

## EVALUASI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI MENGGUNAKAN INDEKS SAIDI, SAIFI, DAN CAIDI PADA PT. PLN (PERSERO) ULP GROGOL TAHUN 2024

**Muhammad Syahrial Mardiansyah**

SI Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi

e-mail : 227002055@student.unsil.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik pada PT. PLN (Persero) ULP Grogol tahun 2024 menggunakan indeks keandalan *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI). Metode penelitian yang digunakan adalah pengukuran tidak langsung dengan memanfaatkan data historis gangguan selama periode Januari hingga Desember 2024, yang meliputi jumlah pelanggan, jumlah pelanggan padam, serta durasi pemadaman. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai SAIDI sebesar 0,55 jam/pelanggan/tahun dan SAIFI sebesar 0,424 kali/pelanggan/tahun telah memenuhi standar SPLN 68-2:1986, WCS, WCC, serta IEEE Std 1366–2003. Namun, nilai CAIDI sebesar 16,7 jam/kali/tahun belum memenuhi standar yang ditetapkan, yang mengindikasikan bahwa waktu pemulihan gangguan masih relatif lama. Secara keseluruhan, sistem distribusi tenaga listrik di ULP Grogol tergolong andal dari sisi frekuensi dan durasi pemadaman, namun masih memerlukan peningkatan pada aspek kecepatan penanganan dan pemulihan gangguan untuk meningkatkan mutu pelayanan kepada pelanggan.

**Kata Kunci:** keandalan sistem distribusi, SAIDI, SAIFI, CAIDI.

### Abstract

*This study aims to evaluate the reliability level of the electrical power distribution system at PT. PLN (Persero) ULP Grogol in 2024 using reliability indices, namely System Average Interruption Duration Index (SAIDI), System Average Interruption Frequency Index (SAIFI), and Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI). The research method applied is indirect measurement based on historical outage data from January to December 2024, including the number of customers, affected customers, and outage duration. The results show that the SAIDI value of 0.55 hours/customer/year and the SAIFI value of 0.424 interruptions/customer/year comply with the standards of SPLN 68-2:1986, WCS, WCC, and IEEE Std 1366–2003. However, the CAIDI value of 16.7 hours/interruption does not meet the established standards, indicating that the restoration time after outages is still relatively long. Overall, the distribution system at ULP Grogol is considered reliable in terms of outage frequency and duration, but improvements are required in outage response and restoration speed to enhance service quality.*

**Keywords:** distribution system reliability, SAIDI, SAIFI, CAIDI

### PENDAHULUAN

Dengan semakin tumbuhnya ekonomi dan meningkatnya kesejahteraan masyarakat, kebutuhan akan listrik terus meningkat setiap tahunnya. Situasi ini membutuhkan sistem distribusi listrik yang stabil dan berkelanjutan agar pasokan energi tetap terjamin bagi para pengguna (Situmeang & Tanjung, 2022). Oleh karena itu, penyedia tenaga listrik perlu melakukan pengembangan secara berkelanjutan terhadap kapasitas dan kualitas infrastruktur distribusi agar proses penyaluran energi listrik dapat berjalan secara kontinu serta memenuhi standar mutu pelayanan yang telah ditetapkan (Arsyad & Fauziah, 2023).

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik menjadi parameter penting dalam mengevaluasi mutu pelayanan kepada pelanggan, karena berpengaruh

secara langsung terhadap keberlanjutan pasokan energi listrik serta tingkat kepuasan pengguna (Hajar & Pratama, 2018). Tingkat keandalan tersebut mencerminkan kemampuan sistem distribusi dalam meminimalkan frekuensi serta durasi gangguan yang berdampak pada pelanggan akhir (Erhaneli, 2016).

Tingkat keandalan suatu sistem distribusi tenaga listrik dapat diketahui melalui proses evaluasi yang dinyatakan dalam bentuk indeks keandalan. Indeks ini berfungsi sebagai parameter kuantitatif untuk menggambarkan mutu pelayanan serta keandalan penyaluran energi listrik hingga ke sisi pelanggan (Funan & Utama, 2020). Proses penilaian tersebut dilakukan dengan menganalisis data gangguan yang mencakup seberapa sering terjadi pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi, serta berapa banyak pelanggan yang terkena dampaknya dalam periode waktu tertentu (Hidayat *et al.*, 2023).

Dalam mengevaluasi tingkat keandalan sistem distribusi listrik, beberapa indikator yang sering digunakan adalah *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI). Masing-masing indeks tersebut menggambarkan tingkat frekuensi terjadinya gangguan, lamanya gangguan, serta rata-rata durasi gangguan yang dirasakan oleh pelanggan (Zulkifli *et al.*, 2021). Ketiga parameter ini dimanfaatkan sebagai indikator kinerja sistem distribusi dalam menjamin kontinuitas penyaluran energi listrik sekaligus menilai efektivitas penanganan gangguan yang terjadi (Almubarak & Zulkifli, 2025).

Pada tingkat nasional, penetapan standar keandalan sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia mengacu pada SPLN 68-2:1986, yang menetapkan nilai ambang indeks SAIFI dan SAIDI sebagai acuan mutu pelayanan ketenagalistrikan (PLN, 1986). Di samping standar tersebut, PT. PLN (Persero) juga memberlakukan standar internal berupa *World Customer Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC) sebagai bagian dari strategi peningkatan kualitas pelayanan serta pencapaian kinerja perusahaan yang selaras dengan standar internasional (PLN, 2019).

Pada skala internasional, penilaian keandalan sistem distribusi tenaga listrik umumnya mengacu pada IEEE Std 1366-2003 yang dikeluarkan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Standar ini menetapkan batas maksimum indeks keandalan, yaitu nilai SAIFI sebesar 1,45 kali per pelanggan per tahun, nilai SAIDI sebesar 2,30 jam per pelanggan per tahun, serta nilai CAIDI sebesar 1,47 jam untuk setiap kejadian gangguan (IEEE *Power & Energy Society*, 2004). Ketentuan tersebut sering dijadikan patokan internasional untuk menilai kemampuan dan tingkat keandalan sistem pengiriman listrik di berbagai negara (Zuliani *et al.*, 2017).

