

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Adly Havendri, 2017 membahas studi eksperimen unjuk kerja mesin diesel dengan menggunakan campuran biodiesel CPO minyak sawit dan solar. Penggunaan campuran bahan bakar langsung tanpa modifikasi mesin juga dapat dilakukan dalam upaya untuk menentukan apakah kinerja mesin berbeda secara signifikan dari yang dicapai dengan menggunakan solar murni. Emisi gas buang dari kombinasi solar dan biodiesel akan lebih sedikit merusak lingkungan. Biodiesel minyak jarak, khususnya dengan persentase biodiesel kurang dari 30%, merupakan bahan bakar alternatif terbesar pengganti solar.

Tujuan pengujian biodiesel yang dijelaskan oleh Bambang Susilo (2019) adalah untuk mengetahui seberapa besar penurunan performa mesin diesel saat menggunakan minyak sawit sebagai bahan bakar. Dengan metode variasi 400, 600, 800, 1000 dan 1200 rpm. diperoleh kesimpulan kinerja motor dalam jangka pendek pada penggunaan biodiesel murni menunjukkan 4,14% lebih tinggi diikuti konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 9,5% lebih tinggi dibanding minyak solar. Secara teknis penggunaan biodiesel berbasis minyak sawit tidak menunjukkan kesulitan dalam start motor, unjuk kerja maupun operasional motor. Tidak ada cara untuk menguraikan ini dari teori dan data yang ada menunjukkan bahwa viskositas campuran bahan bakar mempengaruhi pembakaran mesin. Pengujian jangka panjang yang dilakukan oleh Wiliandi Saputro pada tahun 2020 terhadap mesin diesel yang menggunakan bahan bakar B100 dan B20 menegaskan bahwa biodiesel dapat digunakan secara bergantian dengan solar. Namun demikian, karena biodiesel tidak sama dengan solar, maka akan berdampak negatif pada performa mesin dan parameter lainnya. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk memastikan dampak penggunaan biodiesel terhadap metrik performa mesin seperti output daya, torsi, SFC, dan efisiensi termal. Dua jenis bahan bakar, B100 (100% biodiesel minyak sawit) dan B20 (20% biodiesel minyak sawit Ditambah 80% solar), digunakan untuk tujuan pengujian dan perbandingan. Pengujian dijalankan dengan beban tetap bola lampu halogen 4 kW selama 300 jam. Temuan studi menunjukkan bahwa mesin bensin B100 telah mengurangi tenaga, torsi, dan efisiensi termal masing-masing sebesar 2,17 persen, 0,76 persen, dan 1,25 persen.

Ini 14,61 persen lebih baik daripada yang Anda dapatkan dengan motor berbahan bakar B20. Hal ini dikarenakan bahan bakar B100 memiliki viskositas dan densitas yang lebih besar dibandingkan bahan bakar B20 serta nilai kalor yang lebih rendah.

Grahan (2018) menyelidiki dampak pemanasan bahan bakar pada suhu 85oC dan 95oC terhadap efisiensi mesin diesel satu silinder bertenaga biodiesel. Studi ini dilakukan untuk mempelajari bagaimana pemanasan awal bahan bakar mempengaruhi efisiensi mesin diesel satu silinder bertenaga biodiesel. Meningkatkan temperatur bahan bakar menjadi 85oC dan 95oC sebelum ke injektor pada percobaan mesin diesel silinder tunggal berbahan bakar biodiesel minyak kelapa. Pengujian dijalankan pada 1500 RPM dengan beban 600 W hingga 2800 W, dengan langkah 200 W di antaranya. Daya maksimum, torsi, dan BMEP diukur dalam penelitian ini dengan menerapkan beban 2600 W sambil memanaskan hingga 95 derajat Celcius. Daya sebesar 2,783 kW, torsi sebesar 17,726 Nm dan BMEP sebesar 630,708 kPa.

Sedangkan sfc minimum sebesar 0,345 Kg/kWh diperoleh pada beban 2000 W. Demikian juga dengan menaikkan temperatur bahan bakar dapat meningkatkan daya, torsi dan BMEP mesin diesel berbahan bakar biodiesel minyak kelapa, namun pada batas tertentu. memuat sfc meningkat.

Aep sapi'I, 2018 meneliti Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Terhadap Performa Motor Diesel Satu Silinder Berbahan Bakar Biosolar. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan suhu pemanasan 40°C. Penelitian dilakukan dengan menggunakan panel beban ringan, dan variasi beban ringan mulai dari nol (0) Watt sampai dengan 2900 Watt pada kecepatan motor konstan 1500 rpm atau 50 Hz dengan bahan bakar biodiesel. Penelitian tentang pemanasan bahan bakar di dalam pipa sebelum pompa injeksi telah meningkatkan tenaga sebesar 5,1% dan torsi sebesar 13,5% serta penurunan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 9,9% dibandingkan kondisi motor standar. memanaskan bahan bakar di dalam pipa setelah pompa injeksi meningkatkan daya sebesar 9,4% dan torsi sebesar 6,3% dan menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 9,7% dan memanaskan bahan bakar gabungan meningkatkan daya sebesar 7,1% dan torsi sebesar 16,3% dan pengurangan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 8,1% dari kondisi standar.

Muammar, 2019 meneliti Pengaruh Variasi Pemanasan Bahan Bakar Pada Advanced 65° Injection Timing Terhadap Performa Motor Diesel Silinder Tunggal Berbahan Bakar Bio-Solar. Pengujian dilakukan dengan menggunakan bahan bakar biodiesel dan panel beban lampu, dengan beban lampu berkisar antara 200 hingga 2500 watt sedangkan putaran motor ditahan pada 1500 rpm (atau 50 Hz). Temuan dari penyelidikan ini tentang energi, torsi dan Sfc. Daya meningkat sebesar 5,06% pada variasi waktu injeksi lanjutan 65° dipanaskan hingga 40°. Pada waktu injeksi 65° dan pemanasan 50° terjadi peningkatan daya sebesar 4,11%. Dan pada saat injeksi 65° dan pemanasan 60° terjadi peningkatan daya sebesar 3,18% dari kondisi cam standar 65°. Torsi meningkat sebesar 5,06%. Pada waktu injeksi 65° dan pemanasan 40° terjadi peningkatan torsi sebesar 4,11%. Dan Sfc mengalami penurunan pada timing injeksi 65° dan dipanaskan 40° sebesar 6,98% pada timing injeksi 65° dan dipanaskan 40° pada timing injeksi 65° dan dipanaskan 40° sehingga terjadi penurunan Sfc sebesar 8,85%. Dan pada waktu injeksi 65° dan pemanasan 60° menghasilkan penurunan Sfc sebesar 8,7% dari kondisi cam standar 65° tanpa pemanasan. Hal ini juga dibuktikan dengan analisis statistik dimana $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima, artinya ada pengaruh terhadap Sfc yang dihasilkan pada mesin pembakaran.

Pengaruh pemanasan bahan bakar terhadap performa motor diesel dianalisis oleh Mukondar (2017). Untuk percobaan ini, kami menggunakan panel beban ringan untuk beralih antara beban 600 dan 2800 watt sambil mempertahankan kecepatan motor pada 1500 putaran per menit (rpm) atau 50 hertz (Hz) konstan dan mengisinya dengan biodiesel. Penelitian menemukan bahwa tenaga dan torsi ditingkatkan sebesar 3,5% pada suhu 55oC dan 3,8% pada suhu 65oC dibandingkan keadaan awal. Dibandingkan dengan pengaturan normal, penurunan penggunaan bahan bakar sebesar 3,5% terlihat pada suhu 55°C, dan penurunan sebesar 29,4% pada suhu 65°C.

