

## II. TEORI PENUNJANG

### 1. UMUM

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) cocok untuk lokasi di mana pengeluaran bahan bakar rendah, persediaan air terbatas, harga minyak lebih murah dibandingkan dengan batubara dan besarnya semua beban adalah seperti yang dapat ditangani oleh mesin pembangkit dalam kapasitas kecil, serta dapat berfungsi dalam waktu yang singkat.

Kegunaan dari suatu Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) adalah sebagai penyedia daya listrik yang dapat berfungsi untuk:

Membangkitkan tenaga untuk benda-benda bergerak dan banyak digunakan dalam sistem transportasi seperti kereta api, kapal, mobil dan pesawat.

- Sebagai unit cadangan (Stand By Plant) yang dijalankan untuk membantu pada saat unit pembangkit utama tidak dapat mencukupi kebutuhan daya listrik yang ada.

Sebagai unit pembangkit utama yang menyuplai listrik selama 24 jam atau sebagai pemikul beban tetap. Sifat pengoperasian harus pada beban dasar yang berkapasitas tertinggi dan tidak dipengaruhi oleh frekuensi beban tetap. Hal ini memungkinkan jika pasokan dapat mengalami gangguan.

- Sebagai unit beban puncak atau Peak Load. Bila PLTD dioperasikan pada beban puncak, biasanya dalam waktu yang tidak lama, karena dapat berfungsi untuk menaikkan tegangan yang turun pada saat beban puncak.

- Sebagai unit cadangan (emergency) yang dijalankan saat keadaan darurat / saat terjadi pemadaman pada unit pembangkit utama. Bila terjadi sesuatu yang menyebabkan gangguan total seluruh jaringan listrik maka PLTD dapat beroperasi tanpa bantuan tegangan dari luar dan langsung mengisi tegangan serta menanggung beban listrik dengan cepat serta membutuhkan perhatian yang sedikit.
- Bidang industri di mana kebutuhan dayanya mencapai 500 kW misalnya, sehingga menjadikan lebih efisien secara keseluruhan.

Dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel ini ada beberapa keuntungan yang didapat yaitu:

- Disain dan instalasi yang sederhana
- Bahan bakar yang cukup murah
- Lokasinya bisa dekat dengan pusat beban
- Dapat dijalankan dan dihentikan dengan cepat
- Tidak dibutuhkan air pendingin yang banyak
- Dibandingkan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Uap, ukurannya lebih kecil untuk kapasitas yang sama, umumnya lebih lama dan beroperasi pada efisiensi termal yang tinggi
- Pengoperasiannya mudah dan hanya butuh sedikit operator untuk mengoperasikannya

Faktor-faktor yang merupakan pertimbangan pilihan yang sesuai untuk PLTD antara lain:

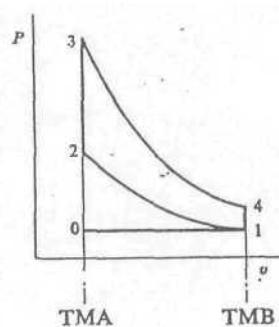
- Jarak dari beban dekat
- Persediaan areal tanah dan air

- Pondasi
- Pengangkutan bahan bakar
- Kebisingan dan kesulitan linglungan

## 2. MESINDIESEL

Mesin diesel sebagai penggerak mula PLTD berfungsi menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor generator. Mesin diesel adalah sejenis motor bakar (intemal combustion engine) yang penyalaan bahan bakar dikarenakan penyemprotan bahan bakar ke dalam silinder yang berisi udara kompresi. Tekanan maupun temperatur di dalam silinder sangat tinggi melebihi temperatur nyala dari bahan bakar. Sehingga ketika bahan bakar dalam bentuk kabut halus bersinggungan dan bercampur dengan udara panas dalam silinder ini, maka pembakaran terjadi dengan sendirinya. Pada prinsipnya siklus diesel secara ideal mirip siklus Otto, tetapi proses pemasukan kalomya dilakukan dengan tekanan konstan.

Diagram siklus Otto sebagai berikut:



Gambar 2.1<sup>1</sup>

Siklus Otto

<sup>1</sup> Sulasno. *Pusat Pembangkit Tenaga Listrik* (Satya Wacana, 1992) p.34

Langkah-langkah pada siklus Otto :

1 - 2 : Proses kompresi, adiabatik

2 - 3 : Proses pembakaran, isobaris

3 - 4 : Proses ekspansi, adiabatik

4 - 5 : Proses pembuangan, isometris

## 2.1 Sifat-sifat Mesin Diesel

Mesin diesel adalah motor bakar dimana daya yang dihasilkan diperoleh dari pembakaran bahan bakar. <sup>2</sup>Adapun daya yang dihasilkan berubah dan terbagi menjadi:

