

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sejarah Singkat dan Kegiatan Operasional Perusahaan

Setelah Indonesia memproklamasikan kemerdekaannya pada 17 Agustus 1945, para pemuda Indonesia berhasil mengambil alih perusahaan-perusahaan listrik yang sebelumnya dikuasai oleh Jepang pada bulan September tahun yang sama. Perusahaan-perusahaan tersebut kemudian diserahkan kepada pemerintah Republik Indonesia. Selanjutnya, pada 27 Oktober 1945, Presiden Soekarno membentuk Jawatan Listrik dan Gas. Pada masa itu, kapasitas pembangkit listrik nasional baru mencapai sekitar 157,5 MW.

Kemudian, pada 1 Januari 1961, pemerintah mendirikan BPU-PLN (Badan Pimpinan Umum Perusahaan Listrik Negara) yang menangani bidang listrik, gas, dan kokas. Namun, pada 1 Januari 1965, BPU-PLN dibubarkan dan digantikan dengan dua perusahaan negara, yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang mengelola tenaga listrik, serta Perusahaan Gas Negara (PGN) yang mengelola gas. Saat itu, kapasitas pembangkitan listrik PLN meningkat menjadi 300 MW.

Pada tahun 1972, pemerintah menetapkan PLN sebagai Perusahaan Umum Listrik Negara (Perum PLN). Kemudian, berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 17 Tahun 1990, PLN ditetapkan sebagai pemegang kuasa usaha di bidang ketenagalistrikan. Dua tahun berikutnya, pada 1992, pemerintah membuka peluang bagi sektor swasta untuk turut serta dalam bisnis penyediaan tenaga listrik. Sejalan dengan kebijakan tersebut, pada Juni 1994 status PLN berubah dari Perusahaan Umum menjadi Perseroan (Persero).

Sebagai Badan Usaha Milik Negara berbentuk Perseroan, PLN memiliki tanggung jawab untuk menyediakan tenaga listrik bagi kepentingan masyarakat luas, sekaligus tetap berorientasi pada keuntungan sesuai dengan Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2000. Ruang lingkup kegiatan usaha PLN mencakup seluruh aspek penyediaan tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan nasional. PLN sebagai Badan Usaha Milik Negara yang berbentuk

Perusahaan Perseroan (Persero) berkewajiban untuk menyediakan tenaga listrik bagi kepentingan umum dengan tetap memperhatikan tujuan umum perusahaan yaitu menghasilkan keuntungan sesuai dengan Undang – undang No. 19/2000. Kegiatan usaha perusahaan meliputi :

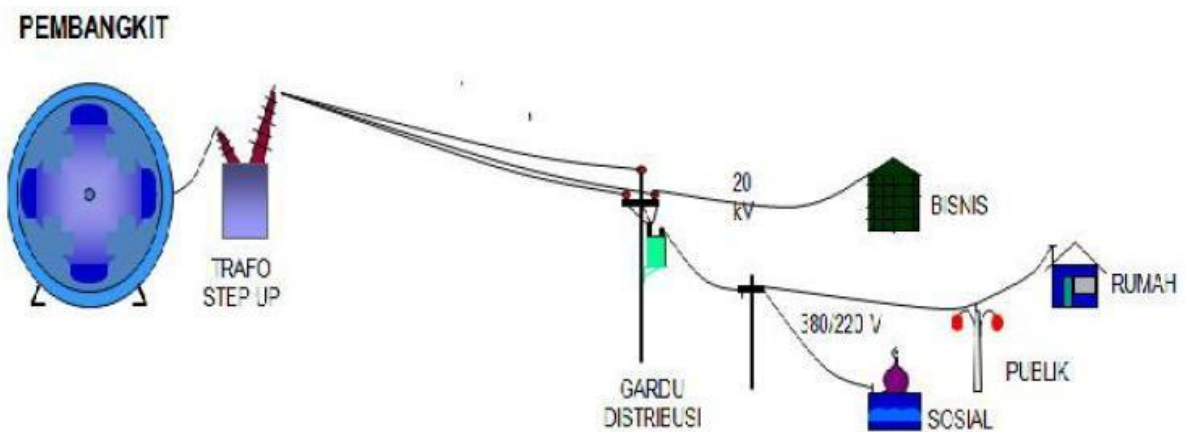
1. Menyelenggarakan usaha penyediaan tenaga listrik yang mencakup kegiatan pembangkitan, penyaluran, distribusi, serta perencanaan dan pembangunan fasilitas pendukung penyediaan listrik.
2. Melaksanakan kegiatan penunjang dalam penyediaan tenaga listrik, termasuk layanan konsultasi, konstruksi, instalasi, pemeliharaan peralatan kelistrikan, serta pengembangan teknologi yang mendukung penyediaan listrik.
3. Mengelola dan memanfaatkan sumber daya alam serta sumber energi lainnya guna menunjang penyediaan tenaga listrik bagi masyarakat.
4. Memberikan layanan operasional dan pengaturan (dispatching) dalam proses pembangkitan, penyaluran, distribusi, dan penjualan tenaga listrik.
5. Menjalankan kegiatan industri yang berkaitan dengan produksi perangkat keras maupun perangkat lunak di bidang ketenagalistrikan serta peralatan lain yang berhubungan dengan energi listrik.
6. Menjalinkan kerja sama dengan berbagai pihak atau lembaga, baik dari dalam negeri maupun luar negeri, dalam bidang pembangunan, pengoperasian, telekomunikasi, dan teknologi informasi yang mendukung sektor ketenagalistrikan.

PLN MCTN berawal dari perusahaan yang beroperasi sejak 1998, yang kemudian diakuisisi PT PLN (Persero) pada 2021. PLN MCTN adalah anak perusahaan PLN yang fokus pada produksi listrik dan uap menggunakan pembangkit North Duri Cogeneration untuk kebutuhan eksplorasi migas Wilayah Kerja Rokan.

Tahapan Penting History PLN MCTN :

1. Pendirian Awal: Perusahaan PLN MCTN telah beroperasi sejak tahun 1998 dengan pembangkit gas turbine cogeneration yang andal.

2. Akuisisi oleh PLN Group: Pada tahun 2021, perusahaan ini diakuisisi dan menjadi bagian dari PT. PLN (Persero).
3. Kontrak AMC (Asset Management Contract) : Pada 1 Agustus 2025 PLN MCTN menerima kontrak manajemen aset dari PLN Pusat untuk mengelola operasional dan pemeliharaan di beberapa wilayah PLTD Isolated yang ada di Jawa Timur, Lampung, Sumatera Selatan, Jambi, Bengkulu, Sumatera Barat, Sumatera Utara, Aceh dan Riau Kepulauan Riau.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

2.1.2 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama untuk memutar rotor di generator. Bahan bakar diesel adalah minyak solar. Prinsip kerja diesel adalah penyalaan kompresi (compression ignition engine) dengan cara menyemprotkan solar ke dalam udara bertekanan dan temperatur tinggi, Urutan pembakaran campuran bahan bakar dan udara hingga diperoleh momen bakar (Muchlisinalahuddin, 2018).

Mesin Diesel adalah penggerak utama untuk mendapatkan energi listrik dan dikeluarkan oleh Generator. Mesin Diesel diberi nama berdasarkan nama penciptanya yaitu Rudolf Diesel, yang mempatenkannya pada tahun 1892. Pada mesin Diesel Energi Bahan

bakar diubah menjadi energi mekanik dengan proses pembakaran di dalam mesin itu sendiri. Saat ini, mesin diesel telah mengalami banyak perkembangan dan digunakan secara luas, baik pada transportasi darat maupun laut. Selain itu, mesin ini juga dimanfaatkan dalam pembangkit listrik berdaya kecil hingga menengah, bahkan pada kapasitas besar. Untuk memudahkan proses perawatan mesin diesel, para teknisi perlu memiliki pemahaman dasar yang baik mengenai prinsip kerja dan konstruksi mesin tersebut, sehingga setiap komponen dapat dirawat dan ditangani sesuai dengan fungsinya.

