

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 LANDASAN TEORI

2.1.1 Pengertian Mesin Diesel

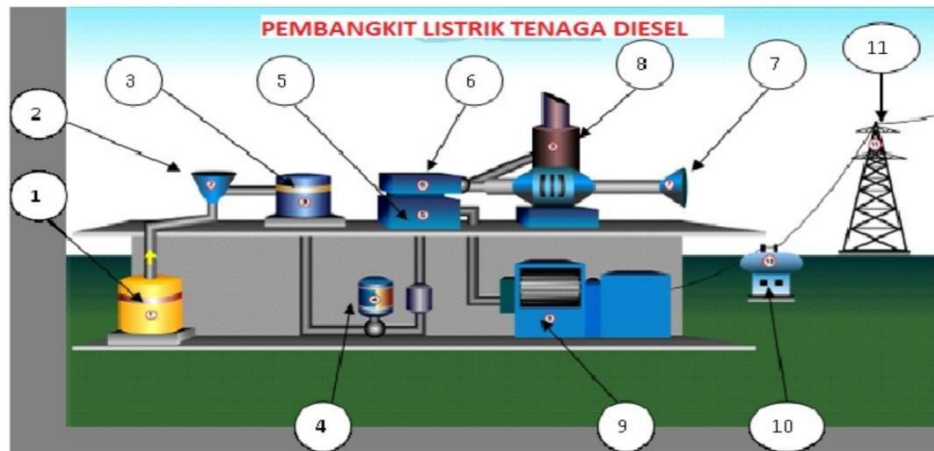
Mesin diesel merupakan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang bekerja berdasarkan prinsip penyalan sendiri (*self ignition*) akibat temperatur tinggi hasil proses kompresi udara di dalam ruang bakar. Mesin ini ditemukan oleh Rudolf Diesel pada tahun 1893 sebagai solusi atas kebutuhan mesin dengan efisiensi lebih tinggi dibanding mesin uap dan mesin bensin pada masa itu.

Berbeda dengan mesin bensin yang menggunakan busi sebagai pemantik api, mesin diesel tidak memerlukan sistem pengapian eksternal. Bahan bakar akan terbakar secara spontan ketika diinjeksikan ke dalam udara yang telah dikompresi hingga mencapai tekanan dan temperatur tinggi. Prinsip ini menjadikan mesin diesel memiliki rasio kompresi lebih tinggi dibanding mesin bensin, sehingga menghasilkan efisiensi termal yang lebih baik.



Gambar 2.1 Mesin Pembangkit

2.1.2 Bagian PLTD dan Siklus PLTD



Gambar 2.2 Bagian PLTD dan Siklus PLTD

Dari gambar di atas dapat kita lihat bagian-bagian dari Pembangkit Listrik Tenaga Dies

1. Tangki penyimpanan bahan bakar

Tangki Penyimpanan Bahan Bakar (*Fuel Storage Tank*) pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) adalah komponen krusial yang berfungsi untuk menampung stok bahan bakar (biasanya HSD - *High Speed Diesel* atau MFO - *Marine Fuel Oil*) dalam jumlah besar sebelum didistribusikan ke mesin diesel. Tangki ini memastikan keberlangsungan operasional PLTD, terutama jika pasokan bahan bakar dari luar terhambat, dan umumnya dirancang untuk kapasitas penyimpanan harian hingga beberapa minggu.



Gambar 2.3. Tank BBM

2. Penyaring bahan bakar.

Penyaring bahan bakar (*fuel filter*) pada PLTD berfungsi krusial untuk menyaring kotoran padat (debu, karat), partikel, dan memisahkan kandungan air dari bahan bakar diesel sebelum masuk ke injektor. Komponen ini melindungi sistem pembakaran, mencegah kerusakan dini pada mesin, dan memastikan mesin diesel bekerja maksimal.

\



Gambar 2.4. Filter Bahan bakar

3. Tangki penyimpanan bahan bakar sementara (bahan bakar yang disaring).

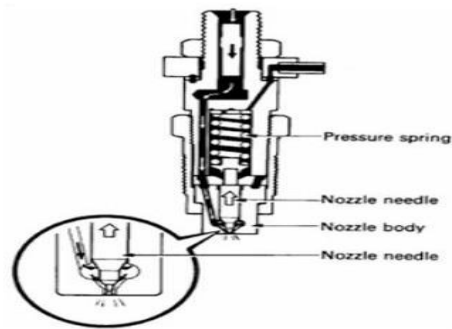
Tangki penyimpanan bahan bakar sementara di PLTD berfungsi menampung bahan bakar solar yang sudah disaring bersih sebelum dialirkan ke mesin diesel. Tangki ini menstabilkan suplai bahan bakar ke pengabut (*nozzle*) dan memastikan kotoran/air tidak menyumbat aliran, sehingga pembakaran tetap efisien.



Gambar 2.5 Tanki Harian

4. Pengabut (nozel)

Pengabut (*nozzle*) pada PLTD (Pusat Listrik Tenaga Diesel) adalah komponen krusial dalam sistem bahan bakar yang berfungsi mengatomisasi bahan bakar solar menjadi kabut halus dan menyembrotkannya ke ruang bakar pada akhir langkah kompresi. Ini memastikan campuran udara-bahan bakar yang homogen untuk pembakaran efisien, sering disebut juga sebagai injektor



Gambar 2.6 Nozle

5. Mesin diesel.

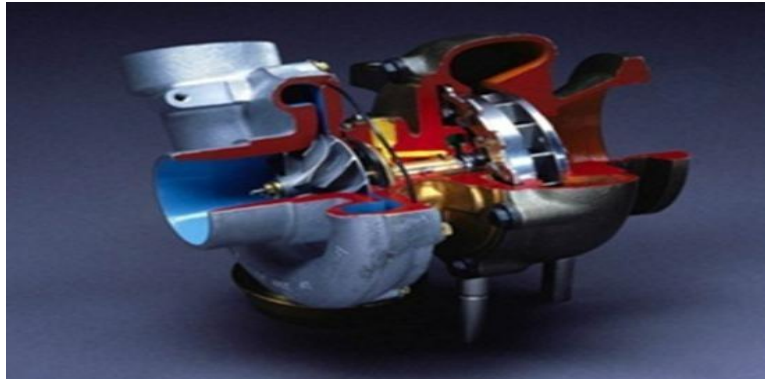
Mesin diesel pada Pembangkit Diesel berfungsi sebagai penggerak mula (*prime mover*) yang mengubah energi kimia bahan bakar (solar/B30) menjadi energi mekanik (putaran) untuk menggerakkan generator. Mesin ini bekerja dengan prinsip pembakaran kompresi di dalam silinder, menghasilkan tenaga besar untuk memutar rotor generator listrik.



