JURNAL EDUNITRO
JURNAL PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
HTTPS://JURNAL-EDUNITRO.JEDUNITRO.COM/EDUNITRO
E-ISSN 2776-284X
P-ISSN 2776-2920
Vol. 6, No. 2, October 2026

Evaluasi Kinerja dan Keandalan Operasional Rectifier pada Catu Daya Telekomunikasi (Performance Evaluation and Operational Reliability of Rectifiers in Telecommunication Power Supply Systems)

Farros Ibnu Azam[1*], dan Agi Tama[2]
[1,2] Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
[*]Corresponding author, e-mail: farosibnuazam@gmail.com[1]

Received: September 23rd, 2026. Revised: November 4th, 2026. Accepted: November 10th, 2026.
Available online: November 14th, 2026. Published: November 14th, 2026.

Abstract— This study aims to evaluate the electrical performance of a rectifier system in a telecommunication power supply and analyse power supply continuity during module failures. Voltage, current, and output power were measured over seven days at four load points, while failure records were reviewed based on six months of operational history. The results show that the output voltage ranged from 54.04 to 55.13 V, with total output power ranging from 28.03 to 29.62 kW and averaging 28.91 kW. The summed current across the four load points ranged from 510.04 to 542.93 A. Compared with the reference rating of 3,600 A, this represents 14.17–15.08%; however, interpretation of the loading level requires verification of the actual system configuration. Operational records show one rectifier module failure with a reported handling time of 72 hours, without interruption of the power supply because the other modules continued supporting the load. These findings indicate relatively stable electrical output and power supply continuity during the recorded module failure. However, quantitative reliability assessment requires additional data on the number of active modules, operating hours, and total system downtime.

Keywords: rectifier; telecommunication power supply; −48 VDC; redundancy; operational assessment

Abstrak— Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja listrik sistem rectifier pada catu daya telekomunikasi serta menganalisis kontinuitas suplai daya ketika terjadi gangguan modul. Pengukuran tegangan, arus, dan daya dilakukan selama tujuh hari pada empat titik beban, sedangkan catatan gangguan ditelaah berdasarkan riwayat operasi selama enam bulan. Hasil menunjukkan bahwa tegangan keluaran berada pada rentang 54,04–55,13 V, dengan total daya keluaran berkisar 28,03–29,62 kW dan rata-rata 28,91 kW. Jumlah arus dari keempat titik beban berada pada rentang 510,04–542,93 A. Dibandingkan dengan rating referensi 3.600 A, nilainya setara dengan 14,17–15,08%, tetapi interpretasi pembebanan masih memerlukan verifikasi konfigurasi aktual sistem. Catatan operasional menunjukkan satu gangguan modul dengan waktu penanganan 72 jam, tanpa terhentinya suplai daya karena dukungan modul lainnya. Temuan ini menunjukkan keluaran listrik yang relatif stabil dan kontinuitas suplai selama gangguan yang tercatat. Namun, penilaian keandalan secara kuantitatif memerlukan data tambahan mengenai jumlah modul aktif, jam operasi, dan waktu henti sistem secara keseluruhan.

Kata kunci: rectifier; catu daya telekomunikasi; sistem DC −48 V; redundansi; evaluasi operasional

Copyright (c) 2026. Farros Ibnu Azam & Agi Tama.

I. PENDAHULUAN

Catu daya merupakan bagian penting dari infrastruktur telekomunikasi karena perangkat transmisi dan jaringan memerlukan suplai DC yang stabil untuk menjaga layanan tetap berjalan. Pada instalasi telekomunikasi, sistem nominal −48 VDC lazim digunakan dan titik antarmuka catu daya dengan peralatan teknologi informasi dan komunikasi perlu dinilai dengan mengacu pada kondisi pengukuran yang tepat (European Telecommunications Standards Institute [ETSI], 2024). Karena itu, evaluasi rectifier tidak cukup hanya menunjukkan besar tegangan dan arus; konfigurasi sistem, titik ukur, status modul, serta catatan gangguan juga harus dapat ditelusuri agar kesimpulan tidak melampaui bukti yang tersedia.

Kajian keandalan elektronika daya menekankan bahwa umur dan kontinuitas operasi dipengaruhi oleh kondisi termal, beban, kendali konverter, serta mekanisme proteksi. Tinjauan Kalay dan Akpolat (2025) memperlihatkan beragam pendekatan untuk mengevaluasi keandalan dan masa pakai konverter, sedangkan Radmehr dan Mojibi (2019), Rahimi dkk. (2019), serta Morya dan Toliyat (2022) menunjukkan bahwa analisis keandalan perlu dikaitkan dengan model komponen dan kondisi operasi yang didefinisikan secara eksplisit. Kajian

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

lain membahas degradasi multi-tahun, distorsi arus, dan operasi konverter pada kondisi lapangan, yang menegaskan bahwa satu rangkaian ringkasan pengukuran belum cukup untuk menggambarkan seluruh perilaku jangka panjang (Fogsgaard dkk., 2023; Galceran-Arellano, 2021; Alsaadi dkk., 2024).