Studi ini bertujuan untuk melihat seberapa andal sistem distribusi listrik di PT. PLN (Persero) ULP Grogol pada tahun 2024, dengan menggunakan indeks SAIFI, SAIDI, dan CAIDI. Selanjutnya, hasil analisis tersebut dibandingkan dengan standar SPLN 68-2:1986, WCS, WCC, serta IEEE Std 1366-2003 guna memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai mutu pelayanan dan tingkat keandalan penyaluran energi listrik kepada pelanggan (Arsyad & Fauziah, 2023; Almubarak & Zulkifli, 2025).

## TINJAUAN PUSTAKA

### Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Keandalan sistem tenaga listrik berarti seberapa baik sistem tersebut dapat menyediakan pasokan listrik yang stabil dan tanpa gangguan kepada

pelanggan sekaligus memenuhi standar kualitas yang ditetapkan (Widagdo *et al.*, 2024). Sistem distribusi adalah bagian terakhir dari sistem tenaga listrik. Sistem ini mengirimkan energi listrik dari gardu induk utama ke pelanggan. Keandalan sistem ini sangat memengaruhi kualitas layanan yang dialami pelanggan (Sihombing, 2022). Jika terjadi masalah pada sistem distribusi, hal itu akan langsung memengaruhi seberapa sering dan berapa lama pasokan listrik diputus untuk pelanggan (Rumbay, 2021).

### Indeks Keandalan Sistem Distribusi

Indeks keandalan adalah angka yang menunjukkan seberapa sering dan berapa lama layanan listrik terputus bagi pelanggan. Ukuran ini membantu memahami seberapa andal pasokan listrik selama periode waktu tertentu. (IEEE Std 1366, 2003) Ini memberikan gambaran yang jelas tentang seberapa sering dan berapa lama pelanggan menghadapi pemadaman listrik. (Sihombing, 2022) Dalam sistem distribusi daya, SAIDI, SAIFI, dan CAIDI adalah ukuran yang paling umum digunakan karena memberikan gambaran lengkap tentang bagaimana pemadaman listrik terjadi. (Widagdo dkk., 2024)

Penggunaan indeks keandalan memungkinkan perbandingan kinerja antar penyulang, antar unit pelayanan, maupun antar periode waktu, sehingga memudahkan proses evaluasi dan pengambilan keputusan perbaikan sistem (Gozali *et al.*, 2022). Indeks keandalan juga digunakan sebagai cara untuk memeriksa apakah sistem distribusi memenuhi standar PLN sendiri dan standar internasional (IEEE Std 1366, 2003).

### *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI)

Indeks Durasi Gangguan Rata-Rata Sistem, atau SAIDI, adalah ukuran yang menunjukkan rata-rata total waktu pelanggan mengalami pemadaman listrik dalam sistem distribusi listrik selama periode waktu tertentu (Widagdo *et al.*, 2024). Indeks SAIDI umumnya dinyatakan dalam satuan jam per pelanggan per tahun dan mencerminkan total waktu terhentinya pasokan listrik yang dirasakan pelanggan akibat terjadinya gangguan (Sihombing, 2022). Nilai SAIDI yang semakin rendah menunjukkan bahwa sistem distribusi memiliki tingkat kontinuitas pelayanan listrik yang semakin baik (Rumbay, 2021)

SAIDI sangat dipengaruhi oleh durasi gangguan dan jumlah pelanggan yang terdampak, sehingga gangguan dengan waktu pemulihan yang lama akan memberikan kontribusi besar terhadap nilai indeks ini (Gozali *et al.*, 2022). Oleh karena itu, upaya percepatan penanganan gangguan dan peningkatan sistem proteksi menjadi faktor penting dalam menurunkan nilai SAIDI (Widagdo *et al.*, 2024). Secara matematis, nilai SAIDI dapat dinyatakan pada persamaan (1) di bawah ini:

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Durasi Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum(U_i \times N_i)}{\sum N_T} \quad (1)$$

dengan:

$U_i$  = durasi pemadaman ke- $i$  (jam),

$N_i$  = jumlah pelanggan yang terdampak pada pemadaman ke- $i$ ,

$N_t$  = total jumlah pelanggan yang dilayani.

Nilai SAIDI umumnya dinyatakan dalam satuan jam/pelanggan/tahun sebagai ukuran rata-rata durasi pemadaman yang dialami setiap pelanggan selama satu tahun observasi (Lubis *et al.*, 2024).

Indeks ini sangat penting karena meskipun frekuensi gangguan listrik rendah, durasi pemadaman yang panjang tetap dapat menurunkan mutu pelayanan dan kepuasan pelanggan, sehingga pengurangan SAIDI menjadi fokus utama dalam peningkatan keandalan jaringan distribusi listrik (Lubis *et al.*, 2024).

#### **System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)**

Indeks Frekuensi Gangguan Rata-Rata Sistem, atau SAIFI, adalah ukuran yang menunjukkan jumlah rata-rata pemadaman listrik yang dialami pelanggan dalam periode waktu tertentu (Sihombing, 2022). Indeks ini biasanya diberikan sebagai jumlah pemadaman yang dihadapi setiap pelanggan setiap tahun, dan menunjukkan seberapa sering pasokan listrik terhenti bagi pelanggan (Widagdo *et al.*, 2024). Nilai SAIFI yang relatif tinggi menunjukkan bahwa sistem distribusi mengalami gangguan dengan intensitas yang cukup sering, meskipun durasi pemadaman yang terjadi dapat bersifat singkat (Rumbay, 2021).

SAIFI dipengaruhi oleh jumlah kejadian gangguan dan luas area pelanggan yang terdampak, sehingga keandalan peralatan dan konfigurasi jaringan sangat berperan dalam menentukan nilai indeks ini (Gozali *et al.*, 2022). Pemasangan peralatan proteksi seperti recloser dan sectionalizer terbukti mampu menurunkan nilai SAIFI dengan membatasi area gangguan (Widagdo *et al.*, 2024).

Secara matematis, SAIFI dapat dirumuskan sebagai berikut atau dalam bentuk sederhana dapat dinyatakan pada persamaan (2) di bawah ini:

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}} \quad (2)$$

Satuan SAIFI adalah kali/pelanggan/tahun, yaitu ukuran frekuensi rata-rata gangguan yang dialami setiap pelanggan dalam satu tahun (Nainggolan, Bustani, & Arbain, 2023).