- daya yang bermanfaat 40 %
- panas yang hilang untuk pendingin 30 %
- panas yang hilang untuk pembuangan gas 24 %
- panas yang hilang dalam pergeseran, radiasi dan sebagainya 6 %

## 2.2 Pemilihan Mesin Diesel

Untuk suatu PLTD, pemilihan mesin diesel sebagai penggerak mula didasarkan pada:

2.2.1 Faktor Kecepatan. Mesin biasanya dibagi dalam beberapa kelas kecepatan, yaitu mesin dengan kecepatan rendah, mesin dengan kecepatan sedang dan mesin dengan kecepatan tinggi. Penggolongan kecepatan mesin berdasarkan putaran permenit tidak sesuai sebagai karakteristik kecepatan yang baik karena tidak diperhitungkannya ukuran dari mesin.

Suatu karakteristik kecepatan yang baik, yang disebut faktor kecepatan dan dilambangkan dengan  $C_s$ , diperoleh sebagai hasil kali putaran tiap menit dan kecepatan torak. Agar didapat besaran yang kecil dan mudah diingat, hasilnya dibagi dengan 100.000.

Persamaannya:

$$C_s = \frac{nc}{100000} \quad (2.1)$$

dimana,  $C_s$  : faktor kecepatan

$n$  : putaran mesin diesel (rpm)

$c$  : kecepatan torak (ft/min)

sedangkan kecepatan torak ( $c$ ) diperoleh melalui persamaan :

$$c = \frac{n.l}{6} \quad (2.2)$$

dimana,  $n$  : putaran mesin diesel (rpm)

$l$  : panjang langkah (ft)

dari persamaan (1) dan (2) didapat :

$$C_s = \frac{n^2.l}{600000} \quad (2.3)^3$$

Kecepatan untuk berbagai mesin diesel yang ada dibagi menjadi 3 kelas yaitu:

1. Mesin kecepatan rendah dengan faktor kecepatan  $< 3$  atau dengan kecepatan 500 - 1000 rpm.
2. Mesin kecepatan sedang dengan faktor kecepatan 3 sampai 9 atau dengan kecepatan 1000 - 1500 rpm.

<sup>3</sup> V.L.Maleev M.E.DR.A.M. *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*. Diterjemahkan oleh Bambang Prambodo, (Jakarta: Erlangga, 1991)

3. Mesin kecepatan tinggi dengan faktor kecepatan 27 sampai 81 atau dengan kecepatan lebih dari 1500 rpm.

Jika mesin dipasang untuk operasi kontinyu dan kalau diinginkan umur panjang dengan biaya perawatan murah, maka sebuah mesin kecepatan rendah atau sedang yang paling sesuai yaitu kecepatan 500 sampai dengan 1500 rpm.

2.2.2 Jumlah Silinder. Untuk menghindari terjadinya light flicker naik turunnya tegangan maka jumlah silinder minimal diambil 4 buah. Patokan agar sudah tidak terasa light flicker, maka dalam 1 detik jumlah dorongan harus jauh lebih dari 16 dorongan dimana jumlah dorongan dalam 1 detik dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$\text{Jumlah dorongan} = \frac{n \cdot i}{120} \quad (2.4)^4$$

dimana, n: kecepatan putaran mesin diesel (rpm)

i: jumlah pembakaran (= jumlah silinder)

makin banyak jumlah silinder juga berpengaruh pada makin seragam putaran mesin dan keseimbangan mesin lebih baik. Jumlah silinder lebih dari enam terutama digunakan untuk meningkatkan daya mesin tanpa menambah tinggi dan beratnya.

Di lain pihak makin banyak jumlah silinder akan makin besar jumlah bagian yang bergerak, lebih banyak tempat yang menderita keausan, makin banyak jumlah kerja perawatan yang diperlukan dan makin besar peluang untuk rusaknya suatu bagian.

Umumnya susunan silinder dari PLTD adalah:

- Deret Vertikal

Susunan deret vertikal sebagian besar digunakan dalam pembangkit tenaga. Semua silinder dipasang secara paralel dan jumlah deret dalam silinder harus sebanyak 16 buah.

- Tipe V

Memiliki keuntungan pada mesin deret, yaitu panjang tangkai engkol hampir membutuhkan separuh dari keseluruhan yang dibutuhkan mesin diesel.

- Tipe Horisantal

Susunan mesin horisantal ditempatkan berlawanan satu sama lainnya. Susunan ini lebih istimewa di mana ruangan atas merupakan masalah besar. Mesin ini harus memakai tipe multi silinder.

2.2.3 Proses Kerja. Menurut proses bekerjanya mesin diesel dapat dibagi dalam mesin 4 langkah dan mesin 2 langkah.

Yang dimaksud dengan mesin 4 langkah adalah torak harus membuat 4 langkah untuk memperoleh satu langkah kerja. Hal ini berarti poros engkol harus berputar 2 kali untuk mendapatkan daya 1 kali.

