

Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV PT PLN (Persero) UP3 Berau Menggunakan Indeks SAIDI, SAIFI, dan CAIDI

Muhamad Nurul Huda ¹, Firmansyah Maulana Sugiartana Nursuwars ², Muhammad Syahrial Mardiansyah ³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Jl. Mugarsari, Kec. Tamansari, Kota Tasikmalaya, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Received: April 23, 2026
Reviewed: June 10, 2026
Available online: June 30, 2026

KORESPONDEN

E-mail: 227002006@student.unsil.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the reliability of the 20 kV distribution network system at PT PLN (Persero) UP3 Berau using the System Average Interruption Duration Index (SAIDI), System Average Interruption Frequency Index (SAIFI), and Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI) based on outage data from January to December 2024. The research employed a quantitative descriptive method by collecting data on the total number of customers, affected customers, and customer interruption hours, which were subsequently analyzed using the three reliability indices. The results show that the annual SAIDI, SAIFI, and CAIDI values are 35.31 customer-hours/year, 29.18 interruptions/customer/year, and 1.21 hours/interruption, respectively. The evaluation indicates that the SAIDI and SAIFI values do not comply with the SPLN, IEEE, and World Class Service (WCS) and World Class Company (WCC) standards, while the CAIDI value complies with the IEEE standard but does not meet the WCS standard. The high SAIDI and SAIFI values indicate that the primary reliability issue of the distribution system is the high frequency of outages and the large number of affected customers, whereas the restoration process has performed relatively well. The findings of this study are expected to serve as a reference for improving distribution system reliability through outage prevention strategies and optimized network maintenance.

KEYWORD:

Reliability of distribution system, SAIDI, SAIFI, CAIDI, PLN UP3 Berau.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) UP3 Berau menggunakan indeks *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI) berdasarkan data gangguan periode Januari–Desember 2024. Metode penelitian dilakukan melalui pengumpulan data jumlah pelanggan, jumlah pelanggan padam, serta akumulasi jam pelanggan padam yang selanjutnya dianalisis menggunakan ketiga indeks keandalan tersebut. Hasil perhitungan menunjukkan nilai SAIDI sebesar 35,31 jam/pelanggan/tahun, SAIFI sebesar 29,18 kali/pelanggan/tahun, dan CAIDI sebesar 1,21 jam/kali. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai SAIDI dan SAIFI belum memenuhi standar SPLN, IEEE, maupun *World Class Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC), sedangkan nilai CAIDI telah memenuhi standar IEEE namun belum memenuhi standar WCS. Tingginya nilai SAIDI dan SAIFI menunjukkan bahwa permasalahan utama sistem distribusi berada pada tingginya frekuensi gangguan dan besarnya jumlah pelanggan yang terdampak, sementara proses pemulihan gangguan relatif telah berjalan dengan baik. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar dalam penyusunan strategi peningkatan keandalan sistem distribusi melalui upaya pencegahan gangguan dan optimalisasi pemeliharaan jaringan.

KATA KUNCI:

keandalan sistem distribusi, SAIDI, SAIFI, CAIDI, PLN UP3 Berau.

PENDAHULUAN

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik merupakan aspek penting dalam menjamin kontinuitas pasokan listrik kepada pelanggan, karena berkaitan langsung dengan aktivitas masyarakat, ekonomi, dan industri [10], [14]. Sistem yang tidak andal dapat menyebabkan pemadaman dengan frekuensi dan durasi tinggi yang berdampak pada penurunan kepuasan pelanggan dan kerugian di berbagai sektor [17].

Jaringan distribusi memiliki peran krusial karena berhubungan langsung dengan pelanggan, namun memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap gangguan akibat faktor internal seperti kondisi peralatan dan pemeliharaan, serta faktor eksternal seperti cuaca, vegetasi, dan aktivitas manusia [6], [14], [18]. Oleh karena itu, diperlukan pengukuran keandalan menggunakan indeks standar seperti SAIDI, SAIFI, dan CAIDI yang merepresentasikan durasi, frekuensi, serta rata-rata waktu pemulihan gangguan [1], [10], [17].