Redundansi dan toleransi gangguan juga harus dibedakan antara tingkat modul dan tingkat sistem. Hu dkk. (2020) mengulas pemantauan serta strategi toleransi gangguan pada konverter, sementara Jadidi dkk. (2020), Jo dkk. (2025), Tian dan Konstantinou (2024), serta Verma dkk. (2023) menunjukkan bahwa konfigurasi modular dapat mengubah konsekuensi gangguan komponen terhadap layanan. Pada sistem daya yang lebih luas, penilaian berbasis simulasi atau model keadaan dapat memerlukan data status operasi serta hubungan antarunit yang lengkap (Ge dkk., 2025; van der Sande dkk., 2024). Pendekatan diagnosis gangguan dan mitigasi risiko pada konverter maupun UPS juga memerlukan klasifikasi kegagalan, catatan kejadian, dan tindak lanjut pemeliharaan yang konsisten (Huang dkk., 2025; Liang dkk., 2022; Mimouni dkk., 2023; Wang dkk., 2025).

Dalam kajian keteknikan elektro yang berdekatan, Mamahit (2024) membahas pengendalian lampu menggunakan perintah suara, sedangkan Mamahit dan Pangestu (2024) menganalisis pencahayaan pada gedung bengkel. Kedua kajian tersebut memberi konteks tentang sistem kelistrikan dan sisi beban, tetapi tidak mengevaluasi paparan operasi modul rectifier atau ketersediaan catu daya telekomunikasi. Sementara itu, penelitian tentang konverter untuk UPS, pengendalian DC-DC, serta sumber daya hibrida memperlihatkan keragaman topologi dan tujuan desain sehingga spesifikasi model aktual tetap penting sebelum perbandingan teknis dilakukan (Ansari dkk., 2021; Lešo dkk., 2018; Li dkk., 2023; Malkawi dkk., 2024; Rawi dkk., 2024).

Dari naskah yang ditinjau, terdapat dua celah yang perlu dijawab. Pertama, tabel arus harian tidak konsisten dengan angka yang digunakan untuk menghitung pembebanan, sedangkan spesifikasi menyebut dua sumber masing-masing 3.600 A tanpa memperjelas sumber yang menjadi dasar pembagi. Kedua, nilai MTBF, laju kegagalan, dan availability sebelumnya dihitung dari satu gangguan dan periode 4.320 jam, tetapi jumlah modul yang benar-benar beroperasi dan total jam-operasi modul tidak tersedia. Padahal, hasil keandalan pada sistem distribusi dan konverter bergantung pada definisi objek, paparan operasi, serta kejadian gagal yang dipakai dalam model (Kalay & Akpolat, 2025; Ge dkk., 2025; Rahimi dkk., 2019).

Penelitian ini karena itu menyajikan audit deskriptif atas ringkasan pengukuran tegangan, arus, dan daya di empat titik beban serta mengevaluasi sejauh mana catatan gangguan yang tersedia mendukung klaim keandalan. Tujuan khususnya ialah menyelaraskan perhitungan turunan dengan tabel pengukuran yang dapat ditelusuri, menjelaskan rasio arus terhadap rating 3.600 A sebagai angka bersyarat, dan mengidentifikasi informasi tambahan yang diperlukan untuk menghitung keandalan sistem maupun modul. Kontribusi penelitian bukan menetapkan angka keandalan yang belum terverifikasi, melainkan memperjelas batas bukti lapangan yang tersedia dan kebutuhan audit untuk pengambilan keputusan pemeliharaan.

II. METODE

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif pada sistem catu daya telekomunikasi di Gedung OPMC, Jalan Letjen S. Parman Kav. 8-1, Tomang, Jakarta Barat, yang dioperasikan oleh PT Telkom Infrastruktur Indonesia. Data pengamatan berasal dari empat titik beban, yaitu Room NGN 1, NGN 2, Transmisi, dan Metro. Naskah tersebut menyatakan pengukuran selama tujuh hari pada rentang pukul 09.00–16.00 dengan pengambilan berkala; namun, berkas yang diserahkan hanya berisi satu ringkasan harian untuk tiap titik, bukan catatan mentah per jam. Oleh karena itu, analisis ini terbatas pada 28 ringkasan per titik/parameter yang ditampilkan dalam tabel, tanpa mengasumsikan jumlah sampel intrahari yang tidak tersedia.

