

MOTOR DIESEL

Oleh :

Ir. Nur Ahadiat

SARI

Motor diesel telah lama dikenal sebagai motor yang hemat energi dibanding dengan motor bensin, namun motor diesel getarannya lebih kuat dan lebih bising.

Di sini akan diuraikan bagaimana cara motor diesel ini bekerja, keuntungan dan kerugiannya serta sejauh mana perkembangannya.

ABSTRACT

Diesel engine is already know as an engine that could save energy than gasoline engine, besides it's more shiver and noisy. How the engines works advantages and disadvantages and how far its the development, is the topic of this subject.

I. PENDAHULUAN

Motor diesel pertama kali diperkenalkan oleh Rudolf Diesel pada tahun 1895. Konsumsi bahan bakarnya relatif lebih rendah dibanding dengan motor bensin serta sifat bahan bakarnya tidak terlalu peka terhadap api. Motor ini banyak digunakan sebagai motor penggerak kapal laut, generator mesin-mesin pertanian, industri, konstruksi, kendaraan angkutan, baik di jalan raya maupun rel besi. Bahkan dewasa ini telah banyak digunakan pada kendaraan penumpang jenis sedan yang kenyamanannya tak kalah dengan kendaraan motor bensin.

A. Perbedaan antara Motor Diesel dengan Motor Bensin

Prinsip pembakaran pada motor diesel didasarkan pada proses pemampatan udara dengan perbandingan kompresi antara 12 – 20. Karena proses pemampatan tersebut temperature udara menjadi tinggi, hingga bahan bakar yang disemprotkan dalam ruang bakar, sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA), pada akhir langkah kompresi dapat menyala dan terbakar dengan sendirinya. Di samping perbedaan mengenai proses pembakaran, perbedaan antara motor diesel dengan motor bensin adalah :

1. Motor Diesel

- bekerja dengan jumlah udara yang berlebih, di mana perbandingan antara udara dan bahan bakar sangat bervariasi;
- pada langkah kompresi ruang bakar hanya berisi udara;
- pengaturan daya tergantung pada jumlah bahan bakar yang disemprotkan dalam ruang bakar;
- pembakaran berlangsung tanpa "cetus api" (*spark plug*).

2. Motor Bensin

- operasinya sedikit banyak tergantung pada angka perbandingan udara dan bahan bakar yang tetap;
- pada langkah kompresi, ruang bakar berisi campuran udara dan bahan bakar;
- daya yang dihasilkan tergantung jumlah campuran udara dan bahan bakarnya;
- Pembakaran berlangsung dengan bantuan "cetus api" (*spark plug*)

Pada umumnya, karena motor diesel mempunyai perbandingan kompresi yang le-

bih besar, maka efisiensi motor diesel jauh lebih tinggi dibandingkan dengan motor bensin, baik pada beban penuh ataupun beban sebagian. Pada motor diesel 35% dari kalor yang masuk diubah menjadi kerja efektif (sisa 65% hilang), sedang pada motor bensin dari kalor yang masuk, 25% kalor diubah menjadi kerja efektif, sedangkan 75 % kalor sisa hilang.

B. Keuntungan dan Kerugian Motor Diesel terhadap Motor Bensin

1. Keuntungan :

- Rendemen panasnya lebih tinggi antara 35–45%,
- Harga bahan bakar lebih murah,
- Konsumsi bahan bakar lebih hemat,
- Mempunyai momen puntir yang besar pada putaran rendah.

2. Kerugian :

- Konstruksi lebih berat hingga harganya relatif mahal,
- Memerlukan pompa bahan bakar dan injektor yang peka dan memerlukan perawatan yang teliti dan teratur.

II. PRINSIP KERJA MOTOR DIESEL

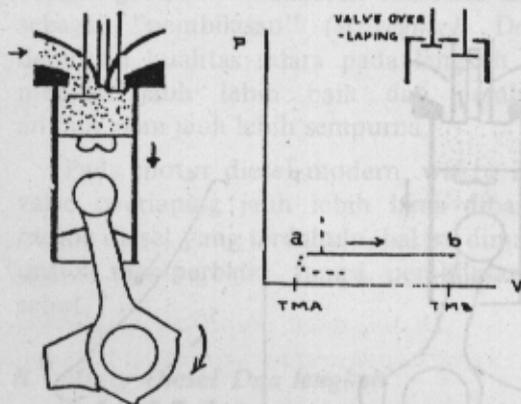
Seperti juga pada motor bensin, motor diesel juga dibagi dalam dua prinsip kerja, yaitu :

1. Motor Diesel empat langkah
2. Motor Diesel dua langkah.

A. Motor Diesel empat langkah

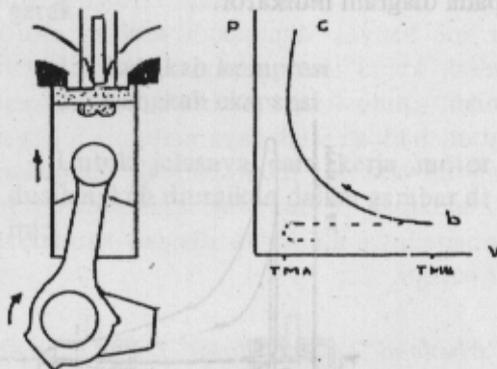
Dalam motor diesel empat langkah, keempat langkah operasi berlangsung dalam dua putaran penuh dari poros engkol.

1. langkah hisap (Gb. 1)



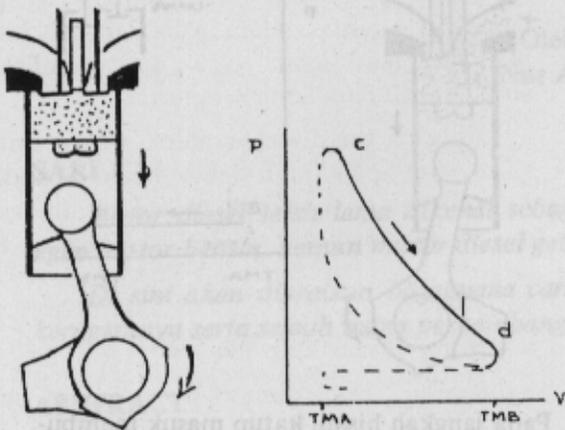
Pada langkah hisap, katup masuk membuka sedangkan katup buang menutup. Piston bergerak ke bawah menghisap udara masuk dalam silinder dengan tekanan yang hampir sama dengan tekanan udara luar. Langkah hisap ditunjukkan oleh garis a–b pada diagram indikator (p–v diagram).

2. langkah kompresi (Gb. 2)



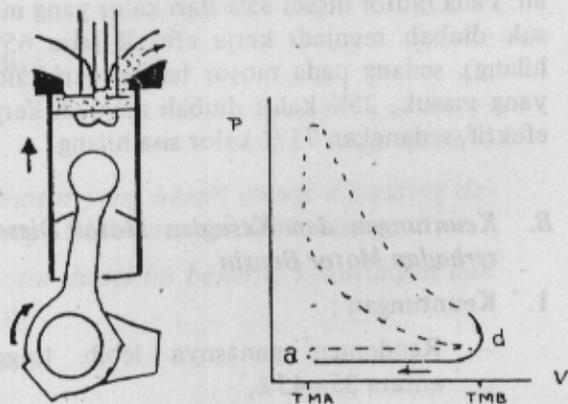
Piston bergerak ke atas, katup buang dan katup masuk menutup dan udara dimampatkan hingga mencapai tekanan 25–30 kgf/cm²; pada akhir langkah kompresi dengan temperatur berkisar 650–750°C. Langkah kompresi ditunjukkan oleh garis b–c pada diagram indikator.

