REKAYASA
Journal of Science and Technology
https://journal.trunojoyo.ac.id/rekayasa

REKAYASA ,19(1): 2026 p.59-68
ISSN: 0216-9495 (Print)
ISSN: 2502-5325 (Online)

Data-Driven Reliability Analysis pada Sistem Uninterruptible Power Supply untuk Distributed Control System

Triuli Novianti[1]*, Tutur Dwi Pambudi[2], Iwan Santosa[3]
[1,2]Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surabaya
[3]Program Studi Teknik Informatika, Universitas Trunodjoyo Madura
email: triuli.novianti@ft.um-surabaya.ac.id

DOI: https://doi.org/10.21107/rekayasa.v19i1.34109
Submitted January, 19th 2026, Accepted April, 17th 2026, Published May, 6th 2026

Abstrak

Sistem *Uninterruptible Power Supply* (UPS) memegang peran penting dalam menjaga kontinuitas pasokan daya pada *Distributed Control System* (DCS), karena gangguan listrik dapat menyebabkan interupsi operasional dan kerugian ekonomi yang signifikan. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada pemodelan teoritis dan belum banyak memanfaatkan data monitoring operasional dalam analisis keandalan. Kontribusi penelitian ini adalah mengusulkan pendekatan *data-driven reliability analysis* dengan mengintegrasikan data monitoring operasional dan catatan gangguan aktual untuk mengevaluasi keandalan sistem UPS secara lebih komprehensif dan aplikatif. Metode penelitian dilakukan melalui pengumpulan data historis gangguan dan parameter operasional sistem UPS, yang kemudian dianalisis menggunakan indikator keandalan utama, yaitu *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *availability*. Selain itu, dilakukan analisis tren temperatur untuk mengidentifikasi potensi degradasi kinerja sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem UPS memiliki nilai MTBF sebesar 540 jam dan MTTR sebesar 0,13 jam, dengan tingkat *availability* mencapai 99,97%, yang mencerminkan tingkat keandalan yang tinggi dalam mendukung operasi DCS. Analisis lebih lanjut juga mengindikasikan adanya tren peningkatan temperatur internal yang berpotensi mempengaruhi kinerja jangka panjang. Integrasi data operasional terbukti memberikan wawasan yang lebih akurat dibandingkan pendekatan teoritis semata, sekaligus membuka peluang penerapan pemeliharaan berbasis kondisi. Kesimpulannya, pendekatan berbasis data operasional mampu memberikan evaluasi keandalan sistem UPS yang lebih realistis dan mendalam. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan strategi pemeliharaan preventif dan prediktif untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan di lingkungan industri.

Kata kunci: *UPS, reliability analysis, MTBF, MTTR, availability, Distributed Control System.*

Abstract

Uninterruptible Power Supply (UPS) systems play a vital role in ensuring power continuity in Distributed Control Systems (DCS), where power disturbances can lead to operational interruptions and significant economic losses. However, most previous studies have primarily focused on theoretical modeling and have not fully utilized operational monitoring data in reliability analysis. The contribution of this study is to propose a data-driven reliability analysis approach by integrating operational monitoring data and actual failure records to provide a more comprehensive and practical evaluation of UPS system reliability. The methodology involves collecting historical failure data and operational parameters of the UPS system, which are then analyzed using key reliability indicators, namely Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time to Repair (MTTR), and availability. In addition, temperature trend analysis is conducted to identify potential performance degradation. The results indicate that the UPS system achieves an MTBF of 540 hours and an MTTR of 0.13 hours, with availability reaching 99.97%, reflecting a high level of reliability in supporting DCS operations. Further analysis reveals an increasing trend in internal temperature, which may affect long-term system performance. The integration of operational data provides more accurate insights compared to purely theoretical approaches and highlights the potential for implementing condition-based maintenance. In conclusion, the proposed data-driven approach offers a more realistic and in-depth reliability assessment of UPS systems. These findings can serve as a foundation for developing preventive and predictive maintenance strategies to enhance the reliability of industrial power systems.

Keywords: *UPS, reliability analysis, MTBF, MTTR, availability, Distributed Control System.*

© 2026 Authors

PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan merupakan fondasi utama dalam mendukung operasi sistem industri modern, khususnya pada bidang kontrol dan otomasi yang menuntut kontinuitas pasokan daya secara stabil dan andal. Dari sudut pandang teknik elektro, kualitas daya listrik meliputi kestabilan tegangan, frekuensi, dan kontinuitas suplai menjadi faktor kritis dalam menjaga performa sistem kontrol berbasis elektronik. Gangguan seperti *voltage sag*, *transient*, maupun *power interruption* dapat menyebabkan kegagalan sistem, degradasi performa, bahkan kerusakan perangkat. Oleh karena itu, *Uninterruptible Power Supply* (UPS) digunakan sebagai sistem cadangan untuk menjaga suplai daya tetap tersedia saat terjadi gangguan pada sumber utama (Aamir, Kalwar, & Mekhilef, 2016).