Instrumen yang dilaporkan adalah tang ampere digital Fluke 319 True RMS untuk mengukur arus serta tegangan DC melalui probe pada titik keluaran distribusi. Manual produsen menjelaskan beberapa rentang arus DC pada instrumen ini; rentang dan mode aktual yang digunakan dalam pengukuran tidak dicatat pada dokumen sumber (Fluke Corporation, 2011). Rentang DC 0–40 A, sedangkan nilai arus tabel mencapai lebih dari 250 A. Bukti mengenai rentang aktual, identitas nomor seri, status kalibrasi, serta ketidakpastian pengukuran tidak tersedia, hasil di bawah diperlakukan sebagai nilai tercatat yang memerlukan konfirmasi instrumen, bukan pengukuran yang telah tervalidasi metrologis.

Langkah analisis meliputi pemeriksaan rentang minimum–maksimum tegangan, arus, dan daya pada setiap titik; penjumlahan arus harian empat titik; serta perbandingan bersyarat antara jumlah tersebut dan nilai acuan 3.600 A. Daya pada tabel dipertahankan sebagaimana tercatat dan digunakan untuk menghitung rentang serta rerata daya gabungan. Jumlah arus dan daya tidak diasumsikan berasal dari pengukuran serentak pada bus atau sumber yang sama

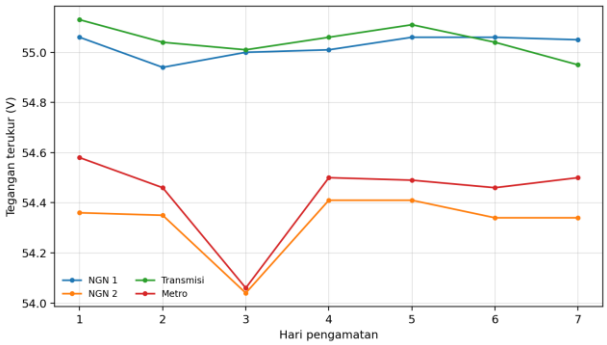
karena diagram satu garis aktual dan pemetaan dua sumber tidak disertakan. Pembacaan tegangan juga dilaporkan sebagai magnitudo karena konvensi tanda dan polaritas titik ukur tidak dijelaskan. Penilaian terhadap antarmuka nominal −48 VDC merujuk pada konteks ETSI, tetapi bukan pengujian kepatuhan menyeluruh karena lokasi antarmuka, kalibrasi, serta respons transien tidak tersedia (ETSI, 2024).

Catatan gangguan yang dapat dibaca menyebut satu modul mengalami kerusakan dan memerlukan penanganan selama 72 jam dalam riwayat enam bulan. Nilai itu disajikan sebagai riwayat kejadian, bukan sebagai dasar langsung untuk menghitung MTBF, laju kegagalan, atau availability. Estimasi tersebut membutuhkan jumlah modul aktif, status tiap modul sepanjang periode, total jam-operasi modul, definisi kegagalan, serta catatan downtime layanan sistem. Komponen redundan dapat memungkinkan layanan tetap berlangsung meskipun sebuah modul gagal, tetapi ketersediaan modul dan ketersediaan layanan merupakan dua ukuran berbeda (Hu dkk., 2020; Jo dkk., 2025).

III. HASIL

Ringkasan tujuh hari memperlihatkan bahwa magnitudo tegangan pada empat titik berada pada 54,04–55,13 V. Nilai maksimum 55,13 V tercatat pada titik Transmisi pada hari pertama, sedangkan minimum 54,04 V tercatat pada NGN 2 pada hari ketiga. Rerata tujuh ringkasan tegangan adalah 55,03 V untuk NGN 1, 54,32 V untuk NGN 2, 55,05 V untuk Transmisi, dan 54,44 V untuk Metro. Variasi antartitik lebih besar dibandingkan variasi hari-ke-hari pada titik NGN 1 dan Transmisi, sementara NGN 2 dan Metro memiliki nilai minimum harian yang lebih rendah. Gambar 1 memperlihatkan pola tersebut dengan menggunakan angka ringkasan yang sama seperti tabel; grafik ini tidak merepresentasikan rekaman kontinu ataupun riak tegangan.

Arus menunjukkan perbedaan yang lebih besar antartitik daripada tegangan. Rerata arus tujuh hari pada NGN 1 sebesar 82,38 A, NGN 2 sebesar 270,24 A, Transmisi sebesar 24,85 A, dan Metro sebesar 151,48 A. Arus tertinggi dalam data ringkasan ialah 276,61 A pada NGN 2 hari ketujuh, sedangkan arus terendah ialah 21,09 A pada Transmisi hari ketiga. Pola ini menempatkan NGN 2 sebagai titik dengan kontribusi arus terbesar di antara empat titik yang direkapitulasi. Namun, karena tidak tersedia lembar ukur mentah serta mode/rentang clamp meter yang dipakai, angka tersebut perlu dipandang sebagai nilai yang ditranskripsikan dari tabel, dan bukan sebagai bukti ketidakpastian ukur yang sudah diketahui.



