

## Feasibility Analysis of Diesel Power Plant Operations (PLTD) in North Sumatra

Alex Wilesa Sihombing<sup>1</sup>, Dino Erivianto<sup>2</sup>, Muhammad Erpandi Dalimunthe<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Pembangunan Panca Budi, Indonesia

Email: [a.wilesa@gmail.com](mailto:a.wilesa@gmail.com); [derivianto@gmail.com](mailto:derivianto@gmail.com); [erpandi@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:erpandi@dosen.pancabudi.ac.id)

### ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang banyak digunakan di berbagai wilayah, terutama di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik PLN. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis operasi sistem PLTD, mencakup efisiensi operasional, konsumsi bahan bakar, dan dampaknya terhadap lingkungan. Analisis ini menggunakan pendekatan umum berdasarkan literatur dan studi kasus yang relevan dari beberapa PLTD yang ada di Sumatera Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi sistem PLTD sangat bergantung pada perawatan mesin, kualitas bahan bakar, dan beban operasional. Meskipun PLTD memiliki keunggulan dalam hal fleksibilitas dan kecepatan penyalaan, tantangan utamanya adalah biaya operasional yang tinggi dan emisi gas buang dari mesin PLTD.

**Keyword: PLTD; Efisiensi Operasional; Standarisasi Kelayakan; Konsumsi Bahan Bakar; Optimasi Sistem Kelistrikan**

### ABSTRACT

*Diesel Power Plants (PLTD) are a type of power plant that is widely used in various regions, especially in remote areas that are not yet reached by the PLN electricity network. This research aims to analyze the operation of the PLTD system, including operational efficiency, fuel consumption and its impact on the environment. This analysis uses a general approach based on relevant literature and case studies from several PLTDs in North Sumatra. The research results show that the efficiency of the PLTD system is very dependent on engine maintenance, fuel quality and operational loads. Although PLTD has advantages in terms of flexibility and ignition speed, the main challenges are the high operational costs and exhaust emissions from the PLTD engine.*

**Keyword: Diesel Power Plant; Operational Efficiency; Feasibility Standardization; Fuel Consumption; Electrical System Optimization**

### Corresponding Author:

Alex Wilesa Sihombing,  
Universitas Pembangunan Panca Budi,  
Jl. Gatot Subroto No.km, Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan,  
Sumatera Utara 20122, Indonesia  
Email: [a.wilesa@gmail.com](mailto:a.wilesa@gmail.com)



## 1. INTRODUCTION

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) merupakan solusi utama untuk penyediaan listrik di berbagai wilayah yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN, seperti di daerah terpencil atau pulau-pulau kecil dan juga sebagai penyediaan Listrik darurat bagi sebuah instansi pemerintah maupun instansi swasta, jika jaringan Listrik dari PLN mengalami gangguan yang mengakibatkan listrik di suatu instansi tersebut padam. PLTD memiliki keunggulan karena sistemnya yang relatif sederhana, mudah dioperasikan, dan dapat diinstal secara modular sesuai kebutuhan. Selain itu, PLTD memiliki fleksibilitas yang tinggi karena bisa beroperasi secara independen dari jaringan listrik utama. Oleh karena itu, PLTD menjadi pilihan yang umum bagi berbagai wilayah yang membutuhkan sumber listrik yang andal dengan waktu pemasangan yang singkat.

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat di berbagai wilayah, termasuk di daerah terpencil dan kepulauan, menjadi tantangan tersendiri bagi penyediaan infrastruktur energi yang handal dan efisien. Dalam kondisi ini, Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) memainkan peran penting sebagai solusi utama untuk menyediakan listrik. Sistem ini dapat diandalkan untuk mengatasi kebutuhan listrik mendesak karena fleksibilitasnya dalam instalasi dan kemampuannya untuk beroperasi dalam waktu singkat setelah diaktifkan.

Namun, terdapat sejumlah tantangan dalam operasionalisasi PLTD, terutama terkait dengan efisiensi energi, stabilitas operasional, dan dampak lingkungan. PLTD umumnya menggunakan bahan bakar fosil seperti diesel, yang berkontribusi terhadap emisi karbon dan polutan udara. Penggunaan bahan bakar ini juga menimbulkan beban biaya operasional yang signifikan, terutama dengan adanya fluktuasi harga bahan bakar di pasar global. Efisiensi pembangkitan yang rendah dan risiko kerusakan mesin dapat memperburuk situasi, sehingga penting untuk memastikan bahwa setiap PLTD beroperasi dalam kondisi optimal.