3. langkah ekspansi (Gb. 3)

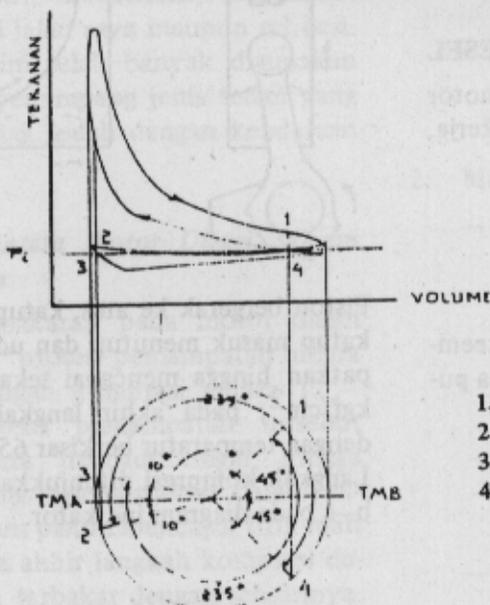


Sesaat sebelum titik mati atas *TMA* bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Suhu udara kompresi cukup tinggi yang memungkinkan terjadinya pembakaran. Gas hasil pembakaran berekspansi mendorong piston ke bawah dengan tekanan + 90 kgf/cm² (pada turbo diesel mencapai 100–115 kgf/cm²). Langkah ekspansi ditunjukkan garis c–d pada diagram indikator.

4. langkah buang (Gb. 4)



Katup buang membuka, piston kembali bergerak ke atas, sehingga gas hasil pembakaran ditekan ke luar dari ruang bakar. Temperatur gas buang berkisar antara 500–700^o C. Langkah buang ditunjukkan oleh garis d–a pada diagram indikator.



1. Katup Keluar Membuka
2. Katup Masuk Membuka
3. Katup Keluar Menutup
4. Katup Masuk Menutup

Gb. 5 Siklus katup motor diesel empat langkah

Dari diagram gerak katup motor diesel empat langkah, secara umum dapat dilihat bahwa langkah hisap, langkah kompresi dan langkah buang tidak selalu tetap berlangsung 180°C dari putaran poros engkol.

Untuk dapat menghisap udara sebanyak mungkin dengan langkah hisap pada putaran tinggi, maka katup masuk membuka sebelum titik mati atas dan menutup sebelum titik mati bawah *TMB*.

Umumnya tekanan pada akhir langkah kompresi tidak selalu sama dengan nilai tekanan kompresi yang dihitung dari perbandingan kompresi. Perbandingan kompresi adalah perbandingan antara volume hisap ditambah volume ruang kompresi dengan volume ruang kompresi. Misalnya, perbandingan kompresi 15 : 1, maka tekanan kompresi akan selalu lebih besar dari pada 15 kgf/Cm^2 . Hal ini disebabkan udara yang dikompresi juga menjadi panas dan berusaha memuai sehingga menaikkan tekanan pada akhir langkah kompresi. Terlihat bahwa hukum Boyle tidak berlaku lagi, karena kompresi berlangsung pada suhu yang tidak konstan.

Agar gas buang sepenuhnya dapat ke luar, maka katup buang terbuka $40^{\circ} - 50^{\circ}$ sebelum titik mati bawah (*TMB*). Setelah piston mencapai titik mati bawah katup buang tertutup, sehingga untuk sesaat katup masuk dan katup buang terbuka bersamaan (*valve overlapping*). Hal ini dimaksudkan agar se-

bagian dari udara yang masuk ikut ke luar dengan gas sisa pembakaran dan biasa disebut sebagai "pembilasan" (*scavenging*). Dengan demikian kualitas udara pada langkah hisap menjadi jauh lebih baik dan pembakaran pun akan jauh lebih sempurna.

Pada motor diesel modern, waktu untuk valve overlapping jauh lebih lama dibanding motor diesel yang terdahulu, hal ini dimaksud untuk memperbaiki fungsi pembilasan tersebut.

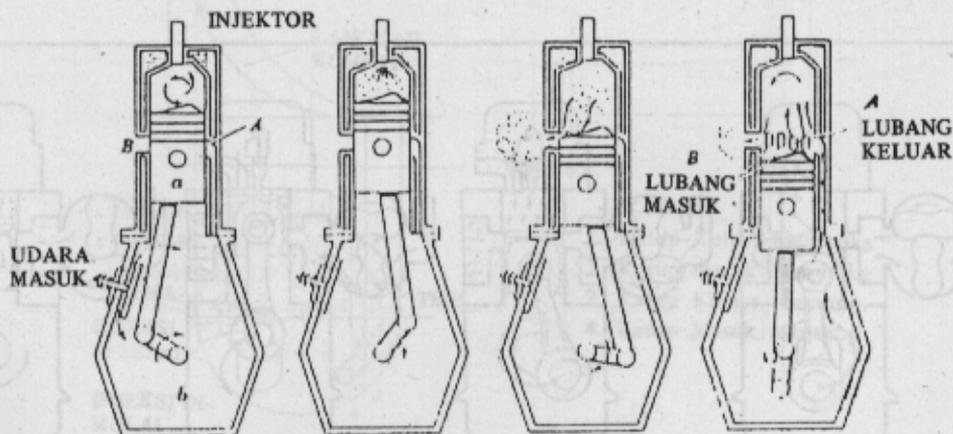
B. Motor Diesel Dua langkah

Seperti telah diterangkan di atas pada motor diesel empat langkah diperlukan dua putaran penuh dari poros engkol untuk menghasilkan satu langkah usaha. Untuk mendapat daya yang lebih besar dari motor yang berukuran sama serta mengurangi mekanisme katup yang rumit, pada tahun 1878 Dugald Clerk memperkenalkan motor dua langkah hasil ciptaannya yang menghasilkan dua langkah usaha untuk setiap putaran poros engkol.

Jadi pada motor dua langkah hanya ada dua gerak :

1. Langkah kompresi
2. Langkah ekspansi

Untuk jelasnya cara kerja motor diesel dua langkah diuraikan dalam gambar di bawah ini;



Gb. 6 Motor Diesel Dua Langkah

1. Dalam langkah kompresi, piston bergerak ke atas memampatkan udara dalam ruang bakar. Lubang masuk A dan lubang ke luar B tertutup dinding piston a, sementara udara bersih masuk dalam ruang poros engkol (*crankcase*).
2. Sesaat sebelum piston mencapai titik mati atas, bahan bakar diinjeksikan dan karena panas udara yang terkompresi terjadilah pembakaran. Gas yang terbakar memuai berekspansi mendorong piston ke bawah.
3. Dalam langkah ekspansi, gerak piston ke bawah lebih dahulu membuka lubang ke luar B, sehingga gas sisa pembakaran ke luar meninggalkan ruang bakar sementara itu gerak dari poros engkol menaikkan tekanan udara di sekitarnya.
4. Gerak selanjutnya dari piston sebelum mencapai titik mati bawah, secara perlahan membuka juga lubang masuk A hingga udara dari ruang poros engkol memasuki silinder dengan tekanan $\pm 0,35 \text{ kg/cm}^2$.

