

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Mesin Diesel

1. Pengertian Mesin Diesel

Mesin diesel adalah motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi di dalam mesin itu sendiri (*internal combustion engine*) dan pembakaran terjadi karena udara murni dimampatkan (dikompresi) dalam suatu ruang bakar (silinder) sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta panas yang tinggi, bersamaan dengan itu disemprotkan / dikabutkan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran (Samlawi, 2015).

Pembakaran yang berupa ledakan akan menghasilkan panas mendadak naik dan tekanan menjadi tinggi didalam ruang bakar . Tekanan ini mendorong piston ke bawah yang berlanjut dengan poros engkol berputar. Sesuai dengan gerakan piston untuk mendapatkan satu kali proses tersebut maka mesin diesel tersebut dibagi dalam 2 macam :

- Mesin diesel 4 langkah (4 tak)
- Mesin diesel 2 langkah (2 tak)

2. Mesin Diesel 4 Langkah

Mesin diesel empat langkah (4 Tak) adalah motor yang menyelesaikan satu siklus dalam empat langkah torak atau dua kali putaran poros engkol. Jadi dalam empat langkah itu telah mengadakan proses pengisian, kompresi dan penyalaan, ekspansi serta pembuangan.

Titik paling atas dapat dicapai oleh gerakan torak pada silinder disebut TMA. Sedangkan titik terendah yang dapat dicapai oleh ujung atas torak pada silinder disebut TMB. Bila torak bergerak dari TMA sampai ke TMB atau sebaliknya, dikatakan bahwa torak melakukan satu langkah. Untuk setiap siklus, pada motor empat Langkah terdapat empat langkah torak, yaitu dua

langkah naik dan dua langkah turun. Akibatnya selama siklus itu berlangsung, poros engkol akan berputar dua kali.

a) Langkah I, langkah isap

Piston bergerak ke bawah, dimulai dari TMA sampai ke TMB. Katup isap terbuka dan katup buang tertutup, sehingga campuran bahan bakar dan udara terhisap masuk ke dalam silinder melalui katup isap. Ketika torak telah mencapai TMB, katup isap ini akan tertutup.

b) Langkah II, langkah kompresi

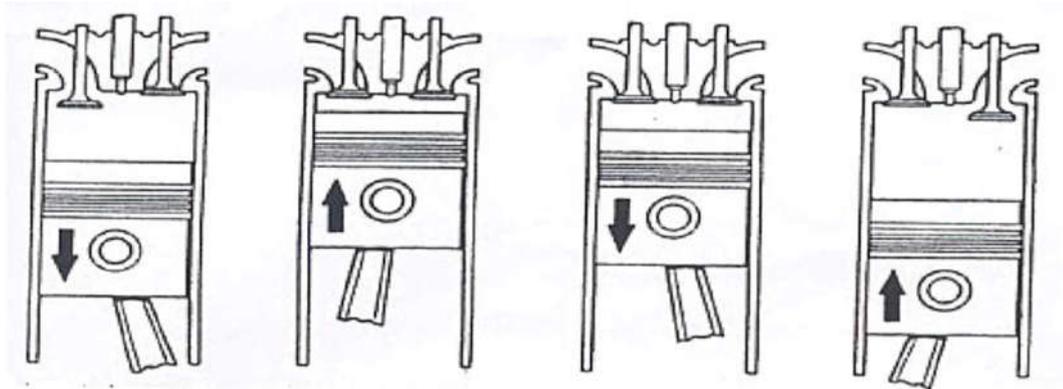
Piston bergerak dari TMB ke TMA. Katup isap tertutup dan katup buang tertutup, udara di dalam silinder didorong (ditekan) sehingga timbul panas dan tekanan yang tinggi. Akhir kompresi bahan bakar dikabutkan (disemprotkan dengan tekanan yang sangat tinggi melalui lubang yang sangat kecil) sehingga terjadi pembakaran (berupa ledakan).

c) Langkah III, usaha

Pada langkah ini, kedua katup masih tertutup sehingga semprotan bahan bakar di ruang bakar akan menyebabkan ledakan pembakaran yang akan meningkatkan suhu dan tekanan di ruang bakar. Tekanan yang besar tersebut akan mendorong piston dari TMA (titik 3) ke TMB (titik 4), dan menyebabkan terjadinya gaya aksial. Gaya aksial ini dirubah dan diteruskan oleh poros engkol menjadi gaya radial (putar).

d) Langkah IV, pembuangan

Katup masuk masih tertutup dan katup buang terbuka. Piston bergerak dari TMB menuju TMA sehingga mendorong gas sisa pembakaran (gas buang) keluar melalui katup buang yang terbuka. Akhir langkah buang katup masuk terbuka sehingga udara segar masuk ke dalam silinder dan ikut mendorong gas buang keluar.



Langkah I

Langkah II

Langkah III

Langkah IV

Gambar 2.1. Prinsip Kerja Mesin Diesel

(sumber: Arismunandar, Wiranto., (1988) *Pengerak mula Motor Bakar Torak* : Bandung ITB.)

3. Mesin Diesel 2 Langkah

Mesin diesel 2 langkah ialah Mesin diesel dimana setiap satu kali proses usahaterjadi 2 (dua) kali langkah piston atau satu kali putaran poros engkol.

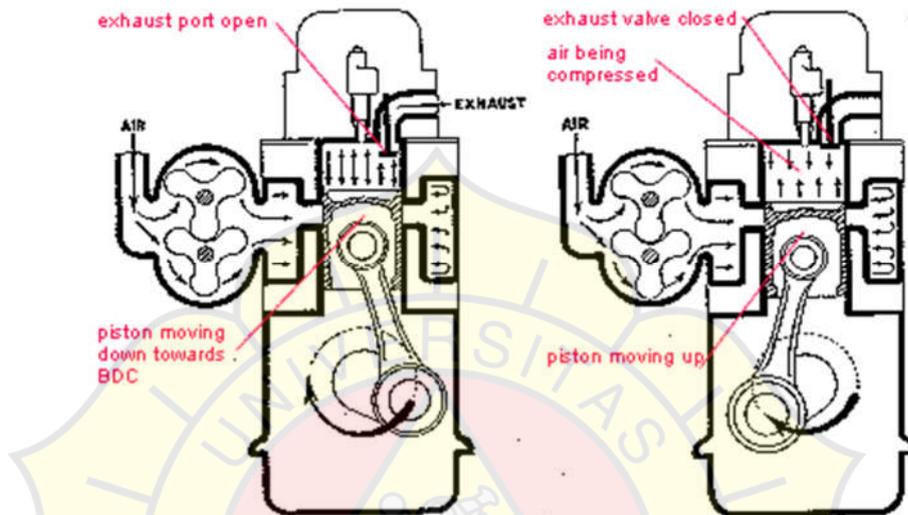
a) Langkah I, pengisian dan kompresi

Yang terjadi pada langkah ini adalah : Piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas). saluran masuk membuka sehingga udara bersih masuk ke dalam dengan bantuan pompa udara. Sesaat setelah saluran hisap menutup dan saluran buang menutup maka mulai dilakukan Langkah kompresi hingga tekanan udara mencapai $700-900^0 C$ (<http://images.google.co.id>)

b) Langkah II, usaha dan pembuangan

Pada langkah ini yang terjad adalah sebelum piston mencapai TMA (Titik Mati Atas), *injector* akan mengabutkan bahan bakar ke ruang bakar dan ini sebagai pembakaran awal. Hal itu dikarenakan bahan bakar bercampur dengan udara bersih dan bertekanan tinggi maka akan terjadi proses pembakaran sempurna, akibatnya akan mendorong piston

dan piston pun bergerak dari TMA ke TMB, sesaat piston belum mencapai TMB (Titik Mati Bawah) katup buang sudah mulai membuka. Apabila saluran hisap membuka maka udara bersih akan membantu mendorong gas sisa hasil pembakaran keluar (<http://images.google.co.id>)

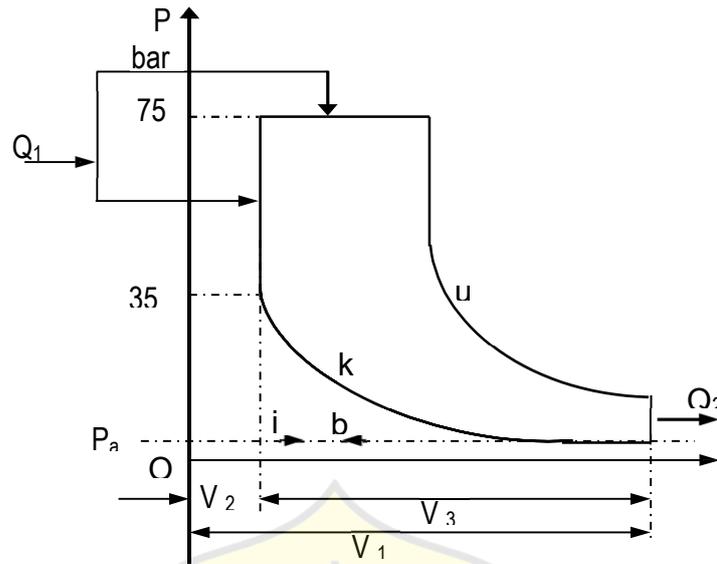


Gambar 2.2. Langkah kompresi dan hisap (<http://images.google.co.id>)

4. Diagram P-V

Siklus adalah suatu proses yang terjadi berulang – ulang secara kontinyu dan setiap proses tersebut merubah kondisi gas didalam ruang bakar. Siklus dari suatu mesin diesel terdiri dari 4 (empat) tahapan yaitu ; pengisian, kompresi, usaha dan pembuangan.

Diagram P – V menunjukkan hubungan antara volume (V) dengan tekanan (P) dalam silinder pada tiap siklus.