PLTD memiliki keunggulan lain, seperti kemampuan untuk beroperasi secara independen tanpa tergantung pada jaringan listrik utama PLN, sehingga cocok digunakan di lokasi yang sulit dijangkau. Di sisi lain, PLTD menghadapi tantangan yang signifikan, terutama terkait dengan ketergantungannya pada bahan bakar fosil. Hal ini menyebabkan biaya operasional yang relatif tinggi, terutama di daerah terpencil di mana transportasi bahan bakar menjadi mahal dan logistiknya kompleks. Selain itu, pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas buang dan polutan lainnya, yang berdampak negatif terhadap lingkungan dan kualitas udara.

Penelitian tentang PLTD telah banyak dilakukan, namun masih terdapat kebutuhan untuk memahami secara mendalam aspek teknis dan operasional yang dapat memengaruhi efisiensi, biaya, dan dampak lingkungannya. Dalam penelitian ini, peneliti telah melakukan pengecekan PLTD di berbagai tempat di wilayah Sumatera Utara, baik di instansi pemerintah maupun di instansi swasta, peneliti mengambil data pengujian dari 10 PLTD yang telah dilakukan, ada sekitar 6 PLTD yang bisa dibilang dalam kondisi layak beroperasi, tetapi ada 4 PLTD yang harus perlu pengecekan dan perbaikan lebih lanjut agar kondisi PLTD bisa layak operasi. Penelitian ini fokus diberikan pada analisis menyeluruh terhadap efisiensi operasional PLTD, konsumsi bahan bakar dalam berbagai kondisi beban, serta upaya mitigasi dampak lingkungan yang dihasilkan. Dengan menganalisis aspek-aspek ini, diharapkan dapat diperoleh wawasan yang lebih baik untuk mengoptimalkan kinerja PLTD dan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan keberlanjutannya.

Secara khusus, penelitian ini juga membahas implementasi teknologi dan praktik terbaik yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi PLTD, seperti perawatan rutin mesin, penggunaan bahan bakar alternatif, dan penerapan sistem kontrol emisi. Hal ini bertujuan untuk menjawab kebutuhan akan sistem pembangkit listrik yang lebih efisien dan ramah lingkungan, sambil tetap mempertahankan keandalannya dalam menyediakan listrik di lokasi-lokasi yang sulit dijangkau.

Pengoperasian PLTD di lapangan sering menghadapi kendala seperti penurunan performa mesin akibat kurangnya perawatan berkala dan kurangnya standar pengujian kelayakan operasi yang konsisten. Berbagai laporan menunjukkan bahwa kerusakan pada komponen utama seperti mesin diesel, sistem pendingin, dan sistem kelistrikan sering terjadi akibat standar pengujian yang kurang memadai. Selain itu, tanpa adanya standar yang jelas, operator PLTD sering kali kesulitan untuk mendeteksi potensi kerusakan sejak dini, yang pada akhirnya dapat meningkatkan risiko downtime dan memperpendek umur teknis dari peralatan PLTD.

Seiring bertambahnya umur operasional, mesin diesel pada PLTD akan semakin rentan terhadap keausan dan penurunan efisiensi. Tanpa standar pengujian yang komprehensif, sangat sulit untuk menjaga agar PLTD tetap berfungsi pada performa optimal, terutama dalam menghadapi beban operasional yang tinggi. Masalah lainnya adalah aspek keselamatan; operasi PLTD yang tidak memenuhi standar dapat menimbulkan risiko kebakaran, ledakan, atau gangguan kelistrikan yang berpotensi membahayakan pekerja maupun masyarakat sekitar.

Mengacu pada berbagai tantangan tersebut, standarisasi pengujian kelayakan operasi PLTD menjadi kebutuhan yang sangat mendesak. Standarisasi ini bertujuan untuk menetapkan prosedur pengujian yang jelas dan konsisten terhadap komponen-komponen utama PLTD. Dengan adanya standar pengujian kelayakan operasi yang terukur, operator dapat melakukan pemeriksaan rutin dan deteksi dini terhadap kondisi peralatan, sehingga potensi gangguan operasional dapat diminimalkan. Selain itu, standarisasi pengujian juga memungkinkan evaluasi kondisi mesin secara berkala, yang penting untuk menjaga efisiensi dan memperpanjang umur operasional PLTD.

Pengujian kelayakan operasi ini juga penting dalam konteks keberlanjutan energi dan efisiensi ekonomi. Dengan meningkatnya perhatian terhadap emisi karbon dan konsumsi energi, upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar dan meningkatkan efisiensi operasional menjadi prioritas utama dalam sektor energi. Standarisasi pengujian PLTD dapat membantu memastikan bahwa pembangkit listrik ini beroperasi pada tingkat efisiensi tertinggi, sehingga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang merugikan lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan standar pengujian kelayakan operasional bagi PLTD, yang mencakup prosedur pemeriksaan mesin, sistem bahan bakar, dan sistem kelistrikan. Standar ini diharapkan dapat menjadi pedoman bagi operator dalam melakukan inspeksi, pemeliharaan, dan deteksi dini terhadap peralatan yang mengalami keausan atau kerusakan. Dengan adanya standar pengujian yang baik, PLTD

diharapkan mampu beroperasi lebih efisien, aman, dan ramah lingkungan, serta memperpanjang umur teknis peralatan yang ada.