2.2 Kajian Teori

2.2.1 Motor Diesel

Sejak diperkenalkan oleh Rudolf Diesel di Jerman pada tahun 1892, motor diesel telah mengalami inovasi yang cepat dalam segala hal, mulai dari bahan bakar yang mereka gunakan hingga peningkatan performa yang dibawa oleh kemajuan teknologi mekanik, dari peningkatan daya hingga pengurangan konsumsi bahan bakar dan emisi karbon.

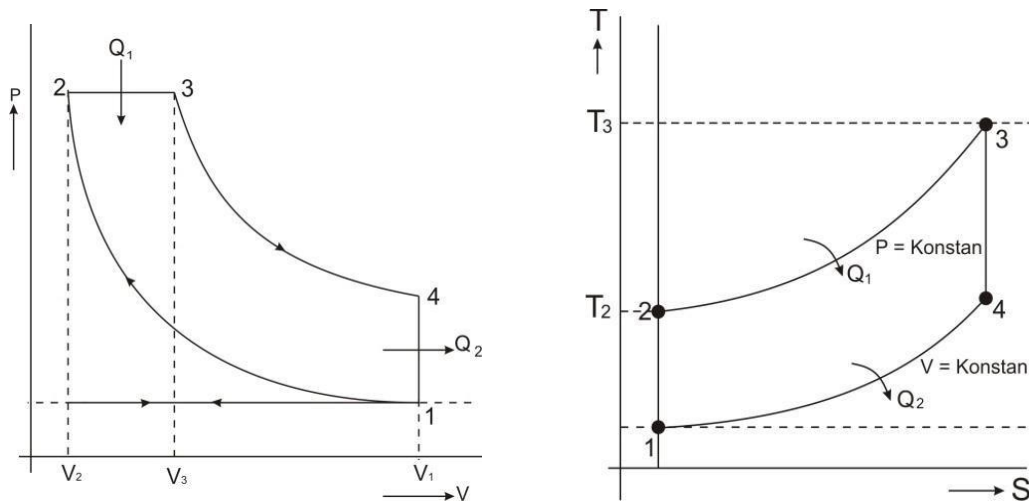
Meskipun konsep di balik motor diesel dan mesin bensin (mesin bensin) serupa—keduanya menghasilkan energi dengan membakar bahan bakar—ada beberapa perbedaan utama dalam desainnya yang menjadikan motor diesel pilihan yang lebih baik untuk banyak aplikasi. Sistem pengapian otomatis penting untuk mesin diesel. Spark-ignition digunakan pada mesin bensin (pembakaran dipicu oleh percikan api pada busi). Untuk alasan ini, "mesin pengapian kompresi" adalah nama lain untuk motor diesel. Temperatur dan tekanan pembakaran dicapai pada mesin diesel dengan meningkatkan tekanan kompresi menjadi 30-45kg/cm², yang menaikkan temperatur udara terkompresi hingga 500oC dan memungkinkan bahan bakar menyala dengan sendirinya. Mesin diesel membutuhkan rasio kompresi yang lebih tinggi sekitar 25:1 dan lebih banyak usaha untuk memutarinya untuk mencapai temperatur tersebut. Dengan demikian, diperlukan alat putar torsi yang lebih tinggi untuk mesin diesel. Selain itu, mesin diesel sering digunakan pada kendaraan komersial, mobil penumpang, dan motor penggerak lainnya karena efisiensi panasnya yang sangat baik, konsumsi bahan bakar yang rendah, kecepatan yang lebih lambat daripada mesin bensin, getaran yang sangat tinggi, dan tingkat kebisingan yang relatif keras. Mesin diesel membutuhkan bahan yang tahan terhadap tekanan tinggi dan konstruksi yang sangat kuat untuk menahan panas dan tekanan hebat yang tercipta selama pembakaran. Namun, karena mesin diesel mampu menghasilkan tekanan pembakaran maksimum hingga dua kali lebih tinggi dari mesin bensin, getaran motor yang dihasilkan cukup besar.

Setiap perkembangan baru dalam teknologi motor diesel menghasilkan produk yang lebih ramah lingkungan. Selama Pameran Otomotif Internasional Amerika Utara (NAIAS) 2007 di Detroit, Michigan, teknologi baru untuk mesin diesel yang memenuhi persyaratan polusi gas buang Euro 5 diperlihatkan kepada publik untuk pertama kalinya. Namun, mulai 1 Januari 2007, semua kendaraan diesel di Indonesia harus memenuhi kriteria Euro 2. Pembuat mobil Jerman Mercedes Benz memulai debutnya dengan teknologi mutakhir di North American International Auto Show (NAIAS) 2007 yang tidak hanya menghilangkan asap hitam tetapi juga partikel yang berukuran lebih kecil dari 1 milimeter. Karena efisiensi pembakarannya yang lebih besar dibandingkan dengan mesin bertenaga bensin, mesin diesel lebih banyak digunakan di Eropa. Penjualan sepeda motor diesel di Prancis telah melampaui penjualan bensin, sedangkan penjualan mobil diesel di Italia mencapai 33% dari total penjualan. Bahkan merek kelas atas seperti Jaguar ikut serta dalam ledakan produksi kendaraan diesel dalam beberapa tahun terakhir. Honda, sebuah perusahaan Jepang, menjual Civic diesel di Eropa.

Mesin diesel kadang-kadang dikenal sebagai mesin penyalaan kompresi. Akibatnya, mesin diesel telah berevolusi untuk memasukkan komponen yang lebih besar dan lebih kuat untuk memastikan umur panjang mereka. Mesin diesel beroperasi pada siklus empat langkah yang sama dengan mesin bensin, dengan langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah buang.

2.2.2 Siklus Ideal Motor Diesel

Ini terjadi pada kecepatan rendah pada mesin diesel empat langkah. Tidak perlu menggabungkan udara dan bensin sebelum dihembuskan ke mesin diesel, karena hanya diperlukan udara. Sebelum kompresi selesai, bensin disemprotkan ke dalam silinder dalam bentuk kabut. Temperatur sekitar yang tinggi memungkinkan bahan bakar ini terbakar. Kompresi adiabatik bertanggung jawab atas peningkatan suhu udara. Penyemprotan bensin menyebabkan suhu naik jauh di atas titik nyalanya. Karena itu, aliran udara silinder harus bergolak agar bahan bakar dan udara dapat bercampur secara merata. Itu terbakar terus-menerus pada suhu dan tekanan tinggi.