Keuntungan dari mesin 4 langkah :

1. Penggantian yang baik dari gas-gas hasil pembakaran sehingga tekanan rata-ratanya tinggi.
2. Baik untuk motor putaran tinggi karena masih dapat menghisap cukup banyak udara mencapai tekanan rata-rata yang tinggi.

3. Karena suhu yang tinggi dari gas-gas hasil pembakaran, maka tepat untuk pengisian di bawah tekanan, sehingga tekanan rata-rata dapat menjadi lebih tinggi.

Kerugian dari mesin 4 langkah :

1. Dalam tiap dua kali putaran poros engkolnya hanya diperoleh satu langkah kerja (daya)
2. Isi silinder, ukuran dan ruangan mesin yang dibutuhkan lebih besar, juga lebih berat
3. Harganya lebih mahal
4. Membutuhkan katup-katup dan alat-alat untuk menggerakannya

Yang dimaksud dengan mesin 2 langkah adalah torak harus membuat 2 langkah untuk memperoleh satu langkah kerja. Hal ini berarti poros engkol harus berputar 1 kali untuk mendapatkan daya 1 kali.

Keuntungan mesin 2 langkah:

1. Dalam setiap satu putaran poros engkol diperoleh satu langkah kerja
2. Ukuran mesin lebih kecil sehingga membutuhkan ruangan yang juga lebih kecil dari mesin 4 langkah
3. Konstruksinya lebih sederhana kalau pengisian dan pengeluaran ditentukan oleh torak sendiri
4. Kopelnya lebih merata

Kerugian mesin 2 langkah :

1. Penggantian gas-gas dalam silinder dengan udara kurang sempurna
2. Tekanan rata-rata lebih rendah
3. Kurang baik untuk mesin putaran tinggi

4. Pintu-pintu pembilas dapat buntu sehingga pembilasan kurang dan pemakaian bahan bakar bertambah

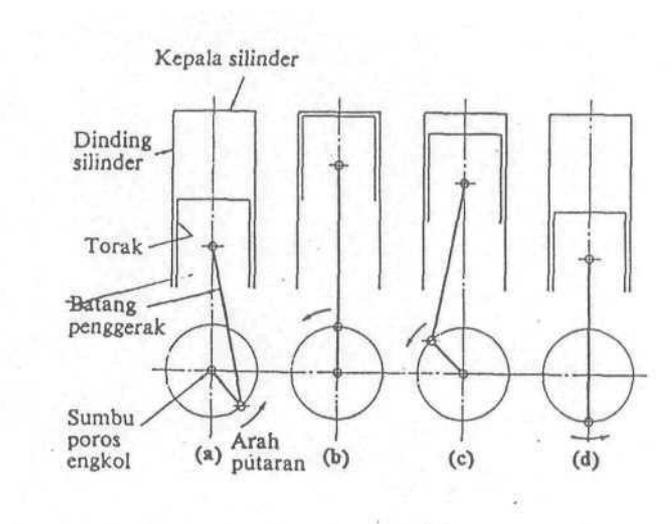
Keputusan akhir apakah memilih mesin 2 langkah atau mesin 4 langkah biasanya dipengaruhi oleh tersedianya mesin dari daya dan faktor kecepatan yang ada.

Pemilihan mesin diesel untuk suatu instalasi daya sebaiknya dipilih dari jenis mesin yang sama. Maksudnya, jenis mesin yang sama, berasal dari merk dengan lubang dan jumlah langkah yang sama, karena akan diperoleh beberapa keuntungan seperti berikut ini, yaitu:

- mengurangi jumlah suku cadang yang harus disediakan untuk mencegah lamanya kerusakan
- memudahkan operasi dan perawatan untuk petugas PLTD

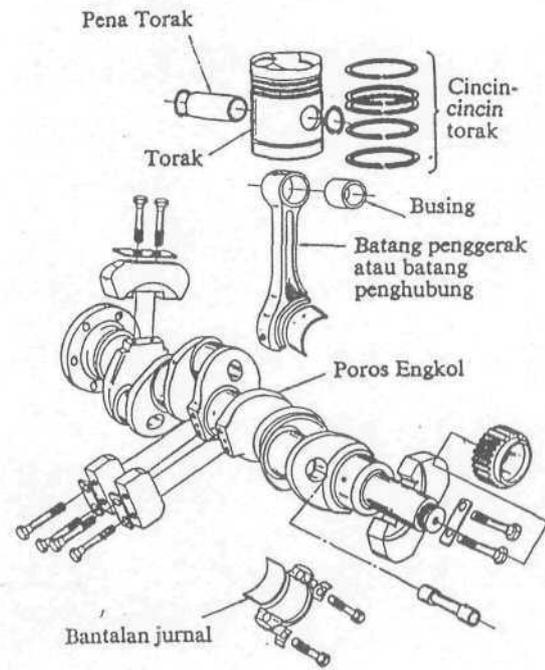
### 2.3 Prinsip Kerja Mesin Diesel

Prinsip kerja mesin diesel dapat dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3