Gambar 1. Ringkasan tegangan keluaran pada empat titik selama tujuh hari.

Tabel 1. Jumlah arus empat titik dan rasio sementara terhadap rating 3.600 A

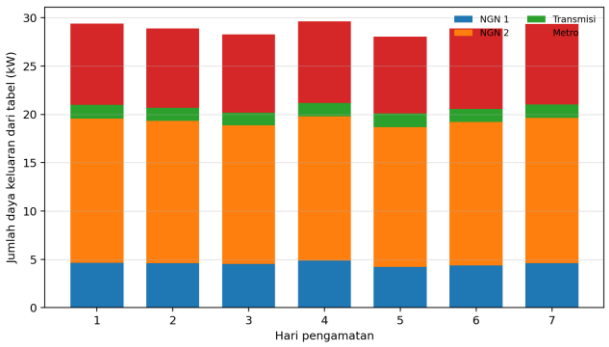
Hari	Arus total (A)	Rasio (%)
Hari 1	538.54	14.96
Hari 2	529.84	14.72
Hari 3	510.04	14.17
Hari 4	542.93	15.08
Hari 5	513.77	14.27
Hari 6	529.46	14.71
Hari 7	538.09	14.95

Ketika arus pada empat titik dijumlahkan secara konsisten dari tabel pengukuran, jumlah per hari berturut-turut adalah 538,54 A; 529,84 A; 510,04 A; 542,93 A; 513,77 A; 529,46 A; dan 538,09 A (lihat Tabel 1). Jumlah terendah terjadi pada hari ketiga, sedangkan tertinggi terjadi pada hari keempat. Jika jumlah tersebut dibandingkan dengan rating referensi 3.600 A, rasio aritmetisnya berturut-turut 14,96%; 14,72%; 14,17%; 15,08%; 14,27%; 14,71%; dan 14,95%, dengan rerata 14,69%. Angka ini merupakan perbandingan sementara, bukan angka pembebanan sistem yang telah dikonfirmasi, sebab naskah menyebut sistem dual-source dengan dua kapasitas 3.600 A tetapi tidak menunjukkan apakah empat pengukuran berasal dari satu sumber, sumber yang sama, atau konfigurasi yang berbeda. Rekapitulasi perhitungan ini ditampilkan pada Tabel 1.

Daya pada tabel sumber berkisar 4,21–4,87 kW untuk NGN 1, 14,33–15,03 kW untuk NGN 2, 1,33–1,43 kW untuk Transmisi, dan 7,93–8,43 kW untuk Metro. Total dari keempat kolom per hari berkisar 28,03–29,62 kW, dengan rerata tujuh hari 28,91 kW. NGN 2 memiliki nilai daya terbesar setiap hari dalam rekapitulasi, sedangkan Transmisi paling kecil. Gambar 2 menyajikan komposisi daya menurut titik beban untuk setiap hari. Pola pada Gambar 2 menunjukkan fluktuasi total yang relatif terbatas pada data ringkasan, tetapi tidak dapat membuktikan tidak adanya lonjakan sesaat karena data berinterval lebih rapat tidak tersedia.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



Gambar 2. Daya keluaran menurut titik beban pada ringkasan tujuh hari

Catatan operasional melaporkan satu gangguan pada sebuah modul rectifier selama periode riwayat enam bulan, dengan durasi perbaikan/penggantian 72 jam. Dokumen juga menyebut bahwa gangguan tersebut tidak menghentikan keluaran sistem karena modul lainnya tetap mendukung beban. Akan tetapi, tidak ada log kejadian rinci, identifikasi modul, status modul lain, rekaman tegangan bus saat kejadian, atau log downtime peralatan telekomunikasi yang dilampirkan. Data yang ada karena itu hanya mendukung pelaporan bahwa sebuah gangguan modul dicatat dan tidak dilaporkan menyebabkan penghentian suplai secara keseluruhan; data tersebut belum cukup untuk menghitung availability layanan secara independen.

Audit juga menemukan bahwa nilai arus yang digunakan pada tabel pembebanan dan contoh perhitungan berbeda dari nilai pada tabel pengukuran harian. Perhitungan hasil revisi menggunakan satu set data yang transparan, yaitu tabel arus harian empat titik, dan tidak mencampurkan angka contoh yang berbeda sumbernya. Demikian pula, nilai MTBF 4.320 jam, MTTR 72 jam, availability 98,36%, serta laju kegagalan 0,000231 jam^{-1} tidak diadopsi sebagai hasil terverifikasi. Durasi 4.320 jam saja tidak mewakili total jam-operasi modul tanpa mengetahui jumlah modul dan waktu aktifnya masing-masing.