Unit PLTD merupakan suatu kesatuan dari komponen utama, peralatan bantu, dan perlengkapannya yang saling terhubung dalam satu sistem kerja. Sistem ini berfungsi untuk mengubah energi yang terkandung dalam bahan bakar minyak menjadi energi mekanik melalui mesin diesel sebagai penggerak utama. Selanjutnya, energi mekanik tersebut dikonversi oleh generator menjadi energi listrik yang dapat digunakan.

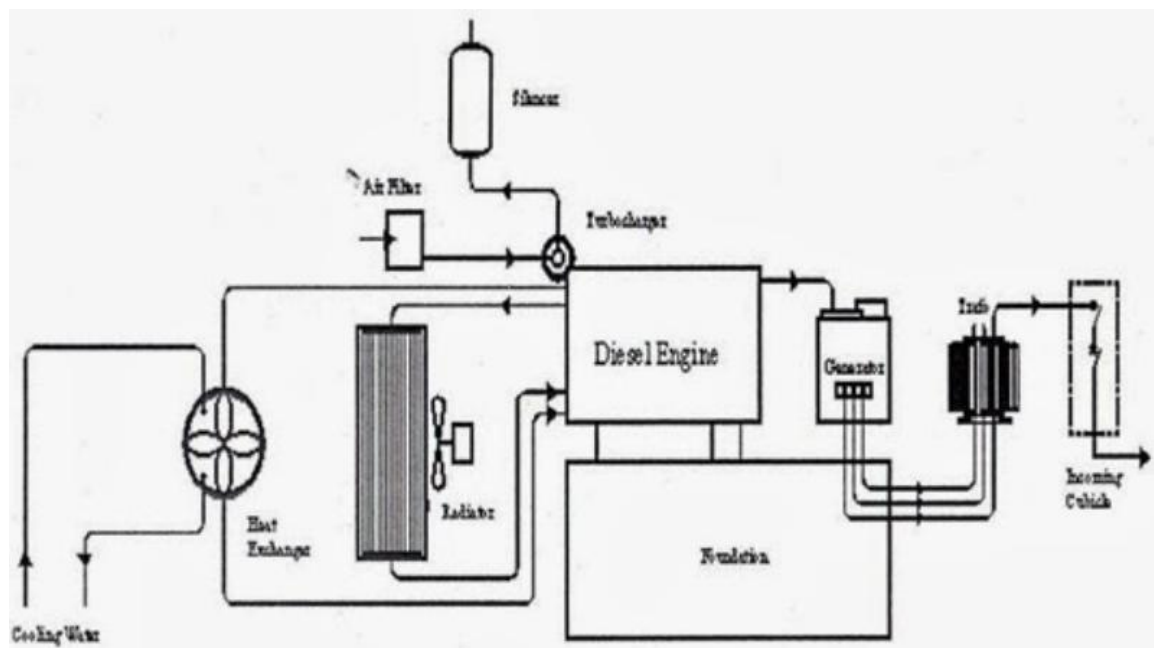


Gambar 2.2 Mesin Cummins

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) merupakan sistem pembangkit listrik yang terdiri atas satu unit pembangkit (SPD) beserta fasilitas pendukungnya. Mesin diesel

berfungsi sebagai penggerak utama yang menghasilkan energi mekanik untuk kemudian diubah menjadi energi listrik melalui generator. Pada mesin diesel, energi yang terkandung dalam bahan bakar diubah menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran yang berlangsung di dalam mesin.

Saat ini, penggunaan mesin diesel telah berkembang pesat dan dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti transportasi darat dan laut, serta pembangkit listrik dengan kapasitas kecil, menengah, hingga besar. Agar kegiatan perawatan mesin diesel dapat dilakukan secara efektif, para teknisi perlu memiliki pemahaman dasar yang baik mengenai prinsip kerja dan konstruksi mesin tersebut. Dengan demikian, setiap komponen dapat ditangani sesuai dengan karakteristik dan fungsinya.



Gambar 2.3 Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Selain memahami konstruksi mesin, penguasaan prinsip kerja mesin diesel juga sangat penting sebagai dasar dalam mengenali dan mengoperasikan mesin tersebut. Pengetahuan ini memudahkan seseorang dalam mengikuti perkembangan teknologi mesin

yang terus mengalami peningkatan, baik dari sisi kinerja, efisiensi penggunaan bahan bakar, desain yang lebih ringkas, tingkat emisi yang rendah, maupun bobot yang semakin ringan. Dengan pemahaman yang baik, teknisi dapat lebih mudah mendeteksi potensi gangguan sejak dini, menentukan jenis kerusakan yang terjadi, serta mengambil langkah penanganan yang tepat.

Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sangat dipengaruhi oleh cara pengoperasian Satuan Pembangkit Diesel (SPD). Untuk menjaga dan meningkatkan performa PLTD, metode yang efektif adalah dengan menerapkan Sistem Informasi Operasional PLTD yang menggunakan sub-system feedback berupa Pola Operasi PLTD. Pola ini merupakan pengaturan komposisi kerja SPD dalam menangani beban dasar (base load) dan beban puncak (peak load) berdasarkan tingkat efisiensi dan keandalannya.

Dalam penyusunan Pola Operasi PLTD, diperlukan analisis terhadap berbagai data, informasi, serta pengetahuan baik dari sumber internal maupun eksternal, yang didukung oleh manajemen pengetahuan guna memperkirakan capaian performa PLTD. Dengan demikian, Pola Operasi PLTD berfungsi sebagai alat pengendali untuk mempertahankan dan meningkatkan kinerja sistem pembangkit tersebut.

Permasalahan yang terjadi dalam pengoperasian PLTD adalah :

1. Pasokan listrik dalam 24 jam (mesin beroperasi terus menerus).
2. Permintaan (*demand*) energi listrik cenderung meningkat.
3. SPD cenderung mengalami penurunan kemampuan (*derating*).
4. SPD beroperasi tidak pada beban yang optimal (SPD tidak beroperasi pada SFC terbaik).
5. Proses penyampaian dan penerimaan data, informasi dan pengetahuan sangat lambat.
6. Pelaksanaan pemeliharaan (*overhaul*) tidak tepat waktu.
7. Frekuensi start-stop SPD yang cukup tinggi merupakan kerugian bahan bakar.
8. Sering terjadi kerusakan pada hose radiator yang rentan terhadap tekanan dan suhu tinggi.

Pada mesin diesel, sistem pendingin memiliki peran penting untuk menjaga suhu kerja mesin agar tetap stabil sehingga kinerja mesin tetap optimal, tahan lama, dan tidak

mengalami kerusakan akibat panas berlebih. Fungsi utama sistem pendingin adalah mengendalikan suhu panas yang timbul selama proses kerja mesin. Pengaturan panas dilakukan melalui sistem pendinginan dan pembuangan panas agar temperatur operasional tetap seimbang. Salah satu komponen utama dalam proses pembuangan panas ini adalah radiator, yang berfungsi menyalurkan media pendingin berupa air di dalam cooling system.

Sistem pendingin berpengaruh besar terhadap kestabilan suhu kerja, efisiensi termal, serta performa daya keluaran mesin. Berdasarkan hasil pengukuran terhadap suhu cairan pendingin, laju aliran, dan waktu stabilisasi temperatur, diketahui bahwa efektivitas pendinginan sangat dipengaruhi oleh kondisi radiator, pompa air, kebersihan sistem, serta bahan saluran pendingin yang digunakan. Pemeliharaan sistem pendingin yang tepat dapat mengurangi risiko overheating dan menjaga efisiensi kerja mesin diesel atau genset tetap optimal. Selain itu, pemilihan material hose radiator juga berperan penting, karena ketahanan material terhadap panas dan tekanan akan menentukan efektivitas perpindahan panas serta kestabilan suhu mesin. Optimalisasi desain sistem pendingin secara langsung berdampak pada efisiensi bahan bakar dan memperpanjang umur operasional mesin.