Indeks ini sering digunakan bersama SAIDI karena kombinasi keduanya, frekuensi (SAIFI) dan durasi (SAIDI) gangguan, memberikan gambaran kuantitatif yang lebih lengkap tentang performa keandalan sistem distribusi tenaga listrik. (Widagdo, Budiono, & Habibullah, 2024; Lembang, 2024).

#### **Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)**

Indeks Durasi Gangguan Rata-Rata Pelanggan, atau CAIDI, adalah ukuran yang menunjukkan waktu rata-rata pelanggan kehilangan daya selama setiap pemadaman listrik (Widagdo *et al.*, 2024). Nilai CAIDI diperoleh dari perbandingan antara indeks SAIDI, SAIFI, dan CAIDI, sehingga dapat mencerminkan tingkat efektivitas proses pemulihan gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik (Sihombing, 2022). Semakin kecil nilai CAIDI menunjukkan bahwa penanganan gangguan dan proses pemulihan pasokan listrik dapat dilakukan dalam waktu yang relatif singkat (Rumbay, 2021).

Indeks CAIDI sangat berkaitan dengan kecepatan respons petugas, keandalan sistem proteksi, serta ketersediaan peralatan switching dalam jaringan distribusi (Gozali *et al.*, 2022). Oleh karena itu, peningkatan prosedur operasional dan pemeliharaan berperan penting dalam menurunkan nilai CAIDI (Widagdo *et al.*, 2024).

Secara matematis, CAIDI dapat dihitung menggunakan persamaan (3) di bawah ini:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (3)$$

Secara matematis, CAIDI dihitung dengan persamaan  $CAIDI = SAIDI / SAIFI$  dan biasanya dinyatakan dalam satuan jam/pelanggan/gangguan (sering disederhanakan menjadi jam/gangguan). (Menak Alfreejan, Asmar, & Gusa, 2018; Widagdo *et al.*, 2024).

#### **Standar Nilai Indeks Keandalan SAIFI, SAIDI, dan CAIDI**

Indeks keandalan adalah indikator kuantitatif yang digunakan untuk menggambarkan tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik dalam bentuk probabilitas tertentu dan menjadi ukuran

utama kinerja distribusi listrik kepada konsumen (Widyastuti, 2020). Indeks ini merepresentasikan frekuensi gangguan dan durasi gangguan yang dialami pelanggan dalam periode tertentu, umumnya satu tahun, sehingga menjadi tolok ukur mutu pelayanan energi listrik (Arsyad & Fauziah, 2023). Untuk mengevaluasi keandalan secara objektif dan terukur, telah dikembangkan berbagai indeks seperti SAIFI, SAIDI, dan CAIDI yang digunakan secara luas di tingkat nasional maupun internasional (Fanni, 2022).

Di Indonesia, standar untuk memastikan keandalan distribusi listrik didasarkan pada Standar PLN (SPLN), yang merupakan pedoman internal yang dibuat oleh PT PLN (Persero). Standar ini diwajibkan untuk semua departemen di dalam perusahaan (Rumbay, Patras, & Silimang, 2018). Standar ini mencakup berbagai aturan, saran teknis, prosedur kerja, teknik pengujian, dan spesifikasi yang digunakan dalam perencanaan, pembangunan, pengoperasian, dan penilaian sistem kelistrikan (Wahyudi, 2016). Sejak tahun 1976, PT PLN (Persero) telah membuat banyak standar yang mencakup pembangkitan, transmisi, distribusi listrik, dan topik umum lainnya yang berkaitan dengan tenaga listrik (Wahyudi, 2016).

Menurut SPLN Nomor 59 Tahun 1985, faktor utama yang digunakan untuk menghitung keandalan sistem distribusi meliputi seberapa sering peralatan mengalami kerusakan, berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memperbaikinya, dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengganti atau memindahkan peralatan (Arsyad & Fauziah, 2023). Faktor-faktor ini digunakan untuk menentukan ukuran keandalan seperti SAIFI, SAIDI, dan CAIDI, baik pada tingkat pelanggan individu maupun untuk seluruh sistem distribusi (Arsyad & Fauziah, 2023).

Standar nilai indeks keandalan yang secara khusus digunakan di Indonesia tercantum dalam SPLN No. 68-2 Tahun 1986, yang menetapkan batas maksimum nilai indeks tahunan sebagai acuan mutu pelayanan (Fanni, 2022). Suatu sistem distribusi dikatakan andal menurut standar nasional apabila nilai realisasi SAIFI, SAIDI, dan CAIDI berada di bawah atau sama dengan nilai standar SPLN tersebut (Fanni, 2022). Apabila nilai indeks melebihi batas yang ditetapkan, maka sistem distribusi dinilai kurang andal dan memerlukan evaluasi serta tindakan perbaikan (Fanni, 2022). Nilai standar tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai Indeks Keandalan SPLN 68-2:1986  
(Sumber: SPLN 68-2:1986)

Indeks Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,2	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	21	jam/pelanggan/tahun
CAIDI	6,56	jam/kali/tahun

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa Standar PLN (SPLN 68-2:1986) menetapkan batas indeks keandalan sistem distribusi tenaga listrik yang terdiri dari SAIFI sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun, SAIDI sebesar 21 jam/pelanggan/tahun, dan CAIDI sebesar 6,56 jam/kali/tahun. Nilai-nilai tersebut menjadi acuan nasional dalam menilai mutu pelayanan distribusi tenaga listrik. Suatu sistem distribusi dikategorikan andal apabila nilai aktual ketiga indeks tersebut berada pada atau di bawah batas standar yang ditetapkan. Sebaliknya, apabila nilai aktual melampaui standar SPLN, maka sistem distribusi dianggap belum memenuhi tingkat keandalan yang diharapkan dan memerlukan evaluasi serta upaya perbaikan untuk meningkatkan kualitas pelayanan kepada pelanggan.

Suatu sistem distribusi tenaga listrik dikategorikan andal berdasarkan standar nasional apabila nilai aktual indeks SAIFI, SAIDI, dan CAIDI berada pada atau tidak melampaui batas nilai yang telah ditetapkan dalam Standar PLN (SPLN) sebagai acuan mutu pelayanan distribusi tenaga listrik (Nainggolan, Bustani, & Arbain, 2023; Lembang, 2024). Sebaliknya, apabila salah satu atau seluruh nilai indeks keandalan tersebut melampaui batas standar yang ditentukan, maka sistem distribusi dinilai belum memenuhi tingkat keandalan yang diharapkan dan memerlukan evaluasi secara menyeluruh serta penerapan langkah-langkah perbaikan guna meningkatkan kualitas dan keandalan pelayanan kepada pelanggan (Widagdo, Budiono, & Habibullah, 2024).