Ketiga indeks tersebut memungkinkan evaluasi kinerja sistem distribusi secara komprehensif dan dapat dibandingkan dengan standar seperti IEEE 1366 dan SPLN untuk menentukan tingkat keandalan sistem [6], [17], [18]. Penelitian menunjukkan bahwa tingkat keandalan sistem distribusi PLN bervariasi antar wilayah, dipengaruhi oleh kondisi geografis, panjang jaringan, jumlah pelanggan, dan intensitas gangguan, sehingga evaluasi spesifik pada tiap wilayah menjadi penting [10], [14], [18].

UP3 Berau memiliki karakteristik jaringan distribusi yang beragam dan masih terbatas penelitian yang mengkaji tingkat keandalan sistem distribusi pada tahun 2024, sehingga diperlukan evaluasi berbasis data aktual sebagai dasar dalam menilai kinerja keandalan sistem [10], [17]. Penelitian ini berfokus pada perhitungan dan analisis indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan standar SPLN dan standar internasional berdasarkan data gangguan tahun 2024.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan pada penerapan analisis indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI secara komprehensif menggunakan data historis gangguan jaringan distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) UP3 Berau tahun 2024, yang dilengkapi dengan analisis karakteristik penyebab gangguan sebagai dasar penyusunan rekomendasi teknis. Hasil analisis kemudian dievaluasi terhadap standar SPLN 68-2:1986, IEEE Std. 1366, serta *World Class Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC). Tujuan penelitian ini adalah menghitung indeks keandalan, mengevaluasi tingkat keandalan sistem distribusi, serta menyusun rekomendasi peningkatan keandalan jaringan distribusi berdasarkan karakteristik penyebab gangguan yang

terjadi di PT. PLN (Persero) UP3 Berau selama tahun 2024 [12], [13].

TINJAUAN PUSTAKA

Indeks Keandalan Sistem Distribusi

Tingkat kinerja suatu sistem dapat digambarkan secara kuantitatif menggunakan indeks keandalan kontinuitas pelayanan listrik kepada pelanggan [7]. Indeks ini dihitung berdasarkan data gangguan yang terjadi dalam periode tertentu dan digunakan secara luas oleh utilitas listrik di berbagai negara sebagai alat evaluasi kinerja sistem distribusi [19].

Indeks keandalan yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi meliputi SAIDI, SAIFI, dan CAIDI, karena mampu merepresentasikan frekuensi dan durasi pemadaman yang dialami pelanggan secara komprehensif [3]. Penggunaan indeks-indeks ini juga memungkinkan perbandingan kinerja antar wilayah, penyulang, maupun terhadap standar nasional dan internasional [8].

Keakuratan perhitungan indeks keandalan sangat bergantung pada kualitas data gangguan dan data jumlah pelanggan, sehingga pencatatan gangguan yang sistematis dan konsisten menjadi prasyarat utama dalam analisis keandalan [4]. Dengan demikian, indeks keandalan tidak hanya dimanfaatkan sebagai instrumen evaluasi kinerja, tetapi juga digunakan sebagai landasan dalam pengambilan keputusan manajerial terkait pengelolaan dan pengembangan sistem distribusi tenaga listrik.

System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

Indeks Durasi Gangguan Rata-Rata Sistem (SAIDI) berfungsi sebagai metrik keandalan, yang menggambarkan durasi agregat rata-rata pemadaman listrik yang dialami konsumen dalam jaringan distribusi selama periode tertentu, biasanya dievaluasi selama setahun [7]. Indeks SAIDI memiliki peranan penting dalam evaluasi kualitas pelayanan ketenagalistrikan karena secara langsung menunjukkan durasi pemadaman listrik yang dirasakan oleh pelanggan [8].