Bentuk kepala piston menyebabkan udara yang masuk tidak langsung ke luar, tetapi melingkar hingga ikut membersihkan sisa pembakaran ini merupakan contoh dari "Pembilasan Silang" (*cross scavenging*)

Pada motor dua langkah "pembilasan" ini menyebabkan sebagian campuran udara dan bahan bakar terbuang hingga konsumsi bahan bakarnya lebih boros dari pada motor bensin empat langkah. Pada motor diesel dua langkah yang terbuang hanya udara dan

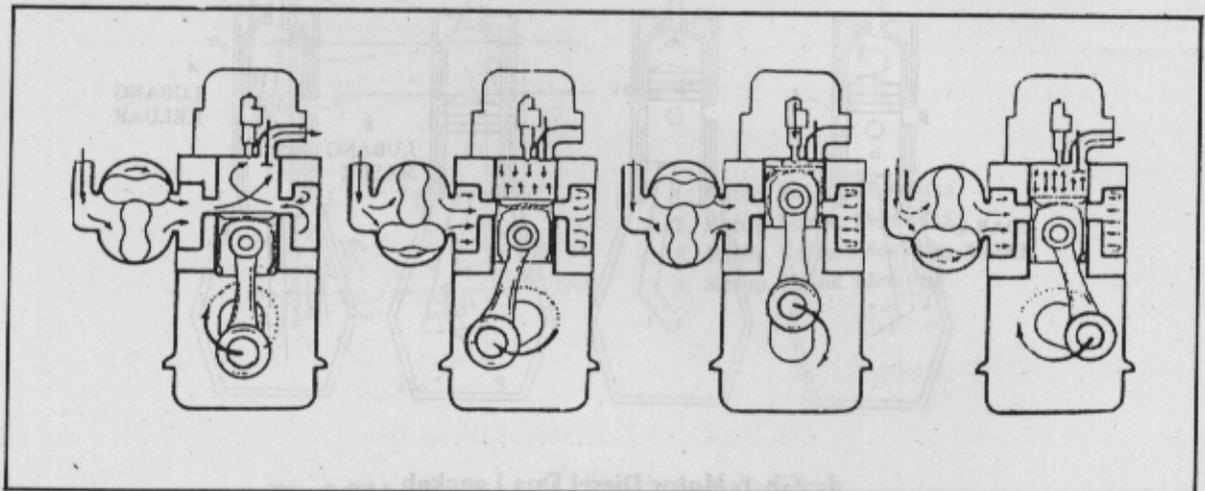
karena daya yang dibangkitkan lebih besar dari motor diesel empat langkah yang setara maka spesifik konsumsi bahan bakarnya lebih rendah (*specific fuel consumption*).

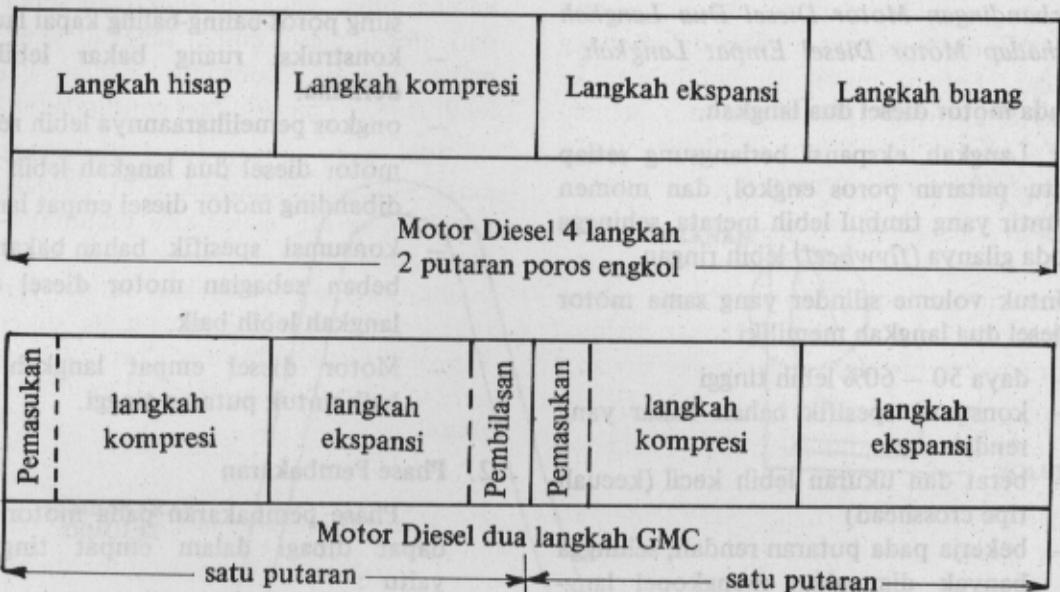
Jika pada motor diesel dua langkah seperti yang diperlihatkan di atas tidak menggunakan katup, maka kini umumnya motor diesel dua langkah mempunyai satu katup buang dengan pemasukan udara yang bertekanan. Prinsip ini mula-mula dikembangkan oleh General Motors Corporation (GMC) dengan "Pembilasan searah" (*uniflow scavenging*).

C. Motor Diesel Dua langkah GMC.

Dibandingkan dengan motor diesel empat langkah umumnya pada motor diesel dua langkah GMC didapat periode pemasukan udara yang lebih singkat, hal ini dimungkinkan dengan adanya pemasukan udara bertekanan. Periode pemasukan ini hanya berlangsung $\pm 96^\circ$ dari putaran poros engkol sedangkan motor diesel empat langkah $\pm 240^\circ$

Walaupun pemasukan berlangsung singkat tetapi kualitas udara masuk lebih baik karena $\pm 40\%$ dari udara masuk digunakan untuk membilas sisa pembakaran melalui katup buang. Dengan adanya katup buang maka pembilasan pun dapat berlangsung lebih cepat di mana katup buang hanya terbuka selama $\pm 132^\circ$ putaran poros engkol dibanding $\pm 240^\circ$ pada motor diesel empat langkah.

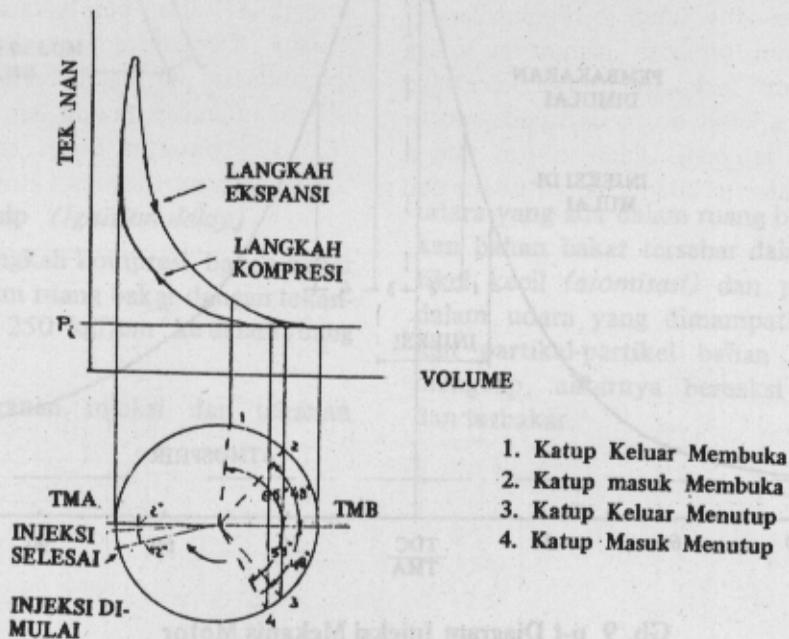




Gb. 7 Gerak Torak Motor Diesel

Kerugian sistem ini adalah bahwa sebagian daya yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan "kompresor tiga daun" (*three lobe compressor*) seperti pada gambar 7. Udara dipompakan ke dalam ruang silinder dengan tekanan $\pm 1,6 \text{ kgf/cm}^2$ melalui suatu saringan. Karena bentuk lubang masuk ke silinder agak

miring maka udara masuk pada pembilasan membuat gerak pusing, sehingga pembilasan berlangsung dengan cepat. Pompa tetap bekerja selama lubang masuk ke silinder tertutup oleh gerak piston, sehingga tekanan udara selalu berakumulasi.