Gambar 2.3. Diagram P-V

V_1 = volume silinder (volume langkah + ruang bakar)

V_2 = volume ruang bakar

V_3 = volume langkah piston

P_a = tekanan udara luar

i = proses pengisian udara sewaktu langkah hisap

k = proses kompresi diperlihatkan tekanan kompresi maksimum 35 bar, dilanjutkan dengan pembakaran sampai 75 bar

Q_1 = artinya terjadi penambahan energi yang cukup besar sewaktu terjadi pembakaran pada akhir langkah kompresi dan awal langkah usaha

u = garis yang memperlihatkan proses usaha

b = (kearah kiri) adalah proses pembuangan gas asap

Q_2 = daya yang dihasilkan

Ketentuan-ketentuan yang perlu diperhatikan bahwa :

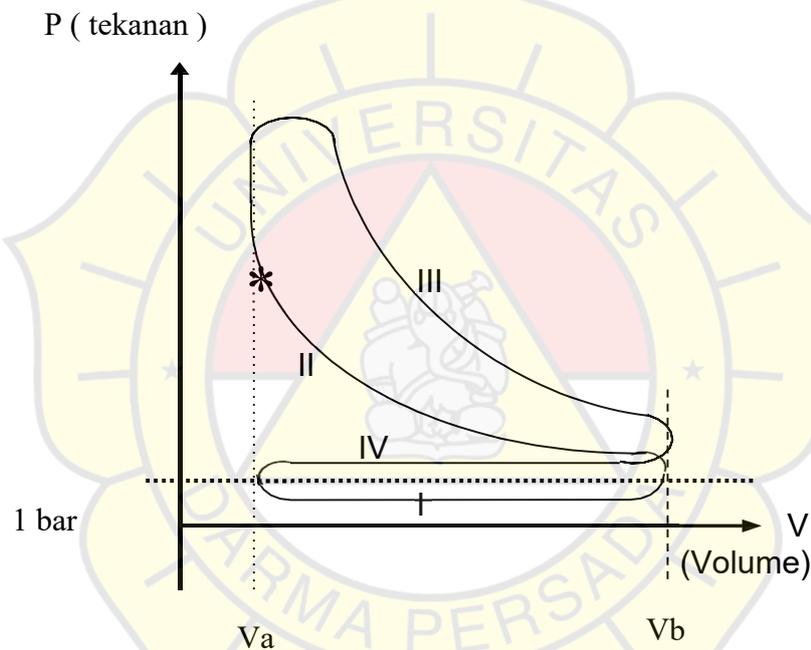
- Pada diagram ini dianggap tidak ada kerugian aliran udara pada waktu langkah pengisian maupun langkah buang.
- Dari diagram ini dapat dihitung besar tekanan indikator rata-rata yang mendorong piston yang besarnya tergantung luas indikator.
- Semakin besar luas diagram berarti semakin besar pula tekanannya dan semakin besar pula daya Indikatornya.
- Gambar diagram ini dianggap tidak ada kerugian (keadaan ideal)

5. Diagram Indikator dan PV

Untuk mengetahui bagaimana proses perubahan tekanan didalam silinder itu terjadi mari kita perhatikan uraian berikut ini:

I. Langkah hisap

Piston bergerak dari TMA ke TMB oleh perputaran poros engkol dan secara praktis katup masuk terbuka sebelum mulai langkah hisap. Volume didalam silinder akan bertambah, tekanan turun lebih kecil dari tekanan udara luar (vacuum) menyebabkan udara masuk kedalam silinder melalui katup isap.



Gambar 2.4. Diagram Indikator dan PV

II. Langkah kompresi

Piston bergerak dari TMB ke TMA, katup masuk dan katup buang akan menutup, volume silinder mengecil dan temperatur serta tekanan udara kompresi akan bertambah. Pada akhir langkah kompresi mesin diesel tekanan dalam silinder ± 30 bar dan temperatur ± 550 C. Beberapa saat sebelum akhir langkah kompresi bahan bakar diinjeksikan kedalam silinder, maka akan terjadi atomisasi bahan bakar didalam silinder karena semprotan bahan bakar yang sangat cepat.

Campuran terbentuk karena atomisasi atau uap bahan bakar dan udara panas akan dapat mengawali pembakaran. Pada waktu piston hampir mencapai TMA, campuran bahan bakar/udara didalam silinder akan terbakar dengan cepat.

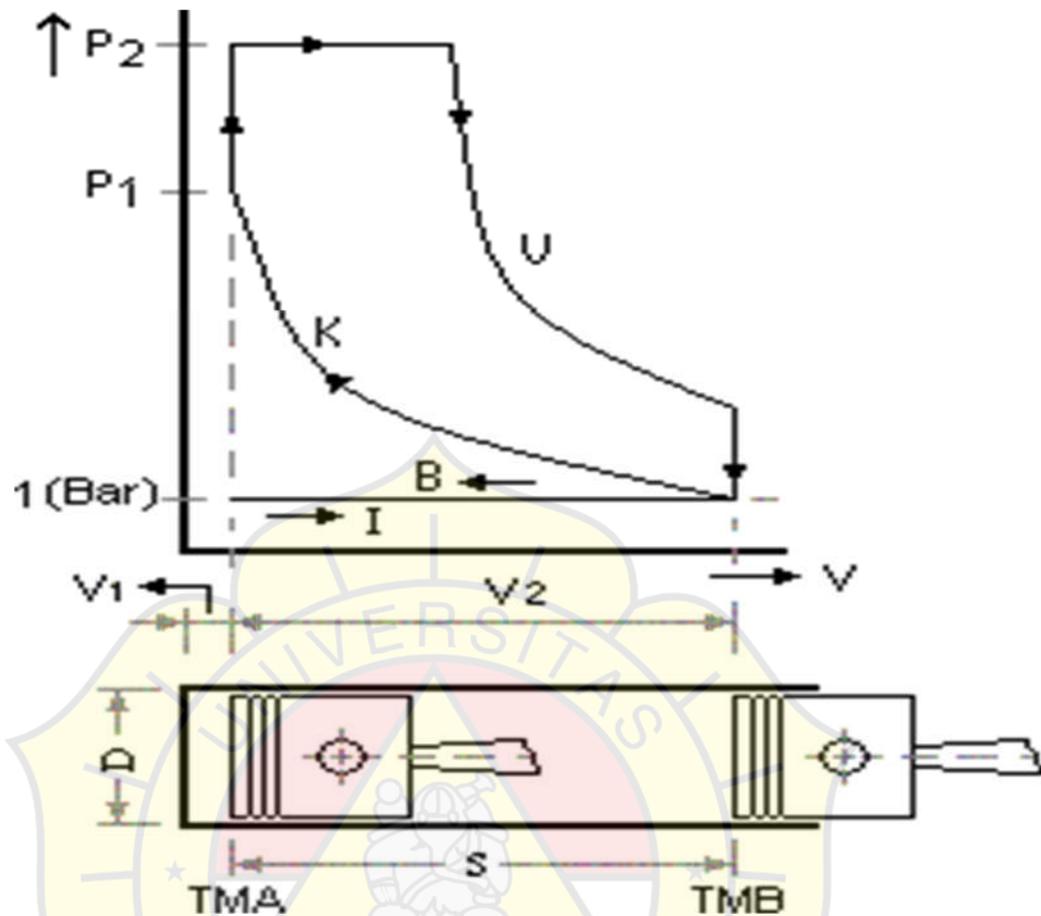
III. Langkah usaha

Pada akhir langkah kompresi dan setelah terjadi pembakaran spontan, piston untuk kedua kalinya bergerak dari TMA ke TMB (langkah usaha). Tekanan gas didalam silinder relatif tinggi sehingga piston didorong ke bawah, piston bergerak kebawah dan ruang didalam silinder bertambah, tekanan dan temperature gas akan berkurang dengan cepat. Energi panas akan diubah menjadi energi mekanik yang dapat memutar poros engkol.

IV. Langkah buang

Sebelum piston mencapai TMB, katup buang terbuka, sehingga gas pembakaran akan mengalir keluar melalui katup buang menuju saluran pembuangan selanjutnya ke udara luar. Dengan terbukanya katup buang sebelum akhir langkah usaha, maka gas bekas akan mengalir keluar, pada waktu yang bersamaan piston kembali bergerak menuju TMA. Selama langkah buang, katup buang terbuka dan sisa gas bekas akan terdorong keluar oleh desakan piston. Karena tekanan didalam silinder lebih besar dibanding udara luar, maka diperlukan energi untuk menggerakkan piston, energi tersebut disuplai oleh *Fly Wheel* atau dari silinder lainnya.

Diagram P-V Ideal

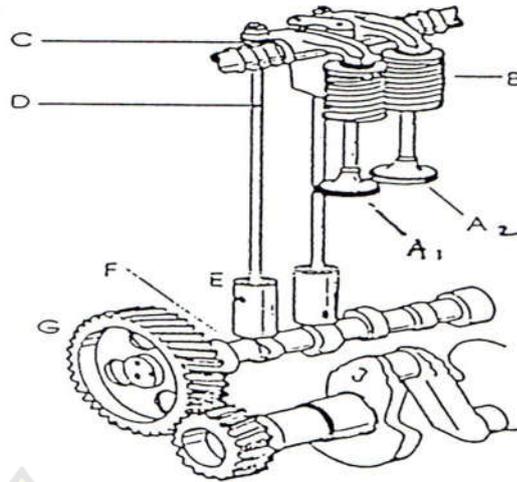


Gambar 2.5. Diagram P-V Ideal.

6. Diagram Katup

Uraian dibawah ini adalah suatu contoh dari diagram katup mesin DAF. Pemasukan udara ke dalam silinder akan menyebabkan gas buang kehilangan daya yang diperlukan, disebut rugi pemompaan. Untuk menurunkan tekanan balik (*back pressure*), maka pembukaan katup dibuat sebesar mungkin. Hal ini khususnya penting dalam kasus mesin 2 langkah karena proses buang keseluruhannya terjadi dalam bagian yang kecil dari 12 langkah piston dan pembilasan harus diselesaikan seluruhnya oleh tekanan pengisian udara segar. Oleh sebab itu, mesin diesel 2 langkah biasanya menggunakan 2 atau 4 katup buang tiap silinder.