Gambar 2.1 Diagram P-V dan T-S
(Tim Fakultas Teknik, 2003)

Tabel 2.1 Keterangan Pada Diagram P-V

Proses	Keterangan
0 ke 1	Proses penghisapan pada tekanan konstan (isobaric)
1 ke 2	Proses kompresi secara adiabatik/isentropic
2 ke 3	Proses pemasukan kalor pada tekanan konstan
3 ke 4	Proses ekspansi secara adiabatic
4 ke 1	Proses pembuangan kalor pada volume konstan
Q1	Proses pemasukan kalor pada tekanan konstan
Q2	Proses pembuangan kalor pada volume konstan (isobaric)

Efisiensi mesin mengubah energi yang diterimanya menjadi kerja yang berguna diukur dengan apa yang dikenal sebagai efisiensi termalnya. Sebuah silinder dianggap 100% hemat panas jika semua panas yang dihasilkan selama pembakaran digunakan untuk melakukan pekerjaan yang bermanfaat di dalam silinder. Asumsikan bahwa Q_1 Kkal adalah jumlah panas yang dihasilkan oleh pembakaran dan Q_2 Kkal adalah jumlah panas yang hilang pada dinding silinder:

$$\text{Efisiensi panas (} \eta_{th} \text{)} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$Q_2 = G \cdot C_v (T_4 - T_1)$$

$$Q_1 = G \cdot C_v (T_3 - T_2)$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{G \cdot C_v (T_4 - T_1)}{G \cdot C_v (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$$

$$\text{Dimana : } \frac{1}{K} = \frac{C_v}{C_p}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{K-1} ; T_1 = \left(\frac{1}{C} \right)^{K-1} \cdot T_2$$

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3}{V_2} T_2$$

$$\Rightarrow T_3 = \xi \cdot T_2$$

$$T_4 - T_1 = \frac{1}{C^{K-1}} (\xi^K - 1) T_2$$

$$T_3 - T_2 = (\xi - 1) T_2$$

Jadi efisiensi panas (rendemen thermis)

$$\eta_{th} = \frac{(\xi^K T_2)}{K \cdot C^{K-1} (\xi^K - 1) T_2}$$

$$\eta_{th} = \frac{(\xi^K - 1)}{K \cdot C^{K-1} (\xi^K - 1)}$$

$$\eta_{th} = \frac{\xi^K - 1}{\xi^{K-1} K (\xi - 1)}$$

Jika jumlah bahan bakar terpakai adalah Gbb Kg/jam, dan nilai kalor bawah bahan bakar adalah Hb Kcal/kg, maka efisiensi termal efektif adalah :

$$\eta_{te} = \frac{Ne \times 632}{G_{bb} \times H_b} \quad \text{atau} \quad \eta_{te} = \frac{632}{be \cdot H_b}$$

maka untuk be = 0,154 Kg/Ps jam dan Hb = 10000Kcal/Kg

$$\eta_{te} = \frac{631}{0,154 \times 10000}$$

$$= 0,41$$

$\eta_{te} = 0,377$ untuk momoen putar maksimum

$\eta_{te} = 0,386$ sebagai efisiensi maksimum

Efisiensi termal sekitar 40%, sebagaimana ditentukan oleh analisis biaya-manfaat yang disebutkan di atas. Efisiensi termal dihitung menjadi 50% jika efisiensi mekanis dievaluasi pada 80%.

Yang mana:

Be = pemakaian bahan bakar spesifikasi, minimal 168 gr/Ps jampada 1500 rpm,
168gr/Ps jam pada 2000 rpm.

Gbb = jumlah bahan bakar terpakai (Kg/jam)

Hb = nilai kalor bahan bakar (Kcal/jam)

Pe = tekanan efektif rata-rata (Kg/cm²), 7,35 Kg/cm² pada putaran 2000 rpm,
8,40 Kg/cm² pada putaran 2100 rpm.

η_{te} = efisiensi termal/ rendemen thermis 1

PS = 632 Kcal/jam

Efisiensi termal juga tergantung pada diameter silinder, untuk dua mesin yang sebangun, perbandingan luas permukaan bidang silinder terhadap volumenya berkurang dengan besarnya diameter silinder. Hal itu disebabkan karena volume adalah sebanding dengan pangkat tiga diameter silinder, sedangkan luas permukaan bidang silinder adalah sebanding dengan pangkat dua. Jadi ruang bakar dari silinder berdiameter lebih besar, akan lebih kecil kerugiannya sehingga boleh dikatakan lebih efisien.

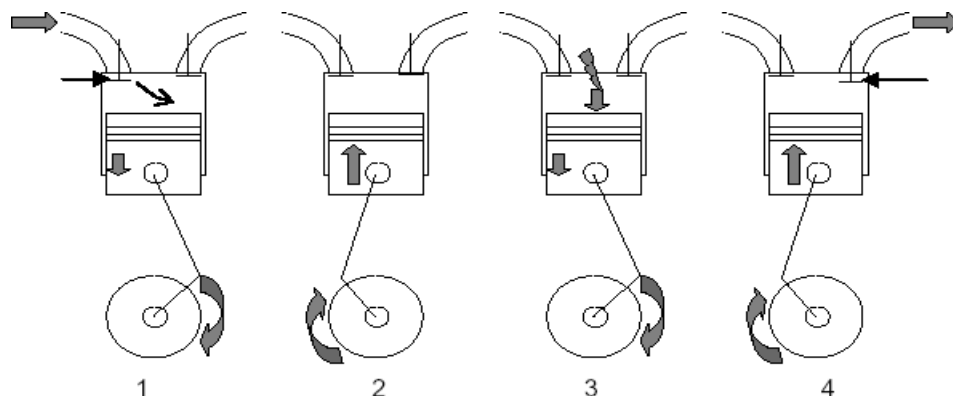
Pada umumnya, efisiensi mekanis (daya guna mekanis) bertambah besar dengan bertambah banyaknya jumlah silinder, sementara itu daya yang diperlukan untuk menggerakkan peralatan bantu berkurang. Efisiensi mekanis bisa mencapai 90%, meskipun hal itu sangat tergantung pada kebaikan konstruksi mesin diesel tersebut.

2.2.3 Prinsip Dan Cara Kerja Motor Diesel

Pada prinsipnya mesin diesel tidak jauh berbeda dengan mesin bensin, berdasarkan siklus kerjanya, mesin diesel dibagi menjadi dua yaitu: mesin diesel 2 langkah (2 langkah) dan mesin diesel 4 langkah (4 langkah). digunakan sebagai aktuator. Seperti namanya, mesin diesel empat langkah berarti motor diesel menyelesaikan setiap siklus kerjanya dalam empat langkah, yaitu: langkah hisap, langkah kompresi, langkah ekspansi, dan langkah buang. Bagian lain motor diesel digerakkan oleh tenaga yang dihasilkan oleh empat tahap, yang beroperasi secara bergantian.

Karena motor menarik udara dan memampatkannya pada tekanan yang lebih besar daripada mesin bensin, mesin diesel terkadang dikenal sebagai mesin pembakaran terkompresi. Mesin diesel menonjol sebagai mesin pembakaran yang sangat efisien dan bertenaga karena efisiensi termalnya. Dimungkinkan untuk mendapatkan efisiensi 50% atau lebih dengan mesin diesel kecepatan rendah. Pada mesin diesel 4 langkah, katup masuk dan keluar membuka dan menutup port yang sesuai untuk mengatur aliran gas masuk dan keluar dari mesin. Mesin diesel sangat berkontribusi terhadap polusi udara karena peningkatan efisiensi bahan bakar dan tingkat polutan gas buang yang relatif rendah. Ada pilihan mesin diesel 2 tak dan 4 tak, mirip dengan mesin bensin. Mesin diesel empat langkah digunakan secara luas di industri transportasi.

Adapun prinsip kerja motor diesel adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Cara kerja motor diesel 4 langkah
(Tim Fakultas Teknik, 2003)

Diagram itu menggambarkan langkah-langkah operasional mesin diesel 4 langkah,

khususnya:

a. Langkah Hisap

Agar intake valve terbuka, piston harus bergerak dari Top Dead Center (TDC) ke Bottom Dead Center (BDC). Setelah memperluas area di atas piston, ruang hampa dibuat di ruang silinder, yang menarik udara bersih (pergerakan dari TMA ke BDC). Saat piston mencapai TMB, proses pengisapan berakhir.

b. Langkah Kompresi

Tidak ada jeda dalam putaran poros engkol, piston telah bergerak maju dari titik mati atas ke titik mati bawah, dan katup masuk dan keluar tertutup. Pembakaran terjadi di ruang tempat udara bersih yang masuk diperas (ruang silinder di atas piston). Proses kompresi menyebabkan suhu dan tekanan udara naik, masing-masing mencapai 30 kg/cm² (427 psi, 2.942 kPa) dan 500°C-800°C.