Secara matematis, SAIDI dirumuskan sebagai berikut :

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Durasi Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}}$$
$$SAIDI = \frac{\sum (U_i \times N_i)}{\sum N_T} \quad (1)$$

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 per pelanggan per tahun. Berdasarkan formulasi perhitungannya, besarnya nilai SAIDI dipengaruhi oleh dua komponen utama, yaitu durasi gangguan yang terjadi dan

jumlah pelanggan yang terdampak oleh gangguan tersebut [9]. Gangguan yang berlangsung dalam waktu lama maupun gangguan yang melibatkan jumlah pelanggan yang besar akan memberikan kontribusi signifikan terhadap meningkatnya nilai SAIDI. Dengan demikian, indeks SAIDI memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gangguan berskala besar serta gangguan yang memerlukan waktu pemulihan yang relatif lama [13].

Nilai SAIDI yang rendah mencerminkan tingkat keandalan sistem distribusi yang baik, karena pelanggan hanya mengalami pemadaman listrik dengan durasi yang relatif singkat [8]. Dalam operasional PT PLN (Persero), indeks SAIDI dijadikan sebagai salah satu parameter utama dalam evaluasi kinerja pelayanan ketenagalistrikan dan umumnya dibandingkan dengan standar yang ditetapkan oleh SPLN maupun IEEE untuk menilai pencapaian target keandalan sistem distribusi [2].

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

Indeks Frekuensi Gangguan Rata-Rata Sistem (SAIFI) merupakan metrik keandalan yang digunakan untuk menggambarkan tingkat rata-rata terjadinya pemadaman listrik bagi pelanggan dalam jaringan distribusi selama jangka waktu tertentu [7]. Indeks ini menunjukkan frekuensi gangguan pasokan listrik yang dialami pelanggan, terlepas dari berapa lama pemadaman tersebut berlangsung [8].

Secara matematis, SAIFI dirumuskan sebagai berikut :

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

Indeks SAIFI dinyatakan dalam satuan kali per pelanggan per tahun. Berdasarkan persamaan perhitungannya, nilai SAIFI ditentukan oleh jumlah kejadian gangguan yang terjadi serta jumlah pelanggan yang terdampak, tanpa mempertimbangkan durasi gangguan tersebut [9]. Dengan karakteristik tersebut, indeks SAIFI sangat efektif digunakan untuk menilai tingkat frekuensi pemadaman yang dialami pelanggan serta untuk mengidentifikasi penyulang yang memiliki tingkat gangguan relatif tinggi [4].

Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

Indeks Durasi Gangguan Rata-Rata Pelanggan (CAIDI) adalah metrik keandalan yang menunjukkan berapa lama, rata-rata, listrik pelanggan terputus untuk setiap kejadian gangguan [7]. Indeks ini mencerminkan seberapa cepat dan baik perusahaan listrik menangani masalah [8].

Secara matematis, CAIDI dirumuskan sebagai berikut :

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

CAIDI dapat dihitung menggunakan persamaan berikut dengan satuan jam/pelanggan/gangguan atau sering disederhanakan menjadi jam/gangguan. Rumus CAIDI menunjukkan bahwa indeks ini merupakan rasio antara total durasi gangguan pelanggan dan total jumlah kejadian gangguan pelanggan [9]. Dengan demikian, CAIDI mencerminkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan pelayanan listrik setiap kali terjadi gangguan [4].

Standar Nilai Indeks Keandalan (SPLN, IEEE, WCS, dan WCC)

Standar nilai indeks keandalan digunakan sebagai tolok ukur dalam menilai tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik [13]. Di Indonesia, PT PLN (Persero) menggunakan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) sebagai acuan internal dalam menetapkan target dan evaluasi kinerja keandalan sistem distribusi [2].