Gb. 8 Siklus Katup Motor Diesel Dua Langkah

D. Perbandingan Motor Diesel Dua Langkah terhadap Motor Diesel Empat Langkah.

1. Pada motor diesel dua langkah.

Langkah ekspansi berlangsung setiap satu putaran poros engkol, dan momen puntir yang timbul lebih merata, sehingga roda gilyanya (*flywheel*) lebih ringan.

Untuk volume silinder yang sama motor diesel dua langkah memiliki :

- daya 50 - 60% lebih tinggi
- konsumsi spesifik bahan bakar yang rendah
- berat dan ukuran lebih kecil (kecuali tipe crosshead)
- bekerja pada putaran rendah, sehingga banyak digunakan mengkopel lang-

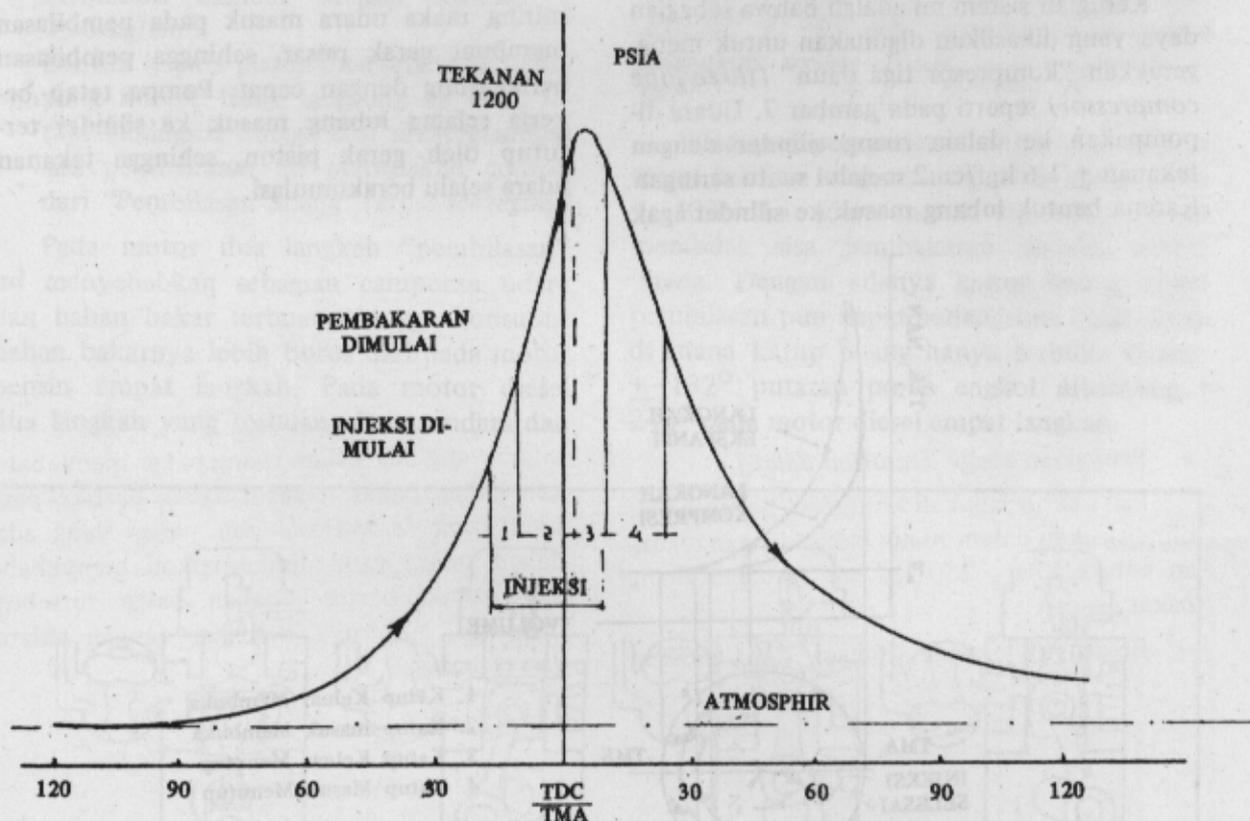
sung poros baling-baling kapal laut.

- konstruksi ruang bakar lebih sederhana.
 - ongkos pemeliharaannya lebih rendah.
- motor diesel dua langkah lebih bising dibanding motor diesel empat langkah.
- konsumsi spesifik bahan bakar pada beban sebagian motor diesel empat langkah lebih baik.
 - Motor diesel empat langkah lebih baik untuk putaran tinggi.