IV. PEMBAHASAN

Ringkasan pengukuran menunjukkan magnitudo tegangan 54,04–55,13 V, dengan perbedaan arus dan daya antar titik. Rentang ini relatif sempit pada tabel yang tersedia, tetapi titik ukur tidak teridentifikasi secara lengkap dan data hanya berupa ringkasan harian. ETSI EN 300 132-2 mengatur antarmuka masukan peralatan ICT untuk suplai nominal −48 VDC, sehingga pengujian harus merujuk ke titik antarmuka yang tepat, bukan sembarang titik distribusi (ETSI, 2024). Karena polaritas, lokasi antarmuka, dan respons transien tidak didokumentasikan, nilai yang ada belum membuktikan kepatuhan menyeluruh terhadap standar.

Perbedaan arus antar ruangan cukup besar: rerata NGN 2 sekitar 270 A, sedangkan Transmisi sekitar 25 A. Jika prosedur dan titik ukur sebanding, hal ini dapat mencerminkan variasi kebutuhan daya peralatan. Namun, inventaris beban dan diagram distribusi tidak disertakan, sehingga arus yang lebih tinggi tidak dapat diartikan sebagai kegagalan atau penurunan efisiensi. Kajian konverter menunjukkan bahwa beban, distorsi arus, kondisi termal, dan strategi kendali dapat memengaruhi kinerja komponen, tetapi diagnosis memerlukan data operasi yang lebih rinci (Jazi dkk., 2025; Alsaadi dkk., 2024; El Merrassi dkk., 2020; Galceran-Arellano, 2021).

Ketidakkonsistenan antartabel merupakan keterbatasan metodologis yang paling nyata dalam penelitian ini. Total arus dari empat titik ukur pada tabel pengukuran tidak sama dengan nilai yang dipakai pada tabel pembebanan. Lembar ukur mentah tidak tersedia, sehingga tidak dapat ditentukan kelompok data mana yang benar secara fisik. Karena itu, perhitungan menggunakan tabel arus harian secara konsisten dan melaporkan hasil penjumlahannya apa adanya. Rasio sebesar 14,17–15,08% tidak dapat ditafsirkan sebagai pembebanan final rectifier. Spesifikasi menyatakan sistem dual-source dengan rating 3.600 A per sumber, tetapi belum jelas sumber mana yang menyuplai titik-titik yang diukur. Rating tersebut baru layak menjadi penyebut apabila diagram aktual menunjukkan bahwa seluruh arus yang dijumlahkan berasal dari satu sumber yang sama.

Rerata daya gabungan 28,91 kW dihitung dengan menjumlahkan angka daya per ruangan yang tercantum. Daya tidak dihitung ulang dari perkalian tegangan dan arus karena dokumen tidak menunjukkan bahwa kedua besaran direkam serentak pada titik yang sama. Pengukuran DC yang tervalidasi perlu menggunakan pembacaan tegangan dan arus yang tersinkronisasi. Keragaman topologi, kontrol, dan tujuan konverter AC/DC, DC/DC, serta UPS juga membuat data spesifikasi dan titik operasi diperlukan sebelum membandingkan daya atau efisiensi antarsistem (Ansari dkk., 2021; Lešo dkk., 2018; Li dkk., 2023; Malkawi dkk., 2024; Navamani dkk., 2021; Rawi dkk., 2024; Salim & Safarzadeh, 2025).

Topologi penyearah jembatan tiga fasa tak terkendali belum dapat dipastikan untuk modul DELTA DPR 2900-B. Tanpa lembar data dengan suffix model yang tepat, foto label, dan diagram wiring aktual, sumber AC tiga fasa pada tingkat masukan atau rack tidak otomatis berarti setiap modul memiliki topologi internal tiga fasa. Tabel juga mencantumkan input nominal 400 V dan rentang

480–590 V yang tidak selaras. Model, rating, serta rentang operasi perlu diverifikasi terhadap nameplate dan dokumen pabrikan sebelum dinyatakan sebagai fakta. Pemodelan keandalan konverter memang bergantung pada identifikasi komponen dan kondisi stres operasi yang tepat (Fogsgaard dkk., 2023; Kalay & Akpolat, 2025; Morya & Toliyat, 2022; Radmehr & Mojibi, 2019; Tian & Konstantinou, 2024).

