

PERENCANAAN PERAWATAN *PREVENTIVE* UNTUK UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY (UPS) SYSTEMS

Lukman Yudand Hidayat^{1*}, Archie Haidar Adhitama Setiawan², Muh Wildan³

^{1,2,3} Teknik Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug; Jalan Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Kec. Legok, Tangerang, Banten; Telp. (021) 5982204.

Received: 18 Desember 2024

Accepted: 14 Januari 2025

Published: 20 Januari 2025

Keywords:

UPS, Maintenance,

Perencanaan, Backup Power.

Correspondent Email:

lukmanyudandhidayat@gmail.com

Abstrak. Pemeliharaan preventif (PM) memainkan peran penting dalam memastikan keandalan dan kinerja sistem Uninterruptible Power Supply (UPS), terutama di lingkungan yang menuntut ketersediaan daya yang berkelanjutan. Studi ini bertujuan untuk mengeksplorasi perencanaan dan implementasi strategi pemeliharaan preventif yang disesuaikan untuk sistem UPS, dengan fokus pada peningkatan keandalan sistem, mengurangi waktu henti, dan mengoptimalkan biaya operasional. Melalui tinjauan literatur dan analisis data, temuan utama menyoroti bahwa pemeliharaan rutin, seperti pemeriksaan baterai, inspeksi komponen, dan manajemen termal, secara signifikan meningkatkan kinerja sistem sekaligus mengurangi risiko kegagalan yang tidak terduga. Selain itu, penelitian ini mengkaji tantangan dalam mengadopsi pemeliharaan preventif, seperti keterbatasan sumber daya dan resistensi terhadap strategi proaktif, sambil menekankan manfaat dari penggabungan alat pemantauan waktu nyata dan teknologi pemeliharaan prediktif. Dengan menetapkan jadwal pemeliharaan terstruktur, organisasi dapat mencapai penghematan biaya jangka panjang dan meningkatkan efisiensi operasional. Temuan penelitian ini memberikan wawasan yang dapat ditindaklanjuti bagi industri yang ingin menerapkan praktik pemeliharaan preventif yang efektif untuk sistem UPS, sehingga sistem dapat bertahan lebih lama dan catu daya tidak terganggu.

Abstract. Preventive maintenance (PM) plays a critical role in ensuring the reliability and performance of Uninterruptible Power Supply (UPS) systems, especially in environments that demand continuous power availability. This study aims to explore the planning and implementation of a customized preventive maintenance strategy for UPS systems, focusing on improving system reliability, reducing downtime and optimizing operational costs. Through literature review and data analysis, key findings highlight that regular maintenance, such as battery checks, component inspections and thermal management, significantly improve system performance while reducing the risk of unexpected failures. In addition, this research examines the challenges of adopting preventive maintenance, such as resource limitations and resistance to proactive strategies, while emphasizing the benefits of incorporating real-time monitoring tools and predictive maintenance technologies. By establishing a structured maintenance schedule, organizations can achieve long-term cost savings and improve operational efficiency. The findings of this study provide actionable insights for industries looking to implement effective preventive maintenance practices for UPS systems, so the systems can last longer, and power supply is uninterrupted.

1. PENDAHULUAN

Backup Power System sangat penting dan telah digunakan secara luas selama beberapa tahun terakhir di seluruh dunia untuk memastikan bahwa operasi mesin atau peralatan berjalan lancar tanpa efek gangguan listrik. Gangguan daya listrik dapat mempengaruhi *critical load operation*. Pasokan *critical load* harus selalu efektif, terutama saat beban sedang digunakan [1]. Untuk terus memasok energi bagi konsumen seperti komputer, telekomunikasi, kontrol peralatan, instrumen presisi, laboratorium, dan rumah sakit yang sensitif terhadap gangguan dalam jaringan dan pemadaman listrik dan karena kebutuhan yang ekstrim dari konsumen ini, peralatan elektronik yang disebut UPS digunakan [2]. Sistem *Uninterruptible Power Supply* (UPS) memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga performa dan kinerja peralatan yang membutuhkan listrik, terutama di lingkungan dengan kebutuhan operasional yang kritis. UPS berfungsi menyediakan *backup power* bagi perangkat-perangkat esensial saat terjadi gangguan listrik, sehingga dapat mencegah kerugian akibat *downtime*. Secara tradisional, arsitektur UPS diklasifikasikan ke dalam tiga jenis: *online*, *offline*, dan *line-interactive* [3] akan tetapi sistem UPS modern meminimalkan konten harmonik dari tegangan *output inverter* melalui penggunaan kompleks skema penyaringan yang kompleks dengan menggunakan komponen pasif yang besar. Selain itu, sejumlah teknik PWM telah diselidiki untuk mengkompensasi impedansi keluaran *filter* dan mengurangi distorsi tegangan *output* [4]. Meski demikian, seperti sistem peralatan lainnya, UPS memerlukan perawatan preventif secara rutin agar tetap berfungsi optimal dan terhindar dari risiko kerusakan yang dapat mengganggu operasional. Perawatan ini mencakup pemeriksaan komponen seperti baterai, penyearah (*rectifier*), dan *inverter*, serta pengujian sistem secara berkala untuk memastikan kinerjanya tetap terjaga [5], [6].