Dalam proses pembakaran di dalam silinder, energi panas dari bahan bakar diubah menjadi energi mekanik berupa tenaga putar. Namun, hanya sekitar 25% energi panas yang berhasil dikonversi menjadi tenaga berguna. Sekitar 45% energi hilang dalam bentuk gas buang dan gesekan, sedangkan 30% lainnya terserap oleh mesin. Panas yang diserap oleh cairan pendingin (coolant) harus dilepaskan ke udara agar suhu mesin tidak berlebihan. Jika panas tersebut tidak terbuang dengan baik, mesin dapat mengalami overheating dan berpotensi rusak. Oleh karena itu, sistem pendingin dirancang untuk menjaga suhu mesin tetap dalam batas aman. Radiator berfungsi mengatur pelepasan panas melalui sirkulasi fluida pendingin dan aliran udara, sehingga suhu mesin dapat dipertahankan pada tingkat optimal untuk kinerja yang efisien.

2.1.3 Sistem Pemeliharaan PLTD

Melakukan segala aktifitas terhadap PLTD, untuk mempertahankan unjuk kerja semula atau mengembalikan kepada kondisi semula secara optimal, agar aset fisik (PLTD)

tersebut dapat memenuhi syarat fungsinya sesuai tujuan dan sasarannya. Sebagaimana peralatan pada umumnya, maka peralatan yang beroperasi dalam sistem pembangkit listrik harus dipelihara secara rutin sesuai dengan buku petunjuk pemeliharaan pabrik. Pemeliharaan PLTD dilakukan untuk mempertahankan unjuk kerja yang optimal telah ditetapkan atau mengembalikan pada posisi semula agar PLTD dapat beroperasi dengan efisien, ekonomis dan handal.

Sasaran pemeliharaan PLTD diarahkan untuk mencapai :

- a. Jam operasi lebih besar dari 6000 jam pertahun.
- b. Kapasitas mampu kontinue lebih besar dari 80% dari kapasitas terpasang.
- c. Mempertahankan tingkat efisiensi pemakaian bahan bakar dan pelumas sesuai spesifikasinya.
- d. Biaya pemeliharaan pada batas-batas yang ekonomis.
- e. Mempertahankan tingkat keamanan dan keselamatan kerja.

2.1.3.1 Jenis-jenis Pemeliharaan PLTD

1. Pemeliharaan Terencana

Suatu pemeliharaan yang direncanakan sebelumnya dan jauh sebelumnya sudah diketahui bahwa pemeliharaan harus dilakukan pada waktu tertentu yang akan datang dan untuk itu dibuat perencanaannya. Perencanaannya dibuat berdasarkan buku petunjuk pemeliharaan mesin, jam operasi mesin serta pengaruh dari kondisi lingkungan sekitarnya, penggunaan bahan bakar dan pelumasan juga pola operasi mesin. Perencanaan ini termasuk jadwal dimulainya pelaksanaan pemeliharaan, jadwal dimulainya unit pembangkit beroperasi kembali, biaya-biaya yang dibutuhkan untuk suku cadang, material dan jasa.

2. Pemeliharaan Preventif (Maintenance)

Pada awalnya preventif maintenance adalah perawatan yang dilakukan secara berkala dalam rangka mencegah terjadinya kerusakan dengan melakukan pengecekan, penggantian, overhaul pada sistem interval waktu yang ditentukan. Jenis perawatan ini mulai dikenal sejak dimulainya era perang dunia kedua yaitu ketika dunia membutuhkan mekanisasi yang berlebihan pada semua jenis industri. Mengingat jenis mesin makin banyak dan kompleks, maka down time menjadi masalah sehingga industri membutuhkan cara untuk mencegah kerusakan. Dari sinilah timbul ide overhaul pada interval waktu yang tetap. Selain itu disebabkan oleh biaya perawatan asset yang makin meningkat terhadap produksi maka lahirlah sistem perencanaan dan kontrol perawatan (maintenance planning and control system). Sistem ini telah sangat mapan dalam praktek perawatan.

3. Pemeliharaan Periodik

a) Pemeliharaan Periodik

Suatu bentuk pemeliharaan terencana yang berulang-ulang secara teratur dan telah diketahui sebelumnya bahwa pada jam kerja mesin tertentu suatu jenis pemeliharaan harus dilakukan. Pemeliharaan tersebut mempunyai periode waktu tertentu yaitu dari P6 (6000 jam = TO), P7 (12000 jam=SO), dan P8 (18000 jam = MO).

1) Top Overhaul (6000 jam)

Pemeliharaan 6000 jam terhadap bagian atas mesin (silinder head keatas) yang meliputi pekerjaan pengukuran, penggantian atau merekonduksi komponen- komponen yang aus untuk mendapatkan kondisi operasi yang optimal. Pekerjaan – pekerjaan yang dilakukan pada TOP Overhaul meliputi pemeriksaan pada seluruh bagian-bagian unit yang antara lain :

- a. Pemeriksaan semua kepala silinder dan komponen yang lainnya.

- b. Pemeriksaan dan pengukuran satu bantalan dan bantalan luncuran (metal) atau sesuai buku manual pabrikan.
- c. Pembersihan generator
- d. Pemeriksaan peralatan listrik
- e. Pemeriksaan perawat pendingin cooler dan inter cooler
- f. Pemeriksaan cairan peredam getaran (vibration damper)
- g. Pemeriksaan Turbocharger (overhaul jika diperlukan pada saatnya)
- h. Pengetesan kemampuan mesin

2) Semi Overhaul (12000 jam)

Pemeriksaan 12000 jam terhadap bagian connecting rod keatas yang meliputi pengukuran, penggantian atau merekonduksi komponen yang aus untuk mendapatkan operasi yang optimal. pekerjaan yang dilaksanakan pada Top Overhaul meliputi pemeriksaan pada seluruh bagian unit antara lain :

- a. Semi Overhaul untuk putaran < 750 rpm

3) Mayor Overhaul (18000 jam)

Pemeliharaan 18000 jam terhadap bagian mesin yang meliputi pekerjaan pengukuran, penggantian atau merekonduksi komponen yang aus untuk mendapatkan kondisi operasi yang optimal. pekerjaan yang dilaksanakan pada Top Overhaul meliputi pemeriksaan bagian unit antara lain :

- a. Overhaul kepala silinder (silinder head) seluruhnya dan pemeriksaan komponennya.
- b. Overhaul piston, silinder, bantalan, turbocharger, silinder blok
- c. Pemeriksaan perlengkapan / peralatan bantu, generator dan panel listrik, pondasi getaran / suara.

d. Pengetesan kemampuan mesin.

Untuk memindahkan dalam melaksanakan pekerjaan bagi pelaksanaan dilihat dari jenis pemeliharaan perlu ditambahkan kalender pemeliharaan dan jenis kerja.

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Pemeliharaan Sesuai Waktu dan Jam Kerja

Jenis Pemeliharaan	Kalender	Jam Kerja
P0	Harian	24
P1	Mingguan	125
P2	2 Minggu	250
P3	Bulanan	500
P4	Triwulan	1500
P5	Semester	3000
P6	TO	6000
P7	SO	12000
P8	MO	18000

b) Pemeliharaan Periodik Rutin

Pemeliharaan periodik rutin yaitu pemeliharaan kecil yang dilakukan dalam tahun anggaran yang bersangkutan.