A 1 = inlet valve
 A 2 = outlet valve
 B = spring valve
 C = rocker arm
 D = push rod
 E = valve lifter
 F = camshaft
 G = roda gigi
 J = crankshaft



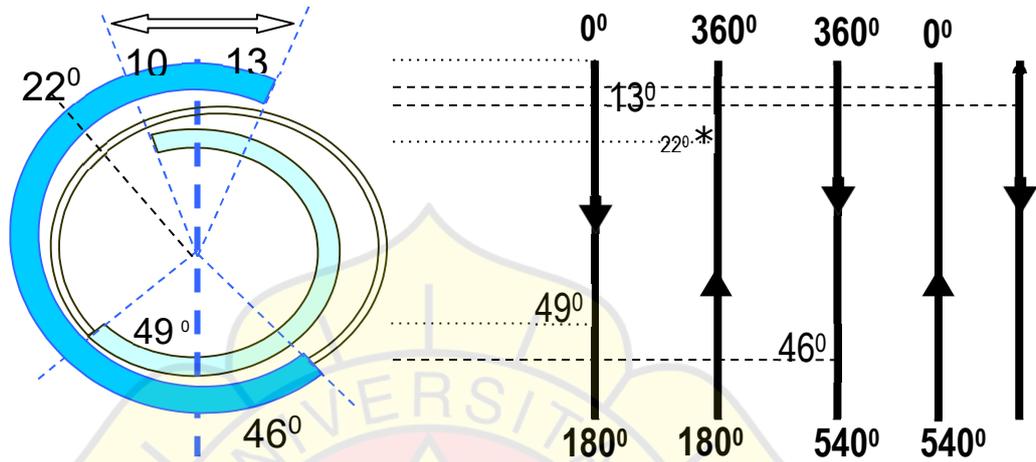
Gambar 2.6. Katup mesin.

Pada mesin 4 langkah, pembukaan katup buang tidak menjadi masalah, karena gas buang dipaksa keluar dalam gerak positif dari piston selama langkah pembuangan. Pembukaan katup isap perlu untuk diperhatikan agar tidak ada hambatan, karena hambatan terhadap aliran udara tidak hanya menaikkan rugi pemompaan tetapi juga menurunkan *density* pengisian udara

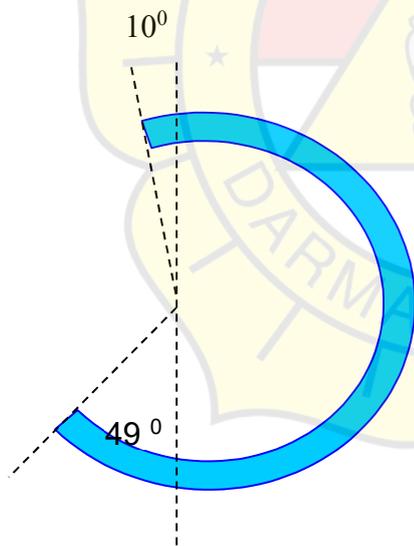
Penurunan *density* pengisian udara berarti berkurangnya berat oksigen yang tersedia tiap langkah pemasukan, akibatnya bahan bakar yang terbakar berkurang dan daya maksimum yang dapat dibangkitkan menjadi berkurang. Kondisi ini makin berat dengan meningkatnya kecepatan mesin, rugi pemompaan meningkat dengan cepat karena kecepatan yang tinggi dari aliran gas dan *density* pengisian udara juga berkurang.

Pengaturan *timing* katup sangat penting untuk memperoleh kombinasi yang baik antara daya, efisiensi, ekonomi dan umur mesin. Faktor kunci dalam mencapai tujuan tersebut adalah proses pengisian campuran bahan bakar dengan udara yang tepat kedalam silinder. Telah diketahui bahwa mesin memerlukan bahan bakar, udara, dan panas untuk keperluan pembakaran didalam silinder dan pembakaran tersebut menghasilkan gas bekas yang harus dikeluarkan dari ruang bakar. Untuk mengatur pemasukan dan pembuangan tersebut diatur oleh katup (katup isap dan katup buang) lihat

gambar. Katup bekerja membuka dan menutup aliran fluida gas. Katup masuk bekerja membuka dan menutup aliran udara yang masuk ke dalam silinder, sedangkan katup buang bekerja membuka dan menutup aliran gas bekas ke luar silinder.

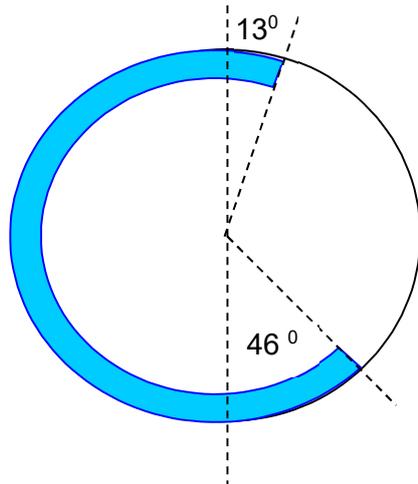


Gambar 2.7. Diagram katup mesin diesel 4 Langkah.



Gambar 2.8. Diagram katup isap.

Gambar diatas menunjukkan diagram katup isap dengan besaran derajat yang ditunjukkan. Dalam hal ini, katup isap membuka pada posisi poros engkol 10° sebelum piston mencapai TMA dan akan menutup pada posisi poros engkol 49° setelah piston melewati TMB. Jadi total waktu katup isap terbuka adalah $10^{\circ} + 180^{\circ} + 49^{\circ} = 239^{\circ}$



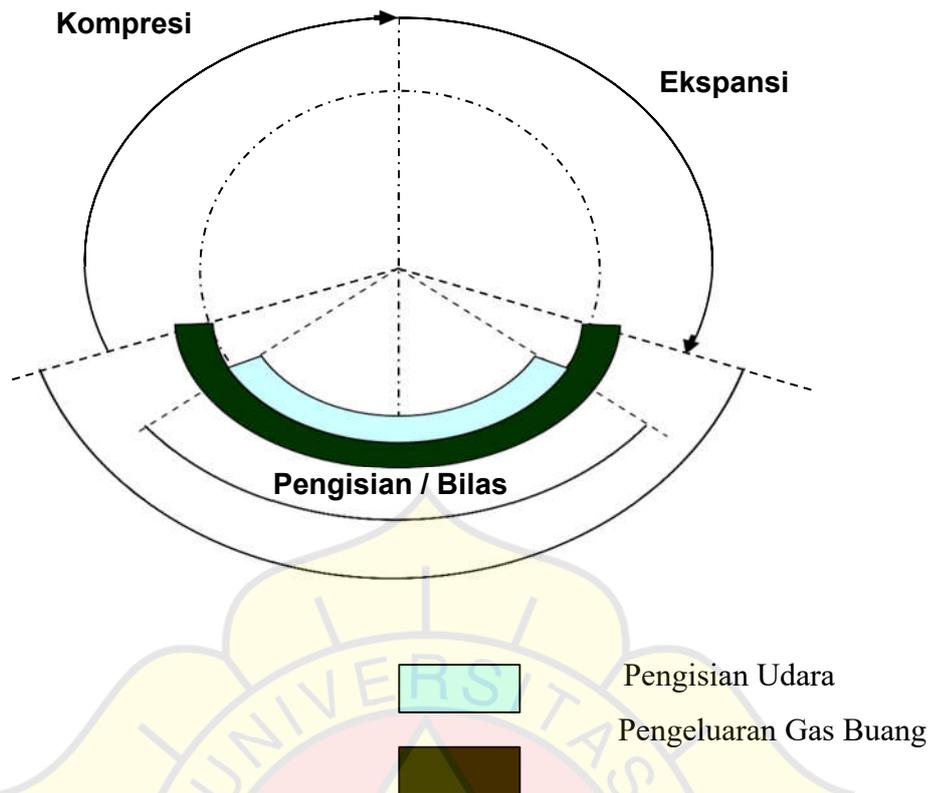
Gambar 2.9. Diagram katup buang.

Gambar diatas menunjukkan diagram Katup buang dengan besaran derajat, dimana katup buang menutup pada 46° sebelum TMB dan katup buang menutup pada 13° setelah TMA. Jadi total katup buang terbuka adalah $13^{\circ} + 180^{\circ} + 46^{\circ} = 239^{\circ}$

Jika diagram katup isap digabung dengan diagram katup buang menjadi satu diagram disebut diagram katup. Karena *timing* katup mesin satu dan lainnya bisa berbeda, maka akan berbeda pula diagram katupnya. Hal ini sesuai dengan perencanaan dari tiap tipe dan jenis mesinnya.

Diagram katup mesin 2 langkah :

Pada mesin 2 langkah, piston berfungsi pula sebagai katup (katup buang dan katup isap). Namun, pada kenyataannya untuk mesin diesel 2 langkah sekarang ini dilengkapi dengan katup buang, sehingga piston hanya berfungsi sebagai katup isap. Umumnya pembukaan katup buang ini lebih lama dibandingkan pembukaan katup isap, hal ini dimaksudkan agar sisa gas akan lebih leluasa untuk keluar. Sehingga pada mesin 2 langkah sepanjang pembukaan katup isap, katup buang juga membuka, keadaan ini disebut “Saat Pembilasan“. Secara lengkap keadaan ini dapat dilihat pada diagram katup mesin 2 langkah pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.10. Diagram katup mesin 2 Langkah.

7. Pembakaran

Faktor yang menentukan kualitas pembakaran :

- Kadar oksigen
- Tekanan udara yang dikompresi
- Suhu / panas udara yang dikompresi
- Timing* pembakaran
- Tekanan pengkabutan bahan bakar pada *injector*
- Kualitas bahan bakar
- Jumlah (volume) bahan bakar yang diinjeksikan

Telah kita ketahui bahwa hasil dari pembakaran mesin diesel ditentukan oleh bahan bakar (HSD), oksigen, dan kompresi yang tinggi. Namun suatu hal yang tidak kalah pentingnya adalah saat yang tepat menyemprotkan bahan bakar tadi, ini yang kita sebut dengan saat penyemprotan (*Injection timing*). Bila saat penyemprotan tak tepat maka tidak mungkin kita bisa mendapatkan daya optimal sebaliknya.