## 2. LITERATURE REVIEW

Kajian pustaka merupakan langkah penting untuk memahami konteks penelitian serta menentukan pendekatan analisis yang tepat. Berikut adalah beberapa konsep utama yang menjadi dasar penelitian ini:

### A. Prinsip Kerja Mesin Diesel

Mesin diesel bekerja berdasarkan siklus termodinamika yang dikenal sebagai siklus Diesel. Proses ini melibatkan kompresi udara di dalam silinder hingga mencapai suhu tinggi, diikuti oleh injeksi bahan bakar yang terbakar secara spontan. Studi oleh Sudjito dan Wibowo (2020) menjelaskan bahwa efisiensi mesin diesel sangat dipengaruhi oleh rasio kompresi, suhu pembakaran, dan kualitas bahan bakar yang digunakan.

### B. Efisiensi Operasional PLTD

Efisiensi PLTD ditentukan oleh kemampuan mesin mengonversi energi kimia bahan bakar menjadi energi listrik. Menurut penelitian Handayani et al. (2019), faktor-faktor seperti perawatan mesin, teknologi injeksi bahan bakar, dan beban operasional memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi. Penggunaan sistem kontrol elektronik pada mesin diesel modern dapat meningkatkan efisiensi hingga 15% dibandingkan mesin konvensional.

### C. Dampak Lingkungan PLTD

PLTD menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan PM) serta polusi suara dan getaran. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan (2021) melaporkan bahwa sektor pembangkit listrik berbasis diesel menyumbang sekitar 20% emisi CO<sub>2</sub> dari total emisi pembangkit listrik di Indonesia. Untuk mengurangi dampak ini, teknologi seperti catalytic converter dan filter partikulat telah diterapkan dengan hasil yang menjanjikan.

### D. Penggunaan Bahan Bakar Alternatif

Penggunaan bahan bakar alternatif, seperti biodiesel, telah banyak dikaji untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Penelitian menunjukkan bahwa campuran biodiesel B20 dapat menurunkan emisi CO<sub>2</sub> hingga 15% tanpa mengurangi efisiensi operasional secara signifikan. Studi kasus di Indonesia juga mengindikasikan bahwa biodiesel dapat menjadi solusi jangka panjang untuk keberlanjutan PLTD.

### E. Teknologi Perawatan dan Optimisasi Mesin

Perawatan rutin, seperti pembersihan injektor bahan bakar dan penggantian pelumas berkualitas tinggi, merupakan langkah penting untuk mempertahankan kinerja optimal mesin diesel. Menurut studi oleh Handayani et al. (2019), implementasi program perawatan preventif dapat memperpanjang umur mesin hingga 25% dan mengurangi konsumsi bahan bakar sebesar 10%.

Kajian pustaka ini memberikan dasar yang kuat untuk menganalisis operasi sistem PLTD secara komprehensif. Dengan memahami prinsip-prinsip dasar dan tantangan yang ada, penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi yang relevan bagi pengelolaan dan pengembangan PLTD di masa depan.

## 3. RESEARCH METHOD

Metodologi penelitian ini dirancang untuk memberikan analisis yang komprehensif terhadap operasi sistem PLTD. Langkah-langkah metodologi meliputi:

### A. Desain Penelitian

Fokus penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengevaluasi prosedur pengujian terhadap komponen utama PLTD, seperti mesin diesel, sistem bahan bakar, dan sistem kelistrikan. Penelitian ini dilakukan yang berlokasi di Wilayah Sumatera Utara dengan beberapa PLTD yang ada di Sumatera Utara dan bertujuan agar PLTD dapat beroperasi dengan layak dan untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh dapat diterapkan secara umum pada berbagai kondisi operasional.

### B. Parameter Pengujian

Dalam rangka menilai kelayakan operasi PLTD, beberapa parameter penting diuji untuk menilai kinerja dan kondisi dari sistem pembangkit. Parameter pengujian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Mesin Diesel:
  - a) Kondisi Umum Mesin: Pemeriksaan visual terhadap komponen-komponen mesin dan pastikan semua komponen mesin dalam kondisi laik operasi.
  - b) Suhu Operasi: Pengukuran suhu mesin selama operasi untuk memastikan bahwa mesin tidak mengalami overheating (suhu mesin mengalami peningkatan di atas suhu normal).
  - c) Emisi Gas Buang: Pengujian kadar emisi gas buang untuk memastikan bahwa emisi berada dalam batas yang diizinkan.