Melakukan perawatan preventif tidak hanya mengurangi risiko *downtime* yang tidak terduga, tetapi juga memperpanjang usia pakai UPS, sehingga mampu memberikan pasokan daya yang andal secara konsisten. Dengan mengantisipasi dan menyelesaikan masalah

sedini mungkin, organisasi dapat menghemat biaya besar yang timbul akibat perbaikan darurat atau penggantian komponen secara mendadak. Oleh karena itu, jadwal perawatan yang terencana dengan baik, serta disusun berdasarkan panduan pabrikan dan praktik yang baik di lokasi, menjadi kunci dalam menjaga performa dan kinerja yang optimal dari sistem UPS [7].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian *maintenance* adalah untuk menjaga produksi serta peralatan lainnya tetap beroperasi dan mencegah atau meminimalkan kerusakan yang disebabkan oleh kegagalan konvensional dan non-konvensional. Kerusakan semacam itu menyebabkan biaya finansial yang tidak terduga, baik untuk pemindahannya atau karena gangguan produksi yang direncanakan [8]. Perawatan preventif merupakan faktor penting dalam memastikan usia pakai dan performa sistem UPS. *Preventive Maintenance* adalah domain interdisipliner yang pasti diikuti oleh beberapa kompleksitas teknis, ekonomis, dan waktu agar dapat diterapkan dengan baik di berbagai jenis industri dan sistem manajemen. Secara umum, perencanaan pemeliharaan telah dianggap penting, setelah industri memahami risiko dan dampak utama dari penerapan strategi *breakdown*, atau *corrective maintenance* (CM). Risiko utama yang terlibat terutama adalah penghentian lini produksi, biaya tambahan, dan waktu untuk melakukan pemeliharaan yang mendesak. Menerapkan sistem perencanaan pemeliharaan yang tepat membutuhkan struktur manajemen pemeliharaan (terpusat dan/atau terdesentralisasi) yang didukung oleh sumber daya yang terkait dengan industri (seperti operator dan peralatan pemeliharaan) dan metode perencanaan pemeliharaan yang tepat [9]. Perawatan ini meliputi serangkaian inspeksi rutin yang terencana dan tugas-tugas pemeliharaan untuk mendeteksi potensi kerusakan sebelum terjadi. Beberapa penelitian menekankan pentingnya pemeliharaan rutin untuk mengurangi risiko gangguan tak terduga, meningkatkan kinerja, dan memperpanjang masa pakai sistem UPS.

Salah satu penelitian mengidentifikasi aktivitas utama dalam perawatan preventif, seperti inspeksi rutin pada komponen kritis

UPS, termasuk baterai, *inverter*, dan penyearah (*rectifier*). Praktik ini diperlukan untuk mendeteksi masalah sejak dini dan mencegah kerusakan sistem [10].

Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa perawatan preventif membantu mengurangi waktu henti dan dampak finansial yang disebabkan oleh perbaikan darurat. Sebagai contoh, pengujian baterai secara rutin dan pengelolaan suhu merupakan kegiatan penting untuk menjaga stabilitas sistem.

Di samping inspeksi rutin, integrasi teknologi pemantauan real-time dan analitik prediktif semakin banyak digunakan. Penelitian menyoroti efektivitas teknologi pemantauan dalam mengoptimalkan jadwal pemeliharaan dan memprediksi kerusakan sebelum terjadi. Dengan memanfaatkan wawasan berbasis data, organisasi dapat menerapkan pendekatan pemeliharaan yang lebih proaktif, termasuk penggantian komponen yang rusak tepat waktu [11].