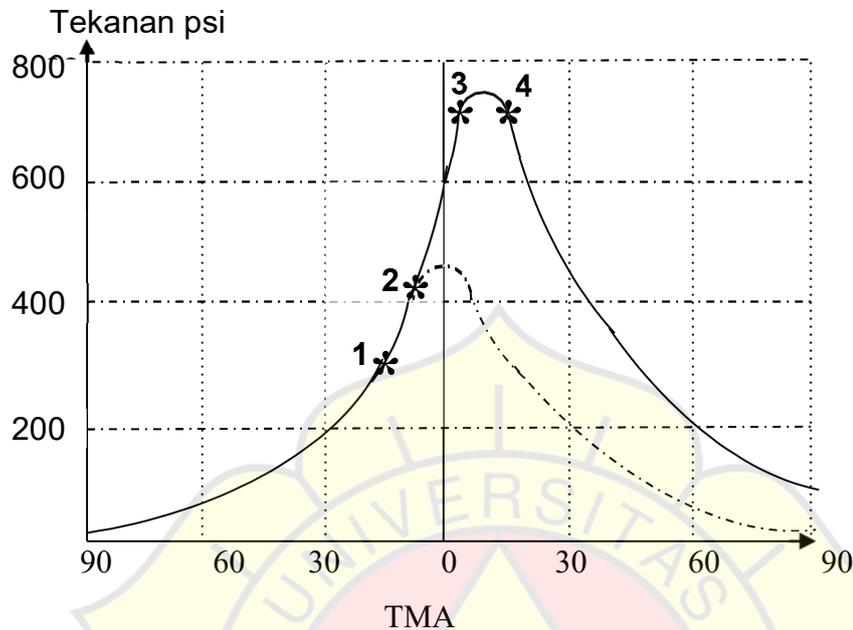
Apabila saat penyemprotan disetel tepat berarti mesin diesel tersebut akan mencapai daya yang optimal, tercapai efisiensi bahan bakar, kondisi mesin normal dan awet sehingga akan memperpanjang umur mesin dan menekan biaya pemeliharaan. Waktu pemeliharaan bisa terencana sesuai dengan jadwal pemeliharaan dan juga akan mencapai keandalan pada mesin pembangkit, pelayanan pada konsumen PLN akan meningkat karena listrik tidak sering padam, lossespun akan bisa terkendali. Kerugian – kerugian yang diakibatkan sering padamnya listrik akan dapat dikurangi apabila *timing injection pump* normal.

Kapan sebaiknya penyemprotan bahan bakar itu dilakukan dengan tepat. Mesin diesel mempunyai beberapa tipe dan kapasitas sesuai dengan disain pabrik pembuat. Jadi mengenai penyemprotan bahan bakar itu diatur sesuai dengan derajat poros engkol. Masing-masing tipe mesin diesel berbeda berdasarkan pabrik pembuat dan disesuaikan dengan kapasitas masing-masing mesin berdasarkan urutan pengapiannya (*Firing order*)

Penyemprotan bahan bakar dapat dilakukan pada saat tekanan kompresi, katup masuk dan katup buang pada posisi tertutup, ruang bakar mencapai temperatur nyala, volume didalam silinder menurun, tekanan dan temperatur udara naik. Pada akhir langkah kompresi pada mesin diesel tekanan udara didalam silinder mencapai ± 30 bar dan temperatur mencapai ± 5500 C. Selama langkah kompresi piston bertugas menahan udara didalam silinder (ruang bakar) dan pada roda gila dapat terlihat berapa derajat poros engkol terbaca misalnya 220 sebelum mencapai titik mati atas (TMA) untuk mesin diesel pompa injeksi bahan bakar akan bekerja menekan bahan bakar ke dalam silinder dan terus akan mencapai kenaikan temperatur titik nyala.

Dan poros engkol terus berputar selama penyemprotan berlangsung. Selama penyemprotan tekanan maximum didalam silinder naik ± 75 bar dan temperature pembakaran bisa meningkat mencapai 15000 C atau lebih. Pemahaman yang lebih baik tentang apa yang terjadi dalam silinder mesin

diesel selama periode pembakaran dapat diperoleh dengan cara penyajian secara grafik seperti pada gambar.



Gambar 2.11. Grafik Tekanan dan TMA.

Perubahan tekanan ditunjukkan pada garis ordinat dan waktu ditunjukkan sebagai aksisnya. Gambar diatas menunjukkan perubahan tekanan selama 180⁰ yaitu dari 90⁰ sebelum TMA sampai 90⁰ sesudah TMA. Kurva titik-titik yang simetris pada sisi kanan menunjukkan ekspansi pengisian udara tanpa adanya bahan bakar. Setelah bahan bakar diinjeksikan dan terjadi pembakaran, maka prosesnya akan terjadi 4 periode yang terpisah.

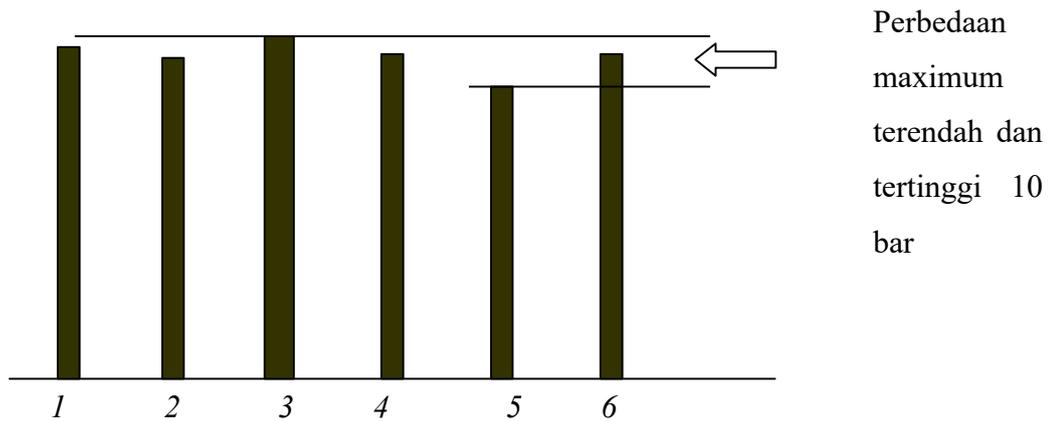
Periode pertama : Dimulai dari titik 1 sampai titik 2 yaitu bahan bakar mulai disemprotkan. Periode ini disebut periode persiapan pembakaran atau periode kelambatan (*delay period*). Periode keterlambatan penyalaan ini juga tergantung dari beberapa faktor antara lain pada mutu penyalaan bahan bakar dan beberapa kondisi misalnya, kecepatan mesin dan perbandingan kompresi.

Periode kedua : Yaitu antara 2 dan 3. Pada titik 2, bahan bakar mulai terbakar dengan cepat sehingga tekanan naik dengan cepat pula dan sementara piston juga masih bergerak menuju TMA. Selain itu bahan bakar yang terbakar juga makin banyak, sehingga walaupun piston mulai bergerak menuju TMB tapi tekanan masih naik sampai titik 3. Periode ini disebut periode cepat.

Periode ketiga : Dinamai periode pembakaran terkendali, yaitu antara 3 dan 4 pada periode ini meskipun bahan bakar lebih cepat terbakar, namun jumlah bahan bakar sudah tidak banyak lagi dan proses pembakaran langsung pada volume ruang bakar yang bertambah besar.

Periode keempat : Yaitu periode dimana pembakaran masih berlangsung, karena adanya sisa bahan bakar yang belum terbakar dari periode sebelumnya walaupun sudah tidak ada pemasukan bahan bakar.

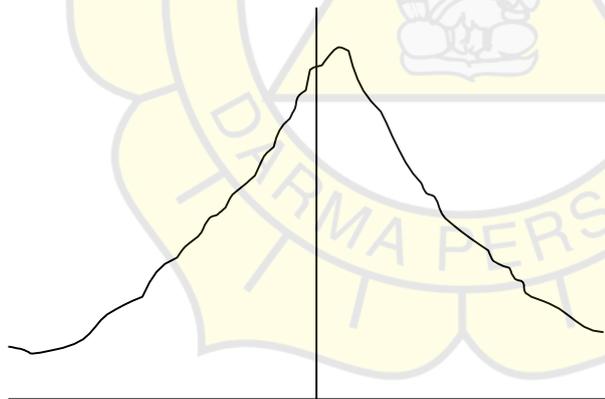
Perlu diingat bahwa tekanan rendah tidak hanya pengaruh dari *timing injection pump* saja, tapi ada penyebab lain yang lebih dominan. Agar dapat dicapai hasil daya optimal, suatu mesin diesel yang terdiri dari beberapa silinder diperlukan kinerja optimal setiap silindernya. Bila tidak seimbang atau terdapat satu / dua silinder tidak baik maka akan membebani silinder yang lainnya. Kondisi aktual dari pembakaran pada setiap silindernya harus dipantau secara periodik dengan tujuan agar diperoleh kinerja mesin sampai optimal. Hal ini dapat dilakukan dengan *combustion press gauge* atau peralatan yang lebih canggih lainnya.



Gambar 2.12. Perbedaan *combustion pressure*.