Gambar 2.7 Mesin Diesel

6. Turbo charger

Turbocharger pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel adalah perangkat krusial yang meningkatkan efisiensi dan tenaga mesin diesel dengan memaksa lebih banyak udara ke dalam ruang bakar, memanfaatkan energi gas buang. Sistem ini terdiri dari turbin dan kompresor (*blower*) dalam satu poros, yang menaikkan tekanan dan densitas udara untuk hasil pembakaran yang lebih optimal.



Gambar 2.8 Turbo Charger

7. Penyaring gas pembuangan.

Penyaring gas pembuangan (*exhaust gas silencer/filter*) pada PLTD berfungsi untuk menyaring gas kotor, mengurangi kebisingan, dan meminimalisir emisi berbahaya hasil pembakaran mesin diesel sebelum dilepas ke lingkungan. Komponen ini penting untuk kesehatan dan menjaga agar emisi gas rumah kaca, tidak mencemari lingkungan



Gambar 2.9 Penyaring Gas Buang

8. Tempat pembuangan gas (bahan bakar yang disaring)

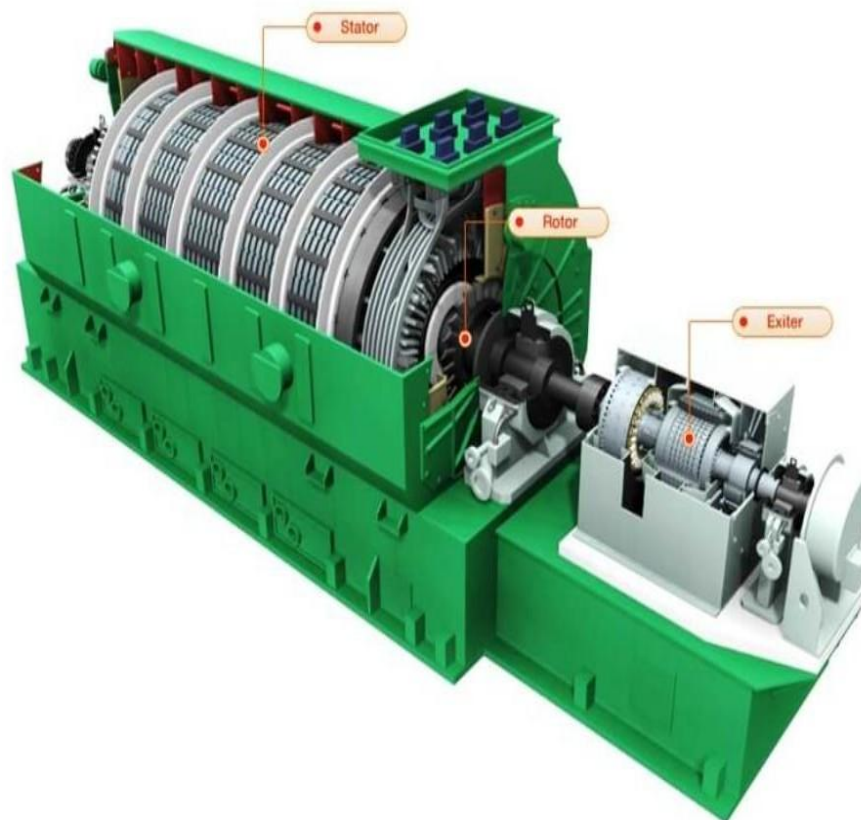
Tempat pembuangan gas sisa hasil pembakaran bahan bakar (gas buang) pada PLTD adalah sistem knalpot atau saluran buang (*exhaust system*) yang dilengkapi dengan penyaring gas buang. Sistem ini menyaring kotoran dari hasil pembakaran sebelum gas dilepaskan ke atmosfer, seringkali melewati *turbocharger* terlebih dahulu



Gambar 2.10 Keluar Gas Buang

9. Generator

Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) berfungsi mengubah energi mekanik (putaran) dari mesin diesel menjadi energi listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik. Komponen ini krusial untuk menyuplai listrik utama atau cadangan dengan cara memotong medan magnet menggunakan penghantar, menghasilkan gaya gerak listrik (*voltase*)