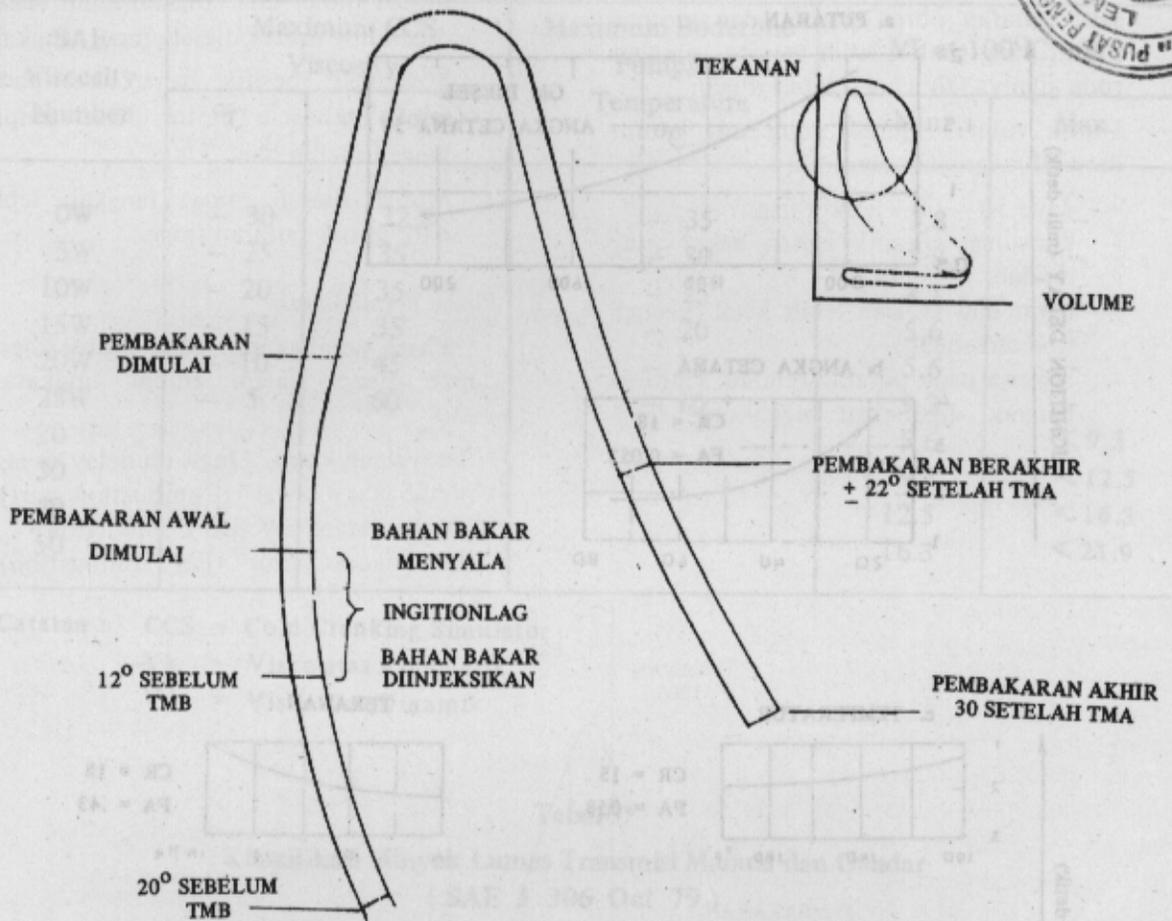
2. Phase Pembakaran

Phase pembakaran pada motor diesel dapat dibagi dalam empat tingkatan, yaitu :

1. "Penyalan kasip" (Ignition delay or lag)
2. "Pembakaran awal" (Combustion start)
3. "Pembakaran" (Actual Combustion)
4. "Pembakaran akhir" (Post combustion)



Gb. 9 p-t Diagram Injeksi Mekanis Motor Diesel

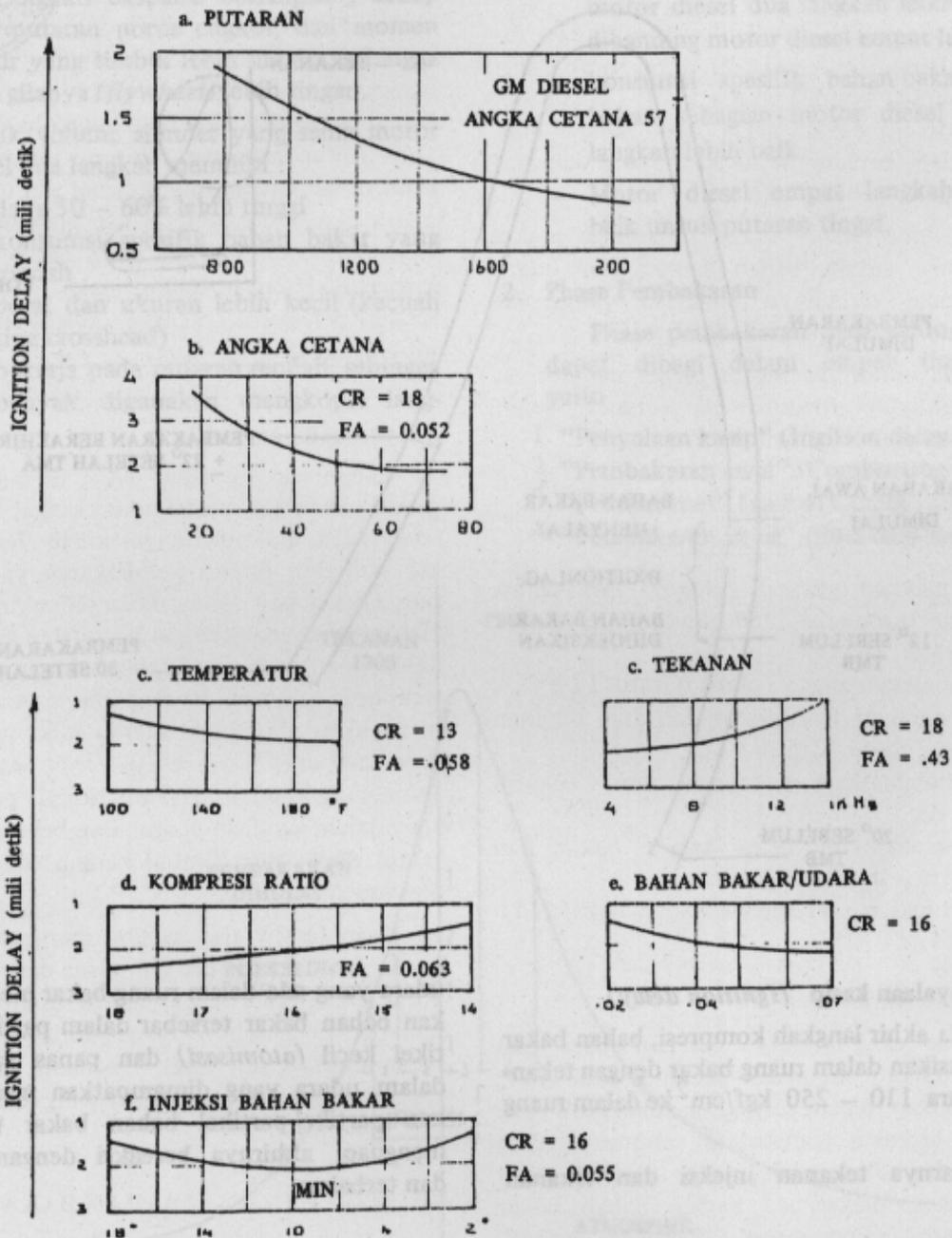


a. Penyalaan kasip (*Ignition delay*)

Pada akhir langkah kompresi, bahan bakar diinjeksikan dalam ruang bakar dengan tekanan antara 110 – 250 kgf/cm² ke dalam ruang bakar.

Besarnya tekanan injeksi dan tekanan

udara yang ada dalam ruang bakar menyebabkan bahan bakar tersebar dalam partikel-partikel kecil (*atomisasi*) dan panas yang ada dalam udara yang dimampatkan menyebabkan partikel-partikel bahan bakar tersebut menguap, akhirnya bereaksi dengan udara dan terbakar.



Keterangan Gb. 12 b - f Pada Motor CFK 900 rpm
 Injeksi 13 sebetul TMA, C = 150°F P 24 in H_g
 Pada Manifold, Pendinginan 212°F.

Gb. 11 Variable Ingition Delay

Jadi terdapat selang waktu antara bahan bakar diinjeksikan sampai terjadinya pembakaran yang disebut sebagai "penyalaaan kasip" (*ignition delay*) yang sebenarnya terjadi atas dua periode :

- 1) *Physical delay*, adalah waktu antara dimulainya injeksi bahan bakar sampai terciptanya kondisi reaksi kimia. Dalam periode ini bahan bakar beratomisasi, menguap, bercampur dengan udara dan mengalami peningkatan suhu.
- 2) *Chemical delay*, saat terjadinya reaksi kimia antara bahan bakar dan udara sampai terjadinya penalaan yang pertama.

Pada umumnya motor diesel mempunyai *physical/delay (mechanical cetanes)* lebih lama dari pada *chemical delay*.