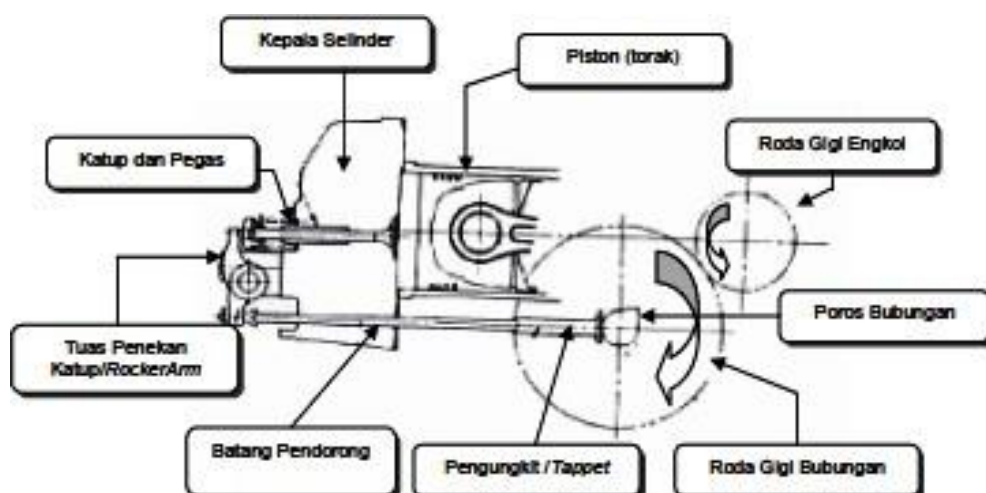
c. Langkah Usaha

Saat poros engkol masih berputar, bensin diinjeksikan atau disemprotkan ke ruang bakar hanya beberapa derajat sebelum piston mencapai titik mati atas (TDC) pada akhir langkah kompresi. Pembakaran menyebabkan tekanan eksplosif, yang pada gilirannya memaksa piston (piston) untuk bertransisi dari TMA ke BDC karena suhu udara tekan yang tinggi. Kedua penutup belum diaktifkan. Poros engkol diputar oleh gaya yang diterapkan ke bawah, yang disalurkan melalui batang piston. Dengan rangkaian puli dan penggerak sabuk, gerakan berputar ini mentransmisikan daya ke beban (generator). Saat katup buang membuka sepersekian putaran sebelum BDC, pekerjaan selesai..

d. Langkah Buang

Gerak piston dari titik mati atas (TDC) ke tengah atas (TMB) dengan katup buang terbuka. Dengan katup buang terbuka lebar, sisa gas pembakaran dipaksa keluar dari ruang silinder di atas piston dan masuk ke udara luar. Peredam diperlukan karena tekanan tinggi dari sisa gas. Makanya, knalpot selalu dipasang di pipa knalpot mesin diesel.

Berikut skema mekanisme katup motor diesel 4 langkah penggerak generator:



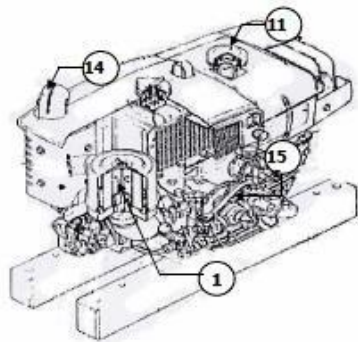
Gambar 2.3 Skema mekanisme katup motor diesel 4 langkah penggerak generator
(Tim Fakultas Teknik, 2003)

Pada mesin diesel 4 tahapan, camshaft digerakkan oleh roda gigi pada poros engkol, yang pada gilirannya menggerakkan roda gigi pada poros bubungan (nok). Tuas (tappet) bergerak bolak-balik di dudukannya saat camshaft berputar karena permukaannya lonjong (eksentrik). Push-rod membawa gerakan ini ke tuas tekanan katup, yang membuka dan menutup katup masuk atau keluar yang diperlukan untuk tahap pengoperasian mesin diesel saat ini.

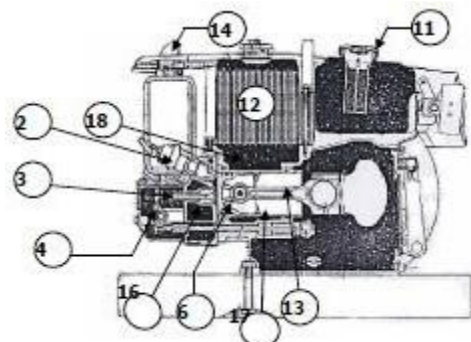
2.2.4 Konstruksi Motor Diesel Stasioner

Mesin diesel yang menggerakkan generator listrik (4 langkah) dapat dipecah menjadi 5 komponen utama:

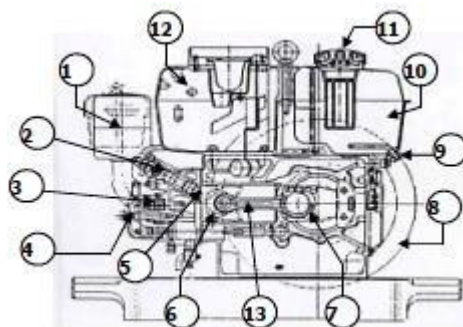
- Tangki, keran bahan bakar, filter bahan bakar, pompa injeksi, mekanisme pengatur, pipa tekanan tinggi, injektor (nozel), dan saluran balik bahan bakar adalah bagian dari sistem bahan bakar.
- Sistem oli terdiri dari oil drain pan (chart), oil screen, oil pump, oil filter, oil level gauge, dan pipa oli pelumas.
- Banyak bagian dari sistem pendingin termasuk tangki air, jaket air, dan blok silinder (lihat bagian sistem pendingin).
- Mekanisme katup terdiri dari poros bubungan, tappet, batang dorong, lengan ayun, katup tekanan, katup, pegas katup, blok silinder, kepala silinder, piston, batang penghubung, poros engkol, roda gila, dan katrol penggerak.



(a) motor diesel yang dibelah



(b) Penampang samping motor diesel (tipe Kondensor)



(c) Penampang samping motor diesel (tipe Hopper)

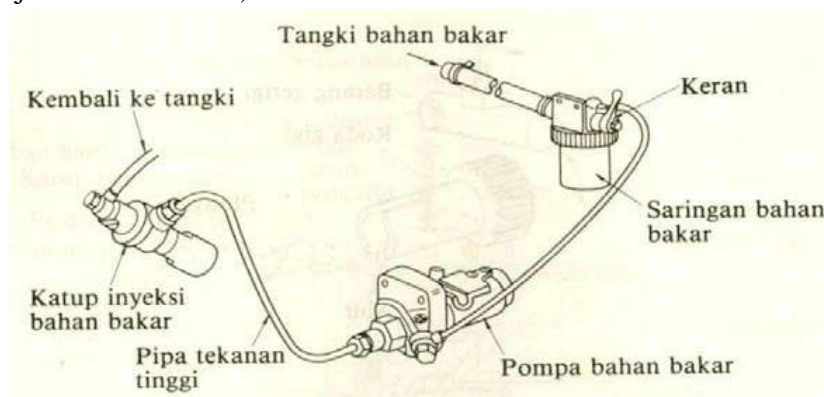
Gambar 2.4 Konstruksi motor diesel stasioner 1 silinder
(Tim Fakultas Teknik, 2003)

Keterangan gambar 4 :