Dalam implementasinya, UPS banyak diaplikasikan pada *Distributed Control System* (DCS), pusat data, dan sistem komunikasi yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap gangguan daya (Hidayat, Setiawan, & Wildan, 2025). Keandalan UPS menjadi parameter kunci dalam menjamin keberlangsungan operasi sistem industri, karena kegagalan UPS dapat berdampak langsung pada interupsi proses, kehilangan data, serta kerugian ekonomi yang signifikan (Bastari & Varayesi, 2024). Dengan demikian, analisis keandalan sistem UPS menjadi isu penting dalam kajian teknik keandalan (*reliability engineering*).

Berbagai pendekatan telah digunakan untuk mengevaluasi keandalan sistem UPS, di antaranya metode pemodelan probabilistik seperti *reliability block diagram* (RBD) dan simulasi Monte Carlo (Ilmi, 2022). Pendekatan ini mampu menggambarkan perilaku sistem berdasarkan model matematis komponen. Selain itu, pendekatan *condition monitoring* juga berkembang dengan memanfaatkan parameter operasional seperti tegangan baterai, arus beban, temperatur, dan frekuensi keluaran untuk menilai kondisi sistem secara real-time. Namun, pendekatan pemodelan teoritis sering kali belum mampu merepresentasikan kondisi aktual di lapangan secara akurat (Silvia, Suyatmo, & Murnianti, 2024).

Seiring dengan kemajuan teknologi sensor, Internet of Things (IoT), dan sistem akuisisi data, pendekatan *data-driven reliability analysis* mulai banyak diterapkan dalam sistem tenaga listrik (Arsyad & Iskandar, 2022). Pendekatan ini memanfaatkan data operasional historis untuk mengevaluasi performa sistem serta mengidentifikasi potensi kegagalan secara lebih realistis. Meskipun demikian, penelitian yang mengintegrasikan data monitoring operasional dengan analisis keandalan pada sistem UPS, khususnya dalam lingkungan DCS, masih relatif terbatas (Aulia et al., 2026). Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian dalam penerapan pendekatan berbasis data pada sistem UPS di lingkungan industri nyata.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keandalan sistem UPS menggunakan pendekatan *data-driven reliability analysis* dengan memanfaatkan data monitoring operasional dan catatan gangguan sistem. Kontribusi penelitian ini adalah mengintegrasikan data operasional aktual dengan parameter keandalan utama, yaitu *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR), dan *availability*, sehingga diperoleh evaluasi keandalan sistem yang lebih komprehensif, realistis, dan aplikatif sebagai dasar pengembangan strategi pemeliharaan berbasis data.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *data-driven reliability analysis* untuk mengevaluasi keandalan sistem *Uninterruptible Power Supply* (UPS) pada *Distributed Control System* (DCS). Pendekatan ini memanfaatkan data operasional aktual dan catatan gangguan untuk menghasilkan evaluasi performa sistem yang lebih realistis.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data monitoring ups, analisis parameter operasional, analisis data gangguan system, perhitungan parameter reliability dan evaluasi performa sistem UPS terlihat pada Gambar 1.

1. Desain dan Tahapan Penelitian

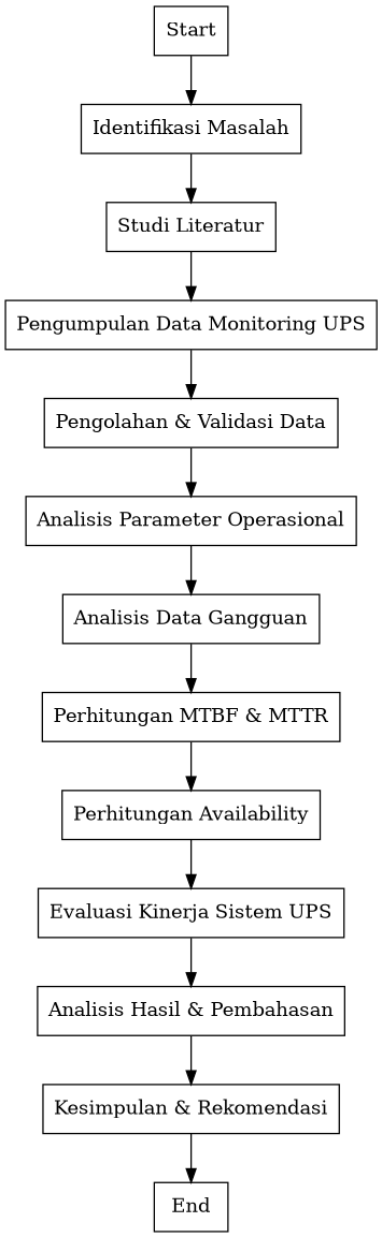
Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis yang terdiri dari:
(1) pengumpulan data monitoring UPS,
(2) preprocessing dan validasi data,

(3) analisis parameter operasional,
(4) analisis data gangguan sistem,
(5) perhitungan parameter keandalan, dan
(6) evaluasi performa sistem serta rekomendasi pemeliharaan.
Diagram alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, yang menggambarkan aliran proses dari input data hingga output berupa evaluasi keandalan sistem.