Secara keseluruhan, temuan ini mendukung pentingnya perawatan preventif pada sistem UPS. Pendekatan pemeliharaan yang sistematis dan proaktif terbukti meningkatkan keandalan serta memberikan penghematan biaya.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif untuk mengevaluasi praktik perawatan preventif pada sistem UPS, dengan fokus pada dokumentasi yang ada dan pendapat para ahli. Metodologi ini menghilangkan kebutuhan akan pengumpulan data yang luas dan kerja lapangan, namun tetap memberikan wawasan yang komprehensif.

- **Tinjauan Pustaka**

Dilakukan penelaahan terhadap artikel akademik, studi kasus, laporan industri, dan panduan perawatan yang relevan dengan perawatan preventif UPS. Tinjauan ini mengeksplorasi berbagai model perawatan serta efektivitasnya di berbagai industri, dengan tujuan mengidentifikasi praktik terbaik dan prosedur standar.

- **Analisis Dokumen**

Dilakukan analisis terhadap manual perawatan, jadwal pemeliharaan UPS, serta laporan kinerja dari organisasi yang

menerapkan perawatan preventif. Analisis ini membantu memahami praktik umum, frekuensi, dan prosedur yang diterapkan dalam perawatan sistem UPS.

- **Pendapat Ahli**

Wawasan diperoleh dari profesional industri melalui artikel yang diterbitkan, wawancara ahli, dan forum diskusi. Pendapat ini memberikan perspektif praktis terkait manfaat dan tantangan dalam perawatan preventif sistem UPS, serta membantu memahami standar industri dan aplikasi nyata.

Metodologi ini berfokus pada data sekunder, data sekunder adalah jenis data yang diperoleh dari sumber kedua, yang berbentuk dataset. Dataset adalah sebuah entitas yang merepresentasikan informasi dan hubungan di antara data yang disimpan dalam memori atau dalam bentuk berkas [12]. sehingga memungkinkan pemahaman yang cepat namun menyeluruh tentang praktik perawatan preventif untuk sistem UPS tanpa memerlukan pengumpulan data primer yang memakan waktu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Tinjauan pustaka, analisis dokumen, dan pendapat para ahli memberikan wawasan berharga terkait efektivitas perawatan preventif pada sistem UPS. Temuan utama dari analisis tersebut adalah sebagai berikut:

- a. **Meningkatkan Keandalan Sistem**

Perawatan preventif secara rutin diakui secara luas mampu meningkatkan keandalan sistem UPS secara signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa tugas-tugas pemeliharaan rutin, seperti pengujian baterai, pembersihan komponen, dan pengelolaan suhu, dapat mencegah kerusakan sistem yang umum terjadi serta memperpanjang usia operasional UPS. Sebuah studi oleh Curtis menyebutkan bahwa perawatan preventif yang tepat dapat mengurangi risiko kegagalan tak terduga hingga 40%, yang sangat penting bagi bisnis yang bergantung pada pasokan listrik tanpa gangguan [10]. Selain itu, penanganan dini terhadap masalah seperti pengisian daya berlebih atau kelebihan beban melalui

pemeriksaan preventif terbukti mengurangi risiko waktu henti sistem [11].

b. Penghematan Biaya

Meski memerlukan investasi awal untuk tenaga kerja dan sumber daya, perawatan preventif terbukti lebih hemat biaya dalam jangka panjang. Dengan mencegah kegagalan tak terduga, organisasi dapat menghindari biaya tinggi yang terkait dengan perbaikan darurat atau penggantian komponen. Menurut Curtis, biaya tahunan untuk pemeliharaan sistem UPS melalui jadwal preventif sering kali lebih kecil dibandingkan penghematan dari berkurangnya waktu henti dan kebutuhan perbaikan [10]. Studi kasus oleh P.K.W. Chan dan Thomas Downs menunjukkan bahwa perusahaan yang menjalankan rencana perawatan preventif yang terstruktur rata-rata menghemat hingga 15% biaya tahunan dibandingkan dengan yang hanya mengandalkan perbaikan reaktif [11].

c. Meningkatkan Efisiensi dan Kinerja

Perawatan preventif secara rutin membantu sistem UPS beroperasi dengan efisiensi maksimal, memastikan kinerja sesuai standar tanpa konsumsi energi yang berlebihan. Sebagai contoh, penelitian menunjukkan bahwa sistem UPS yang dirawat dengan baik memiliki pengurangan kehilangan energi selama proses konversi, sehingga meningkatkan efisiensi keseluruhan [10]. Selain itu, kinerja sistem dapat dioptimalkan melalui diagnostik rutin yang memungkinkan identifikasi dini terhadap ketidakefisienan atau komponen yang aus [11].