Catatan manuskrip menyebut sebuah modul gagal tetapi suplai tetap tersedia dari modul lain. Hal ini menunjukkan secara naratif bahwa kerusakan komponen tidak selalu berakibat pada putusnya layanan. Akan tetapi, jumlah modul terpasang, modul aktif dan siaga, kapasitas tiap modul, pembagian arus, serta kondisi sistem pascagangguan tidak dicantumkan. Kesimpulan yang aman hanya menyatakan bahwa gangguan modul dilaporkan tidak memutus suplai, bukan bahwa redundansi N+1 telah terbukti secara kuantitatif. Studi konverter modular dan kontrol toleran gangguan menunjukkan bahwa efek redundansi bergantung pada arsitektur dan respons sistem saat satu unit keluar dari operasi (Hu dkk., 2020; Jadidi dkk., 2020; Jo dkk., 2025; Verma dkk., 2023; van der Sande dkk., 2024).

MTBF, failure rate, dan availability tidak dipertahankan. Perhitungan MTBF membutuhkan definisi objek dan total paparan operasi yang valid. Angka 4.320 jam berasal dari enam bulan kalender, tetapi jumlah modul dan total jam-operasi setiap modul tidak diketahui; kejadian yang dilaporkan pun terjadi pada satu modul saat sistem disebut tetap menyuplai beban. Karena itu, 4.320 jam tidak bisa dipastikan sebagai module-hours atau waktu operasi sistem sebelum kegagalan. Nilai $1/4.320\ \text{jam}^{-1}$ dan $4.320/(4.320+72)$ memang mengikuti rumus yang diterapkan, tetapi dasar paparan dan objek hitungnya belum tepat sehingga bukan estimasi keandalan tervalidasi. Analisis reliabilitas konverter dan jaringan daya mensyaratkan model kejadian serta paparan yang sesuai (Ge dkk., 2025; Kalay & Akpolat, 2025; Rahimi dkk., 2019). Untuk perhitungan ulang diperlukan identitas modul, waktu mulai/selesai setiap kejadian, status aktif/siaga, total jam operasi, definisi perbaikan, dan log downtime layanan.

Kualitas instrumen menjadi keterbatasan lain. Rentang arus DC Fluke 319 sebesar 0–40 A, sedangkan nilai ringkasan mencapai sekitar 277 A. Manual pabrikan perlu digunakan untuk memastikan rentang yang tersedia, tetapi mode yang dipakai, nomor seri, dan tanggal kalibrasi tidak tercatat (Fluke Corporation, 2011). Pengukuran lanjutan perlu merekam alat, rentang, resolusi, sertifikat kalibrasi, posisi clamp, dan waktu pengukuran; data arus harus diulang sebelum digunakan untuk keputusan kapasitas. Prosedur ukur dan log anomali juga penting untuk membedakan gangguan komponen dari variasi beban (Liang dkk., 2022; Mimouni dkk., 2023; Wang dkk., 2025).

Implikasi praktisnya ialah pencatatan pemeliharaan harus menjadi data yang dapat diaudit. Setiap kejadian perlu memuat identitas rack/modul, kode alarm, kondisi sebelum dan sesudah gangguan, waktu mulai dan pulih, serta dampaknya terhadap beban. Diagram satu garis harus menjelaskan rating tiap sumber dan lokasi titik ukur. Pengamatan lanjutan sebaiknya merekam tegangan, arus, daya, status modul, dan alarm dengan interval tetap dan waktu yang tersinkronisasi; jika memungkinkan, tambahkan riak tegangan. Setelah data dasar tersedia, FMEA atau model keadaan dapat digunakan untuk menilai risiko, sebagaimana ditunjukkan pada kajian UPS dan jaringan daya (Ge dkk., 2025; Huang dkk., 2025). Kajian Mamahit (2024) dan Mamahit dan Pangestu (2024) tentang kendali lampu dan pencahayaan bangunan memberi konteks bahwa kualitas fungsi beban dan keandalan catu daya merupakan lapisan berbeda; penelitian ini belum mengukur dampak gangguan terhadap kualitas layanan telekomunikasi.

Kontribusi yang dapat dipertahankan adalah menyajikan pola tegangan, arus, dan daya dari tabel yang tersedia, menunjukkan ketidaksesuaian hitungan, serta memisahkan laporan gangguan modul dari ketersediaan sistem. Tanpa model rectifier yang terverifikasi, diagram dual-source, jumlah modul aktif, data ukur mentah, dan log downtime, tingkat keandalan kuantitatif belum dapat ditetapkan. Hasil ini menjadi dasar audit dan pengukuran ulang, bukan menggantikan data yang belum dihimpun.