2. Pengumpulan Data

Data diperoleh dari sistem monitoring berbasis SCADA selama 30 hari dengan interval sampling 1 jam (Aribowo, 2016). Data yang dikumpulkan meliputi:

- Tegangan keluaran UPS
- Arus beban
- Temperatur sistem
- Data gangguan (failure event dan durasi perbaikan)



Gambar 1. Tahapan Penelitian

3. Preprocessing dan Validasi Data

Data yang diperoleh selanjutnya melalui tahap pembersihan (*data cleaning*), validasi, dan normalisasi untuk menghilangkan data anomali dan memastikan konsistensi. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan MATLAB.

4. Analisis Keandalan Sistem

Analisis keandalan dilakukan menggunakan parameter utama sebagai berikut:

Mean Time Between Failure

$$MTBF = \frac{\sum T_{operasi}}{Jumlah\ Kegagalan} \quad \text{..... (1)}$$

Mean Time to Repair

$$MTTR = \frac{\sum T_{perbaikan}}{Jumlah\ Kegagalan} \quad \text{..... (2)}$$

Availability System

$$Availability = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad \text{..... (3)}$$

Perhitungan dilakukan menggunakan seluruh data selama periode pengamatan untuk memperoleh representasi keandalan sistem secara menyeluruh.

5. Analisis Parameter Operasional

Selain parameter keandalan, dilakukan analisis tren terhadap parameter operasional, khususnya temperatur sistem. Analisis difokuskan pada 6 hari representatif untuk mengidentifikasi pola peningkatan suhu yang berpotensi menyebabkan degradasi komponen (Fatma, Ponda, & Kuswara, 2020).

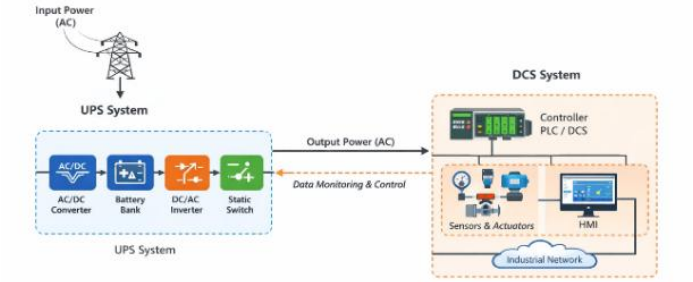
6. Evaluasi Performa Sistem

Hasil analisis digunakan untuk:

- Menilai tingkat keandalan sistem UPS
- Mengidentifikasi potensi kegagalan dan degradasi komponen
- Merumuskan strategi pemeliharaan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*)

Diagram Sistem UPS

Sistem *Uninterruptible Power Supply* (UPS) pada penelitian ini terdiri dari rectifier, battery bank, inverter, static bypass, dan distribution panel yang bekerja secara terintegrasi untuk menjamin kontinuitas suplai daya pada *Distributed Control System* (DCS) pada Gambar 2. *Rectifier* mengubah tegangan AC menjadi DC untuk menyuplai inverter dan mengisi baterai, sementara inverter mengonversi kembali menjadi AC yang stabil untuk beban. Saat terjadi gangguan sumber utama, *battery bank* secara otomatis menyuplai *inverter* tanpa jeda, dan jika *inverter* mengalami kegagalan, *static bypass* akan mengalihkan sumber daya langsung ke beban. Selanjutnya, *distribution panel* mendistribusikan daya ke sistem secara aman, sehingga keseluruhan sistem UPS mampu menjaga keandalan dan kestabilan operasi DCS(Kiswantono & Putra, 2021).



Gambar 2. Diagram Sistem UPS

HASIL PEMBAHASAN

Analisis Parameter Operasional

Analisis parameter operasional dilakukan untuk memastikan sistem UPS bekerja dalam kondisi normal sesuai spesifikasi (tegangan, arus, frekuensi, dan beban), sehingga dapat diketahui apakah terdapat penyimpangan yang berpotensi menyebabkan gangguan.