Gambar 2.2

Prinsip kerja mesin diesel

Gambar2.3<sup>6</sup>

Komponen-komponen utama yang bergerak pada mesin diesel

Sesuai dengan gambar 2.2 prinsip kerja dari mesin diesel dijelaskan sebagai berikut:

Torak yang bergerak bolak-balik (translasi) di dalam silinder dihubungkan dengan pena engkol dari poros engkol yang berputar pada bantalannya, dengan perantaraan batang penggerak atau batang penghubung. Campuran bahan bakar dan udara dibakar di dalam ruang bakar, yaitu ruangan yang dibatasi oleh dinding silinder, kepala torak dan kepala silinder. Gas pembakaran yang terjadi mampu menggerakkan torak yang selanjutnya memutar poros engkol. Pada kepala silinder terdapat katup isap dan katup buang. Katup isap berfungsi memasukkan udara segar ke dalam silinder sedangkan katup buang berfungsi mengeluarkan

<sup>5</sup> Arismunandar, Wiranto. *Motor Diesel Putaran Tinggi*, (Pradnya Paramita, 1997) p.3

<sup>6</sup> Ibid.

gas pembakaran, yang sudah tidak terpakai lagi dari dalam silinder ke atmosfer. Jika torak berada pada posisi terjauh dari kepala silinder, seperti terlihat pada gambar (d), dan baik katup isap maupun katup buang ada pada posisi tertutup, maka gerakan torak ke atas seperti terlihat pada gambar (a) merupakan gerakan menekan udara di dalam silinder (langkah kompresi). Gerakan tersebut terakhir akan menyebabkan kenaikan tekanan dan temperatur udara yang bersangkutan. Akhirnya apabila torak mencapai posisi terdekat dari kepala silinder, seperti terlihat pada gambar (b), maka untuk motor Diesel pada umumnya tekanan dan temperaturnya berturut-turut dapat mencapai  $30 \text{ kg/cm}^2$  dan  $550 \text{ }^\circ\text{C}$ . Namun beberapa saat sebelum torak mencapai posisi (b) tersebut di atas, bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder dan terjadilah pembakaran. Proses pembakaran tersebut menyebabkan kenaikan tekanan dan temperatur, tetapi karena proses pembakaran tersebut membutuhkan waktu maka tekanan maksimum dan temperatur maksimumnya terjadi beberapa saat setelah torak mulai turun ke bawah. Dalam hal tersebut gas pembakaran mendorong torak ke bawah (langkah ekspansi), seperti terlihat pada gambar (c), dan selanjutnya memutar poros engkol. Beberapa saat sebelum torak mencapai posisi (d), katup buang mulai terbuka sehingga gas pembakaran keluar dari dalam silinder. Selanjutnya, gas pembakaran dipaksa keluar dari silinder oleh torak yang bergerak dari bawah ke atas (langkah buang). Beberapa saat sebelum torak mencapai posisi (b), katup isap mulai membuka dan beberapa saat setelah torak bergerak ke bawah lagi, katup buang sudah menutup. Dalam hal tersebut terakhir, gerakan

torak ke bawah akan menyebabkan udara segar dari atmosfer terisap masuk ke dalam silinder (langkah isap). Demikianlah selanjutnya proses tersebut di atas terjadi berulang-ulang.

Pada posisi (b) dan (d) tersebut, torak seolah-olah berhenti atau berkecepatan nol. Posisi dimana terjadi keadaan tersebut dinamai 'Titik Mati'. Posisi seperti tersebut pada gambar (b) dimana torak berada pada posisi terdekat dari kepala silinder dinamai 'Titik Mati Atas' (TMA) sedangkan posisi seperti tersebut pada gambar (d) dimana torak berada pada posisi terjauh dari kepala silinder dinamai 'Titik Mati Bawah' (TMB).

Pada proses siklus ada beberapa idealisasi yang diperlukan yaitu:

1. Fluida kerja di dalam silinder adalah udara, dianggap sebagai gas ideal dengan konstanta kalor yang konstan
2. Proses kompresi dan ekspansi berlangsung secara isentropik
3. Proses pembakaran dianggap sebagai proses pemanasan fluida kerja
4. Pada akhir proses ekspansi, yaitu pada waktu torak mencapai TMB, fluida kerja didinginkan sehingga tekanan dan temperaturnya turun mencapai tekanan dan temperatur atmosfer
5. Tekanan fluida kerja di dalam silinder selama langkah buang dan langkah isap adalah konstan dan sama dengan tekanan atmosfer

### 3. GENERATOR

Generator adalah alat yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik diperoleh dari suatu peralatan penggerak mula yaitu mesin diesel dan kemudian energi mekanik ini

diteraskan pada poros generator sehingga memutar rotor generator dan menghasilkan daya listrik.