Gambar 2.11 Generator

10. Trafo.

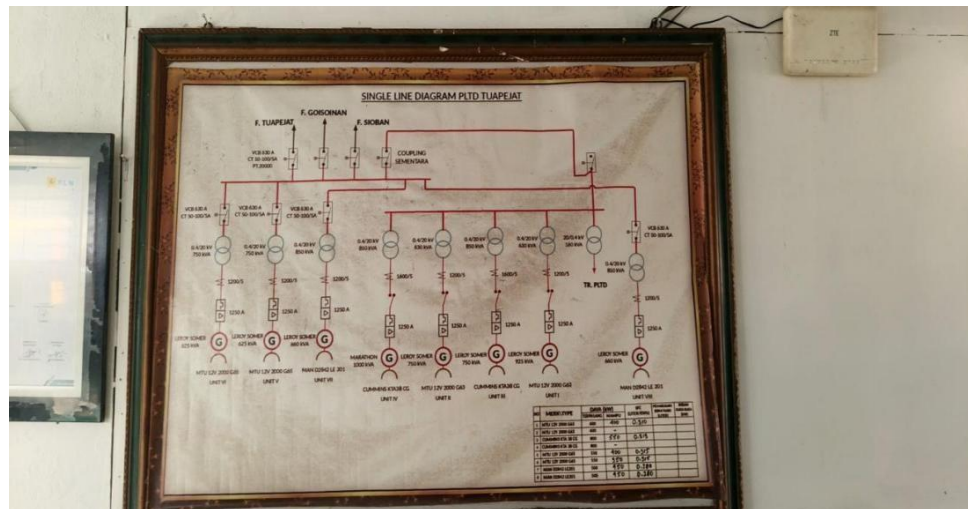
Trafo pada PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) utamanya berfungsi sebagai trafo *step-up* untuk menaikkan tegangan rendah (biasanya 380V-400V) dari generator diesel menjadi tegangan menengah (contoh: 20 kV) untuk efisiensi distribusi ke jaringan transmisi atau konsumen. Trafo ini menjadi jantung distribusi yang mengubah energi listrik agar sesuai kebutuhan transmisi



Gambar 2.12 Trafo Step UP

11. Saluran transmisi.

Saluran distribusi pada PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) adalah sistem penyaluran energi listrik dari generator diesel ke konsumen melalui jaringan tegangan menengah (primer) dan tegangan rendah (sekunder). Prosesnya melibatkan penurunan tegangan oleh trafo distribusi agar sesuai untuk penggunaan rumah tangga atau industri, biasanya menggunakan kabel udara atau tanah



Gambar 2.13 Jaringan Distribusi

2.2 Pengoperasian PLTD

2.2.1 Persiapan 1 Jam Mesin Akan Beroperasi

- Periksa sistem suplai DC, periksa dan tambah air battery (ACU) bila kurang, hidupkan saklar- saklar *charge battery*, suplai DC, test lampu control, test alarm.
- Periksa Pelumas, carter mesin, bila kurang tambah.
- Periksa pompa-pompa Listrik
- Periksa Bahan Bakar, tambah minyak ditangki harian bila kurang atur katup2 nya pada posisi operasi

- e. Periksa air radiator, tambah air radiator bila kurang
- f. Periksa lepas PMT penyulang (*Circuit Breaker*) posisi OFF
- g. Mesin siap di start
- h. Bila persiapan tidak ada tanda-tanda gangguan dan pada lampu control dipanel dan muncul pesan ready start, maka mesin dapat di start

2.2.2 Start Mesin

- a. Buka katup udara start dari botol udara (bila start nya pakai udara), kaluar start pakai battery hubungkan kabel motor start ke battreary.
- b. Tekan tombol start/putar key. mesin berputar dengan putaran (idle speed), biarkan selama $\pm 10 - 15$ menit guna pemerataan pelumas
- c. Saat masih berada pada putaran idle dapat dinaikan putaran mesin secara bertahap dan beri kesempatan mesin untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan temperature
- d. Pada saat ini lakukan pula pemeriksaan kondisi mesin dan generator.
- e. Setelah berada pada putaran nominal dan mesin ada pada kondisi normal, mesin siap dibebanka, pembebanan dapat dilakukan dengan cara:
 - 1. SPD beroperasi parallel
 - 2. SPD beroperasi sendiri

2.2.3 Memparalel / Membebani

- a. Syarat Syarat Paralel

Untuk melakukan pembebanan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a) Tegangan generator harus sama di busbar
- b) Frekuensi / HZ harus sama di busbar
- c) Urutan phasa RST harus sama dengan Phasa di Busbar

b. Procedure Paralel

Parameter dan peralatan yang digunakan untuk melakukan parallel terdiri

- a. *Switch exitasi*
- b. Kunci Synchron
- c. Lampu Synchron
- d. *Double voltmeter*
- e. *Double frequency meter*
- f. Nol vol meter
- g. Synchronoscope

Masukan swith *Synchron*, jarum *synchronoscope* akan berputar arah jarum jam secara pelan dan jarum *synchronoscope* akan berputar perlahan mendekati garis nol CB akan on bila otomatis dan di onkan bila manual.

2.2.4 Pemeriksaan Dan Pengendalian Monitoring

1. Pemeriksaan.

- a. Lakukan pemeriksaan dan pencatatan semua parameter operasi yang meliputi tekanan,temperature,getaran, suara,bau dan lampu control setiap 1 jam.
- b. Mengamati dan memeriksa perbedaan tekanan dan temperature pada sistem pelumasan, sistem air pendingin, sistem bahan bakar dan lakukan Tindakan preventif bilamana terdapat gejala kelainan yang dapat membahayakan mesin pembangkit.
- c. Melakukan pencatatan semua parameter operasi secara berkala kedalam longsheat untuk dijadikan bahan evaluasi lebih lanjut.
- d. Yakinkan bahwa kondisi operasional mesin pembangkit dan sekitarnya menjamin keselamatan SDM dan peralatan serta mengambil Tindakan pengamanan apabila ada gejala yang mengganggu keselamatan dan kelancaran operasional mesin pembangkit.
- e. Operator mencatat dan melakukan patrol check untuk memantau

kondisi unit dan peralatan operasi PLTD dicatat atau dilaporkan sesuai formulir dokumen

2. Pengendalian Monitoring

- a. Naikan beban secara bertahap dengan menambah putaran mesin atau memutar Speed control
- b. Atur tegangan sesuai dengan tegangan Generator dan CosPhi dengancara menambah/menurunkan Dimana CosPhi berada diantara 0,8s/d0,85 posisi induktif bila mesin beroperasi dalam keadaan parallel.
- c. Catat semua parameter yang ada dipanel control dan mesin setiap 1jam. Kw, *Ampmeter*, *Voltage*, *CosPhi*, Kwhmeter, tekanan pelumas, temperature pelumas, temperature air pendingin, temperature gas buang dan parameterlainnya kalua ada.
- d. Pembebanan mesin tidak boleh lebih dari parameter yang sudah ditentukan pada mesin itu sendiri.
- e. Mesin dalam beroperasi tidak boleh ditinggalkan segala kejadian yang terjadi saat beroperasi dilaporkan dan dicatat pada buku laporan.