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

Selain standar nasional, evaluasi keandalan juga sering mengacu pada standar internasional IEEE Std. 1366, yang memberikan definisi, metode perhitungan, serta interpretasi indeks keandalan secara lebih komprehensif. Penggunaan standar IEEE memungkinkan hasil analisis keandalan dibandingkan dengan praktik terbaik (*benchmark*) internasional [7], [19].

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

Konsep *World Class Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC) juga digunakan oleh PT PLN (Persero) sebagai kerangka evaluasi pelayanan dan kinerja perusahaan terhadap standar global [2]. Perbandingan hasil perhitungan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI terhadap SPLN, IEEE, WCS, dan WCC memberikan gambaran komprehensif mengenai posisi keandalan sistem distribusi dan menjadi dasar perencanaan peningkatan kualitas pelayanan listrik.

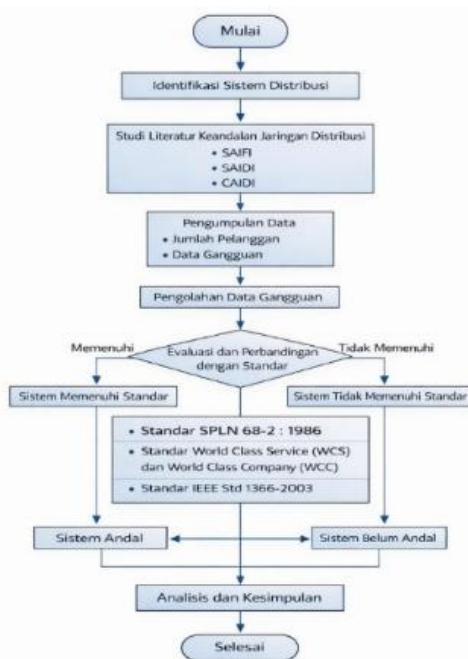
Tabel 3 Nilai Indeks Keandalan IEEE Std 1366TM-2003
(Sumber IEEE : 2003)

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

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian (Flowchart)

Penelitian ini direncanakan untuk menguji keandalan sistem distribusi tegangan menengah 20 kV di PT. PLN (Persero) UP3 Berau, menggunakan indeks keandalan dan membandingkannya dengan standar yang relevan. Proses penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Metode Analisis Keandalan Sistem Distribusi

Penelitian ini menggunakan metode untuk menganalisis indeks keandalan dalam sistem distribusi. Indeks-indeks ini meliputi SAIDI, yang mengamati rata-rata durasi pemadaman listrik; SAIFI, yang mengamati seberapa sering pemadaman terjadi; dan CAIDI, yang menunjukkan rata-rata durasi pemadaman per pelanggan.

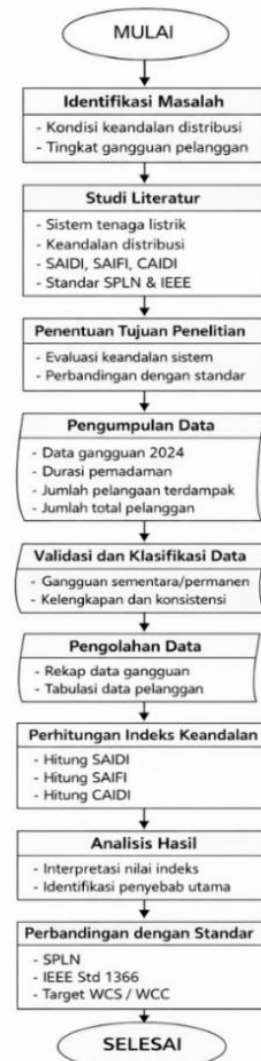
Metode-metode ini membantu memeriksa seberapa baik sistem distribusi listrik bekerja dengan melihat catatan pemadaman dan gangguan listrik di masa lalu. Metode ini menunjukkan seberapa konsisten listrik diberikan kepada pelanggan selama periode waktu tertentu, biasanya satu tahun.