Agar dapat mengontrol pembakaran dengan baik maka penyalaaan kasip ini diusahakan sesingkat mungkin, dengan jalan :

- a) menaikkan putaran sehingga meningkatkan turbulensi dan temperatur udara (Grafik 12-a),
- b) Menaikkan angka cetana (Grafik 12-b)
- c) Menaikkan temperatur dan atau tekanan ruang bakar (Grafik 12-c),
- d) Meningkatkan kompresi ratio (Grafik 12-d),
- e) Meningkatkan ratio bahan bakar dan udara (Grafik 12-e),
- f) Ketepatan saat injeksi bahan bakar (Grafik 12-f).

b. Pembakaran Awal.

Panas yang terkandung dalam udara yang dimampatkan memecah bahan bakar yang diinjeksikan dalam partikel-partikel kecil yang mudah terbakar. Karena sifat campuran bahan bakar dan udara pada motor diesel bersifat heterogen, maka ada bagian bahan bakar yang tak cukup untuk "menyala sendiri" (*self ignition*) ada pula bagian di mana baik temperatur maupun campuran bahan bakar dan udara, memungkinkan untuk "menyala sendiri", (terjadi pembakaran awal).

c. Pembakaran.

Setelah pembakaran awal terjadi maka

phase pembakaran sepenuhnya berlangsung di mana bahan bakar yang diinjeksikan baik sesudah maupun sebelum pembakaran awal seluruhnya terbakar. Pembakaran menyebar dengan sendirinya ke segala arah di mana terdapat campuran yang cukup antara bahan bakar dan udara. Reaksi pembakaran berlangsung lebih lambat pada pusat injeksi bahan bakar dan daerah di mana bahan bakar tidak cukup bercampur dengan udara. Hal ini akan terus berlangsung, kecuali ada tambahan udara yang cukup. Untuk menghindarkan terjadinya pembakaran yang lambat akibat kurangnya oksigen/udara, maka motor diesel selalu beroperasi dengan kelebihan udara minimal 25%.

d. Pembakaran Akhir.

Dalam daerah ruang bakar di mana campuran bahan bakar dan udara sangat kenyang (*rich mix*), ataupun sangat kurus (*lean mix*), tak mungkin terjadi pembakaran yang sempurna walaupun temperturnya cukup tinggi. Hal ini menyebabkan gas buang dan asap yang keluar mengandung sisa pembakaran yang tak sempurna (*unburn Hydrocarbon*). Asap putih merupakan ciri pembakaran tak sempurna dari campuran yang kurus (*lean mix*) atau suhu yang rendah. Hal ini timbul pada saat *start* dalam keadaan dingin atau beban rendah, tetapi dapat juga timbul karena adanya uap air yang mengembun.

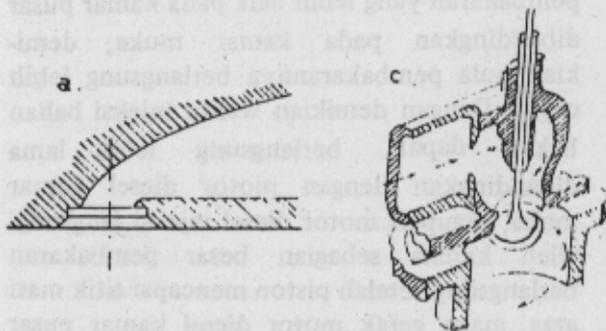
Asap hitam atau kelabu merupakan pertanda pembakaran tak sempurna dari campuran kenyang (*rich mix*) yang terutama terjadi pada beban penuh, di mana jumlah udara tak mencukupi, pada saat mendaki atau disebabkan injeksi bahan bakar yang terlambat.

III. SISTEM INJEKSI BAHAN BAKAR.

Pada motor diesel dikenal dua cara bagaimana bahan bakar tersebut diinjeksikan dalam ruang bakar;

- Injeksi langsung (*direct injection engines*)
- Injeksi tak langsung (*indirect injection engines*)

- b) Bentuk katup masuk yang khusus (*masked valve*),
- c) Bentuk kedudukan katup yang khusus (*masked port*),
- d) Membuat saluran aliran udara masuk melingkari poros katup masuk (*vortex port*).



Gb. 14 Bentuk Lubang Masuk

Oleh karena luas ruang bakar relatif kecil, maka hanya sedikit panas yang hilang, demikian pula tekanan yang hilang. Kecilnya kehilangan panas maupun tekanan pada motor diesel injeksi langsung menyebabkan volumetric efisiensinya tinggi, sehingga spesifik konsumsi bahan bakar motor diesel injeksi langsung lebih baik dari motor bakar injeksi tak langsung.

B. Injeksi Tak Langsung.

Pada motor diesel dengan sistem injeksi tak langsung ruang bakarnya terdiri dari dua bagian atau lebih yang saling berhubungan melalui sebuah sekat ataupun lubang, di mana bahan bakar diinjeksikan pada sebagian dari ruang bakar tersebut. Cara injeksi tak langsung dapat dibagi dalam tiga kategori yang membedakan bentuk luas dan letak bagian dari ruang bakar.

1. Kamar Muka (Pre Chamber)
2. Kamar Puser (Swirl Chamber)
3. Kamar Udara (Air Cell).

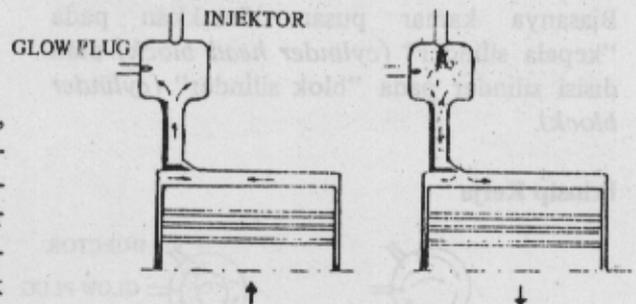
Sistem injeksi tak langsung lebih umum digunakan pada motor diesel modern, karena dengan sistem ini tidak memerlukan injeksi

bertekanan tinggi yang akan berakibat buruk pada kehalusan jalannya motor, keausan pada bantalan atau lubang injektor. Dengan jalan membagi ruang bakar dalam dua bagian, maka didapat tekanan maksimum yang lebih rendah sehingga tekanan injeksi pengabutan bahan bakar pun dapat lebih rendah dibandingkan dengan cara injeksi langsung.

1. Kamar Muka

Cara termuda untuk membedakan mana yang kamar depan dan mana yang kamar puser, adalah dengan mengetahui berapa ukuran kamar dari ruang bakar tersebut. Kamar muka mempunyai luas 20% – 30% dari luas ke seluruh ruang bakar. Ia berfungsi untuk memisahkan bahan bakar dan pembakarannya, sehingga sebagian besar pembakaran berlangsung dalam kamar muka.