Selain mengacu pada standar nasional, evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik juga sering dibandingkan dengan standar internasional, seperti *World Customer Service* (WCS), *World Class Company* (WCC), serta IEEE Std 1366, yang digunakan secara luas sebagai referensi global dalam penilaian keandalan sistem distribusi tenaga listrik (Widagdo, Budiono, & Habibullah, 2024). Standar internasional tersebut umumnya menetapkan batas nilai indeks keandalan yang lebih ketat dibandingkan standar nasional, sehingga sering dijadikan tolok ukur dalam menilai pencapaian mutu pelayanan kelistrikan yang berorientasi pada praktik terbaik kelas dunia (IEEE *Power & Energy Society*, 2014; Widagdo *et al.*,

2024). Nilai standar indeks keandalan berdasarkan WCS dan WCC ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai Indeks Keandalan Standar WCS & WCC (Sumber: WCS & WCC)

Indeks Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	1,66	jam/pelanggan/tahun
CAIDI	0,56	jam/kali/tahun

Berdasarkan Tabel 2, ditunjukkan bahwa standar internasional *World Customer Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC) menetapkan batas indeks keandalan yang lebih ketat dibandingkan standar nasional. Nilai SAIFI ditetapkan sebesar 3 kali/pelanggan/tahun, SAIDI sebesar 1,66 jam/pelanggan/tahun, dan CAIDI sebesar 0,56 jam/kali/tahun. Standar ini mencerminkan target keandalan sistem distribusi tenaga listrik yang berorientasi pada praktik terbaik kelas dunia. Oleh karena itu, pencapaian nilai indeks keandalan sesuai atau lebih baik dari standar WCS dan WCC menunjukkan bahwa sistem distribusi memiliki tingkat keandalan dan mutu pelayanan yang tinggi secara internasional. Di sisi lain, standar IEEE Std 1366-2003 yang secara luas dijadikan acuan internasional dalam penilaian keandalan sistem distribusi menetapkan batasan nilai indeks keandalan sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Nilai Indeks Keandalan IEEE Std 1366<sup>TM</sup>-2003 (Sumber IEEE : 2003)

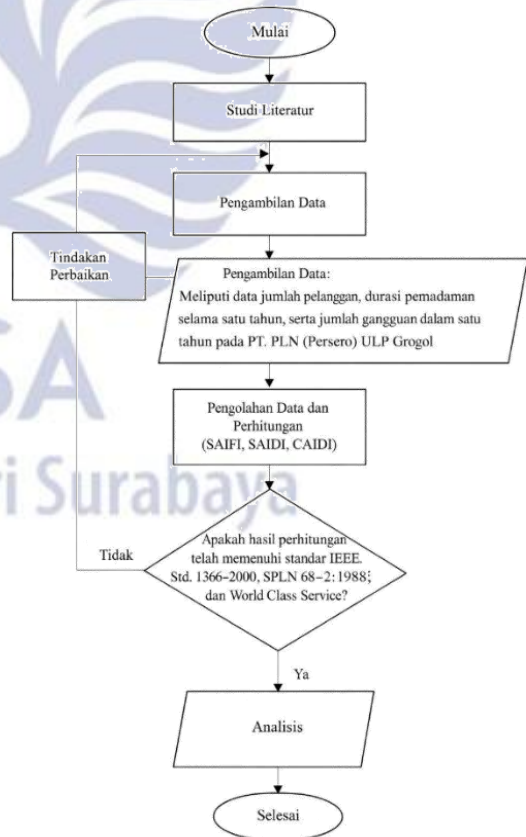
Indeks Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1,45	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	2,3	jam/pelanggan/tahun
CAIDI	1,47	jam/kali/tahun

Berdasarkan Tabel 3, standar IEEE Std 1366<sup>TM</sup>-2003 menetapkan batas indeks keandalan yang relatif lebih ketat dan spesifik sebagai acuan global dalam evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Nilai SAIFI ditetapkan sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun, SAIDI sebesar 2,3 jam/pelanggan/tahun, dan CAIDI sebesar 1,47 jam/kali/tahun. Standar ini banyak digunakan secara internasional karena memberikan tolok ukur yang komprehensif dan realistis terhadap kinerja keandalan sistem distribusi. Sistem distribusi yang mampu memenuhi atau berada di bawah nilai standar IEEE Std 1366<sup>TM</sup>-2003 dapat dikatakan memiliki tingkat keandalan yang sangat baik dan sebanding dengan praktik terbaik di tingkat global.

## METODE

### Diagram Alir Metodologi Penelitian

Metode penelitian disusun melalui serangkaian tahapan yang sistematis, terstruktur, dan logis guna mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Penelitian ini difokuskan pada pengkajian tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik di PT. PLN (Persero) ULP Grogol pada tahun 2024. Secara umum, alur pelaksanaan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Menurut diagram alir tersebut, penelitian dimulai dengan turun ke lapangan untuk melihat kondisi sistem distribusi dan menemukan masalah yang ada. Selanjutnya, data dikumpulkan, termasuk jumlah pelanggan pada setiap feeder, berapa lama pemadaman listrik terjadi dalam setahun, dan berapa kali pelanggan mengalami masalah selama periode waktu yang sama. Setelah data dikumpulkan, data tersebut diproses dan dilakukan perhitungan menggunakan rumus SAIDI, SAIFI, dan CAIDI untuk mengukur keandalan. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan standar keandalan yang ditetapkan oleh PLN dan IEEE. Langkah terakhir adalah menganalisis hasil untuk melihat apakah sistem distribusi listrik di ULP Grogol memenuhi standar yang dibutuhkan atau tidak.