Setelah menghitung indeks keandalan ini, hasilnya dibandingkan dengan standar keandalan tertentu. Standar-standar tersebut meliputi:

1. Standar nasional SPLN 68-2:1986
2. Standar *World Class Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC)
3. Standar internasional IEEE Std 1366-2003

Perbandingan ini membantu mengetahui apakah sistem distribusi memenuhi standar keandalan yang dibutuhkan di tingkat nasional dan internasional.

Tahapan Perhitungan Indeks Keandalan



Gambar 2. Flowchart Perhitungan Indeks Keandalan pada Penelitian

Diagram alir pada gambar menunjukkan langkah-langkah untuk menghitung indeks keandalan dalam sistem distribusi listrik. Indeks-indeks ini adalah SAIDI, SAIFI, dan CAIDI, dan indeks-indeks ini membantu mengukur seberapa baik layanan listrik tetap berjalan untuk pelanggan.

Proses dimulai dengan mengumpulkan informasi teknis seperti jumlah pelanggan, jumlah pemadaman listrik, berapa lama setiap pemadaman berlangsung, dan berapa banyak pelanggan yang terpengaruh. Informasi ini digunakan untuk menghitung indeks keandalan.

Kemudian, SAIFI dihitung. Ini menunjukkan seberapa sering pelanggan mengalami pemadaman listrik selama periode waktu tertentu. Setelah itu, SAIDI dihitung. Ini

menunjukkan berapa lama rata-rata pemadaman listrik terjadi pada setiap pelanggan. Setelah nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI diperoleh, dilakukan perhitungan CAIDI, yang menunjukkan rata-rata lama pemadaman per kejadian.

Hasil perhitungan ketiga indeks tersebut kemudian dievaluasi dengan standar keandalan yang berlaku, yaitu SPLN 68-2:1986, WCS & WCC, serta IEEE Std 1366-2003. Apabila nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI memenuhi standar, maka sistem distribusi dinyatakan andal. Sebaliknya, jika tidak memenuhi standar, maka sistem dinyatakan tidak andal dan diperlukan tindakan perbaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ringkasan Laporan Monitoring PT. PLN (Persero) UP3 Berau Tahun 2024

Rekapitulasi laporan monitoring pada PT. PLN (Persero) UP3 Berau Tahun 2024 memuat data pelanggan serta informasi gangguan sistem tenaga listrik yang terjadi selama periode Januari hingga Desember 2024. Data yang dihimpun mencakup jumlah total pelanggan terdaftar, jumlah pelanggan terdampak pemadaman, nilai jam kali pelanggan padam (jam × pelanggan), frekuensi kejadian gangguan, durasi pemadaman, serta besarnya beban listrik yang terhenti akibat gangguan tersebut. Seluruh data disusun secara sistematis dan terstruktur guna memberikan gambaran yang komprehensif dan akurat mengenai tingkat keandalan pelayanan kelistrikan di wilayah kerja UP3 Berau sepanjang tahun 2024. Hasil rekapitulasi ini selanjutnya disajikan secara rinci dalam Tabel 4 dan digunakan sebagai dasar untuk analisis lebih lanjut.

Tabel 4. Rekap Laporan Pemantauan Data Pelanggan dan Gangguan untuk PT. PLN (Persero) UP3 Berau, Januari hingga Desember 2024

Bulan	Data Monitoring		
	Jumlah Pelanggan	Jumlah Pelanggan Padam	Jam x Pelanggan Padam
Januari	115.449	123.828	273.271,06
Februari	116.002	148.403	229.235,38
Maret	116.658	176.883	488.334,25
April	117.027	300.013	543.577,69
Mei	117.662	400.423	370.215,04
Juni	118.414	333.963	297.829,99
Juli	119.090	182.166	140.184,52
Agustus	120.234	266.714	129.723,57
September	121.166	595.767	800.499,79
Oktober	121.638	464.151	544.783,50
November	122.496	316.731	241.574,26
Desember	123.494	178.889	141.288,02

Indeks Keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI PT. PLN (Persero) UP3 Berau Tahun 2024