Pada kenyataan dilapangan, hasil *timing injection* tidak selalu tepat sesuai dengan manual / *instruction book* pabrik pembuat mesin. Ada 3 macam kondisi *timing injection* :

1. *Injection timing normal (firing point correct)*
2. *Injection timing cepat (firing point too early)*
3. *Injection timing lambat (firing point too late)*



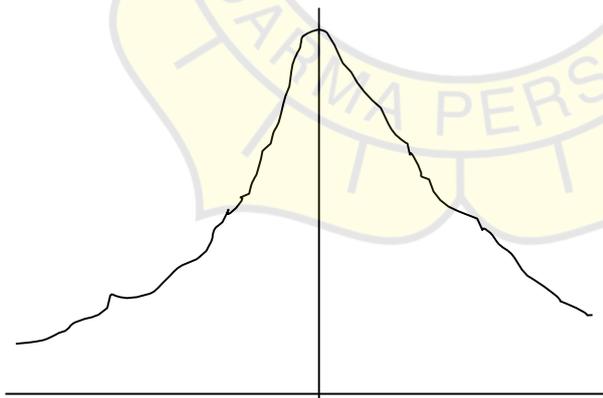
Gambar 2.13. *Injection timing normal*

Timing normal adalah langkah penyemprotan bahan bakar mulai 22° sebelum TMA dilihat pada roda gila dan diukur dengan menggunakan alat pengukur tekanan pembakaran. *Timing normal* mempunyai pengaruh terhadap SPD sebagai berikut :

- Pengaruh terhadap mesin akan mengakibatkan umur mesin bertambah panjang, daya besar dan tahan lama getaran mesin berkurang, suara mesin terasa halus, suhu normal.

- Pengaruh terhadap bahan bakar akan mencapai efisiensi yang tinggi
- Pengaruh terhadap pendinginan temperature konstan dan penghematan pemakaian *air jacket* termasuk bahan bakar kimia untuk campuran. Material tidak cepat rusak
- Pengaruh terhadap pelumas temperature normal, sehingga dapat mempertahankan viscositas yang baik dan kualitas dari *oil* yang berakibat material tidak cepat rusak
- Pengaruh terhadap daya mesin adalah daya mampu mesin akan bertahan baik dan normal karena temperatur dan tekanan pada sistem akan selalu normal dan stabil
- Pengaruh terhadap pemeliharaan mesin diesel dapat menghemat biaya pemeliharaan karena mesin jarang mengalami gangguan yang berarti sehingga jadwal pemeliharaan rutin dapat dipenuhi
- Pengaruh terhadap keandalan mesin dalam memproduksi Kwh secara terus menerus
- Pengaruh terhadap tenaga manusia otomatis akan menghemat upah tenaga kerja karena waktu yang dijadualkan akan sesuai dengan realisasi

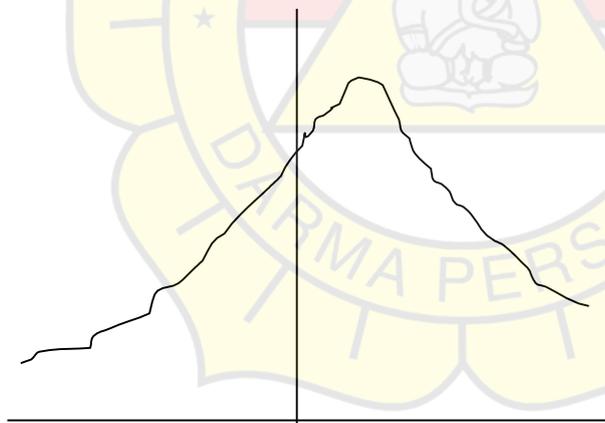
Injection timing cepat



Gambar 2.14. *Injection timing* cepat

Yang dimaksud *timing* cepat adalah proses penyalaan pembakaran diruang bakar lebih besar dari 220 sebelum TMA sehingga mengakibatkan pembakaran lebih cepat dari waktu yang ditentukan. Pengaruh *timing* cepat terhadap SPD :

- Pengaruh terhadap unjuk kerja mesin daya lebih besar, getaran mesin bertambah besar, suara mesin terasa agak keras, dan suhu operasi mesin masih batas normal
- Pengaruh terhadap bahan bakar masih dalam batas normal
- Pengaruh terhadap pendinginan masih dalam batas normal dan pemakaian air pendingin beserta bahan kimia masih hemat
- Pengaruh terhadap pelumasan masih normal baik tekanan maupun viscositasnya yang berakibat pemakaian spare part hemat
- Pengaruh terhadap pemeliharaan mesin diesel dapat menghemat biaya pemeliharaan karena mesin jarang terjadi gangguan yang berarti sehingga jadwal pemeliharaan rutin dapat terpenuhi
- Pengaruh terhadap keandalan mesin dalam memproduksi Kwh dapat berjalan 22ancer dan terus menerus
- Pengaruh terhadap tenaga manusia secara otomatis menghemat biaya tenaga kerja karena penghematan waktu pemeliharaan.



Gambar 2.15. *Injection timing* lambat

Yang dimaksud *timing* lambat adalah proses penyalaan pembakaran diruang bakar lebih kecil dari 220 sebelum TMA. Pengaruh *timing* pembakaran lambat terhadap SPD :

- Pengaruh terhadap unjuk kerja mesin diesel daya mesin menurun, getaran halus, suhu operasi mesin tidak normal
- Pengaruh terhadap bahan bakar akan menjadi boros dan tidak normal

- Pengaruh terhadap pendinginan, temperatur tinggi, sehingga pemakaian air dan bahan kimia akan meningkat
- Pengaruh terhadap pelumas kurang normal karena temperatur bertambah panas sehingga akan berpengaruh tekanan rendah, viscositas menurun sehingga keandalan mesin berkurang
- Pengaruh terhadap pemeliharaan mesin diesel dapat berpengaruh pada biaya pemeliharaan meningkat, kemungkinan ruang bakar akan lebih cepat kotor karena kerak
- Pengaruh terhadap keandalan mesin dalam memproduksi Kwh nya akan terganggu karena daya mesin menurun
- Pengaruh terhadap tenaga manusia akan sedikit boros karena perlu pemeliharaan meningkat

8. Neraca Panas

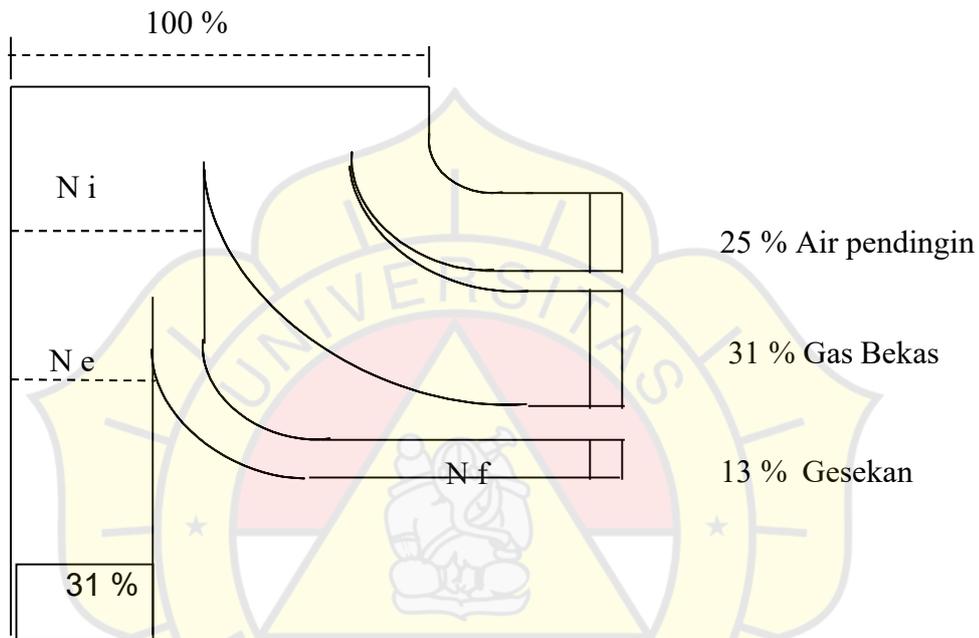
Panas dari hasil pembakaran bahan bakar didalam silinder hanya sebagian saja yang diolah menjadi kerja efektif (kerja pada proses engkol). Bagian terbesar justru merupakan panas terbuang dan yang terakhir ini merupakan kerugian yang tidak mungkin dihilangkan sama sekali.

Kerugian panas tersebut meliputi kerugian-kerugian panas yang terbawa gas buang, lewat air pendingin dan kerugian panas akibat gesekan. Panas hasil pembakaran diruang bakar disatu sisi dan panas berguna ditambah kerugian-kerugian disisi yang lain, merupakan suatu neraca keseimbangan. Tenaga yang dihasilkan oleh sebuah motor diesel adalah dari gas pembakaran dikurangi oleh kerugian -kerugian panas maupun kerugian-kerugian mekanis.

Kerugian mekanis yaitu kerugian yang disebabkan karena gesekan-gesekan bermacam-macam bagian elemen motor yang saling bersinggungan antara lain :

- Gesekan antara cincin (*ring*) dengan dinding silinder
- Gesekan antara poros dan bantalan-bantalan

- Kerugian mekanik karena tenaga hilang untuk menggerakkan alat-alat seperti katup pompa bahan bakar, pompa-pompa pendingin, *blower*, *injector* dan lain sebagainya.
- Kerugian juga karena sebagian panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar hilang terbawa oleh gas buang air pendingin, minyak pelumas dan lain-lain.



Gambar 2.16. Daya Usaha yang Berguna.

N_f = tenaga yang terjadi karena gesekan

N_i = tenaga yang dipakai untuk mendesak torak / piston

N_e = tenaga yang terdapat pada poros

9. Unjuk Kerja Mesin Diesel

Performa pada motor diesel antara lain daya dan torsi dipengaruhi oleh besarnya jumlah kalor hasil pembakaran, yaitu nilai kalor dari hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara kompresi. Bahan bakar yang mempunyai nilai kalor yang rendah memerlukan jumlah bahan bakar yang lebih banyak untuk menghasilkan tenaga sebesar satu daya kuda

dibandingkan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang tinggi. Artinya, semakin rendah nilai kalor bahan bakar semakin tinggi tingkat konsumsi bahan bakarnya dibandingkan dengan bahan bakar yang nilai kalornya lebih tinggi.