**Gambar 1.** Proses penelitian Evaluasi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN (PERSERO) ULP Grogol Tahun 2024

Berdasarkan Gambar 1, metodologi penelitian ini disusun secara sistematis untuk mengevaluasi keandalan sistem jaringan distribusi tenaga listrik 20 kV di PT. PLN (Persero) ULP Grogol tahun 2024. Penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori dan standar keandalan yang relevan, kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data operasional sistem distribusi selama satu tahun yang meliputi jumlah pelanggan, durasi pemadaman, dan jumlah gangguan pada setiap feeder. Data yang diperoleh selanjutnya diolah dengan menghitung indeks keandalan SAIFI, SAIDI, dan CAIDI. Hasil perhitungan tersebut dibandingkan dengan standar keandalan yang berlaku, yaitu SPLN 68-2:1986, IEEE Std 1366, dan World Class Service (WCS), untuk menentukan tingkat keandalan sistem. Apabila hasil evaluasi belum memenuhi standar, dilakukan tindakan perbaikan, sedangkan jika telah memenuhi standar, penelitian dilanjutkan dengan analisis hasil sebagai dasar penarikan kesimpulan.

**Langkah-Langkah Penelitian**

Penelitian ini dirancang secara terstruktur untuk mengevaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur melalui penelaahan buku teks, jurnal ilmiah, standar PLN dan IEEE, serta dokumen internal perusahaan sebagai dasar teori dan acuan analisis. Selanjutnya dilakukan observasi lapangan untuk mengetahui kondisi aktual sistem distribusi 20 kV di ULP Grogol, termasuk karakteristik gangguan dan penanganan pemadaman. Tahap berikutnya adalah pengumpulan dan pengolahan data untuk menghitung indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan standar keandalan PLN dan IEEE guna menilai tingkat keandalan sistem distribusi yang diteliti.

**Pengumpulan Data**

Studi ini menggunakan cara tidak langsung untuk mengumpulkan data, yang berarti bergantung pada informasi historis yang sudah ada. Data yang dibutuhkan untuk studi keandalan jaringan distribusi 20 kV meliputi:

1. Informasi tentang jumlah pelanggan yang dilayani oleh PT. PLN (Persero) Unit Usaha Listrik (ULP) Grogol.
2. Catatan tentang berapa lama pemadaman listrik berlangsung selama satu tahun (2024).
3. Rincian tentang berapa banyak pelanggan yang mengalami gangguan selama tahun yang sama (2024).

Informasi ini dikumpulkan dari laporan dan ringkasan operasi yang diberikan oleh Unit Usaha Listrik (ULP) Grogol.

**Pengolahan Data**

Tahapan pengolahan data melibatkan penghitungan indeks keandalan sistem distribusi menggunakan data yang telah dikumpulkan. Dalam penelitian ini, ukuran keandalan utama yang digunakan adalah SAIFI, SAIDI, dan CAIDI untuk menilai seberapa andal sistem distribusi tenaga listrik tersebut.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Rekapitulasi Laporan Monitoring PT. PLN (Persero) ULP Grogol Tahun 2024**

**a. Hasil Perhitungan**

Rekapitulasi laporan monitoring pada PT. PLN (Persero) ULP Grogol tahun 2024 memuat data pelanggan beserta informasi gangguan sistem tenaga listrik yang terjadi selama periode Januari hingga Desember 2024. Data yang dihimpun mencakup jumlah keseluruhan pelanggan terdaftar, jumlah pelanggan yang terdampak pemadaman, nilai jam kali pelanggan padam (jam × pelanggan), frekuensi terjadinya gangguan, lama waktu pemadaman, serta besaran beban listrik yang terhenti akibat gangguan. Seluruh data tersebut disusun secara terstruktur untuk menyajikan gambaran yang komprehensif dan akurat mengenai tingkat keandalan pelayanan kelistrikan di wilayah kerja ULP Grogol sepanjang tahun 2024. Hasil rekapitulasi ini selanjutnya disajikan secara rinci dalam Tabel 4 sebagai dasar untuk melakukan analisis lebih lanjut.

Tabel 4. Rekapitulasi Data Pelanggan dan Laporan Monitoring Gangguan PT. PLN (Persero) ULP Grogol Periode Januari–Desember 2024

Bulan	Data Monitoring		
	Jumlah Pelanggan	Jumlah Pelanggan Padam	Jam x Pelanggan Padam
Januari	82.392	2.835	5.410,50
Februari	82.624	3.163	6.168,87
Maret	82.969	2.119	3.233,85
April	83.180	6.959	5.807,90
Mei	83.614	2.863	4.370,43
Juni	83.906	1.230	1.971,38
Juli	84.243	1.498	1.287,96
Agustus	84.657	2.097	2.672,20
September	84.929	7.225	8.413,75
Oktober	85.236	2.011	1.507,57
November	85.520	1.753	1.902,98
Desember	85.783	2.676	3.689,90

Berdasarkan Tabel 4, rekapitulasi data

monitoring gangguan PT. PLN (Persero) ULP Grogol tahun 2024 menunjukkan adanya peningkatan jumlah pelanggan secara konsisten dari



82.392 pelanggan pada Januari menjadi 85.783 pelanggan pada Desember, yang mencerminkan pertumbuhan layanan kelistrikan di wilayah tersebut. Jumlah pelanggan padam dan nilai Jam × Pelanggan Padam mengalami fluktuasi sepanjang tahun, dengan lonjakan signifikan pada bulan April dan September. Bulan April mencatat 6.959 pelanggan padam, sedangkan bulan September menunjukkan kondisi terburuk dengan 7.225 pelanggan padam dan nilai Jam × Pelanggan Padam tertinggi sebesar 8.413,75 jam-pelanggan, yang mengindikasikan gangguan berskala besar dengan durasi pemadaman relatif lama. Sebaliknya, kinerja keandalan terbaik terjadi pada bulan Juli dengan jumlah pelanggan padam sebesar 1.498 pelanggan dan nilai Jam × Pelanggan Padam terendah sebesar 1.287,96 jam-pelanggan. Secara umum, meskipun pertumbuhan jumlah pelanggan terus meningkat, sistem distribusi di ULP Grogol masih menghadapi tantangan keandalan pada periode tertentu yang memerlukan evaluasi dan peningkatan kinerja operasional.

#### Indeks Keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI PT. PLN (Persero) ULP Grogol Tahun 2024

Berdasarkan data pada Tabel 1, indikator keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI dihitung untuk PT. PLN (Persero) ULP Grogol dari Januari hingga Desember 2024, dan dijelaskan di bawah ini.