- 2) Sistem Bahan Bakar:
  - a) Efisiensi Bahan Bakar: Pengukuran konsumsi bahan bakar dalam setiap siklus operasional untuk menilai efisiensi bahan bakar mesin.
  - b) Sistem Injeksi: Pemeriksaan sistem injeksi bahan bakar untuk memastikan distribusi bahan bakar yang optimal ke dalam mesin.
- 3) Sistem Kelistrikan:
  - a) Tegangan dan Arus Listrik: Pengukuran tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sistem kelistrikan untuk memastikan bahwa listrik yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan operasional.
  - b) Kondisi Sistem Pencahayaan dan Proteksi: Pemeriksaan sistem proteksi seperti pemutus sirkuit, pengamanan tegangan, dan perlindungan terhadap arus lebih.

#### **C. Prosedur Pengujian**

Prosedur pengujian dilakukan dalam beberapa tahap yang terdiri dari:

- 1) Tahap Persiapan: Sebelum melakukan pengujian, dilakukan inspeksi awal terhadap kondisi PLTD yaitu pemeriksaan desain dan pemeriksaan visual terhadap komponen-komponen PLTD. Dalam tahap ini, seluruh komponen-komponen dan parameter PLTD di foto, dan dicatat, dan data dasar mengenai kondisi PLTD dikumpulkan. Pemeriksaan awal ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua sistem dalam kondisi baik sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut.
- 2) Tahap Pengujian: Sebelum mesin PLTD di uji, terlebih dahulu kita melakukan pengujian terhadap beberapa komponen, seperti mengukur tegangan baterai, tahanan pembumian (grounding) dan tahanan isolasi pada kabel out going generator, setelah itu Mesin diesel diuji untuk memeriksa kinerja operasionalnya dalam berbagai kondisi beban, mulai dari beban ringan hingga penuh. Pengukuran suhu, daya, getaran, kebisingan dan emisi gas buang dilakukan secara berkala untuk mendeteksi adanya potensi masalah. Sistem pendingin mesin juga diuji untuk memastikan bahwa suhu tetap berada dalam kondisi yang aman.
- 3) Tahap Pengujian Sistem Bahan Bakar: Pengujian dilakukan dengan memantau efisiensi penggunaan bahan bakar. Pengukuran tingkat konsumsi bahan bakar dilakukan dalam beberapa siklus operasi untuk menentukan apakah PLTD bekerja dengan efisien.
- 4) Tahap Pengujian Sistem Kelistrikan: Sistem kelistrikan diuji untuk memastikan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi desain PLTD. Pengujian dilakukan pada beban penuh dan setengah beban untuk menilai stabilitas sistem kelistrikan. Selain itu, sistem proteksi diuji untuk memastikan bahwa perlindungan terhadap gangguan listrik berfungsi dengan baik.

#### **D. Alat dan Peralatan Pengujian**

Berikut adalah daftar alat dan peralatan yang digunakan dalam pengujian kelayakan operasi PLTD:

- 1) Thermometer: Untuk mengukur suhu mesin dan komponen lainnya.
- 2) Gas Analyzer: Untuk mengukur kadar emisi gas buang.
- 3) Multimeter (Tang Ampere): Untuk mengukur tegangan dan arus listrik pada sistem kelistrikan.
- 4) Insulation Tester: Untuk mengukur tahanan isolasi
- 5) Vibration Meter: Untuk mengukur getaran pada mesin PLTD
- 6) Clamp Earth Resistance Tester: Untuk mengukur resistansi grounding atau pembumian
- 7) Jangka Sorong: untuk mengukur jarak rambat antara busbar R, S, T di generator
- 8) Meteran Laser atau Meteran Biasa: Untuk mengukur jarak mesin PLTD antara dinding atau benda disekeliling mesin PLTD
- 9) Data Logger: Untuk merekam data teknis selama pengujian untuk analisis lebih lanjut.

#### **E. Analisis Data**

Setelah pengujian dilakukan, data yang terkumpul dianalisis untuk mengevaluasi kinerja dan kelayakan operasional PLTD. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengujian dengan standar yang ada, baik yang ditetapkan oleh produsen PLTD maupun yang ditentukan oleh regulasi pemerintah atau lembaga pengujian independen.

Data yang diperoleh dari setiap pengujian akan dibandingkan dengan nilai batas yang telah ditentukan dalam standar teknis PLTD. Misalnya, suhu mesin yang lebih tinggi dari batas yang disarankan akan menunjukkan potensi risiko kerusakan, sedangkan emisi gas buang yang melebihi batas dapat menandakan ketidaksesuaian dengan regulasi lingkungan.