2.2.5 Mematikan Mesin Atau Shutdown

Mematikan mesin ada dua bagian yaitu:

1. Mematikan mesin kondisi normal
 - a. Turunkan beban mesin secara perlahan dan bertahap yang diikuti dengan pengaturan tegangan maupun frekuensi.
 - b. Setelah beban mendekati nol lebih kurang 10% dari daya mampu CB generator dapat dilepas (OFF)
 - c. Setelah beban dilepas lakukan running selama kurang lebih 15 menit.
 - d. Setelah 15 menit, *auxiliaries* akan stop secara otomatis.
 - e. Stop pompa minyak bila ada.
2. Stop mesin dalam kondisi *Emergency*

Dalam kondisi *emergency* mesin harus segera dihentikan (stop) untuk menghindari kerusakan yang lebih fatal. Langkah kerja dan Tindakan yang

perlu dilakukan.

- a. Pindahkan beban mesin ke mesin yang lain bila mesin berbeban
- b. Stop mesin dengan emergency stop
- c. lakukan pemeriksaan apa yang menyebabkan mesin distop emergency

2.2.6 Pembuatan Laporan

1. Hasil pelaksanaan pengoperasian mesin pembangkit harus ditulis didalam lembar laporan sebagaimana format tersedia.
2. Data-data perusahaan yang meliputi kWh, pemakaian bahan bakar minyak, pemakaian minyak pelumas, jam kerja mesin, jam start mesin dan stop harus dengan jelas.
3. Penyimpangan yang terjadi selama operasi harus dilaporkan dan ditulis dengan jelas pada laporan harian PLTD sehingga dapat dijadikan bahan evaluasi untuk penanganan lebih lanjut.



Gambar 2.14 Pembuatan Laporan

2.3 Prinsip Kerja Mesin Diesel Empat Langkah

Sebagian besar mesin diesel pada pembangkit listrik menggunakan sistem empat langkah (*four-stroke cycle*), yaitu:

1. Langkah Hisap (*Intake Stroke*)

Katup masuk terbuka dan piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB), sehingga udara murni masuk ke dalam silinder.



Gambar 2.15 Langkah Hisap

2. Langkah Kompresi (*Compression Stroke*)

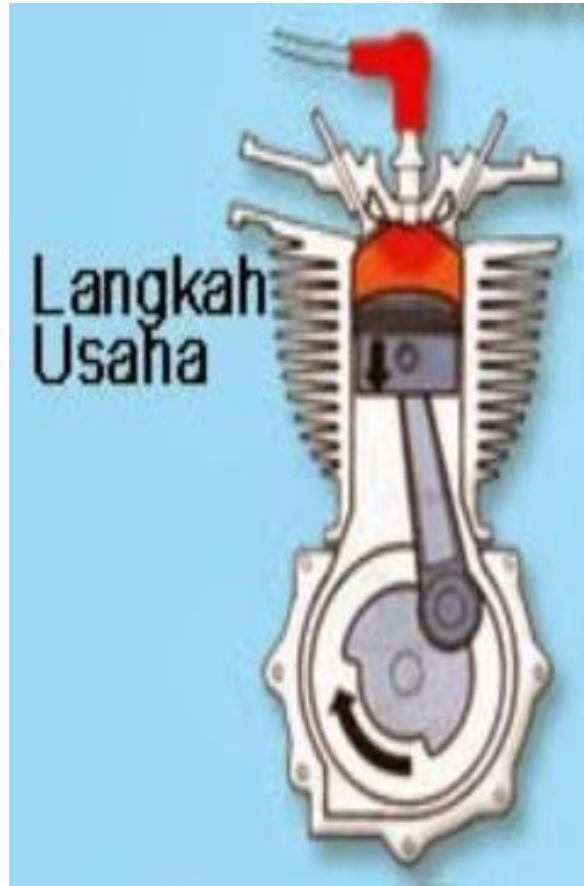
Kedua katup tertutup dan piston bergerak dari TMB ke TMA, mengompresi udara hingga tekanan sangat tinggi ($\pm 30\text{--}50$ bar). Temperatur udara dapat mencapai lebih dari 500°C .



Gambar 2.16 Langkah Kompresi

3. Langkah Usaha (*PowerStroke*)

Pada akhir langkah kompresi, bahan bakar diinjeksikan melalui nozzle injector. Karena suhu udara sangat tinggi, bahan bakar terbakar secara spontan dan menghasilkan tekanan besar yang mendorong piston ke bawah.



Gambar 2.17 Langkah Usaha

4. Langkah Buang (*Exhaust Stroke*)

Katup buang terbuka dan piston bergerak ke atas untuk mendorong gas sisa pembakaran keluar dari silinder.

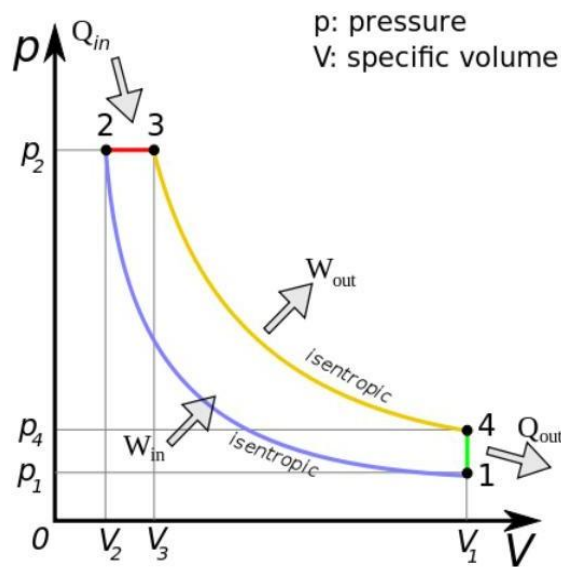
Siklus ini berlangsung secara kontinu dan menghasilkan energi mekanik yang diteruskan ke poros engkol (*crankshaft*) untuk memutar generator listrik.



