

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT PLN Mandau Cipta Tenaga Nusantara (MCTN), yang merupakan anak perusahaan dari PT PLN (Persero), bergerak di bidang pembangkitan energi listrik dan uap untuk mendukung kebutuhan operasional eksplorasi minyak di Blok Hulu Rokan. Fokus utama kegiatan perusahaan ini terletak pada pengoperasian serta pemeliharaan fasilitas pembangkit listrik dan uap. Berdiri sejak tahun 1998, PT PLN MCTN telah mengoperasikan sistem Gas Turbine Co-Generation secara andal selama lebih dari dua dekade. Pada awal bulan Agustus 2025, perusahaan ini memperoleh penugasan bisnis baru dari kantor PLN Pusat yaitu pengelolaan AMC (Asset Manajemen Contract) untuk kegiatan operasi dan pemeliharaan beberapa PLTD Isolated di wilayah Unit Induk Distribusi, termasuk PLTD Sapudi yang terletak di kepulauan Madura Jawa Timur.

Penulis memilih Lokasi penelitian di PLTD Sapudi yang terletak di antara Pulau Madura dan Kepulauan Kangean, secara administratif termasuk wilayah Kabupaten Sumenep, Jawa Timur. Secara geografis, pulau ini berada di Laut Jawa dan terbagi menjadi dua kecamatan, yaitu Kecamatan Nonggunong di utara dan Kecamatan Gayam di selatan. Jarak pulau sapudi dari sumenep madura sekitar 40 Km dan bisa ditempuh perjalanan laut melalui kapal ferry dengan lama tempuh sekitar 3,5 jam dari Pelabuhan Kalianget Sumenep Madura. Sehingga dengan kondisi geografis pulau Sapudi tersebut diharapkan agar material pada system pendingin mesin PLTD Sapudi bisa lebih handal untuk efisiensi mobilisasi saat terjadi gangguan atau kerusakan material terutama pada hose radiator yang sering terjadi kebocoran. Jumlah mesin pada PLTD Sapudi ada 5 unit engine Cummins dengan kapasitas 875 Kva/Mesin dengan daya mampu 500 kW/mesin. Jumlah pelanggan Listrik di pulau Sapudi yaitu 13.685 pelanggan.

Tabel 1.1 Data Mesin PLTD Sapudi

Engine	Merk	Type	Kapasitas	Daya Mampu	Operasi
Unit#1	Cummins	QSK-23	875 kVa	500 kW	2018
Unit#2	Cummins	QSK-23	875 kVa	500 kW	2018
Unit#3	Cummins	QSK-23	875 kVa	500 kW	2018
Unit#4	Cummins	QSK-23	875 kVa	500 kW	2018
Unit#5	Cummins	QSK-23	875 kVa	500 kW	2018

PLTD berperan penting sebagai sumber utama penyedia listrik di daerah terpencil, salah satunya Pulau Sapudi. Mesin diesel pada pembangkit ini dilengkapi dengan sistem pendingin yang berfungsi menjaga suhu mesin agar tetap stabil dan mencegah terjadinya overheating. Namun, selang radiator berbahan karet yang digunakan saat ini sering mengalami kerusakan akibat paparan panas dan tekanan tinggi dalam waktu lama. Masalah tersebut berdampak pada meningkatnya biaya perawatan, waktu henti operasional mesin (downtime), serta menurunnya efisiensi kinerja pembangkit. Pada kondisi tersebut jika kita akan melakukan pemeliharaan atau perbaikan membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga perlu dilakukan pengurangan beban atau pemadaman aliran listrik dan mengakibatkan pelayanan listrik ke pelanggan terganggu.

Tabel 1.2 Data Gangguan Hose Radiator

No	PLTD	Unit	Waktu	Kode Alarm	Keterangan Alarm Mesin	Hasil Investigasi
1	SAPUDI	#05	Jan-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
2	SAPUDI	#01	Jan-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
3	SAPUDI	#03	Feb-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
4	SAPUDI	#02	Mar-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
5	SAPUDI	#04	Apr-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
6	SAPUDI	#05	May-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
7	SAPUDI	#01	Jun-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
8	SAPUDI	#02	Jun-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
9	SAPUDI	#03	Jul-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah

10	SAPUDI	#04	Agust-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
11	SAPUDI	#03	Oct-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
12	SAPUDI	#05	Oct-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
13	SAPUDI	#01	Nov-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
14	SAPUDI	#02	Nov-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
15	SAPUDI	#03	Dec-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
16	SAPUDI	#04	Dec-24	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
17	SAPUDI	#01	Feb-25	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
18	SAPUDI	#05	Feb-25	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
19	SAPUDI	#03	Mar-25	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
20	SAPUDI	#02	Mar-25	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
21	SAPUDI	#04	Apr-25	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
22	SAPUDI	#05	May-25	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
23	SAPUDI	#01	Jun-25	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
24	SAPUDI	#03	Jul-25	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
25	SAPUDI	#02	Sept-25	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah
26	SAPUDI	#04	Sept-25	235	Low Coolant Level	Hose Radiator Pecah

Berdasarkan data gangguan operasional PLTD SAPUDI periode Januari 2024 hingga September 2025, tercatat sebanyak 26 kejadian alarm dengan kode 235 (Low Coolant Level) yang terjadi pada Unit #01 sampai dengan Unit #05. Seluruh kejadian tersebut memiliki hasil investigasi yang sama, yaitu **hose radiator pecah**. Gangguan ini terjadi secara berulang hampir setiap bulan dan merata di seluruh unit pembangkit termasuk di PLTD Sapudi.

Jika dianalisis lebih lanjut, kejadian gangguan menunjukkan pola sebagai berikut:

1. Gangguan terjadi secara konsisten sepanjang tahun 2024 hingga 2025.
2. Seluruh unit (#01–#05) mengalami permasalahan yang sama.
3. Penyebab dominan 100% berasal dari kegagalan komponen hose radiator.
4. Alarm yang muncul selalu berkaitan dengan penurunan level coolant akibat kebocoran atau pecahnya selang radiator.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa hose radiator yang saat ini digunakan memiliki tingkat keandalan yang rendah terhadap kondisi operasi PLTD SAPUDI. Beberapa faktor yang diduga menjadi penyebab kegagalan berulang antara lain:

- 1) Tekanan sistem pendingin yang tinggi.
- 2) Temperatur operasi mesin diesel yang fluktuatif.
- 3) Kualitas material hose berbahan karet yang rentan terhadap degradasi panas.
- 4) Faktor umur pakai (aging) dan kelelahan material (fatigue).
- 5) Kondisi lingkungan operasional (kelembaban, getaran mesin, dan kontaminasi).

Kegagalan hose radiator tidak hanya menyebabkan alarm dan penurunan level coolant, tetapi juga berpotensi menimbulkan dampak yang lebih serius, seperti:

- 1) Trip unit akibat overheating.
- 2) Penurunan keandalan sistem pembangkit.
- 3) Biaya pemeliharaan yang berulang.
- 4) Downtime operasional yang berdampak pada kontinuitas pasokan listrik.

Dengan frekuensi gangguan sebanyak 26 kali dalam kurun waktu ± 21 bulan, dapat disimpulkan bahwa permasalahan ini bersifat sistemik dan memerlukan solusi teknis yang lebih permanen, bukan sekadar penggantian komponen secara berkala.

Salah satu alternatif solusi yang dapat diterapkan adalah **implementasi hose radiator berbahan stainless steel** sebagai pengganti hose karet konvensional. Material stainless steel memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

- 1) Ketahanan terhadap temperatur tinggi.
- 2) Tahan terhadap tekanan sistem yang besar.
- 3) Umur pakai lebih panjang.
- 4) Ketahanan terhadap korosi dan degradasi lingkungan.

- 5) Kekuatan mekanis yang lebih baik terhadap getaran mesin diesel.

Dengan mengganti hose radiator berbahan karet menjadi stainless steel, diharapkan dapat:

- 1) Mengurangi frekuensi alarm Low Coolant Level.
- 2) Meningkatkan keandalan sistem pendingin.
- 3) Menurunkan biaya corrective maintenance.
- 4) Meningkatkan availability dan reliability unit PLTD SAPUDI.

Ada beberapa rekomendasi bahan hose radiator yang dapat digunakan pada sistem pendingin radiator mesin PLTD agar nantinya dapat digunakan dengan baik untuk meningkatkan efisiensi kinerja mesin. Dibawah ini tabel perbandingan dari beberapa bahan hose radiator.