Tabel 1. Data Parameter Operasional UPS

No	Parameter	Nilai Hasil Monitoring	Standar/Referensi	Keterangan
1	Tegangan Output	405 – 406 V	400 V	Deviasi 1–2% (normal)
2	Arus Beban	20 – 21 A	67,7 A (maks)	Beban ±30%
3	Temperatur Awal	32°C	< 40°C	Normal
4	Temperatur Maksimum	55°C	< 50°C	Mulai kritis
5	Frekuensi Output	Stabil		Normal

Berdasarkan data parameter operasional pada Tabel 1, sistem UPS menunjukkan kinerja yang stabil selama periode pengamatan. Tegangan output berada pada kisaran 405–406 V, yang hanya mengalami deviasi sekitar 1–2% dari nilai nominal 400 V, sehingga masih berada dalam batas toleransi standar dan menunjukkan kemampuan regulasi tegangan yang baik. Arus beban tercatat sebesar 20–21 A atau sekitar 30% dari kapasitas maksimum 67,7 A, yang mengindikasikan bahwa sistem beroperasi dalam kondisi tidak terbebani penuh (underload) dan masih memiliki cadangan kapasitas yang cukup besar. Dari sisi temperatur, kondisi awal sebesar 32°C masih tergolong normal, namun peningkatan hingga 55°C menunjukkan adanya potensi masalah pada sistem pendinginan atau peningkatan rugi daya internal. Secara keseluruhan, parameter operasional ini menunjukkan bahwa UPS masih berfungsi dengan baik, namun perlu perhatian khusus pada aspek temperatur untuk menjaga keandalan jangka panjang.

Hasil penelitian ini dibandingkan dengan standar operasional umum sistem UPS, di mana deviasi tegangan yang masih dalam rentang ±5% dari nilai nominal dianggap masih dalam kondisi normal. Tegangan output sebesar 405–406 V (deviasi 1–2%) menunjukkan performa yang lebih baik dari batas toleransi tersebut. Kestabilan tegangan ini sangat penting karena fluktuasi tegangan yang tinggi dapat menyebabkan stress listrik (*electrical stress*) pada peralatan sensitif dan mempercepat penurunan umur komponen. Selain itu, kondisi pembebanan sebesar 30% dari kapasitas maksimum menunjukkan sistem bekerja dalam kondisi *underload*, yang secara umum dapat meningkatkan efisiensi termal dan mengurangi rugi-rugi daya. Namun, pada kondisi tertentu, underload juga dapat menyebabkan sistem bekerja di luar titik efisiensi optimal *inverter*, sehingga perlu evaluasi lebih lanjut terhadap efisiensi sistem secara keseluruhan.

Analisis Gangguan

Analisis gangguan bertujuan mengidentifikasi jenis, frekuensi, dan penyebab gangguan pada sistem UPS, sehingga dapat dilakukan tindakan perbaikan yang tepat untuk meningkatkan keandalan sistem.

Tabel 2. Data Gangguan UPS

No	Jenis Gangguan	Frekuensi	Dampak Sistem
1	*High Output Voltage*	1 kali	Risiko kerusakan beban
2	*Fan Failure*	1 kali	*Overheating*
3	*Bypass Frequency Out of Tolerance*	1 kali	Switching terganggu
4	*Inverter Not Synchronized*	1 kali	Gangguan suplai sementara

Berdasarkan rekapitulasi data gangguan pada Tabel 2, terdapat empat jenis gangguan utama yang masing-masing terjadi satu kali selama periode pengamatan, yaitu *high output voltage, fan failure, bypass frequency out of tolerance*, dan *inverter not synchronized*. Distribusi gangguan yang merata ini menunjukkan bahwa tidak terdapat satu komponen yang dominan mengalami kegagalan, melainkan gangguan tersebar pada beberapa subsistem UPS. Gangguan pada fan failure berpotensi meningkatkan temperatur sistem, sedangkan gangguan pada inverter dan *bypass* berkaitan langsung dengan kestabilan suplai daya ke beban. Kondisi ini

mengindikasikan bahwa keandalan sistem UPS tidak hanya ditentukan oleh satu komponen saja, tetapi merupakan hasil interaksi dari seluruh subsistem. Oleh karena itu, strategi pemeliharaan yang diterapkan harus bersifat komprehensif dan mencakup seluruh komponen utama untuk mencegah gangguan serupa di masa mendatang.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya pada sistem industri serupa, distribusi gangguan umumnya didominasi oleh satu komponen utama seperti inverter atau baterai. Namun, pada penelitian ini, distribusi gangguan yang merata menunjukkan bahwa sistem tidak memiliki dominant failure mode, melainkan bersifat multi-faktor. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kompleksitas interaksi antar subsistem yang tinggi. Kegagalan pada satu komponen, seperti fan failure, tidak hanya berdampak lokal tetapi dapat memicu peningkatan temperatur yang kemudian mempengaruhi kinerja inverter dan baterai. Hal ini menegaskan pentingnya pendekatan system-level *maintenance* dibandingkan *maintenance* berbasis komponen tunggal (Amaruddin, 2020).