Gambar 2.18 Langkah Buang

2.3.1 Siklus Diesel

Siklus Diesel adalah siklus yang digunakan pada mesin yang membakar bahan bakar di dalam ruang silinder (mesin bakar dalam) dan didorong oleh torak. Mesin Diesel menerapkan penyalan pada tekanan yang tetap, sehingga dapat dilakukan analisis untuk memahami kerja yang dilakukan oleh mesin torak. Secara ideal, siklus Diesel dapat digambarkan pada ilustrasi berikut ini.



Gambar 2.19 Siklus Diesel Ideal

Sumber : <https://mohamadhadiwijaya.wordpress.com/2019/09/21/cara-kerja-mesin-diesel/>

Pada motor bakar torak yang mempergunakan busi menyala/membara pada mesin gas dapat diuraikan siklus kerjanya, yaitu:

1. 1-2: Langkah kompresi, udara dan bahan bakar yang telah mengisi ruang bakar dimampatkan/ditekan, sehingga udara dan bahan bakar menjadi bertekanan langkah ini bergerak dari TMB menuju ke TMA
2. 2-3: Langkah penyalan, udara dan bahan bakar akan mengalami pembakaran dengan busi membara, sehingga udara dan bahan bakar akan berubah menjadi energi panas.

3. 3-4: Langkah ekspansi, energi panas hasil pembakaran antara udara dan bahan bakar dengan menggunakan busi membara dimanfaatkan untuk mendorong torak. Langkah ekspansi bergerak dari TMA menuju ke TMB. Pergerakan bolah balik torak ditransfer menjadi gerakan berputar oleh batang penghubung.
4. 4-1 : Langkah pengeluaran panas, energi panas yang telah melakukan langkah ekspansi dibuang menuju lingkungan. Pada proses siklus Diesel secara ideal dapat dijabarkan langkah-langkah kerja torak yang terjadi, yaitu sebagai berikut :

1. Langkah Kompresi

Pada langkah kompresi udara dan bahan bakar ditekan dan ruang bakar menjadi kecil, sehingga untuk proses perhitungan di dalam langkah ini adalah:

$$= P$$

2. Langkah Penyalaan

Pada langkah ini pembakaran antara udara dan bahan bakar (gas metan) mengalami pembakaran, sehingga terjadi pemanasan masuk di dalam sistem. Adapun proses perhitungan ini

$$n = h_3 - h_2 = p (3 - 2)$$

3. Langkah Ekspansi

Pada langkah ini, torak bergerak dari TMA menuju ke TMB untuk melakukan langkah ekspansi, sehingga kerja yang diperoleh adalah:

$$= P$$

4. Langkah Pengeluaran

Pada langkah ini, panas yang telah melakukan kerja akan di keluarkan melalui lubang pembuangan. Adapun proses kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$$u = v (4 - 1)$$

Effisiensi dari siklus kerja mesin gas dengan siklus ideal dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\eta_{\text{th diesel}}^{ne} = 1 - \frac{u}{n} = 1 - \frac{(4-1)}{(3-2)}$$

Untuk mengetahui MEP (*Mean Effective Pressure*) tekanan efektif dari siklus adalah:

$$W_{\text{net}} = EP_{\text{us}} P_{\text{sn}} n g h$$

$$= EP_{\text{pe}} n h n u e$$

$$MEP = \frac{ne}{-n} = \frac{ne}{v - v_n}$$

2.3.2 Parameter Kinerja Mesin Diesel

Dalam analisis performa mesin diesel pada pembangkit listrik, beberapa parameter utama yang digunakan antara lain:

1. Daya Efektif (*Brake Power / Ne*)

Daya nyata yang dihasilkan pada poros mesin dan digunakan untuk memutar generator.

2. Torsi (*Torque*)

Gaya puntir yang dihasilkan poros engkol akibat tekanan pembakaran dalam silinder.

3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption / SFC*)

Menunjukkan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya tertentu (g/kWh atau kg/kWh).

$$S = \frac{1}{P}$$

4. Efisiensi Termal (*Thermal Efficiency*)

Perbandingan antara energi mekanik yang dihasilkan dengan energi kimia dari bahan bakar.

5. *Heat Rate*

Besarnya energi bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kWh

energi listrik.

Parameter-parameter tersebut menjadi indikator utama dalam menilai kondisi performa mesin diesel di pembangkit seperti PLTD Tuapejat

2.3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Mesin Diesel

Kinerja mesin diesel tidak selalu konstan dan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain:

- a. Kualitas bahan bakar (nilai kalor, kandungan sulfur, viskositas)
- b. Tekanan dan waktu injeksi bahan bakar
- c. Kondisi sistem pendingin
- d. Sistem pelumasan
- e. Kondisi ruang bakar dan injector
- f. Beban operasi mesin

Pada pembangkit listrik, pengoperasian mesin pada beban parsial dalam waktu lama dapat menyebabkan penurunan efisiensi dan peningkatan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, evaluasi kinerja secara berkala sangat penting untuk menjaga keandalan unit.

2.3.4 Aplikasi Mesin Diesel pada Pembangkit Listrik

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), mesin diesel berfungsi sebagai *prime mover* yang menggerakkan generator sinkron untuk menghasilkan energi listrik. Keunggulan mesin diesel pada pembangkit antara lain:

- a. Waktu start yang relatif cepat
- b. Cocok untuk sistem beban puncak (*peak load*)
- c. Fleksibel terhadap variasi beban
- d. Instalasi lebih sederhana dibanding turbin uap

Namun demikian, biaya bahan bakar yang tinggi serta emisi gas buang menjadi tantangan dalam operasionalnya, sehingga analisis efisiensi dan optimasi performa menjadi aspek penting dalam penelitian ini.