1. Service

Pemeliharaan rutin jangka pendek meliputi pekerjaan melumasi, membersihkan, mengganti, dan menambah minyak pelumas atau bahan

bakar kimia, dengan kegiatan sebagai berikut :

A. PO (8-20) jam

- 1) Melumasi dan menggemuki secara manual
- 2) Membuang air kondensat dan kotoran-kotoran dari tangki dengan membuka kran.
- 3) Memeriksa dan menambahkan minyak pelumas atau air pendingin yang kurang.

B. P1 (100-150) jam

- 1) Membuka dan membersihkan separator
- 2) Membuka dan membersihkan filter
- 3) Membersihkan peralatan bantu dari debu dan minyak yang bocor

C. P2 (200-300) jam

- 1) Mengganti minyak pelumas dari peralatan tertentu dengan referensi dari pabrik
- 2) Meminyaki bantalan-bantalan
- 3) Menambah bahan kimia pada air pendingin

2. Inspeksi

Pemeliharaan rutin dengan jangka waktu yang lebih panjang meliputi pekerjaan pengamatan maupun pengukuran, penyetelan, perbaikan dan penggantian pada unit pembangkit tanpa membuka atau melepas bagian-bagian utama, dengan jenis dan macam kegiatan pemeliharaan berikut :

D. P3 (400-600) jam

- 1) Memeriksa peralatan-peralatan, bekerja dengan baik

- 2) Memperbaiki komponen-komponen yang terjadi kerusakan
- 3) Memeriksa tekanan, temperatur, dan gas asap
- 4) Memeriksa sistem pelumasan bekerja dengan baik

E. P4 (1200-1800) jam

- 1) Memeriksa fungsi dan bekerjanya alat pengaman
- 2) Memeriksa berfungsinya black star
- 3) Memeriksa berfungsinya governor
- 4) Memeriksa kualitas air pendingin dan unit water treatment
- 5) Memeriksa viskositas minnya dan battery

F. P5 (2400-3600) jam

- 1) Memeriksa dan membersihkan injector
- 2) Memeriksa sistem timing
- 3) memeriksa kelonggaran baut, mur, roda gigi, dan bantalan
- 4) Memeriksa filter oli

4. Pemeliharaan Korektif

Pemeliharaan korektif dilakukan apabila terjadi kegagalan berulang pada suatu mesin atau komponen mesin dalam rangka mencegah jangan sampai terulang kembali di masa depan dengan melakukan studi (Reverse Engeneering), merancang ulang, menetapkan kembali spesifikasi material, memasang dan menguji komponen yang gagal tersebut. Dengan berjalannya waktu, maka jumlah asset dan biaya yang digunakan untuk merawat asset makin bertambah besar menyebabkan manusia mulai mencari-cari perawatan baru dengan mana mereka dapat memaksimalkan umur

peralatan. Pemeriksaan korektif (tidak periodik) mencakup :

- a. Perbaikan : Pemeliharaan tidak periodik, meliputi pekerjaan rekondisi dan perbaikan beberapa komponen dengan mengembalikan kepada kondisi semula atau maksimal.
- b. Penggantian : Pemeliharaan ini meliputi pekerjaan rekondisi dan penggantian sejumlah besar dengan tujuan mengembalikan kepada kondisi semula maksimal.
- c. Penyempurnaan : Pemeliharaan ini meliputi pekerjaan perubahan desain dari komponen dengan tujuan menaikkan kemampuan dan efisiensi.

5. Pemeliharaan Tidak Terencana

Pemeliharaan tidak terencana adalah pemeliharaan yang dilakukan tanpa ada rencana sebelumnya. Hal ini disebabkan adanya gangguan kerusakan yang tidak terencana atau mendadak. Jika hal tersebut terjadi maka kita mengisi formulir laporan gangguan pembangkit agar dapat dilaporkan kepada manajemen sebagai dasar rencana tindakan selanjutnya untuk perbaikan pada unit tersebut.

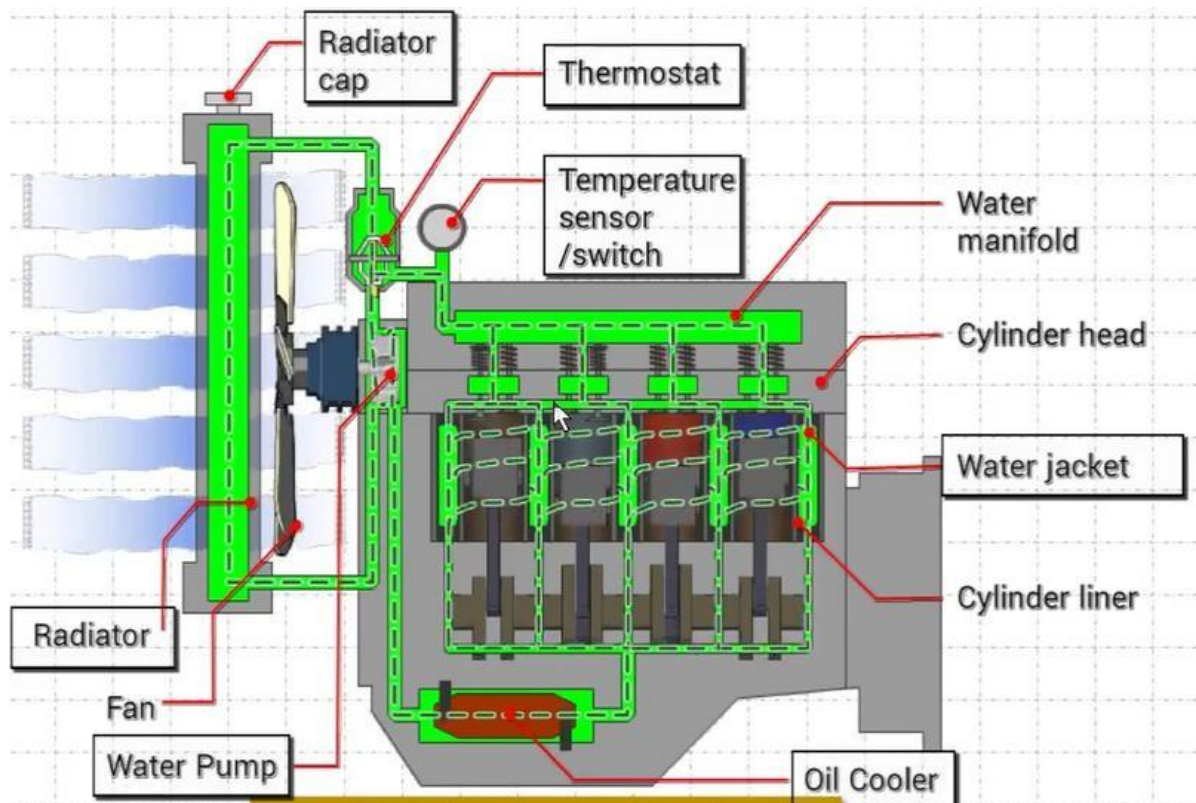
2.1.4 Komponen-Komponen Sistem Pendingin

1. Radiator

Radiator merupakan komponen penukar panas yang berfungsi memindahkan energi panas dari satu media ke media lainnya, dengan tujuan untuk menurunkan atau menaikkan suhu sesuai kebutuhan. Umumnya, radiator terdiri dari tangki air bagian atas (upper tank), tangki bagian bawah (lower water tank), serta bagian inti radiator (radiator core) yang berada di tengah. Dalam sistem mesin otomotif, seperti pada kendaraan bermotor, radiator memiliki peran yang sangat vital dan biasanya ditempatkan di bagian depan mesin.