V. KESIMPULAN

Evaluasi terhadap ringkasan pengukuran tujuh hari menunjukkan bahwa magnitudo tegangan di empat titik beban berada pada 54,04–55,13 V dan total daya yang tercantum pada tabel berada pada 28,03–29,62 kW. Penjumlahan arus berdasarkan satu tabel yang konsisten menghasilkan 510,04–542,93 A; rasio terhadap rating referensi 3.600 A adalah 14,17–15,08%, tetapi masih bersifat sementara sampai konfigurasi dua sumber dikonfirmasi. Catatan yang tersedia melaporkan satu gangguan modul dan waktu penanganan 72 jam tanpa penghentian suplai sistem yang dilaporkan. Namun, data belum cukup untuk menetapkan MTBF, failure rate, atau availability yang valid karena jumlah modul, total jam-operasi, topologi aktual, dan downtime layanan tidak terdokumentasi secara memadai. Kontribusi penelitian ini ialah mengaudit konsistensi angka dan

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

menegaskan batas kesimpulan yang dapat ditarik dari data yang ada. Secara praktis, perusahaan perlu memverifikasi model dan diagram satu garis, menyelaraskan data ukur mentah dengan ringkasan, serta mencatat status modul dan downtime secara terstruktur. Penelitian lanjutan perlu mengulang pengukuran dengan instrumen terkalibrasi dan pencatatan tersinkronisasi, serta menghitung keandalan hanya setelah data paparan operasi dan kejadian gagal lengkap.

PERNYATAAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan finansial, pribadi, maupun profesional yang memengaruhi penelitian ini. Bahan yang tersedia untuk revisi hanya memuat ringkasan pengukuran; data mentah, diagram wiring aktual, serta log downtime sistem belum disertakan dan perlu dilengkapi sebelum perhitungan keandalan divalidasi. Alat AI generatif digunakan untuk membantu penyuntingan bahasa dan penataan naskah; penulis bertanggung jawab atas pemeriksaan serta isi akhir manuskrip.

REFERENSI

Alsaadi, S., Crabtree, C. J., Matthews, P. C., & Shahbazi, M. (2024). Understanding wind turbine power converter reliability under realistic wind conditions. IET Power Electronics, 17(4), 524–533. https://doi.org/10.1049/pel2.12670

Ansari, S., Chandel, A., & Tariq, M. (2021). A comprehensive review on power converters control and control strategies of AC/DC microgrid. IEEE Access, 9, 17998–18015. https://doi.org/10.1109/access.2020.3020035

El Merrassi, W., Abounada, A., & Ramzi, M. (2020). Switching losses analysis of a constructed solar DC-DC static boost converter. Advances in Electrical and Electronic Engineering, 18(3), 132–141. https://doi.org/10.15598/aeee.v18i3.3699

European Telecommunications Standards Institute. (2024). Environmental engineering (EE); Power supply interface at the input of Information and Communication Technology (ICT) equipment; Part 2: −48 V direct current (DC) (ETSI EN 300 132-2 V2.8.1). https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300100_300199/30013202/02.08.01_60/en_30013202v020801p.pdf

Fluke Corporation. (2011). 317/319 clamp meter users manual (PN 4092877). https://assets.fluke.com/manuals/317-319_umeng0000.pdf

Fogsgaard, M. B., Zhang, Y., Bahman, A. S., Iannuzzo, F., & Blaabjerg, F. (2023). Lifetime analysis of two commercial PV converters using multi-year degradation modelling. e-Prime: Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, 5, 100205. https://doi.org/10.1016/j.prime.2023.100205

Galceran-Arellano, S. (2021). Effect of current distortion and unbalanced loads on semiconductors reliability. IEEE Access, 9, 162660–162670. https://doi.org/10.1109/access.2021.3133019

Ge, L., Hou, K., Jia, H., Liu, Z., & Zhu, L. (2025). Continuous-time Markov chain based sequential analytical reliability assessment approach for power distribution networks. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 172, 111069. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2025.111069

Hu, K., Liu, Z., Yang, Y., Iannuzzo, F., & Blaabjerg, F. (2020). Ensuring a reliable operation of two-level IGBT-based power converters: A review of monitoring and fault-tolerant approaches. IEEE Access, 8, 89988–90022. https://doi.org/10.1109/access.2020.2994368

Huang, L.-L., Wang, Z.-W., Xu, H.-R., Wang, B.-L., & Chen, W.-W. (2025). FMEA-based risk mitigation for hospital UPS failures. Results in Engineering, 27, 106833. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106833

Jadidi, S., Badihi, H., & Zhang, Y. (2020). Passive fault-tolerant control strategies for power converter in a hybrid microgrid. Energies, 13(21), 5625. https://doi.org/10.3390/en13215625

Jazi, H. M., Mohammadzadeh, B., Khorasani, R. R., Zanchetta, P., Adib, E., Velasco-Quesada, G., & Martinez-Garcia, H. (2025). High voltage gain DC-DC converter with wide range of soft switching and continuous input current for renewable energy applications. IEEE Access, 13, 94878–94892. https://doi.org/10.1109/access.2025.3573936

Jo, J.-S., Lee, S.-H., Zhou, G., & Kang, F.-S. (2025). Reliability and economic analysis of a modular converter with three Vienna converters connected in parallel. IEEE Access, 13, 128216–128230. https://doi.org/10.1109/access.2025.3590352