Hasil Perhitungan

memuat komponen perhitungan berupa jumlah pelanggan, jumlah pelanggan padam, dan nilai jam × pelanggan padam untuk setiap bulan selama Januari–Desember 2024, perhitungan indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI dilakukan menggunakan Persamaan (1), Persamaan (2), dan Persamaan (3). Sebagai contoh, tahapan perhitungan ditunjukkan untuk bulan Januari dan Februari, sedangkan komponen perhitungan seluruh bulan telah disajikan pada Tabel 4 dan hasil perhitungan indeks keandalan setiap bulan disajikan pada Tabel 5.

1. Indeks keandalan SAIDI dan SAIFI bulan Januari 2024 Data yang digunakan dalam proses perhitungan meliputi:

- Jumlah keseluruhan pelanggan sebanyak 115.449 pelanggan
- Jumlah pelanggan yang terdampak pemadaman sebanyak 123.828 pelanggan
- Nilai jam kali pelanggan padam (jam × pelanggan) sebesar 273.271,06

Berdasarkan data tersebut, dengan menerapkan persamaan (1), persamaan (2), dan persamaan (3), diperoleh nilai indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI untuk bulan Januari 2024 sebagaimana disajikan berikut ini.

System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

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

$$SAIDI = \frac{273.271,06}{115.449}$$

$$SAIDI = 2,37 \text{ Jam/Pelanggan/Bulan}$$

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}}$$

$$SAIFI = \frac{123.828}{115.449}$$

$$SAIFI = 1,07 \text{ Kali/Pelanggan/Bulan}$$

Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

$$CAIDI = \frac{2,37}{1,07}$$

$$CAIDI = 2,21 \text{ Jam/Kali/Bulan}$$

2. Indeks keandalan SAIDI dan SAIFI bulan Februari 2024 Data yang digunakan dalam perhitungan adalah:

- Jumlah pelanggan sebanyak 116.002 pelanggan
- Jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman sebanyak 148.403 pelanggan
- Jumlah jam x pelanggan padam sebesar 229.235,38

Dengan menerapkan persamaan (1), persamaan (2), dan persamaan (3), diperoleh nilai indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI adalah sebagai berikut :

System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

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

$$SAIDI = \frac{229.235,38}{116.002}$$

$$SAIDI = 1,98 \text{ Jam/Pelanggan/Bulan}$$

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Seluruh Pelanggan}}$$

$$SAIFI = \frac{148.403}{116.002}$$

$$SAIFI = 1,28 \text{ Kali/Pelanggan/Bulan}$$

Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

$$CAIDI = \frac{1,98}{1,28}$$

$$CAIDI = 1,55 \text{ Jam/Kali/Bulan}$$

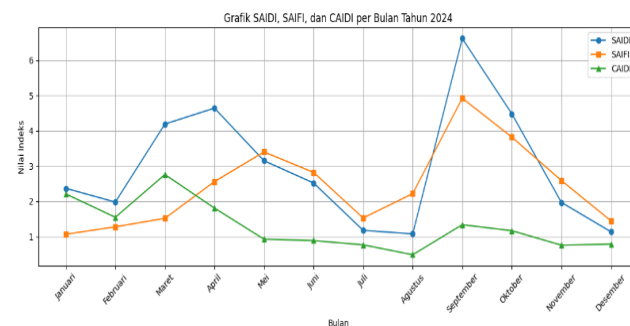
Berdasarkan Tabel 5, data keandalan sistem distribusi tenaga listrik disajikan dalam bentuk grafik pada Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI pada PT. PLN (Persero) UP3 Berau selama periode Januari hingga Desember 2024 disajikan secara rinci pada Tabel 5.