Sistem pendingin berbasis air memang lebih kompleks dan membutuhkan biaya lebih tinggi dibandingkan sistem pendingin udara, namun memiliki sejumlah keunggulan. Cairan

pendingin mesin (campuran air, aditif, dan cairan antibeku) tidak hanya berfungsi menjaga suhu agar tetap stabil, tetapi juga membantu meredam suara dari ruang pembakaran yang dikelilingi oleh cairan pendingin tersebut. Selain itu, air pendingin yang sudah panas juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber panas bagi sistem pemanas udara di kendaraan. Melihat fungsi penting radiator, pemilihan material yang tepat serta proses manufaktur yang sesuai menjadi hal yang sangat krusial untuk menghasilkan radiator dengan kualitas tinggi dan kemampuan optimal dalam menjaga suhu mesin tetap stabil.



Gambar 2.4 *Cooling System Diagram*

2.1.4.1 Jenis-jenis Radiator

A. Radiator Otomotif

Radiator pada kendaraan bermotor, baik mobil maupun sepeda motor, berfungsi sebagai sistem pendingin yang menjaga suhu mesin agar tetap berada dalam batas kerja yang aman dan tidak melebihi temperatur operasional yang telah ditetapkan.

a) Radiator Mobil



Gambar 2.5 Radiator Mobil

b) Radiator Sepeda Motor



Gambar 2.6 Radiator Sepeda Motor

B. Radiator Non Otomotif

Radiator non-otomotif merupakan jenis radiator yang digunakan di luar kendaraan bermotor, seperti pada mesin pembangkit listrik (genset), peralatan berat, maupun sistem pendingin industri lainnya. Meskipun memiliki fungsi utama yang sama, yaitu mengalirkan panas dari cairan pendingin (coolant) untuk menjaga

kestabilan suhu mesin atau sistem, penerapannya berbeda dibandingkan dengan radiator yang digunakan pada kendaraan seperti mobil atau sepeda motor.

a. Radiator Genset



Gambar 2.7 Radiator Cummins QSK-23

b. Radiator Alat Berat (Dozer)



Gambar 2.8 Radiator Dozer BEML D355

2. Tutup Radiator

Tutup Radiator adalah suatu komponen pada sistem pendingin mesin yang terletak di atas radiator. Fungsinya adalah untuk menjaga tekanan dalam sistem pendingin agar tetap stabil dan mencegah kebocoran. Tutup radiator memiliki dua fungsi utama. Pertama, berperan dalam meningkatkan titik didih cairan pendingin dengan cara menahan tekanan akibat pemuatan air saat suhu mesin meningkat, sehingga tekanan di dalam sistem menjadi lebih tinggi daripada tekanan udara luar. Kedua, menjaga agar cairan pendingin tetap berada dalam sistem dan tidak berkurang, baik ketika mesin dalam kondisi panas maupun dingin. Untuk mendukung kedua fungsi tersebut, tutup radiator dilengkapi dengan relief valve dan vacuum valve yang membantu mengatur tekanan di dalam sistem pendingin.



Gambar. 2.9 Tutup Radiator

3. Waterpump

Water pump merupakan komponen utama dalam sistem pendingin mesin PLTD yang berfungsi untuk mensirkulasikan air pendingin (coolant) ke seluruh rangkaian sistem pendingin. Tanpa water pump, aliran air pendingin tidak akan berjalan secara efektif, sehingga panas yang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam mesin tidak dapat dibuang dengan baik.

Pada mesin PLTD, water pump umumnya digerakkan secara mekanis oleh poros mesin melalui belt atau secara langsung (gear driven), tergantung pada desain dan kapasitas mesin. Saat mesin beroperasi, water pump akan mengalirkan air pendingin dari radiator menuju water jacket di blok dan kepala silinder mesin. Air pendingin tersebut menyerap panas dari mesin, kemudian dialirkan kembali ke radiator untuk didinginkan sebelum disirkulasikan kembali.

Fungsi utama water pump adalah memastikan aliran air pendingin berlangsung secara kontinu dan merata. Aliran yang stabil memungkinkan perpindahan panas dari mesin ke radiator berjalan optimal, sehingga suhu kerja mesin dapat dijaga dalam batas yang aman. Apabila debit aliran air pendingin menurun, maka efektivitas pendinginan akan berkurang dan berpotensi menyebabkan overheating.

Gangguan pada water pump, seperti kebocoran seal, keausan impeller, atau kerusakan bearing, dapat menghambat sirkulasi air pendingin. Kondisi tersebut sering ditandai dengan meningkatnya suhu mesin, suara abnormal, atau berkurangnya level coolant. Jika tidak segera ditangani, gangguan water pump dapat menyebabkan kerusakan serius pada mesin dan meningkatkan risiko gangguan tidak terencana (forced outage).



Gambar 2.10 Waterpump

4. Kipas Radiator

Kipas radiator merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pendingin mesin PLTD yang berfungsi untuk membantu pelepasan panas dari radiator ke udara lingkungan. Kipas ini bekerja dengan mengalirkan udara secara paksa melewati sirip-sirip radiator sehingga panas yang dibawa oleh air pendingin (coolant) dapat dibuang secara efektif ke atmosfer.

Pada mesin PLTD, kipas radiator umumnya digerakkan secara mekanis melalui poros mesin atau menggunakan motor listrik, tergantung pada desain dan kapasitas unit pembangkit. Ketika mesin beroperasi, air pendingin yang telah menyerap panas dari water jacket akan dialirkan menuju radiator. Kipas radiator kemudian menghasilkan aliran udara yang cukup untuk menurunkan suhu air pendingin sebelum kembali disirkulasikan ke dalam mesin.

Fungsi utama kipas radiator adalah menjaga temperatur kerja mesin tetap stabil, terutama saat beban mesin tinggi atau ketika sirkulasi udara alami tidak mencukupi. Tanpa aliran udara yang memadai dari kipas radiator, proses perpindahan panas di radiator tidak akan berlangsung optimal, sehingga berpotensi menyebabkan kenaikan temperatur mesin (overheating) yang dapat menurunkan efisiensi dan keandalan operasi PLTD.

Kinerja kipas radiator sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kecepatan putaran kipas, kondisi bilah kipas, kebersihan sirip radiator, serta sistem penggeraknya. Kerusakan pada kipas, seperti bilah patah, putaran tidak stabil, atau kegagalan motor penggerak, dapat mengurangi kapasitas pendinginan dan meningkatkan risiko gangguan tidak terencana. Oleh karena itu, inspeksi dan pemeliharaan rutin pada kipas radiator menjadi bagian penting dalam program pemeliharaan mesin PLTD.



Gambar 2.11 Kipas Radiator

5. Thermostat

Thermostat merupakan komponen pengatur suhu pada sistem pendingin mesin PLTD yang berfungsi untuk mengendalikan aliran air pendingin (coolant) berdasarkan temperatur kerja mesin. Thermostat memastikan mesin dapat mencapai suhu operasi ideal dengan cepat serta menjaga agar suhu tersebut tetap stabil selama mesin beroperasi.

Pada saat mesin baru dinyalakan dan suhu masih rendah, thermostat berada dalam kondisi tertutup, sehingga aliran air pendingin menuju radiator dibatasi. Dalam kondisi ini, air pendingin hanya bersirkulasi di dalam mesin (melalui water jacket) untuk mempercepat proses pemanasan mesin hingga mencapai suhu kerja optimal. Hal ini penting untuk menjaga efisiensi pembakaran dan mengurangi keausan komponen mesin.

Ketika suhu air pendingin telah mencapai batas yang ditentukan (umumnya sekitar 80–90°C, tergantung spesifikasi mesin), thermostat akan terbuka secara bertahap. Terbukanya thermostat memungkinkan air pendingin mengalir menuju radiator untuk didinginkan sebelum disirkulasikan kembali ke mesin. Dengan mekanisme ini,

thermostat berperan menjaga keseimbangan antara proses pemanasan dan pendinginan mesin.