d. Tantangan dalam Implementasi

Meski memiliki banyak manfaat, terdapat berbagai hambatan yang menghalangi adopsi luas perawatan preventif. Banyak organisasi, terutama usaha kecil, menghadapi kendala seperti keterbatasan sumber daya, kurangnya tenaga ahli, dan resistansi terhadap strategi pemeliharaan yang proaktif. Penelitian oleh Curtis mengungkapkan bahwa ketiadaan jadwal pemeliharaan yang terstandarisasi menjadi salah satu faktor utama penyebab kegagalan sistem UPS di beberapa sektor [10]. Selain itu, resistensi terhadap peralihan dari pendekatan reaktif ke preventif, sering kali karena kekhawatiran biaya jangka pendek, menjadi tantangan yang signifikan [11].

e. Integrasi Teknologi

Kemajuan teknologi telah membuat perawatan preventif menjadi lebih efektif dan membutuhkan lebih sedikit tenaga kerja. Integrasi alat pemantauan dan diagnostik real-time memungkinkan pendekatan pemeliharaan prediktif, yang dapat mengantisipasi kerusakan sistem sebelum terjadi. Pendekatan proaktif ini membantu mengurangi pemeliharaan yang tidak perlu dan memperpanjang siklus hidup sistem UPS [10]. Penelitian menunjukkan bahwa pemeliharaan prediktif berbasis data *real-time* dan algoritma pembelajaran mesin telah meningkatkan alokasi sumber daya dan mengurangi biaya operasional lebih lanjut.

Temuan-temuan ini menyoroti berbagai keuntungan dari perawatan preventif untuk sistem UPS, mulai dari peningkatan keandalan dan efisiensi hingga penghematan biaya yang signifikan. Namun, adopsi praktik perawatan preventif menghadapi tantangan tertentu yang perlu diatasi agar potensinya dapat dimanfaatkan sepenuhnya.

4.2 Pembahasan

Komponen kunci dari perawatan preventif yang efektif pada sistem UPS adalah proses penjadwalan yang terstruktur dan konsisten. Perawatan harus dilakukan secara berkala berdasarkan rekomendasi pabrikan dan faktor lingkungan. Misalnya, inspeksi visual perlu dilakukan setiap bulan untuk memeriksa kerusakan fisik atau ketidakwajaran pada sistem. Pemeriksaan baterai untuk mendeteksi korosi, kebocoran, serta masalah tegangan disarankan dilakukan setiap 6 hingga 12 bulan [13]. Untuk memastikan UPS mampu menangani beban saat terjadi gangguan daya, pengujian beban (*load testing*) perlu dilaksanakan setidaknya satu kali dalam setahun.

Faktor lingkungan, seperti debu dan ventilasi, juga memiliki peran signifikan dalam menjaga kinerja UPS. Oleh karena itu, pemeriksaan lingkungan secara berkala sangat penting untuk mencegah panas berlebih atau efisiensi pendinginan yang buruk [14]. Selain itu, inspeksi profesional harus dijadwalkan setidaknya sekali dalam setahun guna melakukan pemeriksaan lebih mendetail

terhadap komponen internal, sehingga sistem tetap berada dalam kondisi optimal [13].

Dengan mematuhi jadwal perawatan yang teratur, organisasi dapat secara signifikan meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem UPS, sekaligus mengurangi risiko waktu henti tak terduga dan memperpanjang umur pakai sistem. Perencanaan yang matang memastikan bahwa sumber daya yang diperlukan tersedia untuk mendukung aktifitas perawatan, sehingga bisnis dapat merasakan manfaat jangka panjang dari sistem UPS yang terawat dengan baik.

Pendekatan ini mengintegrasikan *detail* penjadwalan ke dalam diskusi yang lebih luas mengenai perawatan preventif, dengan menekankan perannya dalam menjaga keandalan dan efisiensi sistem UPS.