Analisis Reliability

Analisis *reliability* (keandalan) **d**igunakan untuk mengukur tingkat keandalan sistem melalui parameter seperti MTBF dan MTTR, sehingga dapat diketahui kemampuan UPS dalam beroperasi tanpa kegagalan serta efisiensi perbaikan saat terjadi gangguan (Permatasari, Madhawi, Dasi, & Wildan, 2025).

Tabel 3. Rekapitulasi Reliability

Parameter	Nilai
Total Waktu Operasi	2160 jam
Jumlah Gangguan	4
Total Downtime	0,53 jam
MTBF	540 jam
MTTR	0,13 jam
Availability	99,97%

Tabel 3 menunjukkan bahwa berdasarkan total waktu operasi 2160 jam dan 4 kali gangguan, sistem *Uninterruptible Power Supply* (UPS) memiliki nilai MTBF sebesar 540 jam yang menandakan interval antar kegagalan cukup panjang, serta MTTR sebesar 0,13 jam (±7,8 menit) yang menunjukkan proses pemulihan berlangsung sangat cepat; kombinasi keduanya menghasilkan *availability* sebesar 99,97% yang mengindikasikan tingkat ketersediaan sangat tinggi dalam mendukung operasi *Distributed Control System* (DCS) secara kontinu (Novarika, Putri, & Suliawati, 2025). Dibandingkan penelitian sebelumnya, nilai MTBF ini lebih baik dari kisaran umum 200–400 jam, sementara MTTR yang sangat rendah berada di bawah standar industri (0,5–2 jam), sehingga secara keseluruhan mampu meminimalkan *downtime* yang pada sistem industri kritis dapat berdampak pada gangguan produksi, penurunan kualitas, hingga kerugian ekonomi(Syaefudin, Santoso, Sumarjo, & Anjani, 2025).

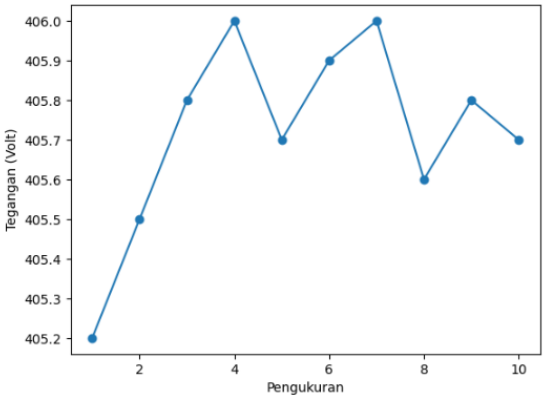
Analisis Temperatur

Analisis temperatur dilakukan untuk memantau suhu komponen penting (baterai, inverter, dll), karena temperatur yang terlalu tinggi dapat mempercepat degradasi komponen dan meningkatkan risiko kegagalan sistem.

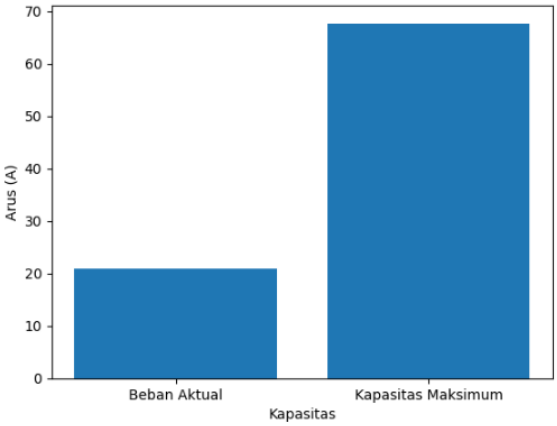
Tabel 4. Data Tren Temperatur UPS

Waktu Pengamatan	Temperatur (°C)
Hari 1	32
Hari 2	36
Hari 3	40
Hari 4	45
Hari 5	50
Hari 6	55

Berdasarkan tren temperatur pada Tabel 4, terjadi peningkatan signifikan dari 32°C hingga 55°C yang menunjukkan adanya akumulasi panas dalam sistem *Uninterruptible Power Supply* (UPS)**,** yang kemungkinan disebabkan oleh penurunan kinerja sistem pendingin, peningkatan beban termal, atau sirkulasi udara yang kurang optimal. Temperatur ini telah melampaui batas operasional ideal (40–50°C) dan berpotensi mempercepat penurunan kualitas komponen seperti baterai dan inverter, meningkatkan resistansi internal, serta menurunkan efisiensi sistem. Jika kondisi ini dibiarkan, maka dalam jangka panjang dapat menurunkan keandalan sistem, memperpendek umur peralatan, dan meningkatkan risiko terjadinya gangguan. Oleh karena itu, diperlukan monitoring temperatur secara real-time serta pemeliharaan sistem pendingin secara berkala untuk menjaga stabilitas dan keandalan sistem UPS.