Prinsip pembangkitan listrik pada generator serempak dinyatakan oleh hukum Faraday. Rotor yang dicatu oleh sumber arus searah akan menghasilkan medan magnet yang berasal dari arus yang mengalir pada belitan rotor. Rotor tersebut diputar oleh prime mover (mesin diesel) dengan kecepatan tertentu sehingga medan magnet yang dihasilkan rotor tersebut akan memotong kumparan-kumparan pada stator. Hal ini menyebabkan tegangan terinduksi pada kumparan stator tersebut sesuai dengan rumus berikut ini:

$$E = c.n.\phi \quad (2.5)^7$$

Dimana, :

E = tegangan terinduksi

c = konstan

n = kecepatan

$\phi$  = fluks medan magnet

Frekuensi dari tegangan yang dibangkitkan oleh stator adalah :

$$f = \frac{p.n}{60} \quad (2.6)^8$$

Dimana,

p = jumlah dari kutub-kutub rotor

n = kecepatan motor (rpm)

Ada 2 jenis generator berdasarkan komponen utama di stator, yaitu:

1. generator kutub menonjol

<sup>7</sup> Muslimin Marapung. *Teknik Tenaga Listrik*. (Armico Bandung, 1993) p.3

<sup>8</sup> Ibid. p. 276

## 2. generator kutub tidak menonjol atau rotor silindris

Generator dengan kutub menonjol biasanya lebih ekonomis dari kutub silindris untuk mesin putaran rendah yaitu 1500 rpm kebawah sehingga biasanya generator dengan kutub menonjol dipakai pada mesin dengan putaran rendah. Sedangkan generator dengan kutub tidak menonjol mempunyai kumparan yang terdistribusi secara merata sehingga untuk motor dengan putaran yang tinggi, rotor ini mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi dibandingkan dengan kutub menonjol. Biasanya generator dengan kutub silindris dipakai untuk putaran tinggi diatas 3000 rpm.

Untuk pemilihan CB pada generator harus memperhatikan tegangan generator yang dipakai. Pemilihan CB generator didasarkan pada

rumus :

$$I = \frac{S}{U \times \sqrt{3}} \quad (2.7)^9$$

Dimana, U = tegangan generator (volt)

S = daya generator (KVA)

I = arus generator (A)

## 4. SISTEM PENDINGINAN

Adanya proses pembakaran yang terjadi berulang-ulang maka dinding silinder, kepala silinder, torak, katup dan beberapa bagian yang lain menjadi panas. Sebagian dari minyak pelumas, terutama yang membasahi dinding silinder akan menguap dan akhirnya terbakar bersama-sama bahan bakar.

Karena itu, bagian-bagian tersebut perlu mendapatkan pendinginan yang cukup agar temperaturnya tetap berada dalam batas yang diperbolehkan, yaitu sesuai dengan kekuatan material dan kondisi operasi yang baik. Kondisi material akan menurun sejalan dengan naiknya temperatur.

Motor diesel yang besar memakai minyak pelumas untuk mendinginkaii torak, yaitu dengan cara mengalirkan minyak pelumas melalui saluran di bawah kepala torak.

Metode pendinginan dapat dibedakan berdasarkan jumlah jenis medium pendingin yang digunakan dan sistem yang digunakan.

Berdasarkan jenis medium pendingin yang digunakan, ada dua yaitu medium pendingin udara yang digunakan unit mesin kecil dan medium air yang digunakan pada unit mesin besar. Diesel memerlukan air 40-60 liter untuk mendinginkan setiap PK/HP setiap jamnya.

Fungsi dari sistem pendingin dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Pendingin mesin

Berfungsi untuk memelihara beban temperatur yang dapat diterima piston dan tutup silinder

2. Pendingin oli

Berfungsi untuk mengontrol temperatur sehingga viskositas oli pelumasan berada dalam batas yang diperlukan untuk menghasilkan pelumasan yang efektif. Oli pelumas juga berfungsi untuk mendinginkan piston

3. Pendingin udara

Berfungsi untuk menaikkan densitas udara yang masuk silinder sehingga tenaga output mesin diesel naik dengan membakar lebih banyak bahan

'Ibid.

bakar, selain itu juga berfungsi untuk memelihara temperatur yang dapat diterima oleh katup pengeluaran udara.