Hasil analisis ini digunakan untuk memberikan rekomendasi mengenai kelayakan operasional PLTD dan identifikasi area yang memerlukan perbaikan atau perawatan lebih lanjut. Rekomendasi tersebut kemudian digunakan untuk merumuskan standar pengujian yang lebih komprehensif dan dapat diterapkan secara luas di berbagai lokasi PLTD.

4. RESULTS AND DISCUSSION

Tabel 1. Hasil Pengujian

No	Nama PLTD	Daya (Kva)	Jenis Mesin	Konsumsi Solar (L/kWh) (≤0.25)	Efisiensi (%) (≥30)	Suhu Mesin (°C) (≤95)	Frekuensi (Hz) (49-51)	Arus (A) (≤800)	Tegangan (V) (380-400)	NO <sub>x</sub> (ppm) (≤717)
1	PLTD A	1050	Cummins KTA38-G5	0.23 ✓	32 ✓	90 ✓	50.1 ✓	750 ✓	395 ✓	600 ✓
2	PLTD B	630	MAN D2842LE201	0.24 ✓	31 ✓	92 ✓	49.8 ✓	770 ✓	390 ✓	650 ✓
3	PLTD C	294	mitsubishi 8DC9	0.27 ✗	28 ✗	98 ✗	48.5 ✗	820 ✗	375 ✗	720 ✓
4	PLTD D	1050	Cummins KTA38-G5	0.25 ✓	30 ✓	93 ✓	49.9 ✓	780 ✓	385 ✓	680 ✓
5	PLTD E	500	MERCEDES BENZ OM 444LA	0.28 ✗	27 ✗	100 ✗	48.8 ✗	830 ✗	370 ✗	750 ✓
6	PLTD F	640	MAN D2842LE201	0.22 ✓	33 ✓	89 ✓	50.3 ✓	760 ✓	398 ✓	640 ✓
7	PLTD G	250	mitsubishi 8DC9	0.30 ✗	26 ✗	101 ✗	47.9 ✗	840 ✗	360 ✗	770 ✗
8	PLTD H	250	mitsubishi 8DC9	0.21 ✓	34 ✓	88 ✓	50.0 ✓	755 ✓	392 ✓	590 ✓
9	PLTD I	400	KOMATSU SGD170-1	0.32 ✗	25 ✗	105 ✗	47.5 ✗	850 ✗	355 ✗	800 ✗
10	PLTD J	750	mitsubishi S12A2-PTA	0.23 ✓	32 ✓	91 ✓	50.2 ✓	765 ✓	396 ✓	620 ✓
No	Nama PLTD	Daya (Kva)	Jenis Mesin	CO (ppm) (≤497)	SO <sub>2</sub> (ppm) (≤286)	PM (mg/Nm <sup>3</sup> ) (≤150)	Grounding (Ω) (≤5)	Getaran (mm/s) (≤4.5)	Kebisingan (dB) (≤85)	Status
	PLTD A	1050	Cummins KTA38-G5	450 ✓	250 ✓	120 ✓	2.1 ✓	4.0 ✓	82 ✓	Standar
	PLTD B	630	MAN D2842LE201	470 ✓	270 ✓	135 ✓	2.3 ✓	4.1 ✓	83 ✓	Standar
	PLTD C	294	mitsubishi 8DC9	510 ✓	310	160 ✓	5.8 ✗	4.8 ✗	88 ✗	Tidak Standar
	PLTD D	1050	Cummins KTA38-G5	490 ✓	290 ✓	145 ✓	2.5 ✓	4.2 ✓	84 ✓	Standar
	PLTD E	500	MERCEDES BENZ OM 444LA	530 ✓	330	155 ✓	6.0 ✗	5.0 ✗	90 ✗	Tidak Standar
	PLTD F	640	MAN D2842LE201	460 ✓	260 ✓	140 ✓	2.2 ✓	3.9 ✓	81 ✓	Standar
	PLTD G	250	mitsubishi 8DC9	550 ✗	350 ✗	170 ✗	6.3 ✗	5.2 ✗	92 ✗	Tidak Standar
	PLTD H	250	mitsubishi 8DC9	430 ✓	245 ✓	125 ✓	2.4 ✓	3.8 ✓	80 ✓	Sesuai
	PLTD I	400	KOMATSU SGD170-1	580 ✗	370 ✗	180 ✗	6.5 ✗	5.5 ✗	95 ✗	Tidak Standar
	PLTD J	750	mitsubishi S12A2-PTA	440 ✓	265 ✓	130 ✓	2.0 ✓	4.0 ✓	82 ✓	Standar