Tabel 5. Indeks Keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI Periode Januari-Desember 2024 PT. PLN (Persero) UP3 Berau

Bulan	Indeks Keandalan		
	SAIDI (Jam/Pel anggan/B ulan)	SAIFI (Kali/Pel anggan/ Bulan)	CAIDI (Jam/Kali/B ulan)
Januari	2,37	1,07	2,21
Februari	1,98	1,28	1,55
Maret	4,19	1,52	2,76
April	4,64	2,56	1,81
Mei	3,15	3,4	0,93
Juni	2,52	2,82	0,89
Juli	1,18	1,53	0,77
Agustus	1,08	2,22	0,49
September	6,61	4,92	1,34
Oktober	4,48	3,82	1,17
November	1,97	2,59	0,76
Desember	2,37	1,07	2,21
Total	1,98	1,28	1,55

Gambar 3 untuk memudahkan analisis. Gambar 3 menampilkan hasil perhitungan indeks SAIDI, SAIFI, dan CAIDI selama periode Januari 2024 hingga Desember 2024. Grafik tersebut menunjukkan adanya fluktuasi nilai ketiga indeks sepanjang tahun 2024, yang mengindikasikan bahwa tingkat keandalan sistem distribusi listrik mengalami perubahan dari bulan ke bulan.

Fluktuasi nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI mencerminkan variasi durasi serta frekuensi gangguan yang dialami pelanggan, sedangkan perubahan nilai CAIDI menunjukkan perbedaan rata-rata lama pemadaman pada setiap kejadian gangguan. Variasi ini dapat dipengaruhi oleh faktor teknis maupun nonteknis, seperti kondisi jaringan, gangguan lingkungan, dan efektivitas penanganan gangguan. Secara keseluruhan, analisis grafik ini memberikan gambaran kinerja keandalan sistem distribusi listrik selama tahun 2024 serta menjadi dasar evaluasi dan perbaikan sistem di masa mendatang.