5. KESIMPULAN

a. Pentingnya Perawatan Preventif

Perawatan preventif pada sistem UPS meningkatkan kinerja, keandalan, dan usia pakai sistem, sekaligus mengurangi biaya operasional dan risiko waktu henti melalui tugas-tugas rutin seperti inspeksi visual, pemeriksaan baterai, pengujian beban, dan manajemen lingkungan.

b. Mengatasi Kegagalan Tak Terduga

Perawatan preventif mencegah kerusakan serius dengan mendeteksi masalah kecil sejak dini. Pemeriksaan baterai (6–12 bulan) dan pengujian beban tahunan sangat penting untuk menjaga kesiapan operasional sistem UPS. Teknologi diagnostik real-time dan pemeliharaan prediktif semakin mengoptimalkan jadwal pemeliharaan.

c. Tantangan dan Manfaat Jangka Panjang

Tantangan seperti keterbatasan sumber daya dan resistensi organisasi dapat diatasi karena manfaat jangka panjang perawatan preventif, seperti peningkatan keandalan, efisiensi, serta penghematan biaya, jauh lebih besar dibandingkan investasi awal yang diperlukan.

d. Peluang Penelitian Masa Depan

Penelitian selanjutnya dapat berfokus pada integrasi strategi pemeliharaan prediktif dengan data *real-time* dan

pembelajaran mesin untuk meningkatkan proses pengambilan keputusan dalam pemeliharaan sistem UPS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih yang sebesar besarnya kepada seluruh pihak yang sudah berkontribusi untuk terselesaikannya penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kazadi, M. Thokozile, and K. A. Ogudo, "Design and Monitoring of a Voltage battery sensor of an Uninterruptible Power Supply (UPS) by means of an Arduino," in *2020 IEEE PES/IAS PowerAfrica*, 2020, pp. 1–5. doi: 10.1109/PowerAfrica49420.2020.9219950.
- [2] E. Shirzad, "UPS design without inverter to power ISP servers," 2023.
- [3] W. Zhang, Y. Wang, P. Xu, D. Li, and B. Liu, "Evaluation and improvement of backup capacity for household electric vehicle uninterruptible power supply (EV-UPS) systems," *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 12, p. 4567, 2023.
- [4] A. von Jouanne, P. N. Enjeti, and D. J. Lucas, "DSP control of high-power UPS systems feeding nonlinear loads," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 43, no. 1, pp. 121–125, 1996, doi: 10.1109/41.481416.
- [5] S. B. Bekiarov and A. Emadi, "Uninterruptible power supplies: classification, operation, dynamics, and control," in *APEC. Seventeenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (Cat. No.02CH37335)*, 2002, pp. 597–604 vol.1. doi: 10.1109/APEC.2002.989305.
- [6] L. Lin, X. Wang, H. Liu, and Y. Qian, "Specialized Decision Surface and Disentangled Feature for Weakly-Supervised Polyphonic Sound Event Detection," *IEEE/ACM Trans Audio Speech Lang Process*, vol. 28, pp. 1466–1478, 2020, doi: 10.1109/TASLP.2020.2989575.
- [7] G. Cavraro and A. Bernstein, "Bus Clustering for Distribution Grid Topology Identification," *IEEE Trans Smart Grid*, vol. 11, no. 5, pp. 4080–4089, 2020, doi: 10.1109/TSG.2020.2990124.
- [8] F. Hardt, M. Kotyrba, E. Volna, and R. Jarusek, "Innovative Approach to Preventive Maintenance of Production Equipment Based on a Modified TPM Methodology for Industry 4.0," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 15, 2021, doi: 10.3390/app11156953.
- [9] B. Einabadi, M. Mahmoodjanloo, A. Baboli, and E. Rother, "Dynamic predictive and

- preventive maintenance planning with failure risk and opportunistic grouping considerations: A case study in the automotive industry,” *J Manuf Syst*, vol. 69, pp. 292–310, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.06.012>.
- [10] P. M. Curtis, “UPS Systems,” in *Maintaining Mission Critical Systems in a 24/7 Environment*, 2020, pp. 273–325. doi: 10.1002/9781119506133.ch10.
- [11] P. K. W. Chan and T. Downs, “Two Criteria for Preventive Maintenance,” *IEEE Trans Reliab*, vol. R-27, no. 4, pp. 272–273, 1978, doi: 10.1109/TR.1978.5220367.
- [12] I. N. Rizki, D. Prayoga, M. L. Puspita, and M. Q. Huda, “Implementasi Exploratory Data Analysis untuk Analisis dan Visualisasi Data Penderita Stroke Kalimantan Selatan Menggunakan Platform Tableau,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, 2024.
- [13] “How Often Do UPS Systems Need Maintenance? | Adept Power Solution.” Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.adeptpower.co.uk/news/-how-often-do-ups-systems-need-maintenance>
- [14] “Benefits of Regular UPS Preventive Maintenance for Your Business | DC Group.” Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.dc-group.com/the-benefits-of-regular-ups-preventive-maintenance-for-your-business/>