Tabel 1.3 Perbandingan Beberapa Bahan Hose Radiator

Bahan	Rentang Suhu Kerja	Ketahanan Tekanan	Kelebihan	Kekurangan
Karet (EPDM)	-40°C hingga 120–135°C	Sedang (biasanya ± 10 –20 bar)	Murah, fleksibel, mudah ditemukan, tahan terhadap air & coolant	Tidak tahan suhu ekstrem, dapat mengeras & retak seiring usia
Silikon	-60°C hingga 180–220°C	Sedang–tinggi (tergantung lapisan)	Tahan panas tinggi, usia pakai panjang, tidak mudah getas	Harga lebih mahal, tidak terlalu tahan terhadap minyak
Stainless Steel	Hingga 260–300°C	Tinggi (20–50 bar atau lebih)	Sangat kuat, tahan tekanan tinggi, tahan korosi, Usia pakai panjang	Kurang fleksibel, Lebih berat dari karet/silikon
Tembaga	Hingga $\pm 200^\circ\text{C}$	Tinggi	Konduktivitas panas baik, sangat tahan korosi	Berat, mahal, tidak sefleksibel karet/silikon
Aluminium (mesh/pipe hybrid)	Hingga $\pm 180^\circ\text{C}$	Sedang–tinggi	Ringan, tahan korosi cukup baik	Rentan deformasi saat benturan, pemasangan lebih rumit

Nylon braided (karet berlapis nilon)	Hingga $\pm 140^{\circ}\text{C}$	Sedang–tinggi	Fleksibel, lebih kuat dari karet biasa, tampilan estetik	Tidak setahan silikon pada suhu ekstrem, kualitas bervariasi
---	----------------------------------	---------------	--	--

Berdasarkan tabel perbandingan di atas maka dapat kita ambil kesimpulan awal bahwa material hose radiator berbahan stainless bisa dijadikan latar belakang penelitian implementasi pada sistem pendingin mesin PLTD Sapudi agar kinerja mesin lebih efisien.

Penggunaan material hose radiator berbahan stainless diharapkan menjadi solusi untuk meningkatkan keandalan sistem pendingin. Material stainless memiliki ketahanan tinggi terhadap panas, tekanan, dan korosi, sehingga dapat memperpanjang usia pakai komponen serta menekan biaya operasional. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan hose radiator stainless pada sistem pendingin mesin PLTD Sapudi serta menilai pengaruhnya terhadap efisiensi dan performa mesin.

Dengan latar belakang tersebut, kajian mengenai implementasi hose radiator berbahan stainless pada sistem pendingin mesin PLTD Sapudi diharapkan mampu memberikan solusi yang lebih efektif, efisien, dan aplikatif guna meningkatkan kinerja operasional perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapatkan rumusan masalah untuk pembahasan pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana implementasi penggunaan hose radiator berbahan stainless pada sistem pendingin mesin PLTD Isolated Sapudi?
2. Sejauh mana penggunaan hose radiator stainless dapat meningkatkan efisiensi sistem pendingin dibanding hose karet?

3. Bagaimana pengaruh implementasi hose radiator stainless terhadap kinerja operasional dan efisiensi mesin?

1.3 Tujuan

Melihat rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis proses implementasi hose radiator stainless pada sistem pendingin mesin PLTD Sapudi.
2. Mengevaluasi peningkatan efisiensi sistem pendingin dengan penggunaan hose radiator stainless.
3. Menilai dampak penerapan hose radiator stainless terhadap peningkatan kinerja dan efisiensi mesin.

1.4 Manfaat

Dengan dilakukannya penelitian ini, manfaat yang di dapatkan sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan: Sebagai bahan pertimbangan dalam memilih material hose radiator yang lebih efisien dan tahan lama untuk menunjang operasional PLTD.
2. Bagi akademisi: Memberikan referensi penelitian terkait penerapan material stainless pada sistem pendingin mesin diesel.
3. Bagi peneliti berikutnya: Menjadi dasar pengembangan penelitian lanjutan mengenai optimalisasi sistem pendingin mesin pembangkit.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, untuk mendapat hasil yang diharapkan maka penulis membatasi pembahasan dengan membuat ruang lingkup masalah sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada implementasi hose radiator berbahan stainless pada sistem pendingin mesin PLTD Sapudi.

2. Perbandingan dilakukan antara hose radiator stainless dan hose radiator berbahan karet dari sisi ketahanan, efisiensi pendinginan, serta biaya operasional.
3. Pengujian dilakukan dalam kondisi operasional normal mesin PLTD tanpa modifikasi besar pada sistem pendingin lainnya.
4. Aspek ekonomi dan teknis menjadi fokus utama, sedangkan aspek lingkungan dan sosial tidak dibahas secara mendalam.