Pemakaian bahan bakar menunjukkan jumlah bahan bakar yang dipakai di dalam liter/kilogram (kg). Pemakaian bahan bakar erat hubungannya dengan efisiensi kendaraan. Tingkat konsumsi sebuah mesin terhadap bahan bakar sering menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam pemilihan pemakaian sebuah mesin. Usaha yang dilakukan para ahli saat ini adalah mendapatkan mesin dengan konsumsi bahan bakar yang rendah (irit / hemat) dengan menghasilkan tenaga yang maksimal.

Pemakaian bahan bakar dapat diukur dengan menghitung banyaknya bahan bakar yang digunakan dalam operasi sebuah mesin dalam satuan waktu tertentu. Hal tersebut dapat dituliskan bahwa pemakaian bahan bakar (M_f) dinyatakan dengan mengalikan laju aliran bahan bakar terhadap waktu (Q) dengan massa jenis bahan bakar (ρ_{fuel}), maka dapat ditulis dengan dalam persamaan berikut:

$$P_k = Q \cdot \rho \cdot N_{BB} \quad P_m = \eta_m \cdot P_k$$

Dimana:

P_k = daya kimia bahan bakar, HP

P_m = daya mekanis motor, HP

Q = debit bahan bakar minyak. liter/jam

ρ = densitas bahan bakar minyak, kg/liter

N_{bb} = nilai kalori bahan bakar minyak, kalori/liter

η_m = efisiensi thermal motor bakar

Yang mana efisiensi thermal menyatakan perbandingan antara daya yang dihasilkan terhadap jumlah energi bahan bakar yang diperlukan untuk

jangka waktu tertentu. Dan *indicated power* adalah kemampuan tenaga kerja di dalam silinder yaitu tenaga yang menekan piston.

a. Motor 4 tak

$$I_p = \frac{P_i \cdot (\pi/4 \cdot D^2) \cdot S \cdot N \cdot n}{2}$$

b. Motor 2 tak

$$I_p = P_i \cdot (\pi/4) \cdot D^2 \cdot S \cdot N \cdot n$$

c. Torsi atau usaha

$$T, W = P_i \cdot A \cdot S$$

Dimana :

I_p = tenaga indikator yang diberikan pada piston, Watt , Nm/s , J/s

P_i = tekanan efektif di dalam silinder, N/m²

T, W = torsi atau usaha per silinder, Nm , Joule

D = diameter piston, m

S = jarak langkah piston, m

N = banyaknya putaran poros engkol per detik

n = banyaknya silinder

B. Bahan Bakar Solar (HSD)

Bahan bakar motor diesel pada umumnya menggunakan solar dengan rumus kimia C₁₂H₂₆ hingga C₁₆H₃₄ (Arismunandar, 1988: 98), mengatakan bahwa solar berasal dari minyak yang didapat dari penyulingan minyak bumi, *crude oil*. Solar adalah bahan bakar jenis distilat yang digunakan untuk mesin *Compression Ignition* (Pertamina.

1998: 5). Dilihat dari sifat-sifatnya, bahan bakar diesel dapat dibagi dalam tiga kelompok, yaitu sifat fisik (*physical propertis*), sifat kimia (*chemical properties*), dan sifat termal (*thermal properties*) (Martias, 2012).

Sifat fisik dari bahan bakar terdiri dari viskositas, densitas, titik beku, temperatur didih, dan indeks relatif. Sifat kimia meliputi kandungan sulfur, kandungan abu, residu oksida, dan kemampuan nyala (*ignitalibiy*). Sedangkan sifat thermal bahan bakar terdiri dari atas kandungan panas spesifik, konduktivitas panas, dan suhu distilasi (Martias, 2012).

Mesin diesel menggunakan bahan bakar yang harus bisa terbakar dengan sendirinya ketika diinjeksikan ke dalam udara bertekanan tinggi. Makin rendah *Self Ignition Temperatur* (titik nyala sendiri) dari bahan bakar, akan menghasilkan peningkatan kinerja pembakaran bahan bakar dan berarti meningkatkan kinerja mesin. Untuk mengukur kemampuan bahan bakar menyala dengan sendirinya digunakan angka *Cetane Number* (angka cetane). Rata-rata mesin diesel membutuhkan bahan bakar dengan angka cetane antara 40 hingga 45 (TTA. Th : 6). Bahan bakar solar memiliki berat jenis 0,82 - 0,87 gr/cm³ dan angka cetane 45 (Pertamina. 1998: 34).

1) Definisi Solar

Solar adalah hasil penyulingan minyak bumi *crude oil* yang dipanaskan sekitar 350°C akan menjadi campuran uap dari cairan. Kemudian dialirkan ke suatu tabung silinder yang mempunyai sekat – sekat. Pada tabung ini akan terjadi pemisahan antara gas, bensin, minyak tanah, solar, residu dan *heavy oil* pada sekat-sekatnya. Solar dikeluarkan pada temperatur 200-300°C (Engine Step 2, 1984).

Bahan bakar solar tersusun atas ratusan rantai hidrokarbon yang berbeda, yaitu pada rentang 12 sampai 18 rantai karbon. Hidrokarbon yang terdapat dalam minyak solar meliputi paraffin, naftalena, olefin

dan aromatic (mengandung 24% aromatic berupa benzene, toluene, xilena, dan lain-lain), dimana temperatur penyalanya akan menjadi lebih tinggi dengan adanya hidrokarbon volatile yang lebih banyak (<http://repository.usu.ac.id>)

2 Karakteristik Solar

Tabel 2.1. Karakteristik solar

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji (ASTM)
			Max	Min	
1	Angka Setana	-	45	-	D-613
2	Indeks Setana	-	48	-	D4737
3	Berat Jenis pada 15 °C	Kg/m ³	815	870	D-1298 / D-4737
4	Viskositas pada 40 °C	Mm ² /sec	2.0	5.0	D-445
5	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.35	D-1552
6	Distilasi : T95	°C	-	370	D-86
7	Titik Nyala	°C	60	-	D-93
8	Titik Tuang	°C	-	18	D-97
9	Karbon Residu	merit	-	Kelas I	D-4530
10	Kandungan Air	Mg/kg	-	500	D-1744
11	Biological Growth	-	Nihil		
12	Kandungan FAME	% v/v	-	10	
13	Kandungan Metanol & Etanol	% v/v	Tak Terdeteksi		D-4815
14	Korosi bilah tembaga	Merit	-	Kelas I	D-130
15	Kandungan Abu	% m/m	-	0.01	D-482
16	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0.01	D-473
17	Bilangan Asam Kuat	mgKOH/gr	-	0	D-664
18	Bilangan Asam Total	mgKOH/gr	-	0.6	D-664
19	Partikulat	Mg/l	-	-	D-2276
20	Penampilan Visual	-	Jernih dan terang		-
21	Warna	No.ASTM	-	3.0	D-1500

Sumber: <http://www.scribd.com>

3 Syarat-syarat Solar

a) Sifat nyala yang baik (*Flash point*)

Yang dimaksud dengan sifat nyala yang baik adalah sifat yang mudah menyala pada saat kompresi tinggi dari mesin diesel. Dengan temperatur yang tinggi ini, bahan bakar yang disemprotkan akan

lebih mudah terbakar. Karena dengan bahan bakar solar yang baik titik nyalanya, maka mesin akan lebih mudah dihidupkan dan jalannya mesin lebih halus karena diesel knocknya lebih kecil (Engine Step 2,1984).

b) Viskositas yang tepat

Viskositas dari solar bukan hanya mempengaruhi kemampuan mesin saja tetapi juga akan mempengaruhi *injection pump*. Bila viskositas terlalu tinggi, mengalirkan solar terlalu lambat, beban dari *injection pump* menjadi lebih besar sehingga lebih sukar untuk terbakar. Kemudian bila angka ini terlalu kecil sifat lumasnya menjadi buruk yang mengakibatkan pelumasan pada *injection pump* menjadi kecil sekali, dapat menimbulkan panas yang berlebihan pada *injection pump*. Kemudian apabila viskositas terlalu kecil apabila disemprotkan ke dalam silinder, butiran uapnya akan menjadi terlalu kecil sehingga jarak terbang dari udara yang ditekan menjadi lebih pendek, jadi tenaga tekannya menjadi lebih kecil sehingga campuran dengan udara menjadi jelek sehingga menyebabkan pembakaran tidak sempurna (Engine Step 2,1984).

c) Penguapan

Titik penguapan yang tinggi dengan sisa karbon yang sekecil mungkin. Bila bagian yang menguap sedikit, meskipun tidak berpengaruh terhadap mesin akan menyebabkan gas buang menjadi bau dan hitam. Apabila sisa karbon sesudah pembakaran terlalu banyak diruang bakar maka akan menutup lubang *injection nozzle* (Engine Step 2,1984).

d) Mengandung sulfur yang rendah

Sulfur dari bahan bakar solar akan menambah deposit pada silinder dan torak yang mempercepat rusaknya silinder dan pegas torak. Persentase sulfur ini pada hakikatnya bila dibawa 1% tidak

menyebabkan kerusakan pada mesin, biasanya solar yang dijual di pasaran mengandung 0,8-0,9% sulfur (Engine Step 2,1984).

4 Unsur-unsur Solar

Sebagai bahan bakar diesel maka solar mempunyai komposisi yang terdiri dari dua elemen pokok yaitu normal cetane ($C_{16}H_{34}$) dan methyl naptalane ($C_{10}H_7CH_3$). Selain dari itu solar mengandung unsur-unsur sama dengan bahan bakar bensin tetapi dalam solar elemen sulfur lebih tinggi dari bensin dengan kadar lebih dari 1% (Engine Step 2 ,1984).