Apabila thermostat mengalami gangguan, seperti macet dalam posisi tertutup atau terbuka, maka kinerja sistem pendingin akan terganggu. Thermostat yang macet tertutup dapat menyebabkan overheating, karena air pendingin tidak dapat mengalir ke radiator. Sebaliknya, thermostat yang macet terbuka dapat mengakibatkan mesin sulit mencapai suhu kerja ideal, yang berdampak pada penurunan efisiensi dan meningkatnya konsumsi bahan bakar.



Gambar 2.12 Thermostat

6. Hose Radiator

Komponen ini berperan sebagai saluran penghubung antara radiator dengan blok mesin. Pada radiator terdapat dua jenis selang, yaitu upper hose yang berfungsi mengalirkan cairan pendingin panas dari mesin menuju radiator, dan lower hose yang bertugas menyalurkan cairan yang telah didinginkan kembali ke dalam mesin.



Gambar 2.13 Hose Radiator Stainless Steel

Selang radiator baja tahan karat (stainless steel) adalah komponen yang menawarkan daya tahan superior dan ketahanan terhadap korosi dibandingkan selang karet standar. Material ini dirancang untuk penggunaan jangka panjang dalam kondisi suhu dan tekanan tinggi.

Karakteristik Utama Hose Stainless

- a) Material: Terbuat dari paduan baja tahan karat berkualitas tinggi, sering kali tipe seperti Stainless Steel untuk ketahanan korosi yang sangat baik, terutama di lingkungan yang keras.
- b) Struktur: Umumnya berupa selang logam fleksibel yang dibentuk sesuai kebutuhan ruang mesin, sering kali tersedia dalam bentuk kit universal yang dapat disesuaikan panjangnya.
- c) Fungsi: Seperti selang radiator biasa, fungsi utamanya adalah mengalirkan cairan pendingin (air radiator) antara mesin dan radiator untuk menjaga suhu operasional mesin yang optimal.

Keunggulan Hose Stainless

- a) Daya Tahan dan Umur Panjang: Selang ini jauh lebih tahan lama daripada selang karet EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*) yang standar dan tidak mudah rusak seiring waktu akibat panas ekstrem atau tekanan tinggi. Jika dipasang dengan benar, selang ini dapat bertahan lebih dari 20 tahun, menjadi solusi yang andal dan tahan lama untuk berbagai aplikasi sekaligus memastikan kinerja optimal sistem atau mesin yang terhubung.
- b) Ketahanan Korosi: Sangat tahan terhadap karat, oksidasi, dan efek korosif dari cairan pendingin atau bahan kimia lain yang mungkin ada dalam sistem pendingin. Selang baja tahan karat suhu tinggi memiliki kemampuan luar biasa untuk menghilangkan risiko operasional yang fatal di lingkungan industri. Konstruksi logamnya yang kokoh menjamin keamanan dan keamanan terbaik,

bahkan saat terjadi kebakaran. Selang ini memiliki daya tahan yang jauh lebih baik daripada selang karet, menjadikannya pilihan optimal untuk aplikasi bertekanan tinggi dan dengan keausan tinggi. Dengan kinerja dan daya tahannya yang luar biasa, selang baja tahan karat memberikan ketenangan pikiran dan kelancaran operasional di lingkungan industri yang menantang.

- c) Peningkatan kinerja dan efisiensi: Selang baja tahan karat suhu tinggi menawarkan efisiensi biaya dan penghematan jangka panjang yang luar biasa berkat perawatan minimal dan masa pakai yang panjang. Selang baja tahan karat suhu tinggi di desain sesuai kebutuhan dan ukuran yang diperlukan. Desain ini memungkinkan efisiensi luar biasa untuk aplikasi industri di ruang terbatas dengan tetap mempertahankan kekusutan maksimal. Selain itu, jalinan eksternal membantu meredam getaran di dalam pipa, sehingga semakin meningkatkan kinerja dan efisiensi.
- d) Estetika: Memberikan tampilan yang lebih bersih, kuat, dan sering kali dianggap lebih menarik secara visual di ruang mesin, terutama untuk modifikasi atau mobil pameran.
- e) Ketahanan Terhadap Kerusakan Fisik: Anti tusuk, anti sobek, dan tidak rentan terhadap kerusakan akibat hewan pengerat atau benda tajam lainnya, masalah yang terkadang dihadapi selang karet.

Kekurangan Hose Stainless

- a) Biaya Investasi Awal Tinggi

Hose stainless memiliki harga yang jauh lebih mahal dibandingkan hose karet konvensional.

Penyebabnya:

- 1) Material stainless steel memiliki harga bahan baku tinggi.
- 2) Proses fabrikasi lebih kompleks.
- 3) Memerlukan fitting dan clamp khusus atau menambahkan hose

sambungan.

4) Membutuhkan analisis kelayakan ekonomi sebelum implementasi.

b) Fleksibilitas Lebih Rendah

Berbeda dengan hose karet yang sangat elastis, hose stainless:

- 1) Lebih kaku.
- 2) Memiliki radius bending minimum yang harus dipatuhi.
- 3) Tidak boleh dipasang dengan sudut tajam.

c) Berat Lebih Besar

Dibanding hose karet, hose stainless:

- 1) Lebih berat.
- 2) Memberikan beban tambahan padaudukan (bracket).
- 3) Dapat menambah beban tarik pada sambungan jika tidak ditopang dengan baik.

d) Tidak Menyerap Getaran Seperti Karet

Hose karet secara alami bersifat elastis dan mampu:

- 1) Meredam getaran.
- 2) Mengurangi transmisi vibrasi ke radiator.

Sebaliknya, hose stainless lebih kaku sehingga:

- 1) Getaran lebih mudah diteruskan ke sambungan.
- 2) Dapat mempercepat keausan pada flange atau fitting.

7. Oil Cooler

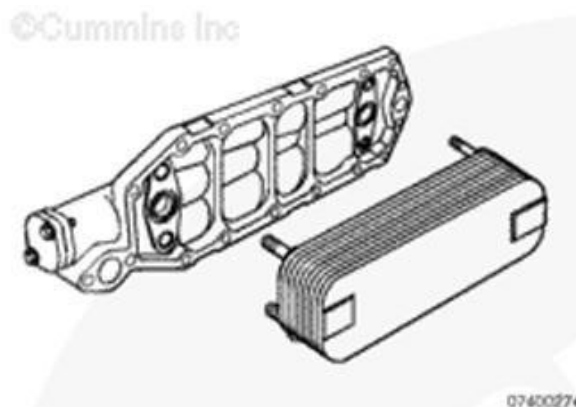
Oil cooler merupakan komponen pada sistem pendingin mesin PLTD yang berfungsi untuk menurunkan temperatur oli pelumas mesin agar tetap berada dalam batas suhu kerja yang aman. Oli mesin tidak hanya berperan sebagai pelumas, tetapi

juga sebagai media pembuang panas dari komponen mesin yang mengalami gesekan tinggi, seperti bantalan poros engkol, piston, dan camshaft. Oleh karena itu, suhu oli perlu dijaga agar viskositas dan kemampuan pelumasannya tetap optimal.

Pada mesin PLTD, oil cooler umumnya menggunakan media air pendingin atau udara sebagai sarana pelepasan panas. Oli panas yang keluar dari mesin dialirkan menuju oil cooler, di mana panas dari oli dipindahkan ke air pendingin atau udara melalui penukar panas (heat exchanger). Setelah temperaturnya turun, oli kemudian disirkulasikan kembali ke dalam mesin untuk melumasi dan melindungi komponen mesin.

Fungsi utama oil cooler adalah menjaga stabilitas temperatur oli mesin. Apabila suhu oli terlalu tinggi, viskositas oli akan menurun sehingga kemampuan pelumasan berkurang dan risiko keausan komponen mesin meningkat. Selain itu, oli yang terlalu panas dapat mengalami degradasi lebih cepat, yang berdampak pada penurunan kualitas pelumasan dan meningkatnya kebutuhan penggantian oli.