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

PLTD adalah instalasi pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama untuk menghasilkan Energi Listrik. Mesin diesel bekerja berdasarkan prinsip siklus diesel dengan komponen utama berupa *engine*, generator, sistem bahan bakar, sistem pendingin, dan sistem pelumasan. Mesin diesel mengubah energi kimia dari bahan bakar solar menjadi energi mekanik yang kemudian digunakan untuk memutar rotor generator, menghasilkan listrik. Pada dasarnya PLTD sering digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam skala kecil, seperti daerah terpencil atau pedesaan dan salah satunya adalah Tua Pejat Kepulauan Mentawai.

Pada mulanya PLTD di kepulauan mentawai terbagi bagi dari beberapa desa, dimana mesin mesin PLTD di tempatkan pada masing masing desa, setiap desa memiliki mesin PLTD dengan kemampuan daya mesin berbeda beda, mulai dari 400 kVA hingga 1000 kVA, pada akhirnya tahun 2014 semua PLTD di sentralkan di Tuapejat, dan PLTD yang ada di desa Sioban di Non Aktifkan, Pada saat ini PLTD sendiri dapat menghasilkan Daya Listrik sebesar 3MW, adapun beban Puncak dari PLTD Tuapejat sendiri adalah 2,2 MW.

PLTD di kepulauan mentawai saat ini menggunakan bahan bakar B40, B40 sendiri adalah bahan bakar dari campuran 40% bahan bakar nabati (BBN) berbasis minyak sawit dengan 60% bahan bakar solar, bahan bakar ini mulai di terapkan di PLTD Tua pejat pada 1 Januari 2025, B40 ini menggantikan bahan bakar sebelumnya yaitu B35, Biodiesel (B35) adalah bahan bakar alternatif yang yang dirancang khusus untuk mesin Diesel, dimana penggunaan 65% bahan bakar fosil dan 35% FAME.

Minyak FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) berasal dari minyak nabati mentah yang kaya akan fatty acid (asam lemak) dengan kadar 61-62%. FAME adalah bahan turunan dari CPO (*Crude Palm Oil*) yang telah melalui proses pengolahan secara fisika dan

kimia, FAME yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi yaitu dengan menggunakan basa kuat atau asam kuat sebagai katalis

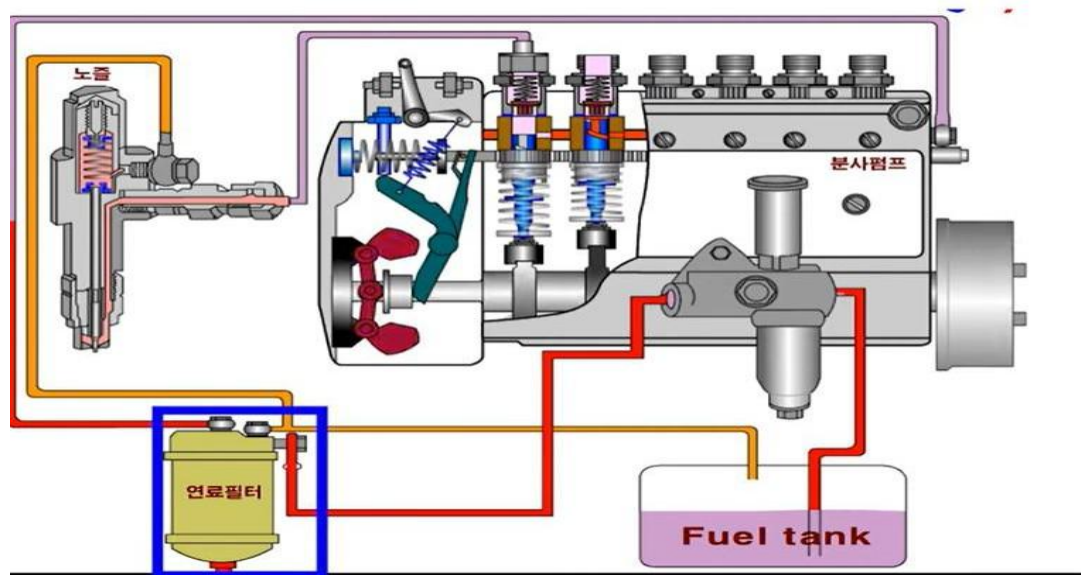
Bahan bakar berbasis Campuran Biomassa sendiri pertama kali diterapkan pada 1 september 2018, Pemerintah Indonesia pertama kali mewajibkan penggunaan B20 (campuran 20% biodiesel dengan 80% bahan bakar solar) secara mandatori untuk seluruh sektor—baik PSO (*Public Service Obligation*) maupun non-PSO dan dilanjutkan dengan penggunaan B30 pada 23 desember 2019 dan di implementasikan pada 1 januari 2020, karna ini merupakan mandatori, maka PLN sebagai Usaha yang sahamnya 100% (seratus persen) di miliki oleh pemerintah, PLN secara otomatis menerapkan hal ini pada Pembangkit pembangkit diesel di bawah naungan PLN, selanjutnya penggunaan B35 di tetapkan pada 1 februari 2023, B35 sendiri juga di gunakan di PLTD tua pejat smpai Akhir 2024, tepatnya 31 desember 2024 dan sekarang PLTD tuapejat menggunakan B40 sebagai bahan bakar pembangkitan



Gambar 2.20 Mesin PLTD

2.4.1 Sistem Bahan Bakar PLTD

Bahan bakar utama Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) adalah bahan bakar minyak (BBM) jenis solar, khususnya *High Speed Diesel* (HSD). Namun saat ini, PLN memaksimalkan penggunaan campuran biodiesel, seperti B40 (40% biodiesel sawit, 60% solar), untuk efisiensi dan ramah lingkungan.