Gambar 3. Stabilitas Tegangan Output UPS



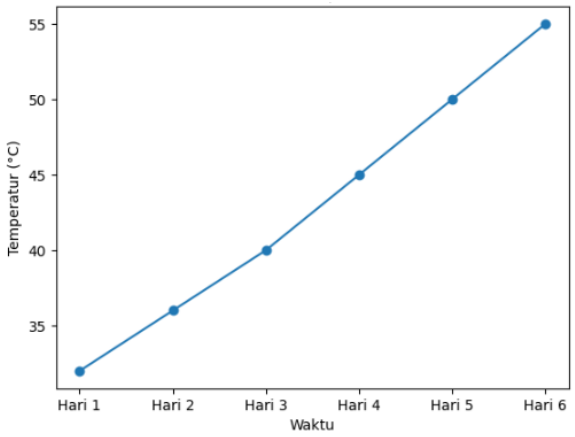
Gambar 4. Persentase Pembebanan UPS

Gambar 3 menunjukkan bahwa tegangan keluaran UPS berada pada kisaran 405–406 Vac**,** dengan deviasi kecil sekitar 1–2% dari nilai nominal 400 Vac. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem regulasi tegangan bekerja dengan baik dan mampu menjaga kestabilan suplai daya. Stabilitas tegangan ini sangat penting untuk memastikan peralatan yang terhubung tetap beroperasi secara aman dan optimal tanpa mengalami gangguan akibat fluktuasi tegangan.

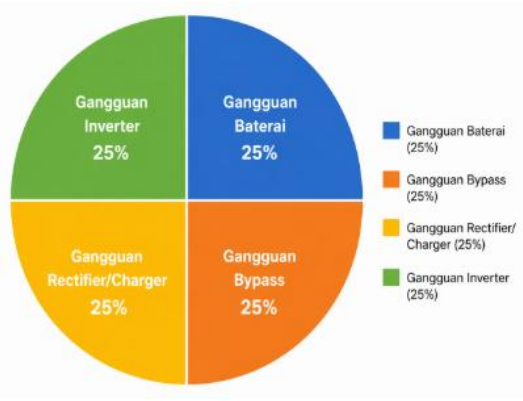
Gambar 4 memperlihatkan bahwa arus beban berada pada kisaran 20–21 A**,** yang setara dengan sekitar 30% dari kapasitas maksimum UPS. Hal ini menunjukkan bahwa sistem masih beroperasi dalam kondisi beban ringan hingga menengah, sehingga memiliki margin kapasitas yang cukup besar. Kondisi ini menguntungkan karena dapat mengurangi stres pada komponen dan meningkatkan umur pakai sistem, sekaligus memberikan fleksibilitas untuk penambahan beban di masa mendatang.

Gambar 5 menunjukkan adanya tren peningkatan temperatur dari sekitar 32°C hingga mencapai 55°C selama periode pengamatan. Peningkatan suhu ini mengindikasikan adanya akumulasi panas dalam sistem yang berpotensi mempengaruhi kinerja dan umur komponen. Oleh karena itu, kondisi ini perlu menjadi perhatian dalam pemeliharaan, khususnya pada sistem pendingin, agar tidak terjadi penurunan performa atau kegagalan sistem di kemudian hari.

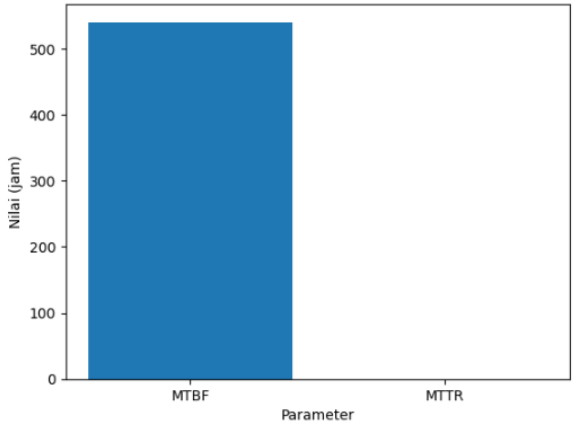
Gambar 6 menunjukkan distribusi gangguan pada sistem UPS yang terbagi merata, di mana masing-masing jenis gangguan memiliki proporsi sebesar 25%. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat satu jenis gangguan yang dominan, sehingga kegagalan sistem bersifat multi-faktor dan melibatkan beberapa subsistem seperti *inverter, bypass, dan rectifier/charger*. Kondisi ini menunjukkan bahwa strategi pemeliharaan perlu dilakukan secara menyeluruh (holistik) dengan mencakup seluruh komponen sistem UPS untuk mencegah potensi gangguan di masa mendatang.