Gangguan pada oil cooler, seperti kebocoran, penyumbatan, atau penurunan efektivitas perpindahan panas, dapat menyebabkan kenaikan temperatur oli secara signifikan. Kondisi ini dapat memicu alarm temperatur oli tinggi dan berpotensi menyebabkan penghentian unit secara tidak terencana. Oleh karena itu, kondisi oil cooler harus selalu dijaga agar sistem pendinginan dan pelumasan mesin PLTD dapat bekerja secara optimal.



Gambar 2.14 Oil Cooler

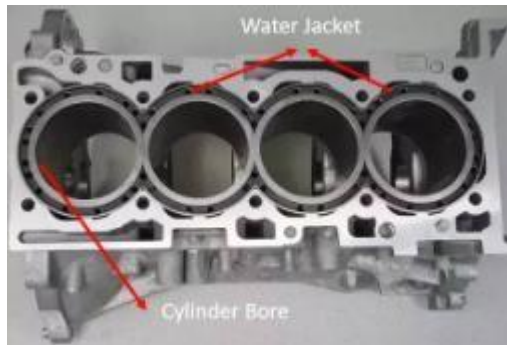
8. Water Jacket

Water jacket merupakan saluran atau rongga pendingin yang terletak di dalam blok silinder dan kepala silinder mesin diesel PLTD. Saluran ini mengelilingi bagian-bagian mesin yang menghasilkan panas tinggi, seperti silinder, liner, dan cylinder head. Water jacket berfungsi sebagai media utama untuk menyerap panas hasil pembakaran di dalam ruang bakar agar suhu kerja mesin tetap berada pada batas yang aman.

Pada sistem pendingin mesin PLTD, air pendingin (coolant) dialirkan oleh pompa air (water pump) menuju water jacket. Saat mesin beroperasi, panas dari proses pembakaran dan gesekan komponen mesin akan ditransfer ke air pendingin yang mengalir di dalam water jacket. Selanjutnya, air pendingin yang telah menyerap panas dialirkan menuju radiator untuk didinginkan sebelum disirkulasikan kembali ke mesin.

Fungsi utama water jacket adalah menjaga stabilitas temperatur mesin agar tidak terjadi overheating. Jika temperatur mesin terlalu tinggi, dapat menyebabkan berbagai gangguan seperti pemuaiian berlebih pada komponen, penurunan efisiensi pembakaran, kerusakan gasket, hingga risiko retak pada blok silinder. Oleh karena itu, kondisi water jacket yang bersih dan aliran pendingin yang lancar sangat menentukan keandalan mesin PLTD.

Selain itu, water jacket juga berperan dalam menjaga keseragaman suhu pada seluruh bagian mesin. Pendinginan yang merata membantu mengurangi perbedaan temperatur antar komponen, sehingga memperpanjang umur pakai mesin dan meningkatkan performa operasi. Apabila terjadi penyumbatan pada water jacket akibat kerak, karat, atau kotoran, maka proses perpindahan panas menjadi tidak optimal dan dapat meningkatkan potensi gangguan tidak terencana (forced outage).



Gambar 2.15 Saluran Rongga Water Jacket

9. Temperature Sensor/Switch

Temperature sensor atau temperature switch merupakan komponen instrumentasi pada sistem pendingin mesin PLTD yang berfungsi untuk mendeteksi dan memantau suhu kerja mesin, khususnya suhu air pendingin (coolant) dan oli pelumas. Komponen ini menjadi bagian penting dalam sistem proteksi dan kontrol mesin, karena memberikan informasi suhu secara real-time kepada panel kontrol maupun sistem proteksi unit.

Temperature sensor bekerja dengan mengubah perubahan suhu menjadi sinyal listrik (umumnya berupa perubahan resistansi atau tegangan) yang kemudian dibaca oleh sistem kontrol. Data suhu ini ditampilkan pada indikator di panel kontrol dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan operasi, seperti pengaturan beban, aktivasi kipas tambahan, atau pengaturan alarm. Sementara itu, temperature switch bekerja berdasarkan prinsip buka-tutup kontak pada batas suhu tertentu yang telah ditentukan.

Fungsi utama temperature sensor/switch adalah sebagai sistem peringatan dini dan proteksi mesin. Ketika suhu pendingin atau oli melebihi nilai ambang batas normal, temperature sensor akan mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan alarm, sedangkan temperature switch dapat memicu tindakan proteksi seperti pengurangan beban (derating) atau bahkan trip mesin untuk mencegah kerusakan yang lebih serius akibat overheating.

Gangguan pada temperature sensor atau switch, seperti pembacaan tidak akurat, sensor rusak, atau kegagalan kontak, dapat berdampak signifikan terhadap keandalan mesin PLTD. Sensor yang tidak berfungsi dengan baik dapat menyebabkan keterlambatan deteksi kenaikan suhu, sehingga mesin berisiko mengalami overheating tanpa peringatan. Sebaliknya, sensor yang terlalu sensitif atau error dapat menimbulkan alarm palsu dan trip yang tidak diperlukan.



Gambar 2.16 Temperatur Sensor/Switch

2.2. Penelitian yang Relevan

Pada penelitian ini penulis melakukan tinjauan literatur pada beberapa penelitian yang relevan untuk dijadikan referensi. Referensi dapat berasal dari jurnal, artikel, skripsi, atau buku yang relevan. Beberapa referensi yang penulis dapatkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prawira (2020) dalam Jurnal Energi & Mesin, dilakukan analisis terhadap kinerja sistem pendingin pada mesin diesel genset berkapasitas 500 kVA. Studi ini menyoroti pengaruh sistem pendingin terhadap kestabilan suhu operasi mesin, efisiensi termal, serta daya keluaran yang dihasilkan. Melalui pengamatan terhadap suhu cairan pendingin, kecepatan aliran, dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kestabilan temperatur, diperoleh hasil bahwa efektivitas pendinginan sangat dipengaruhi oleh kondisi radiator, pompa air, serta kebersihan dan material saluran pendingin. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa pemeliharaan

sistem pendingin yang optimal dapat mengurangi risiko overheating dan menjaga efisiensi kerja genset pada tingkat yang maksimal. [9].

2. Setiawan dan Prasetyo (2021) dalam jurnal berjudul “Analisis Kinerja Sistem Pendingin Mesin Diesel Menggunakan Variasi Material Hose Radiator” meneliti pengaruh penggunaan berbagai jenis bahan selang radiator terhadap efisiensi sistem pendingin pada mesin diesel. Penelitian ini menilai kinerja pendinginan, kestabilan suhu kerja mesin, serta ketahanan masing-masing material terhadap panas dan tekanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan material pada hose radiator berpengaruh terhadap efektivitas proses perpindahan panas dan kestabilan temperatur operasional mesin. [7].
3. Widharto (2021) dalam International Journal of Mechanical Engineering Applications melakukan penelitian yang menitikberatkan pada evaluasi performa sistem pendingin mesin diesel dengan menganalisis efisiensi perpindahan panas, kestabilan temperatur operasi, serta pengaruh variasi beban mesin terhadap kemampuan pendinginan. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dan analisis termodinamika untuk mengkaji efektivitas berbagai konfigurasi komponen sistem pendingin, seperti radiator, kipas, dan pompa air. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penyempurnaan desain sistem pendingin memberikan dampak yang signifikan terhadap efisiensi penggunaan bahan bakar dan ketahanan umur mesin. [10].
4. Y. S. Nurdin (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Analisa Penyebab Penurunan Daya Mampu (Derating) pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel” membahas berbagai faktor teknis yang berkontribusi terhadap berkurangnya daya keluaran pada mesin diesel pembangkit listrik. Kajian ini memusatkan perhatian pada aspek operasional mesin, sistem pendingin, mutu bahan bakar, serta kondisi lingkungan seperti suhu dan tingkat kelembapan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan daya atau derating umumnya terjadi akibat menurunnya efisiensi termal yang disebabkan oleh tingginya temperatur operasi dan beban kerja yang berlebihan dalam jangka waktu lama. Penelitian ini juga menegaskan pentingnya perawatan berkala serta pengaturan operasi yang tepat guna menjaga stabilitas performa mesin diesel. [2].