Kalay, M. S., & Akpolat, A. N. (2025). A systematic review on reliability and lifetime evaluation of power converters in power generation systems. IET Renewable Power Generation, 19(1). https://doi.org/10.1049/rpg2.70111

Lešo, M., Žilková, J., Biroš, M., & Talian, P. (2018). Survey of control methods for DC-DC converters. Acta Electrotechnica et Informatica, 18(3), 41–46. https://doi.org/10.15546/aeei-2018-0024

Li, P., Tong, X., Wang, Z., Xu, M., & Zhu, J. (2023). Sensorless model predictive control of single-phase inverter for UPS applications via accurate load current estimation. Sensors, 23(7), 3742. https://doi.org/10.3390/s23073742

Liang, J., Zhang, K., Al-Durra, A., Muyeen, S. M., & Zhou, D. (2022). A state-of-the-art review on wind power converter fault diagnosis. Energy Reports, 8, 5341–5369. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.03.178

Malkawi, A. M. A., Alawneh, M. I., & Bashaireh, A. (2024). A seamless start-up for a hybrid uninterruptible power supply based on a diesel generator and supercapacitor energy storage. Results in Engineering, 24, 103418. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103418

Mamahit, C. (2024). Rumah pintar dengan lampu kontrol suara menggunakan Arduino Uno R3. Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, 18(2), 144–152. https://doi.org/10.23960/elc.v18n2.2567

Mamahit, C., & Pangestu, P. (2024). Desain dan analisis pencahayaan Gedung Bengkel Universitas Negeri Manado. ELECTRON: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 5(1), 46–52. https://doi.org/10.33019/electron.v5i1.72

Mimouni, A., Laribi, S., Sebaa, M., Allaoui, T., & Bengharbi, A. A. (2023). Fault diagnosis of power converters in a grid-connected photovoltaic system using artificial neural networks. Electrical Engineering & Electromechanics, (1), 25–30. https://doi.org/10.20998/2074-272x.2023.1.04

Morya, A. K., & Toliyat, H. A. (2022). Quantitative reliability evaluation of silicon carbide-based inverters for multiphase electric drives for electric vehicles. Power Electronics and Drives, 7(1), 29–42. https://doi.org/10.2478/pead-2022-0003

Navamani, J. D., Geetha, A., Almakhles, D., Lavanya, A., & Ali, J. S. M. (2021). Modified LUO high gain DC-DC converter with minimal capacitor stress for electric vehicle application. IEEE Access, 9, 122335–122350. https://doi.org/10.1109/access.2021.3109273

Radmehr, M., & Mojibi, M. (2019). Reliability assessment and thermal consideration of a step-down DC/DC converter. International Journal of Industrial Electronics, Control and Optimization, 2(3), 247–256. https://doi.org/10.22111/ieco.2019.25236.1042

Rahimi, T., Jahan, H. K., Blaabjerg, F., Bahman, A. S., & Hosseini, S. H. (2019). Fuzzy-logic-based mean time to failure (MTTF) analysis of interleaved DC-DC converters

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

equipped with redundant-switch configuration. Applied Sciences, 9(1), 88. https://doi.org/10.3390/app9010088

Rawi, M. S. M., Baharom, R., & Mohd Radzi, M. A. (2024). Uninterruptible power supply topology based on single-phase matrix converter with active power filter functionality. Energies, 17(14), 3441. https://doi.org/10.3390/en17143441

Salim, M., & Safarzadeh, O. (2025). Investigation of robust controllers and model uncertainty on nonideal boost converter lifetime in hybrid electric vehicle. International Transactions on Electrical Energy Systems, 2025, Article 5034005. https://doi.org/10.1155/etep/5034005

Tian, Y., & Konstantinou, G. (2024). Reliability analysis of modular multilevel converters in MVDC applications. e-Prime: Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, 9, 100671. https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100671

van der Sande, R., Shekhar, A., & Bauer, P. (2024). Reliability and sensitivity analysis of meshed DC shipboard power systems using stochastic simulation. IEEE Open Journal of Power Electronics, 5, 1842–1852. https://doi.org/10.1109/ojpel.2024.3508274

Verma, A., Singh, A., Kumar, K. A., Saket, R. K., & Khan, B. (2023). Reliability analysis of multilevel and matrix converters used in more electric aircraft. IET Electrical Systems in Transportation, 13(2), e12078. https://doi.org/10.1049/els2.12078

Wang, L., Zhu, F., Jiang, F., & Yang, Y. (2025). Power converter fault detection using MLCA–SpikingShuffleNet. World Electric Vehicle Journal, 16(1), 36. https://doi.org/10.3390/wevj16010036