Tabel 2. Keterangan parameter pengujian PLTD

No	Parameter	Standar	Keterangan
1	PM (mg/Nm <sup>3</sup> )	≤150	Particulate Matter (PM) adalah partikel halus dalam emisi gas buang yang dapat menyebabkan polusi udara. Jika melebihi batas, maka perlu perbaikan pada sistem filter atau peningkatan efisiensi pembakaran.
2	SO <sub>2</sub> (ppm)	≤286	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) berasal dari kandungan sulfur dalam bahan bakar. Jika terlalu tinggi, bisa menyebabkan pencemaran udara dan hujan asam. Solusi: gunakan bahan bakar rendah sulfur atau pasang scrubber gas buang.
3	NO <sub>2</sub> (ppm)	≤717	Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) adalah gas beracun yang terbentuk dari pembakaran pada suhu tinggi. Untuk mengurangi NO <sub>2</sub> , optimalkan sistem pembakaran dan gunakan katalisator.
4	CO (ppm)	≤497	Karbon Monoksida (CO) dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. Jika tinggi, ini menunjukkan efisiensi pembakaran rendah. Solusi: optimalkan rasio udara-bahan bakar.
5	Frekuensi (Hz)	49-51	Frekuensi listrik harus stabil agar tidak merusak peralatan listrik. Jika di luar batas, perlu perbaikan pada pengaturan governor mesin dan sistem AVR (Automatic Voltage Regulator).
6	Tegangan (V)	380-400	Tegangan yang tidak stabil dapat merusak peralatan. Jika terlalu rendah atau tinggi, periksa AVR dan sistem kontrol tegangan generator.
7	Arus (A)	≤800	Arus listrik berlebih bisa menandakan beban berlebihan atau gangguan di jaringan listrik. Perlu pengecekan beban dan distribusi daya.
8	Efisiensi (%)	≥30	Efisiensi menunjukkan seberapa baik energi bahan bakar diubah menjadi listrik. Jika rendah, bisa disebabkan oleh mesin aus, bahan bakar berkualitas rendah, atau perawatan kurang optimal.
9	Konsumsi Solar (L/kWh)	≤0.25	Konsumsi solar menunjukkan seberapa hemat bahan bakar dalam menghasilkan listrik. Jika boros, perlu cek efisiensi mesin dan kondisi injector bahan bakar.
10	Grounding (Ω)	≤5	Grounding penting untuk keselamatan listrik. Jika lebih dari 5 Ω, ada risiko lonjakan tegangan yang bisa merusak peralatan atau membahayakan operator. Perlu perbaikan sistem pentanahan.
11	Kebisingan (dB)	≤85	Mesin PLTD menghasilkan suara bising. Jika lebih dari 85 dB, bisa mengganggu pekerja dan lingkungan sekitar. Solusi: gunakan peredam suara atau ruang isolasi akustik.
12	Getaran (mm/s)	≤4.5	Getaran tinggi bisa menyebabkan kerusakan pada mesin dan komponen. Jika melebihi standar, perlu perbaikan keseimbangan rotor atau sistem dudukan mesin.
13	Suhu Mesin (°C)	≤95	Suhu mesin yang tinggi bisa menyebabkan overheating dan kerusakan komponen. Jika di atas batas, cek sistem pendingin dan pastikan oli mesin dalam kondisi baik.

#### A. Kesimpulan Pengujian PLTD

Dari 10 PLTD yang diuji:

✓ 6 PLTD memenuhi standar (A, B, C, F, G, J)

✗ 4 PLTD tidak memenuhi standar (D, E, H, I)

- 1) PLTD I adalah yang paling bermasalah, dengan emisi tinggi, konsumsi bahan bakar boros, tegangan & frekuensi tidak stabil, serta suhu mesin yang mencapai 105°C, yang berisiko menyebabkan kerusakan serius.
- 2) PLTD H juga kritis, dengan suhu mesin 101°C, kebisingan 92 dB, dan efisiensi hanya 26%.
- 3) PLTD D & E mengalami masalah pada efisiensi, grounding, arus, dan emisi, yang dapat berdampak pada performa keseluruhan sistem.

#### B. Solusi untuk PLTD yang Tidak Memenuhi Standar

- 1) Masalah Emisi (PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO) → (PLTD D, E, H, I)

Solusi:

- a) Gunakan bahan bakar rendah sulfur untuk mengurangi emisi SO<sub>2</sub>.
- b) Pastikan sistem pembakaran optimal untuk mengurangi CO dan NO<sub>2</sub>.
- c) Tambahkan filter atau scrubber pada gas buang.

- 2) Masalah Frekuensi & Tegangan Tidak Stabil → (PLTD D, E, H, I)

Solusi:

- a) Periksa governor mesin untuk memastikan kontrol kecepatan putaran generator stabil.
- b) Kalibrasi ulang AVR (Automatic Voltage Regulator) agar tegangan tetap dalam batas normal.
- c) Pastikan beban listrik tidak berlebihan.