- | | |
|--|--|
| 1 : Saringan udara (<i>air cleaner</i>) | 10 : Tangki bahan bakar |
| 2 : Penyemprot bahan bakar | 11 : Tutup tangki bahan bakar |
| 3 : Katup dan pegas katup | 12 : Tangki air pendingin |
| 4 : Tuas penekan katup (<i>rocker arm</i>) | 13 : Batang torak |
| 5 : Ruang pembakaran | 14 : Knalpot (<i>muffler</i>) |
| 6 : Torak (<i>piston</i>) | 15 : Pompa injeksi governor |
| 7 : Poros engkol (<i>crank shaft</i>) | 16 : Kepala silinder |
| 8 : Roda gila (<i>fly wheel</i>) | 17 : Blok silinder |
| 9 : Saluran pengeluaran bahan bakar | 18 : Kantong air pendingin(<i>drain plug</i>)
blok silinder |

2.2.5 Sistem Bahan Bakar Motor Diesel

Sederhananya, sistem bahan bakar mesin diesel memastikan bahwa jumlah bahan bakar yang tepat dikirim ke ruang bakar untuk memfasilitasi pengoperasian mesin. Gambar 5 menggambarkan bagian utama dari sistem bahan bakar untuk motor generator diesel satu silinder empat langkah. Sistem bahan bakar terdiri dari bagian-bagian berikut: (a) tangki, (b) keran, (c) filter bensin, (d) pompa injeksi bahan bakar, (e) pipa pengiriman, (f) pipa tekanan tinggi (katup injeksi bahan bakar).



Gambar 2.5 Sistem bahan bakar motor diesel
(Tim Fakultas Teknik, 2003)

Bagian-bagian yang disebutkan di atas dari sistem bahan bakar menyediakan tujuan-tujuan berikut :

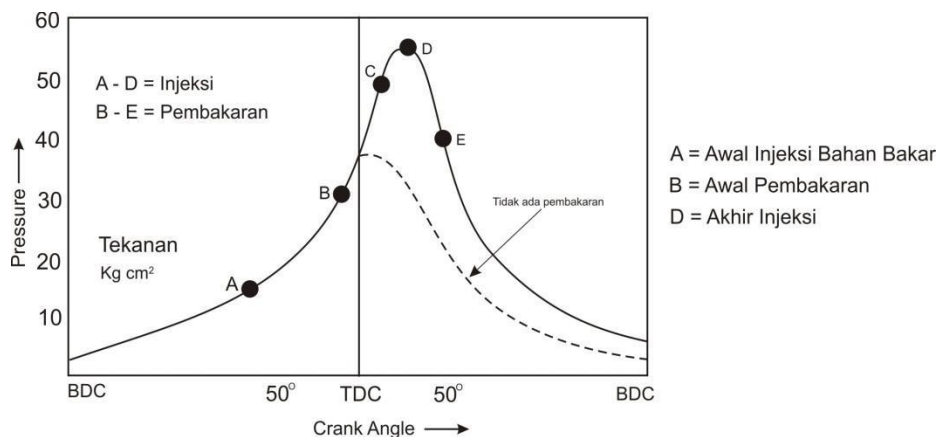
- Pada kendaraan diesel, tangki bahan bakar menyimpan bensin untuk mesin.
- Filter bensin terhubung ke tangki bahan bakar, dan keran memungkinkan Ketika untuk membuka dan menutup sambungan antara keduanya.
- Filter bahan bakar menghilangkan kotoran dari bensin saat melewatinya, memastikan bahan bakar yang masuk ke pompa injeksi bahan bakar murni.
- Pompa injeksi bahan bakar bekerja untuk meningkatkan tekanan bahan bakar sehingga bahan bakar dapat mendorong katup injeksi terbuka (melawan pegas tekanan katup). Sehingga penyemprotan bahan bakar ke dalam silinder (bahan bakar dalam bentuk kabut/partikel kecil) bekerja dengan baik.
- Bahan bakar dialirkan dari pompa injeksi ke nosel melalui pipa distribusi (pipa bertekanan tinggi).
- Injektor atau dikenal juga dengan katup injeksi bahan bakar, digunakan untuk

menyemprotkan bahan bakar bertekanan tinggi ke dalam ruang bakar selama proses pembakaran (operasional).

Sistem bahan bakar mesin diesel berfungsi secara umum sebagai berikut: Saat katup bahan bakar dibuka, bahan bakar mengalir melalui filter bahan bakar dalam perjalanan ke pompa injeksi. Saat mesin mulai berputar, pompa injeksi mulai bekerja, memompa bensin melalui selang bertekanan tinggi dan masuk ke injektor. Pegas penahan internal injektor untuk katup nosel dikompresi oleh tekanan tinggi bahan bakar, memungkinkan nosel terbuka dan menginjeksikan bensin ke dalam ruang bakar. Katup nosel dirancang untuk menutup kembali secara otomatis saat injeksi bahan bakar selesai karena tekanan pegas yang kembali. Injektor memiliki katup pelepas (solenoid) dan pipa balik yang mengarahkan bahan bakar yang meluap (solar/biodiesel) kembali ke tangki bahan bakar. Bahan bakar tidak terbuang sia-sia karena sisa yang dihasilkan selama proses penyemprotan dikirim kembali ke tangki bahan bakar.

2.2.6 Pembakaran Motor Diesel

Mesin diesel menggunakan kompresi untuk memanaskan udara di dalam silinder ke suhu di mana bahan bakar yang disuntikkan ke dalam silinder terbakar secara spontan. Untuk memaksa piston bergerak dari titik mati atas ke titik mati bawah, tekanan di dalam silinder harus meningkat dengan cepat. Berikut adalah diagram yang menggambarkan tahap pembakaran mesin diesel.



Gambar 2.6 Diagram proses pembakaran motor diesel
(Tim Fakultas Teknik, 2003)

Proses pembakaran tersebut dibagi menjadi 4 periode yaitu :

- Proses pertama : Waktu pembakaran tertunda periode (A – B)
- Proses kedua : Perambatan api (B – C)
- Proses ketiga : Pembakaran langsung (C- D)
- Proses keempat : Pembakaran lanjut (D – E)

a. Proses pertama (waktu pembakaran tertunda periode A – B)

Periode ini merupakan proses persiapan pembakaran dimana partikel-partikel bahan bakar diinjeksikan bercampur dengan udara kompresi agar mudah terbakar. Penambahan tekanan ini diakibatkan oleh berubahnya posisi poros engkol.

b. Proses kedua (waktu pembakaran tertunda periode B-C)

Pembakaran campuran bahan bakar terjadi pada akhir langkah pertama. Pemuaihan api yang

cepat menunjukkan bahwa seluruh campuran dikonsumsi sekaligus, meningkatkan tekanan di dalam silinder. Kerangka waktu ini sering disebut sebagai "burst change" karena alasan ini.

c. Proses ketiga (waktu pembakaran tertunda periode C-D)

Karena suhu yang sangat tinggi di dalam silinder, bahan bakar yang disuntikkan dapat langsung menyala. Jumlah bahan bakar yang dipompa ke dalam sistem inilah yang mengatur intensitas pembakaran langsung ini. Istilah "kontrol pembakaran" menggambarkan kerangka waktu ini dengan baik.

d. Proses keempat (pembakaran lanjut D-E)

Pada titik D, injeksi berhenti, tetapi pembakaran berlanjut karena tidak semua bahan bakar terpakai. Saat suhu gas naik, performa motor menurun jika proses ini ditunda terlalu lama.