Gambar 5. Tren Temperatur UPS



Gambar 6. Distribusi Gangguan UPS



Gambar 7. Reliability Performance (MTBF & MTTR)

Gambar 7 menunjukkan perbandingan antara nilai MTBF sebesar 540 jam dan MTTR sebesar 0,13 jam, di mana MTBF jauh lebih besar dibandingkan MTTR(Junaidi, AK, & Hernawati, 2025). Hal ini mengindikasikan bahwa sistem UPS jarang mengalami kegagalan dan mampu dipulihkan dalam waktu yang sangat cepat ketika gangguan terjadi. Perbedaan yang signifikan ini mencerminkan tingkat keandalan sistem yang tinggi dan berkontribusi pada nilai availability sebesar 99,97%, sehingga sistem dapat diandalkan untuk mendukung operasi beban kritis secara kontinu(Junaidi et al., 2025).

Analisis Keseluruhan

Berdasarkan hasil pengolahan data operasional dan gangguan, sistem *Uninterruptible Power Supply* **(UPS)** menunjukkan performa keandalan yang sangat baik dengan nilai MTBF 540 jam, MTTR 0,13 jam (±7,8 menit), dan *availability* 99,97%, sehingga termasuk kategori *high reliability system* dalam mendukung *Distributed Control System* (DCS)(Mujiarto, Asmoro, & Kundori, 2022)**.** Dari sisi operasional, tegangan keluaran stabil pada 405–406 Vac (deviasi 1–2% dari nominal), serta arus beban hanya sekitar 30% dari kapasitas maksimum, yang menunjukkan masih adanya cadangan kapasitas dan rendahnya stres pada komponen, sehingga mendukung keandalan jangka panjang (Nurcahyo, Nugroho, & Kristiningrum, 2023). Namun demikian, temperatur sistem meningkat hingga 55°C yang berpotensi mempercepat degradasi komponen, sehingga diperlukan monitoring suhu dan pemeliharaan sistem pendingin secara berkala. Analisis gangguan menunjukkan empat jenis gangguan yang tersebar pada berbagai subsistem, mengindikasikan kegagalan multi-faktor sehingga diperlukan pendekatan pemeliharaan yang menyeluruh (holistik). Secara keseluruhan, pendekatan *data-driven reliability analysis* terbukti lebih efektif dibandingkan metode konvensional karena mampu memberikan insight yang lebih realistis, mendukung deteksi dini kegagalan, optimasi *maintenance*, serta pengurangan *downtime* dan biaya operasional.

KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis keandalan sistem *Uninterruptible Power Supply* (UPS) pada *Distributed Control System* (DCS) menggunakan pendekatan *data-driven* berdasarkan data operasional dan gangguan. Hasil menunjukkan UPS beroperasi stabil dengan tegangan keluaran 405–406 Vac (deviasi 1–2%) dan arus beban 20–21 A (±30% dari kapasitas 67,7 A), sehingga masih memiliki margin kapasitas. Selama 2160 jam operasi, tercatat 4 gangguan dengan total downtime 0,53 jam, menghasilkan MTBF 540 jam dan MTTR 0,13 jam (7,8 menit), serta *availability* sebesar 99,97% yang menandakan keandalan sangat tinggi. Namun, temperatur internal mencapai 55°C sehingga diperlukan monitoring dan pemeliharaan sistem pendingin secara berkala untuk menjaga kinerja jangka panjang; untuk penelitian selanjutnya disarankan melakukan analisis prediktif berbasis machine learning untuk estimasi kegagalan, pengujian performa pada kondisi beban maksimum, serta evaluasi sistem pendinginan guna meningkatkan keandalan dan umur pakai UPS.

DAFTAR PUSTAKA

Aamir, M., Kalwar, K. A., & Mekhilef, S. (2016). Uninterruptible power supply (UPS) system. *Renewable and sustainable energy reviews, 58*, 1395-1410.

Amaruddin, H. (2020). Analisis Analisis Penerapan Total Productive Maintenance. *EKOMABIS: Jurnal Ekonomi Manajemen Bisnis, 1*(02), 141-148.

Aribowo, D. (2016). Remote Terminal Unit (RTU) SCADA Pada Jaringan Tegangan Menengah 30 KV. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer, 3*(2), 108-113.