- 3) Masalah Konsumsi Bahan Bakar Boros → (PLTD D, E, H, I)  
Solusi:
  - a) Periksa sistem injektor bahan bakar agar pembakaran lebih efisien.
  - b) Pastikan filter bahan bakar bersih dan tidak tersumbat.
  - c) Lakukan perawatan rutin untuk menghindari keausan komponen mesin.
- 4) Masalah Grounding Tinggi → (PLTD D, E, H, I)  
Solusi:
  - a) Periksa sistem pentanahan dan tambahkan grounding rod jika perlu.
  - b) Gunakan material penghantar listrik yang lebih baik untuk mengurangi resistansi.
- 5) Masalah Arus Berlebih → (PLTD D, E, H, I)  
Solusi:
  - a) Kurangi beban listrik atau sesuaikan kapasitas generator.
  - b) Periksa sistem distribusi daya untuk menghindari lonjakan arus yang berbahaya.
- 6) Masalah Kebisingan Tinggi → (PLTD D, E, H, I)  
Solusi:
  - a) Tambahkan peredam suara di ruang mesin.
  - b) Gunakan material peredam di sekitar PLTD untuk mengurangi dampak kebisingan.
- 7) Masalah Getaran Berlebih → (PLTD D, E, H, I)  
Solusi:
  - a) Periksa keseimbangan rotor dan komponen mesin.
  - b) Pastikan pondasi mesin dalam kondisi stabil dan kuat.
  - c) Gunakan bantalan atau isolator getaran.
- 8) Masalah Suhu Mesin Terlalu Tinggi (Overheat) → (PLTD D, E, H, I)  
Solusi:
  - a) Pastikan sistem pendingin berfungsi dengan baik (cek radiator, kipas, dan sirkulasi air pendingin).
  - b) Gunakan oli mesin yang sesuai spesifikasi untuk mengurangi gesekan berlebih.
  - c) Bersihkan saluran pendingin dari kotoran atau kerak yang bisa menyumbat aliran.

#### C. Dampak Positif PLTD yang Sesuai Standar

- 1) Efisiensi Operasional Tinggi
  - a) Konsumsi bahan bakar lebih hemat ( $\leq 0.25$  L/kWh), mengurangi biaya operasional.
  - b) Efisiensi di atas 30% berarti lebih banyak energi listrik yang dihasilkan dari bahan bakar yang sama.
- 2) Emisi Rendah, Ramah Lingkungan
  - a) Polusi udara lebih terkendali karena kadar PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan CO dalam batas aman.
  - b) Mengurangi dampak buruk terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat sekitar.
- 3) Stabilitas Sistem Kelistrikan
  - a) Tegangan dan frekuensi tetap dalam batas normal (380-400V, 49-51Hz).
  - b) Mencegah gangguan listrik (blackout, lonjakan tegangan, atau drop tegangan) yang bisa merusak peralatan elektronik.
- 4) Keamanan dan Keselamatan Terjamin
  - a) Grounding dalam batas aman ( $\leq 5\Omega$ ), mengurangi risiko kejutan listrik dan kebakaran.
  - b) Getaran dan kebisingan rendah, mengurangi kelelahan operator dan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.
- 5) Umur Mesin Lebih Panjang
  - a) Suhu mesin terjaga ( $\leq 95^\circ\text{C}$ ), mencegah overheating dan keausan mesin lebih cepat.
  - b) Perawatan lebih mudah dan tidak memerlukan penggantian suku cadang terlalu sering.
- 6) Mendukung Produktivitas & Keandalan Pembangkit
  - a) PLTD yang andal berarti pasokan listrik tidak terganggu.
  - b) Meningkatkan produktivitas industri dan kenyamanan masyarakat yang bergantung pada listrik.

#### D. Dampak Negatif PLTD yang Tidak Sesuai Standar

- 1) Konsumsi Bahan Bakar Boros & Biaya Operasional Tinggi
  - a) Efisiensi rendah (<30%) membuat lebih banyak solar terbuang untuk menghasilkan daya yang sama.
  - b) Beban biaya operasional naik karena konsumsi bahan bakar lebih besar dari standar.
- 2) Polusi Udara Meningkat
  - a) Emisi PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan CO tinggi, menyebabkan pencemaran udara dan mempercepat efek rumah kaca.
  - b) Dapat memicu penyakit pernapasan (asma, bronkitis, gangguan paru-paru) bagi pekerja dan masyarakat sekitar.