Prinsip Kerja



Gb. 15 Kamar Muka

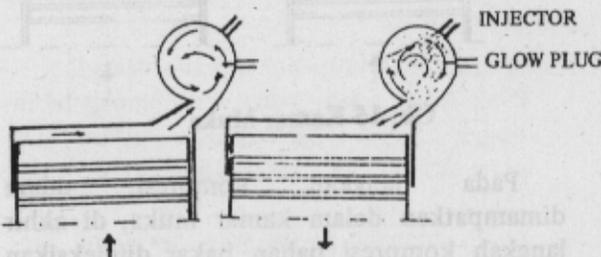
Pada langkah kompresi, udara dimampatkan dalam kamar muka, di akhir langkah kompresi bahan bakar diinjeksikan dalam kamar muka. Pembakaran pun berlangsung dalam kamar muka, namun karena kecilnya kamar muka bahan bakar tak terbakar sepenuhnya. Pembilasan yang kurang sempurna, menyebabkan udara yang ada tidak cukup mengandung oksigen. Sebagai hasil pembakaran, suhu dan tekanan dalam kamar muka meningkat, sehingga bahan bakar yang telah menjadi gas disemprotkan dengan kecepatan tinggi ke dalam ruang bakar melalui lubang penghubung, sehingga terjadilah pembakaran yang menyeluruh. Hal yang merugikan dalam kamar muka, ialah banyaknya kalor yang hilang disebabkan oleh luasnya permukaan ruang bakar. Untuk

mendapatkan tekanan kompresi yang cukup tinggi, maka motor diesel kamar muka memerlukan kompresi ratio yang lebih tinggi dari pada motor diesel injeksi langsung, namun karena tekanan kompresi yang timbul tidak memberikan temperatur cukup tinggi pada saat *start* dalam keadaan dingin (juga karena luasnya permukaan ruang bakar), maka biasanya motor diesel kamar muka dilengkapi busi pijar.

2. Kamar Puser

Luas kamar puser $\pm 50\%$ dari total ruang bakar, bentuknya dirancang demikian rupa sehingga memperkuat gerak puser dan turbulensi udara. Dengan demikian bahan bakar dan udara dapat bercampur dengan efektif. Dibandingkan dengan kamar muka, pembakaran pada motor diesel kamar puser lebih banyak berlangsung di luar kamar puser. Biasanya kamar puser diletakkan pada "kepala silinder" (*cylinder head block*) atau disisi silinder pada "blok silinder" (*cylinder block*).

Prinsip Kerja



Gb. 16 Kamar Puser

Pada langkah kompresi, udara dipadatkan dalam kamar puser dengan arah *tangensial*, karena umumnya kamar puser mempunyai bentuk bulat, sehingga terjadi gerak puser yang kuat dan bertambah kuat pada saat piston mendekati titik mati atas, di mana pada saat tersebut bahan bakar diinjeksikan ke dalam kamar puser. Gerak puser udara membuat percampuran bahan bakar dan udara terjadi dengan baik dan karena panas yang terkandung dalam udara yang dimampatkan terjadilah pembakaran, sehingga meningkatkan suhu dan tekanan kamar puser.

Pada saat yang sama piston mulai bergerak ke bawah, sehingga tekanan di luar kamar puser lebih kecil dari pada tekanan dalam kamar puser. Terjadilah apa yang disebut gerak puser dan turbulensi sekunder (*secondary swirl turbulence*), di mana gas yang terbakar ber-ekspansi ke luar dari kamar puser masuk ke dalam ruang bakar. Gerak puser dan turbulensi gas tersebut menghasilkan pembakaran yang lebih baik pada kamar puser dibandingkan pada kamar muka, demikian pula pembakarannya berlangsung lebih cepat. Dengan demikian waktu injeksi bahan bakar dapat berlangsung lebih lama dibandingkan dengan motor diesel kamar muka, ataupun motor diesel injeksi langsung. Oleh karena sebagian besar pembakaran berlangsung setelah piston mencapai titik mati atas, maka gerak motor diesel kamar puser lebih tenang.

3. Kamar Udara

Pada prinsipnya motor diesel kamar udara seperti juga motor diesel injeksi tak langsung lainnya, bertujuan untuk mendapatkan campuran bahan bakar dan udara yang tepat pada tekanan injeksi yang rendah. Luas kamar udara berkisar 5% - 15% dari luas ruang bakar, dengan bentuk yang agak menyimpang dari bentuk kamar muka atau kamar puser, demikian pula letak kamar udara ada yang terdapat pada bagian atas piston.

Prinsip kerja



Gb. 17 Kamar Udara

Pada langkah kompresi udara dimampatkan sebagian dalam kamar udara, dan sebagian bahan bakar disemprotkan pada mulut kamar udara sebelum piston mencapai titik mati atas. Pertama kali pembakaran terjadi pada kamar udara, sehingga meningkatkan

tekanan dalam kamar udara. Sementara itu piston mulai bergerak turun, sehingga tekanan diluar kamar udara lebih kecil dan menyebabkan terjadinya gerak pusar dan turbulensi sekunder yang kuat dari kamar udara ke dalam ruang bakar, maka pembakaran penuh berlangsung. Oleh karena prinsip kerja kamar udara mirip dengan prinsip kerja kamar pusar (berbeda dalam luas kamar), maka kamar udara tersebut disebut juga sebagai kamar pusar atau sebaliknya.

C. Perbandingan Sistem Injeksi Bahan Bakar.

Kuatnya turbulensi udara yang terjadi pada motor diesel injeksi tak langsung menimbulkan pencampuran yang efektif antara atomisasi bahan bakar dan udara yang dimampatkan, sehingga peralatan injeksi bahan bakarnya tidak terlalu rumit, misalnya, dapat saja digunakan injektor dengan satu lubang yang tidak terlalu peka terhadap kerusakan dibandingkan injektor pada motor diesel injeksi langsung yang mempunyai beberapa lubang kecil. Turbulensi udara yang kuat juga mengakibatkan bahan bakar dan udara bercampur dengan baik, walaupun hanya dalam waktu yang singkat. Hal ini dimanfaatkan pada motor diesel berputaran tinggi yang biasanya menggunakan sistem injeksi tak langsung, dan ini masih dapat dicapai dengan baik sampai putaran 3000 rpm. Namun demikian, bila ditinjau dari segi ekonomi maupun lingkungan, motor diesel injeksi langsung lebih diunggulkan.

1. Motor Diesel Injeksi Langsung

Keunggulannya :

- a. Spesifik konsumsi bahan bakarnya rendah karena :
 - pembakaran berlangsung dekat titik mati atas,
 - perbandingan bahan bakar dan udara yang tinggi,
 - perbandingan luas permukaan terhadap isi ruang bakar yang kecil, serta rendahnya temperatur pembakaran menyebabkan sedikitnya panas yang hilang sehingga usia katup buang lebih lama.
- b. Kompresi ratio rendah, sehingga konstruk-

sinya lebih ringan,

- c. Mudah dihidupkan tanpa alat bantu (*starting device*).

Kekurangannya :

- a. Untuk mencapai injeksi yang tinggi diperlukan pompa yang lebih rumit dan mahal,
- b. Injeksi dengan banyak lobang lebih peka terhadap kerusakan,
- c. Tekanan yang timbul rata-rata tinggi, hingga tegangan mekaniknya tinggi dan bising.

2. Motor Diesel Injeksi Tak Langsung.

Keunggulannya :

- a. Volumetrik efisiensinya tinggi, hingga daya yang dibangkitkan lebih besar pada kapasitas yang sama.
- b. Tekanan yang timbul lebih rendah, hingga tegangan mekanisnya lebih rendah. Hal ini disebabkan dari efek *troatling* dari ruang bakar yang terbagi.
- c. Angka kebisingan rendah.
- d. Pompa bahan bakar lebih sederhana.

Kekurangannya :

- a. Spesifik konsumsi bahan bakar tinggi.
- b. Panas yang hilang pada pendinginan lebih tinggi karena perbandingan antara luas permukaan dan isi ruang bakar yang tinggi.
- c. Lebih banyak panas yang terbuang menyebabkan katup buang lebih cepat rusak.
- d. Umumnya memerlukan busi pijar (*glow plug*), dan untuk menghidupkan diperlukan alat bantu (*starting device*).

