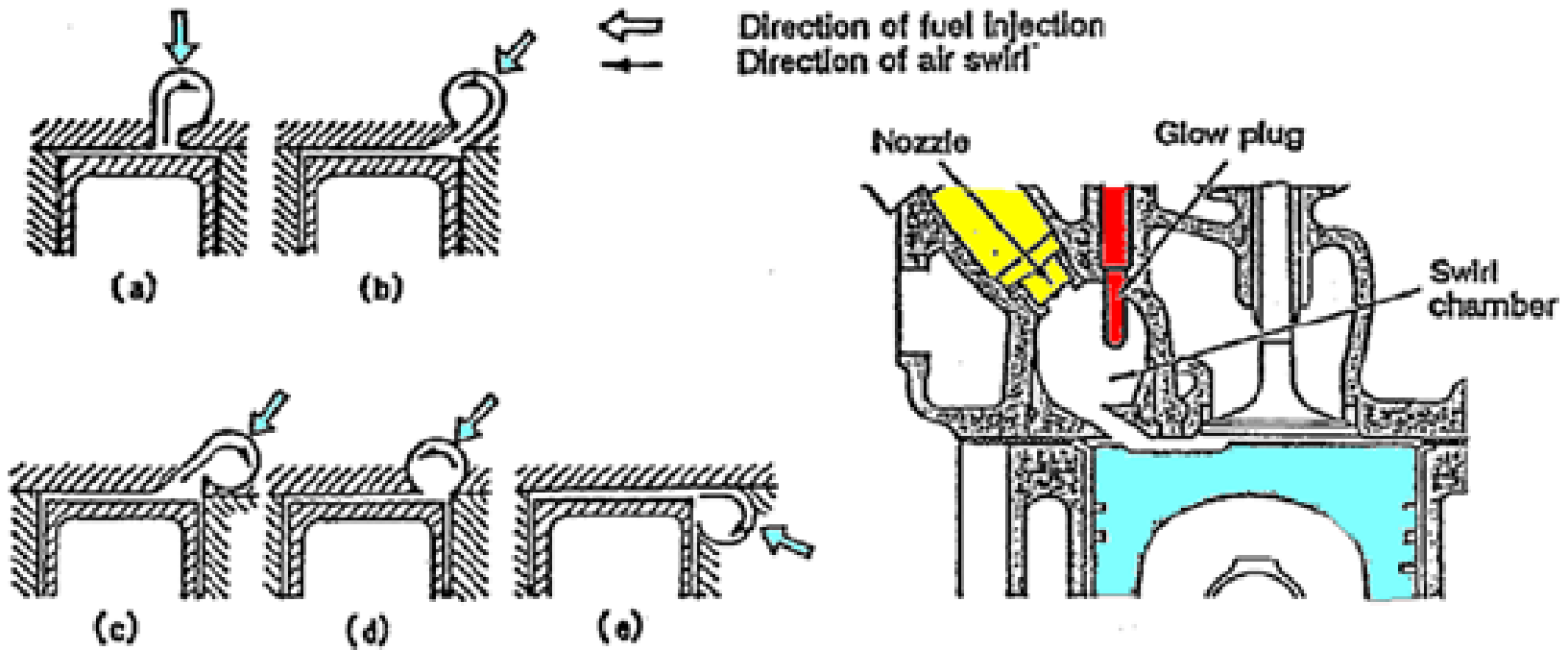
Keuntungan:

1. Jenis bahan bakar yang dapat digunakan lebih luas, karena turbulensi yang baik maka percampuran udara dan bahan bakar lebih sempurna.
2. Perawatan pompa injeksi lebih mudah karena tekanan penyemprotan lebih rendah dan tidak terlalu peka terhadap perubahan saat injeksi.
3. Detonasi berkurang dan bekerjanya mesin lebih baik sebab menggunakan throttle nozzle.

Kerugian:

1. Biaya pembuatan lebih mahal sebab perencanaan silinder head lebih rumit.
2. Membutuhkan motor starter yang besar.
3. Kemampuan start awal kurang baik, karena itu harus menggunakan alat pemanas.
4. Pemakaian bahan bakar lebih boros.

Swirl Chamber Type



Swirl Chamber

Ruang bakar model pusar (swirl chamber) berbentuk bundar. Piston memampatkan udara, sehingga udara masuk ke dalam ruang bakar pusar dan membuat aliran turbulensi. Bahan bakar diinjeksikan ke dalam udara turbulensi dan terbakar didalam ruang bakar pusar. Bahan bakar yang belum terbakar masuk ke dalam ruang bakar utama dan terbakar seluruhnya bakar utama.

Keuntungan :

1. Dapat menghasilkan putaran tinggi karena turbulensinya yang baik pada saat kompresi.
2. Gangguan pada nozzle berkurang karena menggunakan nozzle tipe pin.
3. Putaran mesin lebih tinggi dan operasinya lambat, menyebabkan jenis ini cocok untuk automobil.

Kerugian :

1. Konstruksi silinder head rumit.
2. Efisiensi panas dan pemakaian bahan bakar lebih boros dibandingkan dengan tipe ruang bakar langsung.
3. Detonasi lebih besar pada kecepatan rendah.

Air Chamber Type

Pada tipe ini terdapat dua chamber yaitu main chamber dan air chamber. Selain itu, air chamber diklasifikasikan menjadi dua macam. Pada tipe yang pertama, fuel diinjeksikan ke main chamber dan udara diinjeksikan juga sehingga tekanan pada chamber meningkat sampai terjadi pembakaran. Pada tipe kedua, udara tidak diinjeksikan ke chamber melainkan di luar chamber mensuplai oksigen dan menghasilkan pusaran sampai terjadi pembakaran.

Keuntungan :

1. Suara yang dihasilkan engine lebih lembut (tidak berisik) dibandingkan dengan tipe lainnya.

Kerugian :

1. Timing injeksi sangat berpengaruh terhadap pembakaran.
2. Setelah pembakaran exhaust temperature cenderung tinggi dan thermal efficiency rendah.
3. Pada umumnya susah untuk ditangani.
4. Fuel consumption tinggi.

Ruang Bakar Model Sel Udara