5. P. A. Ma'sudi, W. Pracoyo, F. Azharul, dan W. Wilarso (2019) dalam Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi melakukan penelitian mengenai pengaruh kegagalan sistem pendingin pada genset Caterpillar 3500 Series terhadap kinerja serta keandalan mesin. Kajian ini menelusuri faktor-faktor utama penyebab kerusakan, antara lain kebocoran cairan pendingin, kerusakan radiator, gangguan pada pompa air, kipas pendingin, maupun selang radiator. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa gangguan pada sistem pendingin dapat menyebabkan kenaikan suhu operasi yang berlebihan, penurunan efisiensi mesin, hingga potensi kerusakan pada komponen internal. Oleh karena itu, penelitian ini menyarankan penerapan sistem pemantauan yang lebih baik serta pelaksanaan perawatan berkala guna mencegah kerusakan serupa di kemudian hari. [3].
6. Eko Sulistiyo dan Fadel Muhamad (2017) dalam Jurnal Power Plant, Analisis Kekuatan Pipa Glass-Fiber Reinforced Epoxy Terhadap Beban Impak, Beban Tekuk, dan Tekan di Job Pertamina-Petrochina East Java. Kajian ini juga membahas tentang proses pembuatan pipa Glass-fiber Reinforced Epoxy dilakukan dengan suatu metode yang disebut helical filament winding. Helical filament winding adalah proses pengisian lilitan hamparan sejumlah serat penguat dengan resin (matrix), dimana pengisian lilitan serat tersebut yang dibasahi pada suatu roller dibawah putaran yang dikendalikan pada suatu pola yang telah ditentukan, yang kemudian diulangi sesuai dengan yang ditetapkan pada suatu konstruksi layer untuk mencapai ketebalan dinding yang diinginkan. Beberapa keuntungan dari pipa *Glass-fiber Reinforced Epoxy* yaitu Anti korosi, *Strength to weight ratio*, Sangat ringan dan Murah perawatannya. [17].
7. M.C. Fatah, Rafsanjani, D.J. Damiri, dan H. Rusjdi dalam Jurnal PowerPlant, Analisa Properties Material Pipa Economizer PLTU Jateng 2 Adipala 1x600 MW. Kajian ini menjelaskan terkait *Economizer* merupakan salah satu bagian alat penukar panas pada boiler yang menentukan efisiensi thermal boiler secara keseluruhan. Semakin baik proses penyerapan panas di *economizer* maka semakin meningkat pula efisiensi pada boiler. *Properties* material pipa *economizer* dapat berubah akibat interaksi antara tekanan dan temperatur tinggi pada saat beroperasi. [18].

8. Suhengki dan Prayudi dalam Jurnal Power Plant, Pengaruh Beban Pendingin Terhadap Kinerja Mesin Pendingin Dengan Refrigerant R134a dan MC134. Jika beban pendingin meningkat akan berpengaruh pada peningkatan jumlah kalor yang diserap evaporator, kalor yang dibuang evaporator. Jika beban pendingin meningkat akan berpengaruh pada penurunan kerja kompresor, massa refrigerant dalam sistem dan COP yang menurun. [19].
9. Harun Al Rosyid, Indah Handayasari, dan Sugeng Tri Hariyanto dalam Jurnal Power Plant, Analisa Water Hammer Pada Pipa Sirkulasi Condensate Extraction Pump PT PJB UBJOM PLTU Indramayu. Water hammer adalah fenomena terjadinya fluktuasi tekanan yang diakibatkan oleh penutupan valve yang cepat ataupun matinya pompa secara tiba-tiba. Hal ini akan berdampak buruk terhadap instalasi perpipaan terutama pipa sebagai jalur utama fluida dialirkan. Perubahan tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya dampak yang buruk bagi sistem perpipaan, diantaranya adalah rusaknya atau pecahnya pipa system dengan konsekuensi seluruh system peralatan harus mati total. Pemilihan material pipa mempengaruhi ketahanan system terhadap dampak water hammer dengan memperhitungkan biaya yang dikeluarkan. [20].
10. Arisma Chairul Syarif, Imam Kartolaksomo Rekwardojo dan Jalu Eko Harjono, dalam Jurnal Power Plant, Uji Prestasi dan Emisi Diesel Berbahan Bakar Minyak Nabati Murni Untuk Pembangkitan Daya di daerah Terpencil. Dari parameter emisi yang dihasilkan, mesin diesel yang menggunakan bahan bakar nabati menghasilkan emisi karbon dioksida, karbon monoksida, dan hidrokarbon yang lebih besar dibandingkan mesin diesel berbahan bakar minyak solar. Hal ini disebabkan karena perbedaan angka setana pada bahan bakar yang digunakan. Akan tetapi, terlihat perbedaan yang signifikan pada emisi nitrogen oksida (NOx) yang dihasilkan. Emisi NOx yang dihasilkan dari mesin diesel yang berbahan bakar PPO jauh lebih rendah dibandingkan dengan mesin diesel berbahan bakar minyak solar. [21].
11. Darmana, T., Tutuka, I. P., Pratama, R. P., Suyanto, H., Rahayu, S., Hidayat, R., Azwin, A. A. Z., Renuga, A., & Verayiah, P dalam jurnal yang berjudul *Study of Fuel Save Controller (FSC) System in Renewable Energy Generation Grid System: A Case Study*

of Wangi-Wangi Island, Wakatobi, Indonesia menyatakan bahwa peningkatan efisiensi sistem pendukung pembangkit, seperti pengaturan beban dan optimasi sistem operasi, dapat menurunkan konsumsi bahan bakar secara signifikan. Lebih lanjut, pada penelitian tersebut diterapkan Fuel Save Controller (FSC) yang mampu mengurangi konsumsi bahan bakar hingga 14,68%, menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi tidak hanya berasal dari sisi kelistrikan, tetapi juga dari optimalisasi sistem mekanik dan termal mesin diesel. [22].

2.3. Kerangka Pemikiran



Gambar 2.15 Kerangka Pemikiran

Tahap pertama difokuskan pada proses identifikasi dan pemahaman terhadap permasalahan yang terjadi. Kegiatan pada tahap ini meliputi pengumpulan data, observasi langsung di lapangan, serta analisis kondisi nyata untuk menemukan akar masalah secara komprehensif. Setelah permasalahan teridentifikasi, dilakukan diskusi tim guna menentukan faktor utama penyebabnya, sehingga solusi yang disusun nantinya dapat tepat sasaran dan efektif.

Tahap berikutnya adalah pencarian ide-ide inovatif yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Ide yang dihasilkan harus mempertimbangkan aspek efisiensi, efektivitas, serta kelayakan penerapan di lapangan. Berdasarkan ide yang telah disepakati, dilakukan proses perancangan solusi yang mencakup pembuatan konsep, sketsa, atau simulasi. Setelah rancangan selesai, dilakukan evaluasi untuk memastikan bahwa solusi tersebut dapat diimplementasikan dengan baik.

Tahap selanjutnya adalah penyusunan rencana pelaksanaan secara detail, mencakup pembagian peran, penjadwalan kegiatan, serta alokasi sumber daya yang diperlukan. Langkah terakhir yaitu penerapan solusi di lapangan, di mana tim melaksanakan rencana yang telah dibuat, melakukan pemantauan proses, dan mengevaluasi hasil implementasi guna menilai sejauh mana efektivitas solusi yang diterapkan.