Pada mesin diesel, detonasi terjadi ketika jumlah campuran bahan bakar yang dikonsumsi sekaligus selama tahap perambatan api terlalu tinggi sehingga menyebabkan penambahan tekanan yang berlebihan, yang ditandai dengan getaran yang keras. Untuk menghindari ledakan, penting untuk menaikkan tekanan berlebih dengan memilih campuran yang dapat terbakar pada tekanan rendah, mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan selama fase pembakaran tertunda, atau keduanya.

2.2.7 Bahan Bakar Motor Diesel

Bahan bakar diesel, sering dikenal sebagai diesel (minyak ringan), adalah campuran hidrokarbon yang dihasilkan dari penyulingan minyak mentah antara 200 dan 340 derajat Celcius. Hetadecene ($C_{16}H_{34}$), alpha-methylnaphthalene ($C_{10}H_{12}$), dan hidrokarbon rantai lurus lainnya merupakan komponen umum minyak diesel (Darmanto, 2006).

Volatilitas bahan bakar diesel, residu karbon, viskositas, belerang, abu, dan kandungan endapan, titik nyala, titik tuang, kualitas korosi, kualitas api, dan angka cetane semuanya berdampak pada seberapa baik mesin diesel bekerja.

a. Penguapan (Volatility)

Penguapan solar dihitung pada suhu distilasi 90%. Semakin rendah suhunya, semakin banyak minyak yang menguap, dan ini adalah titik di mana 90% sampel minyak telah disuling.

b. Residu karbon

Istilah "residu karbon" mengacu pada karbon yang tersisa setelah suatu zat benar-benar diuapkan atau dibakar. Adapun kandungan karbon dari bahan yang tertinggal setelah minyak diuapkan, tidak boleh lebih dari 0,10 persen.

c. Viskositas

Viskositas oli diukur dalam hitungan detik, dengan angka yang lebih rendah menunjukkan resistensi yang lebih kecil untuk mengalir melalui lubang berdiameter lebih kecil.

d. Belerang

Saat belerang dalam bahan bakar terbakar dengan minyak, gas yang sangat korosif tercipta yang dikumpulkan oleh dinding silinder. Saat mesin berjalan di bawah beban sedang, suhu silinder turun, dan tingkat sulfur bahan bakar tidak boleh lebih dari 0,5% hingga 1,5%.

e. Suku cadang mesin yang aus dapat ditelusuri kembali ke abu dan endapan dalam bahan bakar. Persentase maksimum abu dan sedimen yang diperbolehkan masing-masing adalah 0,01% dan 0,05%.

f. Titik nyala

Titik nyala minyak pemanas adalah suhu terendah di mana uapnya akan terbakar saat terkena api terbuka. Bahan bakar diesel memiliki titik nyala rendah, pada 60 derajat Celcius.

g. Titik Tuang

Saat minyak mencapai titik tuangnya, minyak akan mulai membeku dan menjadi tidak dapat bekerja. Suhu terendah di mana bahan bakar diesel dapat dituangkan adalah -15 derajat Celcius.

h. Sifat korosif

Untuk mencegah kerusakan mesin, bahan bakar minyak harus bebas dari asam dan basa.

i. Mutu penyalaan

Kemampuan bahan bakar diesel untuk menyala saat diinjeksi ke udara bertekanan di dalam silinder memunculkan kata "daya nyala". Penyalaan bahan bakar dengan kualitas penyalaan tinggi terjadi hampir seketika, sedangkan penyalaan bahan bakar dengan kualitas penyalaan rendah hanya terjadi setelah penundaan yang signifikan. Untuk digunakan pada mesin berkecepatan tinggi, bahan bakar solar harus memiliki kualitas penyalaan yang tinggi. Jenis pembakaran yang dicapai dari bahan bakar, dan seberapa mudah menghidupkan mesin saat dingin, bergantung pada kualitas pengapian bahan bakar. Pengoperasian motor yang lebih halus dan senyap, terutama pada beban rendah, merupakan akibat langsung dari penggunaan bahan bakar dengan kualitas penyalaan yang tinggi.

j. Bilangan Cetana (Cetane Number)

Indeks Cetana mengkuantifikasi kualitas pengapian. Peringkat cetane sekitar 50 direkomendasikan untuk mesin diesel. Persentase setana dalam alfa-metil naftalena dengan volume yang sama adalah angka setana bahan bakar. Cetane memiliki sifat pengapian yang sangat baik sedangkan alfa-metil naftalena memiliki kemampuan pengapian yang rendah. C48 menandakan bensin mengandung 48% cetane dan 52% alpha-methyl naphthalene.

2.2.8 Unjuk Kerja Motor Diesel

Ada beberapa faktor unjuk kerja yang umum untuk semua motor penggerak mula, diantaranya adalah daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) dan efisiensi thermal dari motor. Namun pada penelitian ini hanya membahas tentang daya, torsi, serta *Sfc*

a. Daya motor

Daya adalah kemampuan usaha untuk memindahkan suatu materi atau benda melawan gravitasi bumi. Iqbal Azizi (dalam Basyirun, Winarno, & Karnowo; (2008).

Rumus daya berdasarkan pada pengujian torsi adalah :

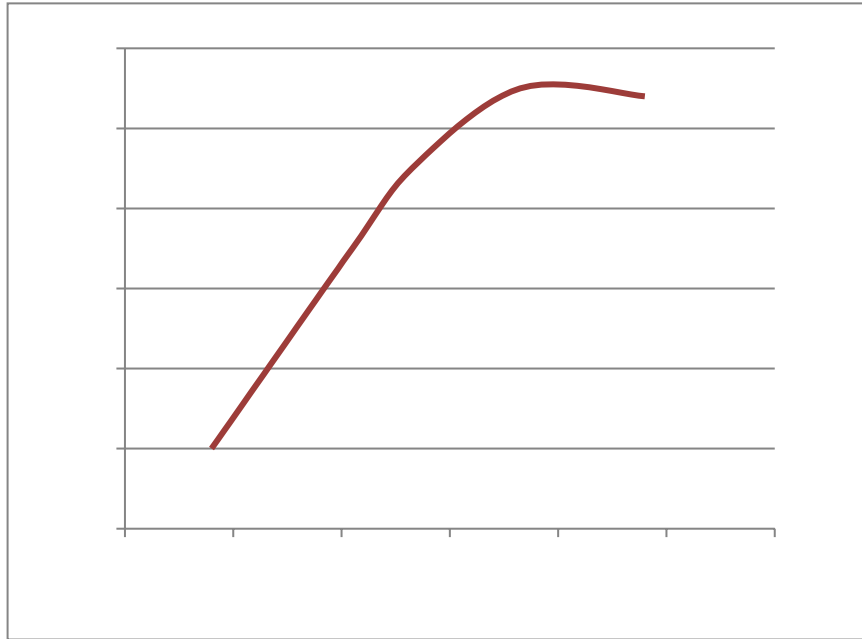
$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60000}$$

Dimana :

T = torsi (Nm)

P = daya (KW)

n = putaran motor (rpm)



Gambar 2.7 Grafik hubungan putaran terhadap daya

Grafik menunjukkan bahwa daya poros lebih kecil dari daya indikator, dan dengan meningkatnya putaran, daya poros juga meningkat, menunjukkan kenaikan daya efektif yang sesuai.

b. Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan *engine* untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Aziz Azaztyo (dalam Basyirun, Winarno, & Karnowo; 2008).