Adapun komposisi solar terdiri dari: normal cetane ($C_{16}H_{34}$), α -methylnaphthalene ($C_{16}H_{7}CH_3$), sulfur (belerang) 1% lebih besar daripada bensin, dan unsur dasar lain sama dengan bensin. Dengan sifat utamanya:

- a) Tidak berwarna atau benwarna kuning muda dan berbau
- b) Tidak mudah menguap pada temperatur normal
- c) Minimum mulai terbakar jika dekiut api pada temperatur 40-1000°C
- d) Titik nyala sendiri (*flashpoint*) pada temperatur 3500°C
- e) Berat jenis kira-kira 0,82-0,86
- f) Tenaga panas/kalori pada setiap kilogramnya sebesar 10.500 Kcal (10.500 Kcal/kg)

Untuk mencapai hasil pembakaran yang maksimal pada motor diesel, solar harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a) Titik nyala (*wash point*) yang baik. Sifat nyala solar sangat mempengaruhi kinerja mesin diesel, *solar hams* terbakar habis pada waktu kompresi sehingga dapat mencegah terjadi detonasi.
- b) Viskositas yang tepat. Viskositas solar sangat mempengaruhi kerja mesin dan pompa injeksi. Viskositas yang sangat tinggi menyebabkan kerja pompa injeksi menjadi berat dan bahan bakar akan sukar terbakar. Viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan sifat

lumas solar juga rendah sehingga mengakibatkan pompa injeksi cepat rusak.

- c) penguapan yang tepat, yaitu titik penguapan yang tinggi dengan sisa karbon yang kecil. Bila bagian yang menguap sedikit, meskipun tidak berpengaruh pada mesin akan meyebabkan gas buang menjadi bau dan hitarn. Apabila sisa karbon sesudah pembakaran terlalu banyak diruang bakar, di sekeliling lubang injektor deposit dapat menyebabkan tersumbatnya nozel.
- d) Mengandung sulfur yang rendah. Sulhr pada solar dapat menambah deposit pada silinder dan torak yang dapat mempercepat rusaknya silinder dan pegas torak akibat proses pengkorosian. persentase sulfur normal 0.8%-1%.
- e) Angka cetane yang tepat, berkisar antara 40-55, angka cetane menentukan titik bakar dari bahan bakar, dan juga berpengaruh terhadap kandungan NOx yang terbentuk dari gas buang motor diesel. Bahan bakar dengan cetane rendah akan mengakibatkan motor diesel akan sukar hidup. Dengan waktu pembakaran tunda yang panjang menyebabkan terjadinya detonasi.
- f) Kemampuan lumas (*diesel oil*). Kemampuan lumas bahan bakar diesel diperlukan untuk melumasi pompa injeksi. Sifat lumas solar menyebabkannya lebih berat, lebih sulit menguap, dan titik didih yang lebih tinggi.

5 Angka Cetane

Pada motor bensin dikenal dengan istilah *octane number*, namun pada bahan bakar diesel digunakan istilah *cetane number*. *Cetane number* atau angka cetane adalah sebuah angka yang menentukan titik bakar dari bahan bakar. Angka cetane adalah angka yang menyatakan kualitas pembakaran dari bahan bakar mesin diesel, yang diperlukan untuk

mencegah terjadinya "diesel knock" atau suara puhulan di dalam ruang bakar mesin diesel (Pertamina. 1998: 13). Untuk mesin diesel yang bekerja dengan putaran tinggi diperlukan bahan bakar minyak dengan angka cetane yang tinggi, sebaliknya untuk mesin diesel yang bekerja pada putaran rendah cukup diperlukan bahan bakar minyak dengan angka cetane rendah.

Angka cetane diperlukan sebagai batasan pemakaian bahan bakar terhadap mesin. Apabila angka cetane yang dipergunakan tidak sesuai dengan rancangan mesin, timbul masalah sebagai berikut :

- a) Jika terlalu tinggi, timbul efek panas yang berlebihan terhadap mesin sehingga komponen mesin cepat rusak.
- b) Jika terlalu rendah, mengakibatkan timbulnya gejala ngelitik / *knocking*, sehingga opasitas gas buang akan berlebihan karena pembakaran mesin tidak terjadi dengan sempurna. Asap gas buangan mesin menjadi hitam pekat.

C. Bahan Bakar Biodiesel

Gagasan awal dari perkembangan biodiesel adalah dari suatu kenyataan yang terjadi di Amerika pada pertengahan tahun 80-an ketika petani kedelai kebingungan memasarkan kelebihan produk kedelainya serta anjloknya harga di pasar. Dengan bantuan pengetahuan yang berkembang saat itu serta dukungan pemerintah setempat, mereka/petani mampu membuat bahan bakar sendiri dari kandungan minyak kedelai menjadi bahan bakar diesel yang lebih dikenal dengan biodiesel. Produk biodiesel dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk alat-alat pertanian dan transportasi mereka.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, para ahli telah menyimpulkan bahwa bahan bakar biodiesel memiliki sifat fisika dan kimia yang hampir sama dengan bahan bakar diesel konvensional dan juga memiliki nilai energi yang hampir setara tanpa melakukan modifikasi pada mesin diesel. Penggunaan biodiesel di Eropa dilakukan dengan mencampur bahan bakar

biodiesel dengan diesel konvensional dengan perbandingan tertentu yang lebih dikarenakan menjaga faktor teknis pada mesin terhadap produk baru serta menjaga kualitas bilangan setana biodiesel yang harus sama atau lebih besar 40.

Keunggulan lain dari bahan bakar ini adalah dalam melakukan kendali control polusi, dimana biodiesel lebih mudah dari pada bahan bakar diesel fosil karena tidak mengandung sulfur bebas dan memiliki gas buangan dengan kadar pengotor yang rendah dan dapat didegradasi. Di sisi lain, secara ekonomi menguntungkan bagi negara barat dan Eropa karena sumbernya tidak perlu di impor seperti bahan bakar konvensional. Sumber minyak nabati lainnya yang diolah menjadi biodiesel yaitu dari *rapeseed* (canola), bunga matahari dan *safflower*.

1 Defenisi Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati sehingga ramah lingkungan dan tidak beracun. Biodiesel dapat diaplikasikan baik jumlah 100% (B100) atau campuran dengan minyak solar pada tingkat konsentrasi tertentu (Bxx), seperti 10% biodiesel dicampur dengan 90% solar yang dikenal dengan nama B10 (Soni S. Wirawan, dkk. 2008).

Bahan bakar nabati (*Biofuel*) Jenis biodiesel sebagai campuran bahan bakar minyak jenis minyak solar dan wajib memenuhi standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak Jenis minyak solar sebagaimana dimaksud dalam Keputusan Direktur Jenderal Migas Nomor 3675 K/DJM/2008 tanggal 17 Maret 2006 tentang Standar dan Mutu (spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri (<http://www.indobiofuel.com>).

Tabel 2.2. Standart dan mutu biodiesel.

KEPUTUSAN DIREKTUR JENDERAL ENERGI BARU, TERBARUKAN
DAN KONSERVASI ENERGI

NOMOR : 189 K/10/DJE/2019

TANGGAL : 5 November 2019

STANDAR DAN MUTU (SPESIFIKASI) BAHAN BAKAR NABATI (BIOFUEL)
JENIS BIODIESEL SEBAGAI BAHAN BAKAR LAIN
YANG DIPASARKAN DI DALAM NEGERI

NO	PARAMETER UJI	METODE UJI	PERSYARATAN	SATUAN, Min/Max
1	Massa jenis pada 40 °C	SNI 7182:2015	850 - 890	kg/m ³
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	SNI 7182:2015	2,3 - 6,0	mm ² /s (cSt)
3	Angka setana	SNI 7182:2015	51	Min
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	SNI 7182:2015	130	°C, min
5	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)	SNI 7182:2015	nomor 1	
6	Residu karbon dalam percontoh asli atau dalam 10 % ampas distilasi	SNI 7182:2015	0,05 0,3	%-massa, maks
7	Temperatur distilasi 90	SNI 7182:2015	360	°C, maks
8	Abu tersulfatkan	SNI 7182:2015	0,02	%-massa, maks
9	Belerang	SNI 7182:2015	10	mg/kg, maks
10	Fosfor	SNI 7182:2015	4	mg/kg, maks
11	Angka asam	SNI 7182:2015	0,4	mg-KOH/g, maks
12	Gliserol bebas	SNI 7182:2015	0,02	%-massa, maks
13	Gliserol total	SNI 7182:2015	0,24	%-massa, maks
14	Kadar ester metil	SNI 7182:2015	96,5	%-massa, min
15	Angka iodium	SNI 7182:2015	115	%-massa (g-I ₂ /100 g), maks
16	Kestabilan oksidasi Periode induksi metode rancimat atau	SNI 7182:2015	600	menit
	Periode induksi metode petro oksidasi	SNI 7182:2015	45	
17	Monogliserida	SNI 7182:2015	0,55	%-massa, maks
18	Warna	ASTM D-1500	3	maks
19	Kadar air	ASTM D-6304	350	ppm, maks
20	CFPP (<i>Cold Filter Plugging Point</i>)	ASTM D-6371	15	°C, maks
21	Logam I (Na+K)	EN 14108/14109, EN 14538	5	mg/kg, maks
22	Logam II (Ca+Mg)	EN 14538	5	mg/kg, maks
23	Total kontaminan	ASTM D 2276, ASTM D 5452, ASTM D 6217	20	mg/liter, maks

Karakteristik emisi pembakaran biodiesel dibandingkan dengan solar (<http://Nrepository.usu.ac.id>), sebagai berikut:

- a) Emisi karbon dioksida (CO²) netto berkurang 100%.
- b) Emisi sulfur dioksida berkurang 100%.
- c) Emisi debu berkurang 40-60%.
- d) Emisi karbon monoksida (CO) berkurang 10-50%.
- e) Emisi hidrokarbon berkurang 10-50%.
- f) Hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH = *polycyclic aromatic hydrocarbon*) berkurang, terutama PAH beracun seperti : phenanthren berkurang 98%, lbenzofloroanthen berkurang 56%, benzapyren berkurang 71%, serta aldehida dan senyawa aromatik berkurang 13%.