##### 1. Indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI bulan Januari 2024

Data yang digunakan dalam proses perhitungan meliputi:

- Jumlah keseluruhan pelanggan sebanyak 82.392 pelanggan
- Jumlah pelanggan yang terdampak pemadaman sebanyak 2.835 pelanggan
- Nilai jam kali pelanggan padam (jam × pelanggan) sebesar 5.410,50

Dengan menggunakan data yang diberikan, kami menerapkan persamaan (1), (2), dan (3) untuk menghitung nilai indeks keandalan untuk SAIDI, SAIFI, dan CAIDI untuk Januari 2024, seperti yang ditunjukkan di bawah ini.

Perhitungan SAIDI

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Durasi Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}} \quad (1)$$

$$SAIDI = \frac{5.410,50}{82.392}$$

$$SAIDI = 0,07 \text{ Jam/Pelanggan/Bulan}$$

Perhitungan SAIFI

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}} \quad (2)$$

$$SAIFI = \frac{2.835}{82.392}$$

$$SAIFI = 0,03 \text{ Kali/Pelanggan/Bulan}$$

Perhitungan CAIDI

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (3)$$

$$CAIDI = \frac{0,07}{0,03}$$

$$CAIDI = 2,33 \text{ Jam/Kali/Bulan}$$

##### 2. Indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI bulan Februari 2024

Data yang digunakan dalam proses perhitungan meliputi:

- Jumlah keseluruhan pelanggan sebanyak 82.624 pelanggan
- Jumlah pelanggan yang terdampak pemadaman sebanyak 3.163 pelanggan
- Nilai jam kali pelanggan padam (jam × pelanggan) sebesar 6.168,87

Dengan menggunakan data yang diberikan, kami menerapkan persamaan (1), (2), dan (3) untuk menghitung nilai indeks keandalan untuk SAIDI, SAIFI, dan CAIDI untuk Januari 2024, seperti yang ditunjukkan di bawah ini.

Perhitungan SAIDI

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Durasi Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}} \quad (1)$$

$$SAIDI = \frac{6.168,87}{82.624}$$

$$SAIDI = 0,07 \text{ Jam/Pelanggan/Bulan}$$

Perhitungan SAIFI

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}} \quad (2)$$

$$SAIFI = \frac{3.163}{82.624}$$

$$SAIFI = 0,04 \text{ Kali/Pelanggan/Bulan}$$

Perhitungan CAIDI

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (3)$$

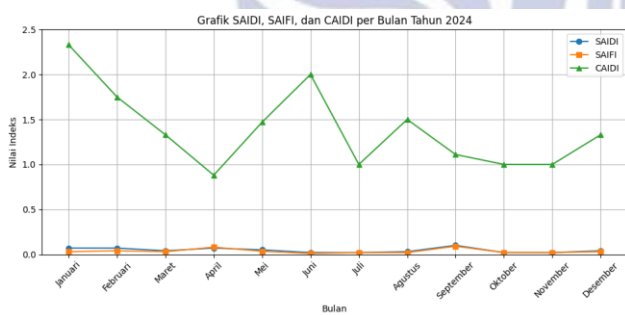
$$CAIDI = \frac{0,07}{0,04}$$

$$CAIDI = 1,75 \text{ Jam/Kali/Bulan}$$

Berdasarkan perhitungan yang disebutkan sebelumnya, indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI untuk PT. PLN (Persero) ULP Grogol selama periode Januari 2024 hingga Desember 2024 secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 5.

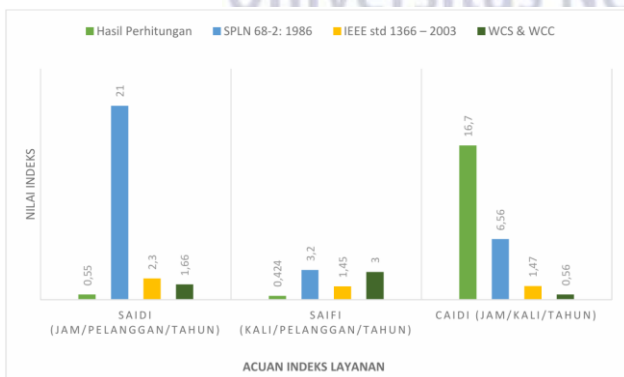
Tabel 5. Indeks Keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI Periode Januari-Desember 2024 PT. PLN (Persero) ULP Grogol

Indeks Keandalan			
Bulan	SAIDI (Jam/Pelanggan/Bulan)	SAIFI (Kali/Pelanggan/Bulan)	CAIDI (Jam/Kali/Bulan)
Januari	0,07	0,03	2,33
Februari	0,07	0,04	1,75
Maret	0,04	0,03	1,33
April	0,07	0,08	0,88
Mei	0,05	0,034	1,47
Juni	0,02	0,01	2,00
Juli	0,02	0,02	1,00
Agustus	0,03	0,02	1,50
September	0,10	0,09	1,11
Oktober	0,02	0,02	1,00
November	0,02	0,02	1,00
Desember	0,04	0,03	1,33
<b>Total</b>	<b>0,55</b>	<b>0,44</b>	<b>16,70</b>



Gambar 2. Grafik Nilai Hasil Perhitungan SAIDI, SAIFI dan CAIDI

**b. Perbandingan hasil perhitungan**



Gambar 3. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Parameter Indeks Keandalan

Tabel 6. Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Parameter Indeks Keandalan

NO	Indikator Penilaian	Hasil Perhitungan	Standar Indeks Keandalan			Satuan	Keterangan
			IEEE std 1366 – 2003	SPLN 68-2: 1986	WCS & WCC		
1	SAIDI	0,55	2,3	21	1,66	kali/pelanggan/tahun	(IEEE, SPLN, WCS & WCC) Memenuhi standar
2	SAIFI	0,424	1,45	3,2	3	jam/pelanggan/tahun	(IEEE, SPLN, WCS & WCC) Memenuhi standar
3	CAIDI	16,7	1,47	6,56	0,56	jam/kali/tahun	(IEEE, SPLN, WCS & WCC) Tidak memenuhi standar