Arsyad, A., & Iskandar, I. (2022). Perencanaan Perawatan Mesin Produksi Roller Mill Unit 1 Tuban Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. *Jurnal Teknik Mesin*, 129-132.

Aulia, L., Abdurahman, K., Saripah, S., Yositamibar, H., Gunawan, Z., & Setiawati, D. L. (2026). Tinjauan Literatur Mengenai Maintenance dan Reliability dalam Manajemen Operasional. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 4*(4), 12040-12047.

Bastari, A. S., & Varayesi, F. (2024). Analisis Performance Maintenance Pada Blowout Preventer Menggunakan Metode Reability MTBF MTTR Dan Degradation Test Rubber Packing Element. *Jurnal Teknik & Teknologi Terapan, 2*(1), 31-35.

Fatma, N. F., Ponda, H., & Kuswara, R. A. (2020). Analisis Preventive Maintenance Dengan Metode Menghitung Mean Time Between Failure (MTBF) Dan Mean Time To Repair (MTTR)(Studi Kasus Pt. Gajah Tunggal Tbk). *Heuristic, 17*(2), 87-94.

Habeahan, B., Gea, H. V., & Margana, R. R. (2025). Analisis Efektifitas Penerapan Preventive Maintenance menggunakan Mean Time Between Failures dan Mean Time to Repair Terhadap Kinerja Operasional Forklift di PT XYZ. *Jurnal Logic: Logistics & Supply Chain Center, 4*(2), 61-66.

Hidayat, L. Y., Setiawan, A. H. A., & Wildan, M. (2025). Perencanaan Perawatan Preventive Untuk Uninterruptible Power Supply (UPS) Systems. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 13*(1).

Ilmi, F. N. (2022). *Analisis Keandalan Operasi Sistem Pembangkitan Sulawesi Bagian Selatan Berdasarkan Indeks Probabilitas Kehilangan Beban= Reliability Analysis Of The South Sulawesi Power Plant System Operation Based On Loss Of Load Probability Index.* Universitas Hasanuddin,

Junaidi, J., AK, W. N., & Hernawati, T. (2025). Analisis Peningkatan Mechanical Availibility serta Mereduksi Biaya Perbaikan dan Perawatan Excavator PC 200 Dan HD 465 di PT Ulima Nitra Tbk. *Blend sains jurnal teknik, 3*(3), 300-318.

Kiswantono, A., & Putra, A. P. (2021). Analisa Perancangan Sistem Transmisi Pembangkit dengan Power 150 KVA dan proteksi gangguan listrik di penyaluran 10 KVA menggunakan UPS 8 KVA pada software etap 16.0. 0. *SinarFe7, 4*(1), 565-568.

Mujiarto, I., Asmoro, E. I., & Kundori, K. (2022). Pengukuran laju kerusakan dengan mengindikasikan nilai mtbf dalam manajemen perawatan mesin pada PT. AIC. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika, 1*(3), 14-23.

Novarika, W., Putri, C., & Suliawati, S. (2025). Analisis Preventif Maintenance pada Forklift dan Reach Truck dengan Metode Menghitung Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time to Repair (MTTR) di PT Medan Distribusindo Raya. *Journal Of Industrial And Manufacture Engineering, 9*(2), 117-128.

Nurcahyo, R., Nugroho, F. W. T., & Kristiningrum, E. (2023). Reliability, availability, and maintainability (ram) analysis for performance evaluation of power generation machines. *Jurnal Standardisasi, 25*(1), 41-52.

Permatasari, C., Madhawi, N., Dasi, D., & Wildan, M. (2025). Analisis metode maintenance berdasarkan mtbf dan mttr pada alat navigasi di perum lppnpi cab. *Analisis metode maintenance berdasarkan mtbf dan mttr pada peralatan navigasi di perum lppnpi cabang denpasar, 8*, 1078-1084.

Silvia, S., Suyatmo, R. I. D., & Murnianti, M. (2024). Analisis Preventive Maintenance Berdasarkan Mean Time Between Failure (MTBF) Dan Mean Time To Repair (MTTR) Pada Alat Blow Molding Di PT XYZ. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa, 2*(8), 3471-3478.

Syaefudin, A., Santoso, D. T., Sumarjo, J., & Anjani, R. D. (2025). Analisis Keandalan Mesin Menggunakan MTTR dan Downtime untuk Menentukan Mesin Kritis pada Lini Produksi PT X. *Jurnal Mesin Nusantara, 8*(2), 149-158.

Utami, R. P., Widjajarto, A., & Budiyono, A. (2025). Evaluasi Layanan Infrastruktur: MTBF, MTTR, ITIL Pada PT. XYZP. *TEKNIKA, 19*(1), 95-106.