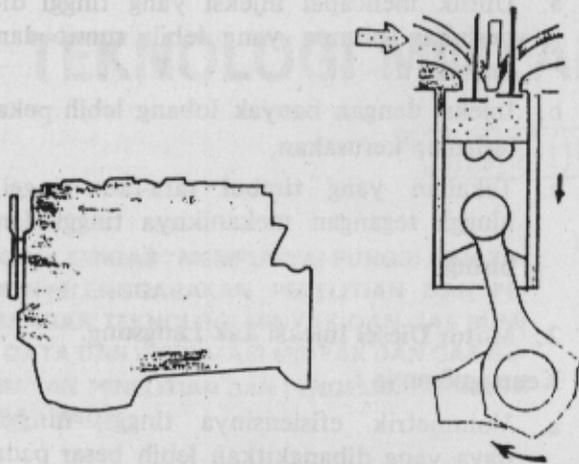
V. MESIN DIESEL TURBO

Mesin diesel, selain dapat diklasifikasikan dalam langkah kerja, sistem injeksi bahan bakar, susunan pemasukan udara dalam ruang bakar.

1) Motor diesel atmosfer (*Aspirated Engines*).

Pada jenis ini, udara masuk dalam ruang bakar hanya disebabkan oleh gerak

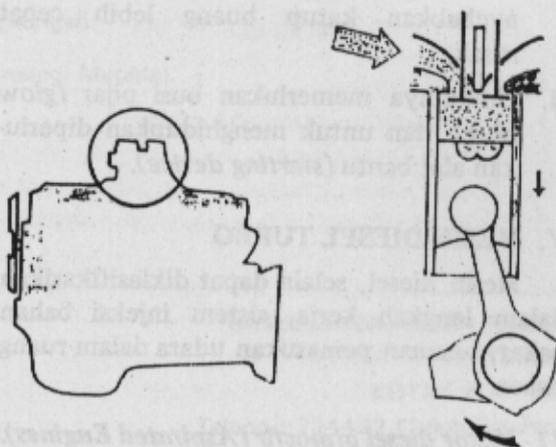
langkah piston semata, tekanan udara tak jauh berbeda dengan tekanan udara luar.



Gb. 1 Motor Diesel Atmosfir

2) Motor Diesel Turbo

Udara yang masuk dalam ruang bakar mempunyai tekanan yang lebih tinggi dari tekanan udara luar, sehingga jumlah volume udara yang masuk dalam ruang bakar jauh lebih banyak. Semakin banyak jumlah udara yang masuk, semakin banyak pula bahan bakar yang dapat diinjeksikan dalam ruang bakar sehingga daya yang dibangkitkan semakin besar.



Gb. 20 Motor Diesel Turbo

A. Keunggulan diesel turbo

Keuntungan dari penggunaan turbo kompresor (*turbo charger*) dibandingkan dengan sistem kompresor lain (*super charger*), turbo kompresor digerakkan dengan memanfaatkan energi dari gas buang, sehingga tidak mengurangi daya motor diesel itu sendiri.

Keunggulan lainnya adalah :

1. Tingginya ratio daya terhadap berat (*output/weight ratio*).
Dibandingkan dengan motor diesel atmosfer yang seukuran, maka motor diesel turbo umumnya mempunyai daya 35% – 40% lebih tinggi.
 2. Gas buang lebih bersih.
Dengan jumlah udara yang jauh lebih banyak, maka pembakaran akan jauh lebih sempurna, sehingga sisa pembakaran lebih sedikit.
 3. Menghemat bahan bakar.
Pada daya yang sama, konsumsi spesifik badan motor diesel turbo lebih kecil.
 4. Angka kebisingan lebih rendah.
Dalam kenyataannya turbo kompresor berfungsi juga sebagai peredam suara (*silinder*), baik pada bagian pemasukan udara maupun pengeluaran gas buang. Suara yang timbul di saat membukanya katup masuk, di mana udara mengalir dengan cepat memasuki ruang bakar teredam oleh adanya sudu-sudu kompresor dari unit turbo. Demikian pula halnya pada katup buang suara yang timbul pada saat gas buang keluar melalui katup buang berkurang kebisingannya oleh sudu-sudu turbin.
- Oleh karena udara mempunyai temperatur dan tekanan lebih tinggi, sehingga *ignition delay* lebih singkat, maka pembakaran berlangsung lebih cepat sehingga mengurangi kebisingan.
5. Diesel turbo dapat beroperasi di tempat ketinggian (udara tipis) tanpa kehilangan daya terlalu besar. Hal ini disebabkan kemampuannya mengantisipasi kebutuhan udara di ketinggian, naiknya temperatur pembakaran akan menaikkan energi dari gas buang dan ini menaikkan putaran

unit turbo, sehingga lebih banyak udara dapat dimasukkan ke dalam ruang bakar.

B. Kekurangan diesel turbo :

1. Dibandingkan dengan diesel atmosfer ukuran besar dengan daya yang sama, maka kemampuan diesel turbo menarik beban di saat *start* lebih kecil.
2. Diperlukan sedikit waktu bagi unit turbo untuk memberi cukup udara, karena diperlukan waktu bagi gas buang mencapai unit turbo.
3. Diperlukan selang waktu untuk menaikkan putaran dan pada perubahan gigi pengatur kecepatan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.

Pada umumnya motor diesel empat langkah digunakan untuk putaran tinggi (di atas 1000 rpm) di mana kecepatan diperlukan seperti pada kendaraan angkutan darat, sedangkan motor diesel dua langkah dengan putaran rendah (sampai 350 rpm) banyak dipakai sebagai motor penggerak kapal.

Secara teknis pada motor diesel dengan putaran tinggi, komponen-kompo-

nen yang bergerak mengalami keausan yang lebih cepat dibandingkan pada putaran rendah, demikian pula jumlah komponen motor diesel dua langkah jauh lebih sederhana dan sedikit sehingga relatif biaya perawatannya lebih rendah.

Hal lain seperti biaya bahan bakar, biaya minyak lumas pelayanan purna jual dan harga merupakan hal yang perlu dipertimbangkan, di samping suhu dan tekanan udara di mana motor diesel akan beroperasi.

B. Saran.

1. Adalah lebih ekonomis, bila menggunakan satu macam merek/produk dalam suatu bidang usaha, sehingga perawatan maupun perbaikannya lebih mudah.
2. Untuk melindungi kepentingan nasional, perlu ditetapkan suatu persyaratan teknis tertentu, di samping persyaratan pemasaran bagi suatu produk motor diesel.
3. Sesuai era pembangunan dewasa ini perlu dibentuk suatu pusat informasi teknis yang dapat penyuluhan dalam memilih ataupun merawat motor diesel.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. D.J. Bastmeyer/Asril *Motor Diesel untuk Mobil*, Jakarta Pradnya Paramita, Ind.
2. Edward F. Obert, *Internal Combustion Engines and Air Pollution* - USA Harper & Row Publ.,
3. G.R. Nagpal *Power Plant Engineering* - India, Khana Publ.
4. *Volvo Catalog*
5. *Detroit Diesel Allison Catalog*
6. *MAN Diesel Catalog*
7. *MAK Diesel Catalog*
8. *Santarad Industri Indonesia No. 0698-82.*