**c. Analisis data hasil perhitungan**

Berdasarkan hasil perhitungan indeks keandalan sistem distribusi tenaga listrik di PT. PLN (Persero) ULP Grogol tahun 2024 yang disajikan pada Tabel 5, diperoleh nilai SAIDI sebesar 0,55 jam/pelanggan/tahun, SAIFI sebesar 0,424 kali/pelanggan/tahun, dan CAIDI sebesar 16,7 jam/kali/tahun. Nilai-nilai tersebut merepresentasikan tingkat keandalan sistem distribusi dari aspek durasi pemadaman, frekuensi gangguan, serta rata-rata waktu pemulihan gangguan. Secara bulanan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, nilai SAIDI berada pada rentang 0,02–0,10 jam/pelanggan/bulan, dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan September, yang mengindikasikan adanya peningkatan durasi pemadaman pada periode tersebut. Meskipun demikian, secara akumulatif nilai SAIDI tahunan masih berada jauh di bawah batas standar SPLN 68-2:1986 sebesar 21 jam/pelanggan/tahun dan IEEE Std 1366–2003 sebesar 2,3 jam/pelanggan/tahun, sehingga indikator SAIDI dinyatakan memenuhi standar keandalan.

Selanjutnya, indeks SAIFI yang menggambarkan frekuensi gangguan menunjukkan nilai tahunan sebesar 0,424 kali/pelanggan/tahun, dengan variasi bulanan antara 0,01–0,09 kali/pelanggan/bulan, sebagaimana terlihat pada Tabel 5 dan Gambar 2. Nilai SAIFI tertinggi juga

terjadi pada bulan September, sejalan dengan peningkatan nilai SAIDI pada periode yang sama. Namun demikian, hasil perbandingan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai SAIFI tersebut masih lebih rendah dibandingkan standar IEEE Std 1366–2003, SPLN 68-2:1986, serta standar WCS dan WCC, sehingga dari sisi frekuensi gangguan, sistem distribusi ULP Grogol dapat dikategorikan andal.

Berbeda dengan SAIDI dan SAIFI, indeks CAIDI menunjukkan kondisi yang perlu mendapat perhatian lebih. Berdasarkan Tabel 5, nilai CAIDI bulanan berfluktuasi antara 0,88 hingga 2,33 jam/kali/bulan, sementara nilai akumulatif tahunan mencapai 16,7 jam/kali/tahun. Hasil perbandingan pada Tabel 6 dan visualisasi pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai CAIDI tersebut melampaui seluruh standar acuan yang digunakan, yaitu IEEE Std 1366–2003 sebesar 1,47 jam/kali/tahun, SPLN 68-2:1986 sebesar 6,56 jam/kali/tahun, serta WCS dan WCC sebesar 0,56 jam/kali/tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun frekuensi dan total durasi pemadaman relatif rendah, waktu pemulihan gangguan per kejadian masih tergolong lama.

Secara keseluruhan, berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6 serta Gambar 2 dan Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa kinerja keandalan sistem distribusi PT. PLN (Persero) ULP Grogol tahun 2024 telah memenuhi standar dari aspek durasi dan frekuensi pemadaman (SAIDI dan SAIFI), namun belum memenuhi standar dari aspek kecepatan penormalan gangguan yang tercermin pada nilai CAIDI. Oleh karena itu, peningkatan keandalan ke depan perlu difokuskan pada percepatan proses restorasi sistem, melalui optimalisasi sistem proteksi jaringan, peningkatan respons operasional, serta pemanfaatan teknologi otomasi jaringan agar kinerja keandalan sistem distribusi dapat meningkat secara menyeluruh.

## **PENUTUP**

### **Simpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis keandalan sistem distribusi tenaga listrik di PT. PLN (Persero) ULP Grogol pada tahun 2024 menggunakan metode SAIDI, SAIFI, dan CAIDI, dapat dikatakan bahwa keandalan keseluruhan sistem distribusi berada dalam kondisi baik. Nilai SAIDI sebesar 0,55 jam per pelanggan per tahun menunjukkan bahwa rata-rata waktu pelanggan mengalami pemadaman listrik setiap tahunnya sangat rendah. Nilai ini jauh lebih rendah daripada batas yang ditetapkan oleh standar SPLN 68-2:1986, IEEE Std 1366–2003, dan standar WCS dan WCC. Karena itu, sistem distribusi Grogol ULP dapat dianggap sangat andal dalam hal durasi pemadaman listrik.

Nilai SAIFI sebesar 0,424 kali per pelanggan per

tahun menunjukkan bahwa pemadaman listrik jarang terjadi bagi pelanggan. Angka yang rendah ini berarti sistem kelistrikan bekerja dengan baik dalam menjaga pasokan listrik tetap berjalan tanpa gangguan. Ini juga berarti sistem tersebut memenuhi semua standar keandalan nasional dan internasional yang digunakan dalam penelitian ini. Jadi, berdasarkan seberapa sering pemadaman terjadi, sistem distribusi listrik di Grogol ULP selama tahun 2024 dapat dianggap andal dan stabil.

Berbeda dengan hasil SAIDI, SAIFI, dan CAIDI, indeks CAIDI menunjukkan nilai sebesar 16,7 jam per kejadian gangguan, yang menandakan bahwa rata-rata waktu pemulihan sistem masih relatif lama. Nilai CAIDI tersebut belum memenuhi ketentuan standar SPLN, IEEE, maupun WCS dan WCC. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun gangguan terjadi dengan frekuensi yang rendah dan total durasi pemadaman relatif kecil, proses penormalan sistem pascagangguan masih belum optimal. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya keterbatasan dalam kecepatan respons dan efektivitas penanganan gangguan, baik yang dipengaruhi oleh faktor teknis, operasional, maupun kondisi lapangan.

Secara keseluruhan, sistem distribusi tenaga listrik di ULP Grogol pada tahun 2024 menunjukkan tingkat keandalan yang baik dari sisi pencegahan gangguan, yang tercermin dari rendahnya nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI. Namun demikian, aspek kecepatan pemulihan gangguan masih perlu ditingkatkan agar keandalan sistem distribusi tidak hanya unggul dalam meminimalkan terjadinya gangguan, tetapi juga optimal dalam menangani serta memulihkan sistem ketika gangguan terjadi.