2 Perkembangan Biodiesel

Pembuatan biodiesel pertama kali dilakukan di Austria pada tahun 1981 dalam skala uji coba menggunakan bahan baku biji *rapeseed* (*Brassica napus*). Uji coba kemudian dilanjutkan selama 7 tahun, yaitu sampai tahun 1988. Setelah itu, dibuat pabrik skala pilot dengan kapasitas 1000 ton per tahun dengan luas area 1000 hektar. Selanjutnya langkah Austria diikuti oleh negara-negara tetangganya yaitu Jerman, Prancis, Italia, dan Norwegia yang menggunakan bahan baku *rapeseed*. Pada tahun 2006, telah ada sekitar 85 pabrik biodiesel dengan kapasitas 500-120.000 ton per tahun. Dalam dekade 7 tahun terakhir, 28 negara telah melakukan uji coba pengolahan biodiesel dan 21 negara kemudian memproduksinya. Pada tahun 1998, produksi biodiesel di seluruh dunia mencapai 741.000 ton per tahun. Kemudian pada tahun 2005 biodiesel telah merebut 5% pangsa pasar ADO (*Automotive Diesel Oil*) di Eropa (<http://repository.usu.ac.id>).

Adapun beberapa nama dagang biodiesel umumnya disesuaikan dengan nama bahan bakunya, sebagai berikut:

- a) SME (*Soybean Methyl Ester*) adalah biodiesel produk Amerika dari kacang kedelai atau FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) yaitu biodiesel dari minyak goreng bekas.
- b) RME (*Rapeceed Methyl Ester*) adalah biodiesel produk Eropa dari minyak Canola.
- c) CME (*Coco Methyl Ester*) adalah biodiesel produk Filipina dari minyak kelapa.
- d) POME (*Palm Oil Methyl Ester*) adalah biodiesel produk Malaysia dari minyak kelapa sawit.

3 Kelebihan dan Kelemahan Biodiesel

Kelebihan

Dibandingkan dengan solar, biodiesel memiliki kelebihan (Chairil Anwar, dkk. 2010), diantaranya:

- a) Energi terbarukan dan ramah lingkungan. Hasil penelitian membuktikan, campuran biodiesel 30% volume terhadap solar menghasilkan kinerja mesin yang tidak jauh berbeda dengan pemakaian 100% solar dan pada komposisi ini tidak memerlukan modifikasi apapun pada mesin kendaraan.(7,8)
- b) Biodiesel bisa digunakan dengan mudah karena dapat bercampur dengan segala komposisi dengan minyak solar, sehingga dapat diaplikasikan langsung untuk mesin-mesin diesel yang ada hampir tanpa modifikasi
- c) Biodiesel dapat terdegradasi dengan mudah (*biodegradable*), 10 kali tidak beracun dibanding minyak solar biasa, memiliki angka setana yang lebih baik dari minyak solar biasa, asap buangan biodiesel tidak hitam, tidak mengandung sulfur serta senyawa aromatik sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan ramah lingkungan.
- d) Biodiesel tidak menambah akumulasi gas karbon dioksida di atmosfer sehingga lebih jauh lagi mengurangi efek pemanasan global atau banyak disebut dengan *zero CO² emission*.

- e) Biodiesel merupakan hasil pendayagunaan kekayaan sumberdaya non fosil.
- f) Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan berbelerang rendah yang sangat berpotensi menjadi komponen pencampur pendongkrak kualitas dan kuantitas minyak solar.

Kelemahan

Adapun kelemahan dari biodiesel (Tilani Hamid S. 2002), adalah:

- a) Viskositas minyak nabati yang terlalu tinggi jika dibandingkan dengan petroleum diesel, viskositas minyak nabati yang terlalu tinggi menyebabkan proses penginjeksian dan atomisasi bahan bakar tidak dapat berlangsung dengan baik, sehingga akan menghasilkan pembakaran yang kurang sempurna yang dapat mengakibatkan terbentuknya deposit dalam ruang bakar.
- b) Proses termal (panas) di dalam mesin menyebabkan minyak nabati yang merupakan suatu senyawa trigliserida akan terurai menjadi gliserin dan asam lemak. Asam lemak dapat teroksidasi atau terbakar relatif sempurna, tetapi dari gliserin akan menghasilkan pembakaran yang kurang sempurna dan dapat terpolimerisasi menjadi senyawa plastis yang agak padat. Senyawa ini juga dapat menyebabkan kerusakan pada mesin, karena akan membentuk deposit pada pompa dan *nozzle injector*.
- c) Biodiesel mempunyai *flash point* yang tinggi jika dibandingkan dengan solar. Oleh karena itu, suhu yang dibutuhkan untuk membakar biodiesel lebih tinggi yang diikuti peningkatan suhu ruang bakar. hal ini menyebabkan peningkatan emisi NO_x.

4) Biodiesel B30

Biodiesel B30 adalah biodiesel memiliki campuran yang terdiri dari 30% biodiesel dan 70% solar.

Dari pertimbangan teknis, masing-masing negara mengeluarkan kebijakan batas izin pencampuran biodiesel dengan minyak solar yang berbeda, diantaranya:

- a) Amerika Serikat, *Engine Manufacturer Association (EMA)*, mengizinkan pencampuran hingga 20% (B20).
- b) Indonesia, atas masukan dari APTM (Agen Pemegang Tunggal Merk), Gaikindo (Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesi) dan peraturan yang berlaku di *World Wide Fuel Charter (WWFC)*, Melalui SK Ditjen Migas telah rnengizinkan pencampuran hingga 20% (B20).

Komposisi tersebut dapat ditingkatkan sejalan dengan teknologi permesinan,,kesiapan suplai biodiesel dan kondisi serta kebijakan harga bahan bakar yang mendukung.

Tabel 2.3. Spesifikasi Biodiesel B30 dengan Angka Setana (CN) 48

KEPUTUSAN DIREKTUR JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI
 NOMOR : 0234.K/10/DJM.S/2019
 TANGGAL : 11 November 2019

STANDAR DAN MUTU (SPESIFIKASI) BAHAN BAKAR MINYAK JENIS MINYAK SOLAR
 CAMPURAN BIODIESEL 30% (B-30) DENGAN ANGKA SETANA (CN) 48
 YANG DIPASARKAN DALAM NEGERI

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lainnya
1.	Bilangan Setana :					
	Angka Setana, atau		48	-	D613	-
	Indeks Setana		45	-	D4737	-
2.	Berat Jenis (pada Suhu 15°C)	kg/m ³	815	880	D4052/ D1298	-
3.	Viskositas (pada Suhu 40°C)	mm ² /s	2	5	D445	-
4.	Kandungan Sulfur	% m/m	0	0,25 0,05 ¹⁾ 0,005 ²⁾	D4294/ D5453/ D2622	-
5.	Distilasi : 90% vol. Penguapan	°C	-	370	D86	-
6.	Titik Nyala	°C	52	-	D93	-
7.	Titik Kabut, atau	°C	-	18	D2500/ D5773	-
	Titik Tuang	°C	-	18	D97/ D5949	-
8.	Residu Karbon	% m/m	-	0,1	D189/ D4530	-
9.	Kandungan Air	mg/kg	0	425 dan dilaporkan	D6304/ D1744	-
10.	Kandungan FAME	% v/v	30 ³⁾		D7806/ D7371	-
11.	Korosi Bilah Tembaga	Kelas	-	Kelas 1	D130	-
12.	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D482	-
13.	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D473	-
14.	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	0		D664	-
15.	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,6	D664	-
16.	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang			Visual
17.	Warna	No. ASTM	-	3	D1500	-
18.	Lubrisitas (HFRR wear scar dia.@60°C)	micron	-	460 ⁴⁾	D6079	-
19.	Kestabilan Oksidasi ⁵⁾	jam	35	-	-	EN15751
		menit	45	-	D7545	EN16091

Tabel 2.4. Spesifikasi Biodiesel B30 dengan Angka Setana (CN) 51

KEPUTUSAN DIREKTUR JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI
 NOMOR : 0234.K/10/DJM.S/2019
 TANGGAL : 11 November 2019

STANDAR DAN MUTU (SPESIFIKASI) BAHAN BAKAR MINYAK JENIS MINYAK SOLAR
 CAMPURAN BIODIESEL 30% (B-30) DENGAN ANGKA SETANA (CN) 51
 YANG DIPASARKAN DALAM NEGERI

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain-lain
	Bilangan Setana :					
1.	Angka Setana atau Indeks Setana	-	51	-	D613	-
		-	48	-	D4737	-
2.	Berat Jenis (pada Suhu 15°C)	Kg/m ³	815	860	D4052/ D1298	-
3.	Viskositas (pada Suhu 40°C)	mm ² /s	2,0	4,5	D445	-
4.	Kandungan Sulfur	% m/m	0	0,05 0,005 ¹⁾	D4294/ D5453/ D2622	-
5.	Distilasi : 95% vol. Penguapan	°C	-	370	D86	-
6.	Titik Nyala	°C	55	-	D93	-
7.	Titik Kabut, atau	°C	-	18	D2500/ D5773	-
	Titik Tuang	°C	-	18	D97/ D5949	-
8.	Residu Karbon	% m/m	-	0,1	D189/ D4530	-
9.	Kandungan Air	mg/kg	0	300 dan dilaporkan	D6304	-
10.	Kandungan FAME	% v/v	30 ²⁾		D7806/ D7371	-
11.	Korosi Bilah Tembaga	Kelas	-	Kelas 1	D130	-
12.	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D482	-
13.	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D473	-
14.	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	0		D664	-
15.	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,6	D664	-
16.	Kontaminasi Partikulat	mg/ l	-	10	D6217/ D7321	-
17.	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang		-	Visual
18.	Warna	No. ASTM	-	2	D1500	-
19.	Lubrisitas (HFRR wear scar dia.@60°C)	mikron	-	460	D6079	-
20.	Kestabilan Oksidasi ³⁾	jam	35	-	-	EN15751
		menit	45	-	D7545	EN16091