Torsi yang dihasilkan oleh motor dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$T = m \times g \times l \text{ (Nm)}$$

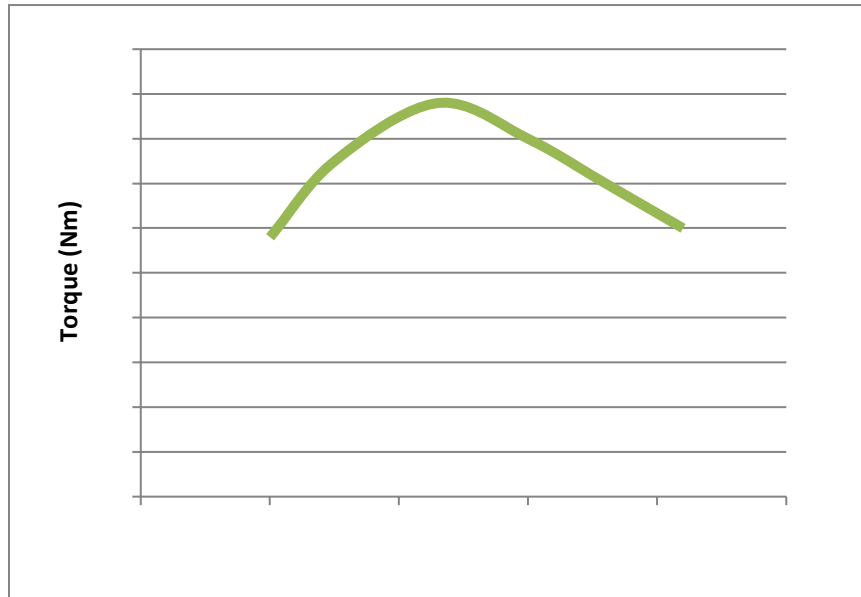
Dimana :

T = torsi

m = masa yang terukur pada dynamometer (kg)

g = percepatan grafitasi (9,81 m/s²)

l = panjang lengan dynamometer (m)



Gambar 2.8 Grafik hubungan putaran terhadap torsi

Grafik tersebut menunjukkan bahwa torsi bertambah dengan meningkatnya putaran (rpm), mencapai maksimum pada rpm tertentu. Ini karena panas yang dihasilkan dari gesekan antara piston dan silinder.

c. Sfc (specific fuel consumption)

Merupakan jumlah bahan bakar persatuan waktu untuk menghasilkan daya sebesar 1 hp. *Iqbal Azizi(dalam Basyirun, Winarno, & Karnowo; (2008)*. Jadi Sfc adalah ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) ditentukan dalam g/PSh atau g/kWh dan lebih umum digunakan dari pada η_{bt} . Besar nilai SFC adalah kebalikan dari pada η_{bt} . Penggunaan bahan bakar dalam gram per jam Ne dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Sfc = \frac{3600 \cdot m_f}{BHP \cdot t} \left[\frac{\text{kg}}{\text{HP} \cdot \text{h}} \right]$$

atau

$$Sfc = \frac{m_f}{P} (\text{kg/KW})$$

Dimana :

Sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/HP.h)

m_f = penggunaan bahan bakar (kg) persatuan waktu

BHP = daya mesin (HP)

t = waktu (detik)

Sedangkan nilai m_f dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

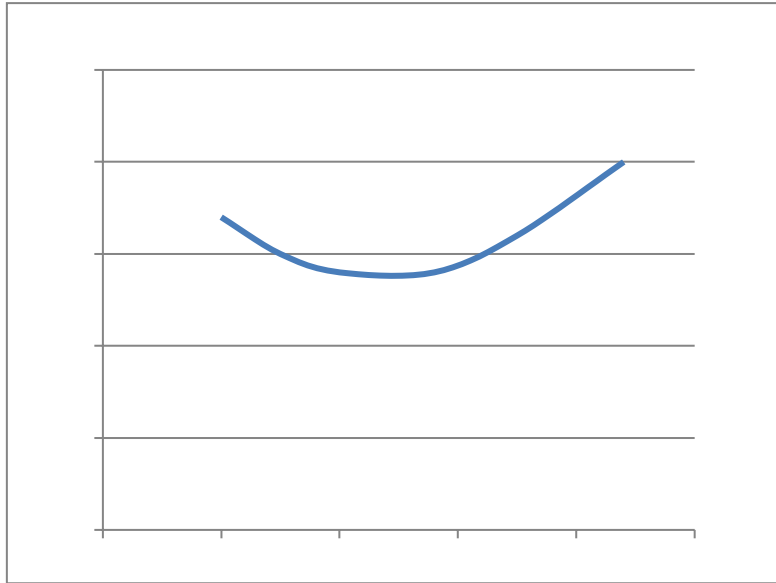
$$m_f = \frac{\rho_{bb}}{1000} \cdot b (\text{kg})$$

Dimana :

m_f = penggunaan bahan bakar (kg) persatuan waktu

b = volume buret (CC)

ρ_{bb} = berat jenis bahan bakar (kg/l)



Gambar 2.9 Grafik hubungan putaran terhadap sfc

Dalam konteks ini, "penggunaan bahan bakar" mengacu pada jumlah putaran/sirkulasi bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan tingkat tenaga tertentu, sedangkan "konsumsi bahan bakar spesifik" mengacu pada berapa banyak bahan bakar yang digunakan per unit putaran.

2.2.9 Minyak Kelapa Sawit (*Dymetil Ester*)

Salah satu kekayaan hayati Indonesia, minyak sawit telah dimanfaatkan secara turun-temurun untuk memenuhi berbagai kebutuhan, termasuk di sektor makanan, obat-obatan, dan manufaktur. Asam laurat, asam lemak yang paling banyak terdapat pada minyak sawit, berfungsi untuk menutrisi dan melindungi tubuh dari gangguan infeksi dan degeneratif (1). Asam kaproat (0,5%), asam kaprilat (8,0%), asam kaprat (6,4%), asam laurat (48,5%), asam miristat (17,6%), asam palmitat (8,4%), asam stearat (2,5%), dan asam oleat (6,5%) dan asam linoleat (1,5%) adalah contoh asam lemak jenuh yang terdapat pada daging kelapa (2). Pada penelitian ini minyak sawit sudah diproses menjadi biodiesel minyak sawit yang siap diaplikasikan sebagai bahan bakar motor diesel, berikut spesifikasi biodiesel minyak sawit lihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 Spesifikasi Biodiesel Sawit

NO	Determination	Unit	Result 1941	Method
1	Specivic gravity 40°C Kinematic Viscosity at 40°C Angka Cetane	gr/cm ³	0.8794	ASTM D. 1298
2	Flash Point	cSt	12.18	ASTM D. 445
3	COCCloud	-	62.4	ASTM D. 613
4	Point	°C	211.0	ASTM D. 92

NO	Determination	Unit	Result 1941	Method
5	Mikro Carbon.	°C	20	ASTM D. 2500
6	Residue Water and Sediment Temp	%wt	0.1323	ASTM D. 4530
7	Distilasi at 90%	%vol	0	ASTM D. 1796
8	Sulfated Ash	°C	-	ASTM D. 1160
9	Sulfur	%wt	0	ASTM D. 874
10	Content	%wt	0.0026	ASTM D. 1266
11	Phosphor	%wt	0.003	ASTM D. 1091
12	Total Acid	Mg KOH/g	0.6987	ASTM D. 664
13	Number Gliserol	%wt	0.0204	AOCS Ca 14-56
14	Bebas Gliserol	%wt	0.2134	AOCS Ca 14-
15	Total Kadar Ester	%	83.2302	56AOCS
16	Alkyl Angka lod	%	38.2693	AOCS
17	Uji Halpen	-	Negatif	AOCS Cb 1-25

Sumber : PT. Bumi Energi Equatorial (PT.BEE).