## 5. SISTEM PELUMASAN

Bagaimanapun baiknya sebuah mesin dirancang dari segi efisiensi panas dan kekuatannya, dan bagaimanapun baiknya pembuatan dari segi bahan dan pengerjaannya, kalau pelumasan dari semua bagian yang bergerak tidak diperhatikan dengan baik maka mesin tidak akan berjalan sama sekali atau akan menunjukkan keausan berat dan berumur pendek. Kegunaan dari pelumasan adalah mengurangi keausan permukaan bantalan dengan metnbawa pergi panas yang dibangkitkan oleh gesekan, membersihkan permukaan dengan membawa butiran logam yang dihasilkan dari keausan. Sistem pelumasan memerlukan pompa sirkulasi minyak pelumas.

Pada dasarnya umur dan efisiensi sangat tergantung pada sistem ini Pelumasan ini berfungsi:

- melumasi bagian mesin yang bergerak
- mendapatkan panas silinder dan bantalan

## 6. SISTEM BAHAN BAKAR

Pada mesin diesel, bahan bakar yang digunakan adalah solar. Untuk bahan bakar ini dibutuhkan tanki sebagai penyimpanan bahan bakar. Ada 2 macam tanki bahan bakar, yaitu :

1. Tanki harian (Day Tank). Tanki ini biasanya diletakkan di ruang mesin dan harus berisi minyak yang cukup untuk mengoperasikan mesin selama

satu hari kerja penuh atau 8 jam sampai 9 jam. Untuk mesin yang sangat besar, tanki harian harus berisi bahan bakar sebanyak yang diijinkan oleh peraturan pemadam kebakaran. Batas penyimpanan dalam gedung adalah 909,2 liter (200 galon), sehingga tanki yang besar harus ditambahkan di luar bangunan.

2. Tanki penyimpanan utaraa (Storage Tank). Tanki penyimpanan dapat ditempatkan di atas/ di bawah tanah. Tanki di atas tanah biasanya merupakan tanki baja silindris. Jadi tanki harus jauh dari gedung sentral, karena jika terjadi kebocoran dapat mengakibatkan kebakaran.

Merencanakan tanki penyimpanan harus di perhitungkan pemakaian bahan bakar dan untuk berapa lama bahan bakar disediakan.

$$V_{th} = \text{fuel cons (1/KWH)} \times \text{produksi listrik 1 hari (KWH)} \times T \quad (2.8)^{10}$$

Dimana,  $V_{th}$  = volume tanki penyimpanan bahan bakar (liter)

$T$  = untuk berapa lama bahan bakar disediakan (liter)

Sistem bahan bakar memerlukan pompa transfer bahan bakar. Merencanakan daya pompa transfer bahan bakar harus memperhatikan kapasitas dari pompa bahan bakar yang dipakai.

$$P = \frac{Q \times H}{102 \times \eta} \quad (2.9)^{11}$$

dimana,  $P$  = daya pompa bahan bakar (KW)

$Q$  = kapasitas pompa (l/dt)

$H$  = delivery head (m)

$\eta$  = efisiensi pompa ( $\pm 0,5$ )

<sup>10</sup> P.E.Hicks, G.Tyler, *Power Generation Calculation Reference Guide*, (New York)

<sup>11</sup> Ibid.

## 6.1 Kerja Mekanis Gas Pembakaran

Kerja mekanis gas pembakaran diuraikan sebagai berikut : waktu torak berada pada TMB (titik 1) udara berada pada kondisi atmosfer. Gerakan torak dari TMB ke TMA (titik 2) menyebabkan udara mengalami proses kompresi isentropik sampai torak mencapai TMA, sesuai dengan idealisasi (2). Pada waktu torak berada pada TMA, udara dipanasi dengan volume tetap sehingga tekanan naik sesuai dengan idealisasi (3). Proses terakhir dapat dilukiskan pada proses dari titik 2 ke titik 3 selanjutnya gerakan torak dari TMA ke TMB merupakan proses ekspansi isentropik dari titik 3 ke titik 4, sesuai dengan idealisasi (2). Pada saat torak mencapai TMB (titik 4), sesuai idealisasi (4) udara didinginkan sehingga mencapai kondisi atmosfer (titik 1). Gerakan torak selanjutnya dari TMB ke TMA yaitu dari titik 1 ke titik 0 adalah langkah buang pada tekanan konstan. Sehingga gerakan torak selanjutnya dari TMA ke TMB yaitu titik 0 ke titik 1 adalah langkah isap pada tekanan konstan yang sama dengan tekanan buang. Kedua proses tersebut adalah sesuai dengan idealisasi (5). Bahan bakar untuk diesel disimpan pada tanki penyimpanan utama yang terletak di luar gedung untuk faktor keamanan. Pompa mengalirkan bahan bakar dari tanki utama melalui saringan dan meter pengatur menuju tanki harian secara berkala. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.5. Tanki harian harus cukup untuk digunakan diesel pada satu hari orde tertentu dengan variasi beban listrik yang ada. Mesin diesel umumnya menggunakan sistem injeksi mekanik dimana bahan bakar yang telah berisi udara bertekanan.