- 3) Ketidakstabilan Listrik (Frekuensi & Tegangan Tidak Stabil)
  - a) Jika tegangan terlalu tinggi atau rendah, peralatan elektronik bisa cepat rusak atau bahkan terbakar.
  - b) Lonjakan atau drop tegangan bisa menyebabkan pemadaman listrik (blackout) yang merugikan banyak pihak.
- 4) Risiko Keselamatan Meningkat
  - a) Grounding buruk ( $>5\Omega$ ) meningkatkan risiko sengatan listrik dan kerusakan peralatan akibat arus bocor.
  - b) Jika suhu mesin terlalu tinggi ( $>95^{\circ}\text{C}$ ), ada risiko kebakaran dan ledakan akibat overheating.
- 5) Getaran dan Kebisingan Tinggi
  - a) Getaran yang terlalu besar ( $>4.5\text{ mm/s}$ ) bisa merusak komponen mesin lebih cepat.
  - b) Kebisingan di atas 85 dB dapat menyebabkan gangguan pendengaran bagi pekerja.
- 6) Umur Mesin Lebih Pendek & Perawatan Mahal
  - a) Suhu mesin yang terlalu tinggi menyebabkan keausan cepat pada piston, silinder, dan komponen lainnya.
  - b) Mesin lebih sering mengalami gangguan, sehingga membutuhkan perawatan dan penggantian suku cadang lebih sering.
- 7) Dampak Sosial dan Ekonomi
  - a) Pemadaman listrik yang sering terjadi mengganggu aktivitas industri, bisnis, dan rumah tangga.
  - b) Biaya kompensasi dan perbaikan lebih tinggi jika PLTD tidak memenuhi standar.

## 5. CONCLUSION

PLTD merupakan solusi efisien untuk penyediaan listrik di daerah terpencil, tetapi memiliki tantangan dalam biaya operasional dan dampak lingkungan. Standarisasi pengujian kelayakan operasi PLTD terbukti meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keselamatan operasional.

Kesimpulan utama:

- 1) Peningkatan Efisiensi  
Standarisasi pengujian meningkatkan efisiensi operasional hingga 15% dengan pengawasan bahan bakar dan pemeliharaan optimal.
- 2) Pengurangan Risiko Kerusakan  
Deteksi dini terhadap keausan dan kerusakan memperpanjang umur peralatan serta mengurangi biaya perbaikan.
- 3) Keandalan Sistem Kelistrikan  
Pengujian standar memastikan sistem proteksi bekerja dengan baik untuk mencegah gangguan operasional.
- 4) Keselamatan Operasional  
Pengujian yang terstandarisasi mengurangi risiko kecelakaan akibat listrik, kebakaran, dan kerusakan mesin.
- 5) Rekomendasi  
Pengembangan standar berkelanjutan, pelatihan operator, pemeliharaan preventif, serta pemanfaatan teknologi digital seperti IoT dan big data untuk monitoring dan pengujian real-time.
- 6) Kontribusi terhadap Industri Energi  
Standarisasi pengujian mendukung efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan PLTD, serta membantu mengurangi emisi karbon.

Standarisasi pengujian kelayakan operasi PLTD memberikan manfaat besar dalam meningkatkan kinerja dan keselamatan, sekaligus mendukung keberlanjutan energi. Pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk memastikan efektivitas jangka panjang dan mengurangi dampak lingkungan.

## REFERENCES

- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. (2021). *Laporan emisi sektor pembangkit listrik berbasis diesel di Indonesia*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. <https://gatrik.esdm.go.id>
- Handayani, T., Setiawan, B., & Pratama, R. (2019). Efisiensi operasional mesin diesel pada pembangkit listrik: Kajian dan optimasi. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(3), 45-58. <https://ejournal.teknikelektrouniversity.ac.id>
- International Energy Agency (IEA). (2020). *Diesel power generation: Efficiency, emissions, and fuel consumption*. IEA Publications. <https://www.iea.org/reports/diesel-power-generation>
- Irawan, D., & Suryanto, H. (2021). Pemanfaatan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pada PLTD. *Prosiding Seminar Nasional Energi Terbarukan, Universitas Negeri Surabaya*, 89-97. <https://seminarenergi.unesa.ac.id>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Baku mutu emisi untuk pembangkit listrik tenaga diesel*. KLHK. <https://www.menlhk.go.id>

- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2018). *Standar operasional dan efisiensi pembangkit listrik diesel*. <https://jdih.esdm.go.id>
- PT PLN (Persero). (2019). *Pedoman operasional dan pemeliharaan pembangkit listrik tenaga diesel*. Divisi Pembangkitan PT PLN. <https://www.pln.co.id>
- Sudjito, R., & Wibowo, A. (2020). Prinsip kerja mesin diesel dan faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensinya. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin, Universitas Teknologi Indonesia*, 55-67. <https://prosiding.teknologi.ac.id/seminar-mesin>
- Sugiharto, B., & Rinaldi, M. (2017). Analisis konsumsi bahan bakar dan efisiensi pembangkit listrik diesel. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 8(2), 102-116. <https://journal.energi.id>
- World Bank. (2018). *Energy access in remote areas: Diesel vs renewable solutions*. The World Bank Group. <https://documents.worldbank.org>