### **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar PT. PLN (Persero) ULP Grogol mengarahkan upaya peningkatan keandalan sistem distribusi pada percepatan proses pemulihan gangguan guna menekan nilai CAIDI. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui optimalisasi prosedur penanganan gangguan, peningkatan kesiapan dan respons personel operasional, serta pemanfaatan dan penguatan sistem proteksi dan otomasi jaringan, seperti recloser, sectionalizer, dan SCADA, secara menyeluruh pada jaringan distribusi PT. PLN (Persero) ULP Grogol. Selain itu, kegiatan pemeliharaan jaringan secara preventif dan terencana perlu terus ditingkatkan sebagai langkahantisipatif untuk mencegah terjadinya gangguan dalam skala besar.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar evaluasi keandalan sistem distribusi dikembangkan melalui analisis yang lebih rinci, seperti perhitungan indeks keandalan pada tingkat penyulang atau dengan menambahkan parameter indeks keandalan lainnya, sehingga hasil evaluasi yang diperoleh menjadi lebih komprehensif dan mendalam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almubarak, P., & Zulkifli. (2025). *STUDY ANALYSIS RELIABILITY SYSTEM DISTRIBUTION 20 KV AT THE ULP BENGKALIS WORK AREA SUB PAKNING*. (2025). *INOVTEK - Seri Elektro*, 7(1), 49-59. <https://doi.org/10.35314/ise.v7.i1.920>
- Arsyad, M., & Fauziah, D. (2023). Analisis Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20kv pada Penyulang RNLD di PT PLN (Persero) UP2D Jawa Barat. In *Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO)* (pp. 143-143).
- Brown, R. E. (2017). *Electric power distribution reliability* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780849375682>
- Erhaneli. (2016). EVALUASI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK BERDASARKAN INDEKS KEANDALAN SAIDI, SAIFI, DAN CAIDI PADA PT.PLN (Persero) RAYON BAGAN BATU TAHUN 2015. (2016). *Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 120-129. <https://jte.itp.ac.id/index.php/jte/article/view/122>
- Fanni, F. N. (2022). Analysis of Reliability of 20 kV Distribution Network System in PT. PLN (Persero) ULP Panam With Reliability Index Assessment (RIA) Method: Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) ULP Panam Menggunakan Metode Reliability Index Assessment (RIA). *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy (IJEERE)*, 2(2), 104-112. <https://doi.org/10.57152/ijeere.v2i2.4684>
- Funan, F., & Utama, W. (2020). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Indeks Keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI pada PT PLN (PERSERO) Rayon Kefamenanu. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 3(2), 32-36.
- Gozali, S., Prasetyono, & Mufaizah, R. (2022). Analisis perbandingan keandalan sistem jaringan distribusi berkonfigurasi radial dan loop menggunakan metode section technique. *Journal of Applied Science Electrical Engineering*, 3(2), 12-26. <https://doi.org/10.31328/jasee.v3i02.113>
- Hajar, I., & Pratama, M. H. (2018). Analisa Nilai SAIDI SAIFI sebagai indeks keandalan penyediaan tenaga listrik pada penyulang Cahaya PT. PLN (Persero) area Ciputat. *Energi dan Kelistrikan*, 10(1), 70-77.
- IEEE. (2003). *IEEE Std 1366-2003: IEEE guide for electric power distribution reliability indices*. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- IEEE Power & Energy Society. (2014). *IEEE Std 1366-2012: IEEE guide for electric power distribution reliability indices*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2012.6209381>
- Lembang, N., Nantan, Y. N., Rusliadi, R., Husnah, N., & La Elo, Y. (2024). *ANALYSIS OF SAIDI AND SAIFI STABILITY IN THE DISTRIBUTION SYSTEM AT PT. PLN (PERSERO) ULP FAKFAK*. *Jurnal Media Elektrik*, 21(3), 191-202.
- Nainggolan, O., Bustani, & Arbain. (2023). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Pada Penyulang J4 J5 J6 Di PT. PLN (Persero) Area Balikpapan Menggunakan Nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI. *Mutiara: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 1(1), 103-116. <https://doi.org/10.61404/jimi.v1i1.18>
- PT PLN (Persero). (1985). *Standar PLN No. 59 Tahun 1985: Parameter keandalan sistem distribusi tenaga listrik*. PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). (1986). *Standar PLN No. 68-2 Tahun 1986: Tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik*. PT PLN (Persero).
- Riza, R. W. H., Muhammad Syahrir Djalil, & Ipniansyah. (2023). Analisis Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Wilayah Tenggara Sistem Mahakam. *PoliGrid*, 4(2). <https://doi.org/10.46964/poligrid.v4i2.33>
- Rumbay, J. R., Patras, L. S., & Silimang, S. (2022). *Evaluasi keandalan sistem distribusi menggunakan indeks SAIFI dan SAIDI pada PT. PLN (Persero) Area Sangihe*. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, Universitas Sam Ratulangi.
- Sihombing, G. (2022). Analisis indeks keandalan secara teknis dan ekonomis jaringan distribusi 20 kV menggunakan metode section technique

pada PT PLN (Persero) Rayon Belawan. *JEE (Jurnal Elektro Energi)*.  
<https://doi.org/10.30587/e-link.v17i2.4683>

Situmeang, U., Rivandi, R. O., & Tanjung, A. (2022). Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Okura di PT. PLN (Persero) ULP Rumbai dengan Metode FMEA. *Jurnal Teknik*, 16(1), 80-87.

Widagdo, R. S., Budiono, G., & Habibullah, M. S. A. (2024). Analysis of the reliability index of the Platuk feeder distribution system using SAIFI, SAIDI, and CAIDI. *Journal of Renewable Energy, Research & Education*, 6(2), 121–132.  
<https://doi.org/10.30595/jrre.v6i2.22920>

Widyastuti, C., Handayani, O., & Koerniawan, T.

(2021). Keandalan Sistem Penyaluran Listrik Berdasarkan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Kubikel *Arrester* di PT PLN ULP Serpong. *Energi dan Kelistrikan*, 13(2), 391972.

Zulkilpi, U., Pathoni, H., & Tessel, D. (2021). Studi Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) ULP Jambi ULP Kotabaru. *Jurnal Engineering*, 3(2), 92-99.

Zulianti, P., Lomi, A., & Nurcahyo, E. (2017). *Reliability Analysis of Distribution Network Based on Reliability Index Assessment Method: A Case Study. International Journal of Smart Grid and Sustainable Energy Technologies*, 1(1), 24-27.