2.2.10 Bahan Bakar Biodiesel

Biosolar adalah solar yang berasal dari bahan baku tumbuh-tumbuhan seperti kelapa sawit yang menghasilkan minyak goreng. Biosolar lebih ramah lingkungan dan relatif lebih murah dari pada produk solar minyak bumi (pertamina). Biodiesel digunakan sebagai bahan bakar untuk mesin diesel berkecepatan tinggi (yang berputar pada kecepatan lebih dari 100 rpm), dan juga merupakan pilihan populer untuk pembakaran langsung di dapur perumahan, karena kemampuannya menghasilkan pembakaran yang bersih. Detail tentang biodiesel ditunjukkan pada tabel:

Tabel 2.3 Data fisik dan kimia bahan bakar bio solar

NO	Karakteristik	Batasan	
		Minimal	Maksimal
1	Bilangan cetana		
	Angka setana atau	48	-
	Indek setana	45	-

NO	Karakteristik	Batasan	
		Minimal	Maksimal
2	Berat jenis pada 15° C	815 Kg/m ³	870 Kg/m ³
3	<i>Viscositas</i> (pada suhu 40° C)	2,0 mm ² /Sec	5,0 mm ² /Sec
4	Kandungan Sulfur	-	0,35 % m/m
5	Distilas Temperatur 95°	-	370° C
6	Titik nyala	60° C	-
7	Titik ruang	-	18° C
8	Residu karbon	-	0,1% m/m
9	Kandungan air	-	500 mg/Kg
10	<i>Spesific gravity</i>	0,84	0,85
11	Kandungan FAME*)	-	10% V/V
12	Kandungan metanol & etanol	Tak terdeteksi	Tak terdeteksi
13	Korosi lempeng	-	Kelas 1
14	tembaga	-	0,01% Vol
15	Kandungan abu	-	0,01% m/m
16	Kandungan sedimen	-	0 mg KOH/g
17	Bilangan asam kuat	-	0,6 mg KOH/g
18	Bilangan asam total	-	-
19	Partikulat	Jernih&terang	Jernih&ternag
20	Penampilan visual	-	3,0

Sumber : Pertamina 2010

Minyak yang berasal dari kelapa sawit mempunyai kadar lemak jenuh sebesar 51% dan asam lemak tak jenuh 49%. Minyak goreng yang baru dipakai memiliki kandungan asam lemak omega 6 serta energi metabolisme sebesar 8.300 kcal/kg, sedangkan minyak sawit metabolismenya sedikit menurun menjadi 7.430 kcal/kg dengan masa jenis berkisar 0,9 g/cm³. Hanya beberapa keuntungan dari Energi biodiesel yang dihasilkan dari minyak sawit tidak diragukan lagi akan bermanfaat bagi inisiatif konservasi dan kesehatan. Penggunaan biodiesel yang berasal dari minyak sawit memiliki sejumlah manfaat, antara lain yang tercantum di bawah ini:

- a. Dengan titik nyala yang lebih tinggi (minimal 130 °C) dan persyaratan penyimpanan dan penanganan yang sama seperti diesel biasa (minimal 52 °C), ini merupakan alternatif yang lebih aman.
- b. Biodegradable (tidak mencemari lingkungan dan aman) (tidak mencemari lingkungan dan

aman).

- c. Mempertahankan sistem bahan bakar yang bersih sangat penting untuk kendaraan yang menggunakan bensin.
- d. Motor sekarang memiliki pelumasan yang lebih baik.
- e. Emisi kendaraan bermotor harus dikurangi dengan berbagai cara: karbon monoksida (CO), partikulat (PM), hidrokarbon, dan polutan lainnya.

Untuk daerah pedesaan yang memiliki kesulitan keuangan untuk mendapatkan bahan bakar minyak, energi alternatif berbasis kelapa sawit ini adalah solusi yang dapat diterima dan terjangkau. Beberapa perbedaan antara minyak kelapa sawit (biodiesel) dengan solar adalah sebagai berikut:

- a. Angka kualitas pembakaran yang lebih baik adalah ciri khas biodiesel.
- b. Bahan bakar biodiesel menggunakan oksigen untuk menyalakan mesinnya. Oleh karena itu, penerapannya akan menghasilkan lebih sedikit karbon monoksida (CO) dan jelaga hitam (BS) yang dilepaskan ke atmosfer melalui gas buang.
- c. Suhu pengapian yang sangat tinggi (atau "titik nyala") untuk uap biodiesel. Karena alasan ini, biodiesel memiliki risiko kebakaran yang lebih kecil.
- d. Kekurangan belerang karsinogen dan benzena dan dapat terurai di lingkungan. Itu berarti memiliki dampak yang rendah di planet ini.
- e. Meskipun biodiesel memberikan pelumasan yang lebih baik daripada bahan bakar diesel, beralih ke biodiesel dapat membantu mesin bisa bertahan lebih lama.

2.2.11 Palm Kenel Oil

Setelah daging dan cangkang buah tanaman kelapa sawit disingkirkan, yang tersisa adalah minyak dari inti buahnya yang dikenal dengan istilah palm kernel oil (PKO). PKO memiliki kandungan minyak sekitar 50% dan sekitar 5% ALB (asam lemak bebas). Kernel buah kelapa sawit diekstraksi untuk menghasilkan PKO ini, minyak berwarna kuning muda (Anonim, 2009). Persyaratan mutu PKO Indonesia dituangkan dalam Standar Produksi negara SP 10-1975. Kandungan minyak minimum 48%, kadar air maksimum 8,5%, kontaminasi maksimum 4,0%, dan kandungan inti pecah maksimum 1,0% semuanya diperlukan untuk PKO.

15 persen; 40 persen warna; sepersepuluh dari satu persen asam lemak bebas (Anonim, 2009). PKO mengacu pada minyak yang diekstraksi dari inti buah kelapa sawit setelah pulp dan cangkangnya dihilangkan. Seperti minyak biasa, PKO terdiri dari asam lemak yang telah diesterifikasi dengan gliserol. PKO lebih jenuh daripada minyak sawit tetapi sebanding dengan minyak kelapa, dan berbentuk semi-padat pada suhu kamar.

2.2.12 Proses Pengambilan Minyak

Ekstraksi merupakan suatu cara untuk mendapatkan minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak atau lemak. Adapun cara ekstraksi ini bermacam-macam, yaitu rendering (dry rendering dan wet rendering), mechanical expression dan solvent extraction.

2.2.13 Biodiesel

Biodiesel, FAME, dan B100 adalah nama yang berbeda untuk hal yang sama: bahan bakar nabati untuk mesin diesel dan motor yang dibuat dengan mengesterifikasi atau mentransesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani. Mesin diesel dengan "pengapian kompresi" menggunakan Solar/Diesel/B0, bahan bakar distilat.

Campuran xx% volume biodiesel (FAME) dan Solar (Bxx) adalah hal yang umum di industri energi. Green-diesel, juga dikenal sebagai hydrotreated vegetable oil (HVO) atau

D100, adalah minyak hidrokarbon bebas oksigenat yang dihasilkan dari bahan nabati menggunakan sejumlah prosedur pemrosesan yang berbeda dan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Green-gasoline, sering dikenal sebagai bensin nabati atau G100, adalah sejenis bahan bakar minyak yang dirancang untuk digunakan pada kendaraan bermotor roda dua, tiga, atau empat. Hidrokarbon rantai lurus pada bensin nabati berkisar pada bilangan karbon dari C5 (petana) hingga C11, dan memiliki Research Octane Number (RON) minimal 90.

Bioavtur, biojet, Jet-Biofuel, atau J100 adalah bahan bakar alternatif untuk pesawat bermesin turbin yang terbuat dari sumber nabati terbarukan dengan menggunakan berbagai prosedur pengolahan yang berbeda.