Gambar 2.21 Sistem Bahan Bakar

Komponen dan Proses Sistem Bahan Bakar PLTD:

1. Tangki Penyimpanan (Storage Tank): Tempat menampung solar/biodiesel (B35) dalam jumlah besar.
2. Pompa Transfer: Memindahkan bahan bakar dari tangki utama ke tangki harian.
3. Tangki Harian (Daily Tank/Service Tank): Menyimpan bahan bakar sementara sebelum masuk ke mesin, biasanya disaring terlebih dahulu.
4. Filter Bahan Bakar (Fuel Filter): Menyaring kotoran dan air dari bahan bakar agar tidak merusak injektor.

5. Pompa Injeksi (Injection Pump): Menaikkan tekanan bahan bakar agar dapat diinjeksikan.
6. Injektor/Nozzle: Mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan tekanan tinggi (150-300 atm) pada suhu tinggi, menghasilkan pembakaran yang menggerakkan piston.

2.4.2 Bahan Bakar Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono--alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbaru seperti minyak hewan, minyak kedelai, minyak kanola, minyak kelapa sawit, jarak, kemiri, palem ekor rubah, tanaman lignoselulosa, limbah pertanian, dan alga

Sebuah proses dari transesterifikasi lipid digunakan untuk mengubah minyak dasar menjadi ester yang diinginkan dan membuang asam lemak bebas. Setelah melewati proses ini, tidak seperti minyak sayur langsung, biodiesel memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan diesel (*solar*) dari minyak bumi, dan dapat menggantikannya dalam banyak kasus. Namun, dia lebih sering digunakan sebagai penambah untuk diesel petroleum, meningkatkan bahan bakar diesel petrol murni ultra rendah belerang yang rendah pelumas.

Biodiesel merupakan kandidat yang paling baik untuk menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama dunia, karena biodiesel merupakan bahan bakar terbaru yang dapat menggantikan diesel petrol di mesin sekarang ini dan dapat diangkut dan dijual dengan menggunakan infrastruktur zaman sekarang.

PLTD di kepulauan mentawai saat ini menggunakan bahan bakar B40, B40 sendiri adalah bahan bakar dari campuran 40% bahan bakar nabati (BBN) berbasis minyak sawit dengan 60% bahan bakar solar, bahan bakar ini mulai di terapkan di PLTD Tua pejat pada 1 Januari 2025, B40 ini menggantikan bahan bakar sebelumnya yaitu B35, Biodiesel (B35)

adalah bahan bakar alternatif yang yang dirancang khusus untuk mesin Diesel, dimana penggunaan 65% bahan bakar fosil dan 35% FAME.



Gambar 2.22 Biodiesel B40 dan B35

2.4.3 Karakteristik Utama Biodiesel B35 vs B40

- a. Komposisi & Emisi: B40 mengandung lebih banyak minyak nabati (40%) daripada B35 (35%). Hal ini membuat emisi gas buang B40 lebih rendah, dengan penurunan nilai opasitas sekitar 4,6% dibandingkan B30.
- b. Performa Mesin: B40 mampu meningkatkan daya dan *Brake Mean Effective Pressure* (BMEP) secara signifikan dibanding B35. Namun, viskositas B40 yang lebih tinggi menyebabkan penundaan penyalaan yang lebih lama ($0,92^{\circ}$ CA).
- c. Konsumsi Bahan Bakar: Konsumsi spesifik bahan bakar (SFC) pada B40 sedikit lebih tinggi (sekitar 0,60%) dibandingkan B35, yang berarti potensi sedikit lebih boros.
- d. Karakteristik Fisik: B40 memiliki sifat *higroskopis* (mudah menyerap air) dan potensi korosif yang sedikit lebih tinggi daripada B35.

- e. Deposit Mesin: B40 berpotensi menyebabkan lebih banyak endapan/kotoran pada injector saat mesin mati karena kandungan minyak nabati yang lebih tinggi.
- f. Kestabilan: B35 umumnya lebih stabil untuk penggunaan harian saat ini, sementara B40 memerlukan pengujian dan penyesuaian sistem bahan bakar yang lebih ketat, terutama untuk mencegah penyumbatan filter.
- g. Memiliki Densitas 0,88 kg/l pada suhu 20°C sedangkan minyak diesel konvensional (HSD) memiliki densitas 0,83 kg/l pada suhu yang sama, sehingga tidak disarankan penggunaan separator pada suhu dibawah 20°C.
- h. Minyak FAME memiliki viskositas 7,5 mm²/s pada suhu 20°C sedangkan diesel konvensional (HSD) memiliki viskositas 5,0 mm²/s pada suhu 20°C, sehingga menambah beban kerja dari *delivery Pump* pada suhu dibawah 20°C
- i. Hasil reaksi kimia pada FAME menghasilkan Gliserol bebas yang mengganggu pada fungsi kerja dari Filter Solar.

BIODIESEL

Biodiesel adalah bahan bakar ramah lingkungan dari sumber terbarukan (minyak nabati) yang mengurangi emisi gas rumah kaca dan sulfur. Keunggulannya meliputi pelumasan mesin yang lebih baik, keamanan penyimpanan, dan penggunaan langsung pada mesin diesel tanpa modifikasi besar. Namun, kekurangannya adalah viskositas tinggi yang bisa menyumbat filter, titik beku tinggi, potensi emisi NOx lebih tinggi, dan biaya produksi yang lebih mahal.



Gambar 2.23 Biodiesel

Sumber dan Jenis Biodiesel

Sesuai pengertiannya, biodiesel bersumber dari minyak nabati dan hewani. Tidak seperti bioetanol yang menghasilkan kandungan seragam meski berbeda bahan baku, sumber bahan baku biodiesel bakal menentukan sifat kimia yang berbeda satu dengan yang lainnya.