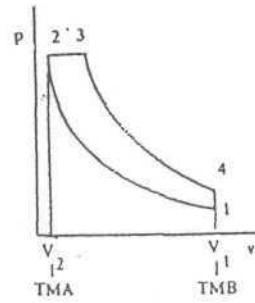
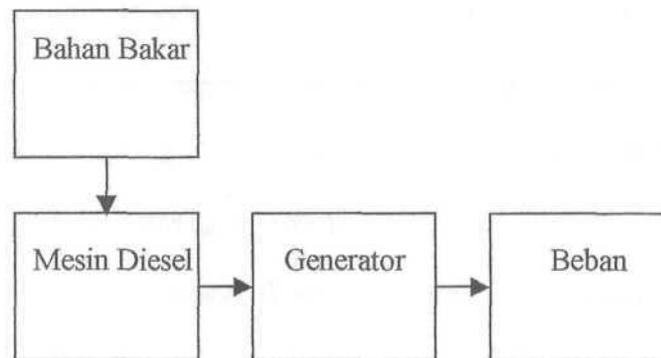
Gambar 2.4<sup>12</sup>

Diagram P – V



Gambar 2.5

Blok Diagram Diesel

## 7. SISTEM PEMASUKAN UDARA

Kegunaan sistem pemasukan udara adalah untuk menyediakan udara yang dibutuhkan bagi pembakaran bahan bakar. Udara yang diperlukan oleh mesin diesel masuk ke saluran udara melalui saringan udara masuk. Saringan udara masuk ini berfungsi untuk menangkap debu, pasir dan benda asing yang terdapat di udara bebas yang mana dapat menyebabkan katup kotor, keausan cincin torak dan lapisan silinder.

<sup>12</sup> Sulasno. *Pusat Pembangkit Tenaga Listrik* (Satya Wacana, 1992) p.34

Saringan udara masuk terutama diperlukan dalam instalasi daya yang udaranya mengandung debu dan pasir, misalnya dalam lingkungan pekerjaan batu, pertambangan, industri atau dekat dengan lalu lintas yang padat. Tetapi meskipun dalam daerah yang udaranya terlihat bersih dari debu, saringan udara akan menunjukkan kandungan debu yang banyaknya mengejutkan.

Dalam sistem pemasukan udara juga memerlukan sistem peredam udara masuk. Udara yang meyerbu masuk melalui katup pemasukan dengan kecepatan tinggi menimbulkan kebisingan yang mendesis yang tidak disukai, yang pada mesin besar dapat terdengar sampai jarak jauh. Untuk itu diperlukan peredam udara masuk.

Udara masuk didinginkan di *inter cooler* supaya temperatur udara tidak terlalu tinggi sehingga kerapatan udara bagus dan kemudian masuk ke ruang bakar untuk menghasilkan pembakaran yang bagus.

Menghitung kebutuhan udara untuk keperluan pembakaran bahan bakar, terlebih dahulu dihitung *mta* yaitu massa udara secara teoritis.

$$Mta = [C/100 \times 11,5] + [H - 0,8 / 100 \times 34,5] + S/100 \times 4,32 \quad (2.10)^{13}$$

Dimana, *Mta* = massa udara secara teoritis (Kg)

C,H,O,S = kandungan dalam bahan bakar (%)

Selalu diperlukan excess air (diberi udara berlebihan) sebesar 15% sehingga

$$\text{Kebutuhan udara} = \frac{1,15Mta \cdot f_c \cdot P}{B_j} \quad (2.11)^{14}$$

<sup>13</sup> Eddy H.T, Budi U., *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*, ITS, Surabaya, 1990.

<sup>14</sup> Ibid

Dimana, kebutuhan udara dalam m<sup>3</sup>/jam

Fc = spesifikasi konsumsi bahan bakar (1/KWH)

P = daya output mesin (KW)

Bj = beratjenis udara yaitu sebesar 1,29 (Kg/ m<sup>3</sup>)

## 8. SISTEM PEMBUANGAN GAS

Kegunaan dari sistem pembuangan gas adalah untuk membawa gas buang dari silinder mesin ke atmosfer, melindungi lingkungannya (power house) terhadap gas buang dan meredam kebisingan yang dibuat oleh gas buang yang keluar.

Pada akhir langkah disipasi gas di dalam silinder mesin masih bertekanan cukup tinggi yaitu 30 sampai 50 psig. Kalau tiba-tiba dilepaskan ke dalam pipa yang berisi gas pada tekanan atmosfer, maka gas buang menimbulkan kenaikan tekanan dalam pipa dan memberikan kecepatan kepada gas dalam pipa. Aliran dan kelembamannya menghasilkan penurunan tekanan dalam silinder dan kenaikan tekanan dalam pipa buang. Kenaikan tekanan ini karena kelembaman gas, diikuti dengan penurunan tekanan. Tekanan yang naik turun atau bergelombang tersebut tidak hanya terjadi pada pipa buang tetapi dapat dikembalikan ke dalam silinder mesin, keadaan buang ini disebut tekanan balik.