Sebagai catatan, ada dua pembagian bahan-bahan olahan diesel. Pembagian itu berdasarkan dari macam lemak/minyaknya, yakni lemak pangan (*edible fatty oil*) atau lemak non-pangan (*non edible fatty oil*).

Sumber olahan biodiesel dari bahan pangan di antaranya kacang, sawit, kelapa, kacang, kelor, saga utan, kasumba/kembang pulu, dan lain sebagainya.

Adapun sumber non-pangan di antaranya kemiri, nimba, kapok, jarak pagar, nyamplung, kesambi, randu alas, jarak gurita, jarak landi, dan lain sebagainya.

Sementara minyak nabati atau golongan lemak nabati adalah contoh tanaman yang dapat dengan mudah ditanam dan tumbuh di sekitar kita. Penggunaan bahan baku dari tumbuhan lebih dominan dan sudah digunakan untuk skala industri.

Biodiesel dari minyak kelapa sawit menjadi salah satu bahan baku yang cukup produktif.

2.4.4 Keunggulan dan Kekurangan Biodiesel

Keunggulan Biodiesel

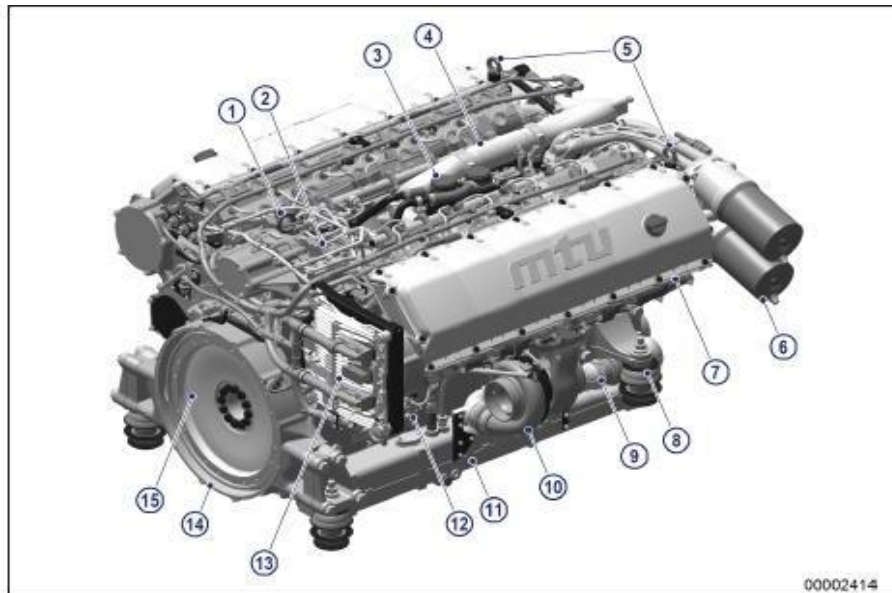
1. Ramah Lingkungan: Menghasilkan emisi karbon monoksida dan rumah kaca yang jauh lebih rendah (hingga 86% lebih sedikit) dibandingkan solar konvensional.
2. Terbarukan & Berkelanjutan: Berasal dari minyak nabati (kelapa sawit, jarak, dll.), membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.
3. Pelumasan Tinggi: Memiliki kemampuan melumasi mesin yang lebih baik, sehingga dapat memperpanjang umur mesin.
4. Aman dalam Penyimpanan: Memiliki titik nyala yang lebih tinggi
5. dibandingkan solar biasa, membuatnya lebih aman dari risiko terbakar.
6. Kompatibilitas Mesin: Dapat digunakan pada mesin diesel modern tanpa perlu modifikasi besar, terutama dalam campuran rendah (B20/B30).

Kekurangan Biodiesel

1. Viskositas Tinggi & Masalah Filter: Viskositas yang lebih tinggi dapat menyebabkan penyumbatan filter bahan bakar, terutama pada suhu dingin (gel terbentuk lebih cepat).
2. Kandungan Energi Lebih Rendah: Memiliki output energi yang lebih rendah daripada petro-diesel, sehingga konsumsi bahan bakar bisa lebih boros untuk tenaga yang sama.
3. Emisi *Nitrogen Oksida* (NOx): Meskipun rendah sulfur, pembakaran biodiesel berpotensi meningkatkan emisi *Nitrogen Oksida* (NOx) yang berkontribusi pada kabut asap.
4. Kekurangan Pangan & Deforestasi: Produksi bahan baku (seperti kelapa sawit) yang masif dapat memicu deforestasi dan mengancam ketahanan pangan.
5. Biaya Lebih Mahal: Produksi biodiesel murni (B40) umumnya lebih mahal daripada diesel konvensional.
6. Higroskopis: Bersifat menyerap air, yang memicu pertumbuhan bakteri/lendir di tangki bahan bakar dan menyebabkan korosi.

Tabel 2.1 Spesifikasi Mesin Diesel

Parameter Teknis	Spesifikasi
Type Motor	MTU / 12 V 2000 G 63
Nomor Pabrik Motor	535104670
Jumlah Silinder	12
Diameter Silinder	122
Panjang Langkah	150
Kecepatan Motor	1500 rpm
Urutan	A1-B1,A3-B3,A5-B5, A6-B6, A4-B4,A2-B2



Gambar 2.24 : Mesin MTU 12V 2000 G63

Tabel 2.2 Tabel harga B35 dan B40

Parameter	Unit	Hasil		Konversi	Hasil	
		B35	B40		B35	B40
Calorific, Value, Gross	BTU/lb	18845	18649	1 BTU=0,252 kkal 1 lb = 0,4536 kg (British Thermal Unit)	10473 kkal/kg	10363 kkal/kg
Calorific, Value, Net	BTU/lb	17869	17728	Contoh : $18649 \times 0,252 = 4699,5$ $4699,5 / 0,4536 = 10365$	9924 kkal/kg	9831 kkal/kg

Sumber : Analisis sample 35 (sucofindo . 2023&
Analisis sampel B40 (sucofindo . 2024)