## 9. KERJAPARALELGENERATOR

Yang dimaksud dengan kerja paralel generator adalah pengoperasian beberapa buah generator secara bersama-sama, dimana output dari genset yang sedang beroperasi tersebut disalurkan ke beban melalui rel yang sama. Sedangkan yang dimaksud dengan sinkronisasi adalah memasukkan satu generator untuk kerja paralel yang lain. Seringkali sistem dimana generator yang akan dihubungkan sudah mempunyai begitu banyak generator dan beban yang terpasang, sehingga berapapun juga daya yang diberikan oleh generator yang baru masuk tidak mempengaruhi tegangan dan frekuensi dari sistem. Hal ini yang disebut generator terhubung pada sistem yang kuat sekali.

Adapun tujuan utama dari pelaksanaan kerja paralel ini adalah sebagai berikut:

1. penambahan daya, jika diesel genset yang terpasang tidak mampu menanggung pertambahan beban listrik, dengan kerja paralel dapat diatasi
2. kontinuitas, jika ada gangguan dari sumber listrik PLN, maka beban akan tetap mendapat suplai listrik
3. efisiensi, efisiensi maksimum dari generator dapat tercapai jika generator mengirim beban puncak, generator dapat dioperasikan paralel dengan generator yang lain.

Dalam penerapannya, kerja paralel tersebut dapat dilakukan untuk kerja paralel antara:

1. generator dengan jala-jala yang berkekuatan besar sekali (jala-jala PLN)
2. generator satu dengan generator lain

### 3. lebih dari dua buah generator

Pada suatu generator sinkron yang berada dalam keadaan diam/mati tidak boleh dihubungkan langsung dengan busbar. Karena pada saat diam, tegangan induksi pada stator adalah nol. Sehingga jika dihubungkan, maka akan terjadi hubungan singkat.

Adapun persyaratan yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan paralel generator ini adalah sebagai berikut:

1. tegangan terminal dari generator yang akan dihubungkan dengan sistem harus sama dengan tegangan terminal
2. putaran dari generator harus sedemikian sehingga frekuensi dari tegangan yang dihasilkan oleh generator sama dengan frekuensi dari sistem
3. fasa dari generator dan fasa dari sistem harus sama pada saat generator dihubungkan dan urutan fasa dari generator harus sama dengan urutan fasa dari sistem.

## 10. PERAWATAN

Maintenance (pemeliharaan/perawatan) adalah hal yang sangat penting agar mesin selalu dalam kondisi yang baik dan siap pakai. Peralatan sistem pembangkit listrik dan mesin-mesin serta peralatan lain yang terdapat di dalam suatu pabrik memerlukan perawatan secara teratur dan baik untuk mengurangi kerusakan pada mesin dan mendukung agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

Tujuan dari perawatan adalah:

1. menjaga agar mesin dapat berjalan dengan baik dan lancar

2. memperpanjang umur mesin
3. menjaga agar kualitas yang dihasilkan tetap baik

Perawatan memberikan pemeriksaan yang benar dan teratur pada mesin, perbaikan-perbaikan preventif dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan jadwal diluar jadwal perawatan harian. Panjang dari jangka waktu yang ditentukan tergantung pada perencanaan mesin, tujuan pemakaian dan kondisi kerjanya.

Metode yang dipergunakan untuk melakukan perawatan terdiri dari dua macam, yaitu:

1. preventive maintenance

dilakukan dengan melakukan perawatan secara berkala tanpa menunggu mesin atau peralatan yang lain itu rusak terlebih dahulu

preventive yang dilakukan antara lain :

- menjaga kebersihan mesin-mesin dan peralatan instalasi tenaga listrik serta peralatan lain yang dipergunakan setiap hari
- mengganti minyak pelumas mesin bagi mesin yang membutuhkan penggantian secara berkala
- memberi minyak pelumas pada permukaan yang bersentuhan dan bergesekan ; misalnya roda gigi, roll, dan sebagainya
- memeriksa tanki-tanki dan saluran gas yang bertekanan untuk mencegah terjadinya kebocoran yang dapat menimbulkan kebakaran dan kerugian

2. repair maintenance

dilakukan dengan jalan memperbaiki mesin-mesin dan peralatan instalasi tenaga listrik serta peralatan lain yang rusak

repair maintenance yang dilakukan antara lain :

- mengganti suku cadang yang rusak dengan persediaan yang ada. Apabila tidak ada maka akan dilakukan pembelian suku cadang tersebut
- menggantikan sementara mesin atau peralatan lain yang rusak dengan peralatan cadangan, sehingga mesin atau peralatan lain yang rusak dapat diperbaiki di tempat tersebut.