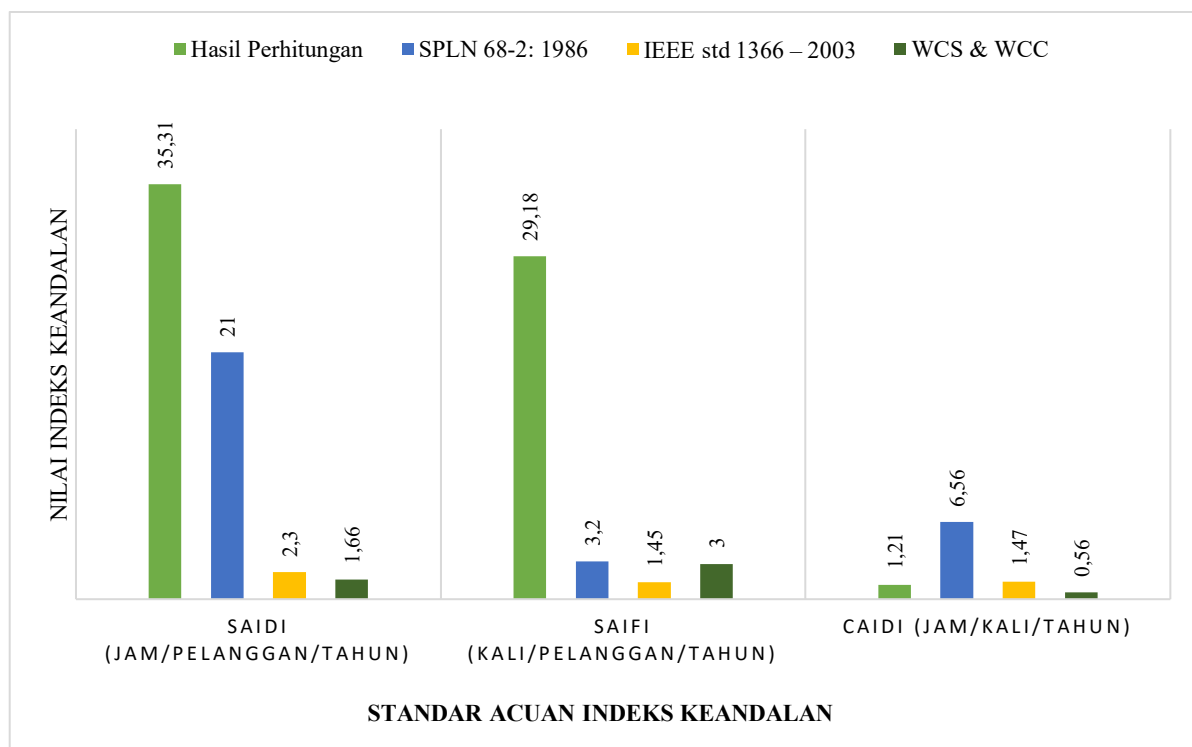


Gambar 3. Grafik Nilai Hasil Perhitungan SAIDI, SAIFI dan CAIDI

Perbandingan Hasil Perhitungan

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	35,31	2,3	21	1,66	kali/pelanggan /tahun	(IEEE, SPLN, WCS & WCC) Tidak memenuhi standar
2	SAIFI	29,18	1,45	3,2	3	jam/pelanggan /tahun	(IEEE, SPLN, WCS & WCC) Tidak memenuhi standar
3	CAIDI	1,21	1,47	6,56	0,56	jam/ kali/tahun	(WCS & WCC dan SPLN) Tidak memenuhi standar sedangkan (IEEE) memenuhi standar



Gambar 4. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Parameter Indeks Keandalan

Analisis Data Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4, jumlah pelanggan padam dan akumulasi jam $\times$ pelanggan padam di PT. PLN (Persero) UP3 Berau selama tahun 2024 mengalami fluktuasi. Nilai tertinggi terjadi pada bulan September dan April, yang menunjukkan gangguan berdampak luas terhadap pelanggan serta memberikan kontribusi terbesar terhadap nilai indeks keandalan.

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh total indeks SAIDI sebesar 35,31 jam/pelanggan/tahun dan total indeks SAIFI sebesar 29,18 kali/pelanggan/tahun. Berdasarkan kedua nilai tersebut, diperoleh indeks CAIDI tahunan sebesar 1,21 jam/kali, yang dihitung menggunakan Persamaan (3), yaitu $CAIDI = SAIDI/SAIFI$. Nilai SAIDI menunjukkan bahwa rata-rata pelanggan mengalami akumulasi pemadaman selama 35,31 jam dalam satu tahun, sedangkan nilai SAIFI menunjukkan bahwa setiap pelanggan mengalami rata-rata 29,18 kali gangguan selama periode yang sama. Sementara itu, nilai CAIDI sebesar 1,21 jam/kali menunjukkan bahwa rata-rata durasi pemadaman untuk setiap kejadian gangguan adalah sekitar 1,21 jam. Perlu diperhatikan bahwa nilai CAIDI tahunan tidak diperoleh dari penjumlahan nilai CAIDI bulanan, melainkan dihitung kembali menggunakan rasio antara total SAIDI dan total SAIFI sehingga merepresentasikan rata-rata durasi pemulihan gangguan selama satu tahun.

Berdasarkan Gambar 3, nilai SAIDI dan SAIFI mengalami fluktuasi sepanjang tahun dengan puncak tertinggi terjadi pada bulan September, yaitu SAIDI sebesar 6,61 jam/pelanggan/bulan dan SAIFI sebesar 4,92 kali/pelanggan/bulan, sedangkan nilai SAIDI tertinggi berikutnya terjadi pada bulan April sebesar 4,64 jam/pelanggan/bulan. Tingginya kedua indeks tersebut menunjukkan bahwa pada bulan September tidak hanya terjadi gangguan dengan frekuensi yang tinggi, tetapi juga gangguan yang berdampak pada jumlah pelanggan yang lebih besar dibandingkan bulan lainnya.

Apabila dikaitkan dengan data gangguan APKT tahun 2024, tingginya nilai indeks pada bulan September dipengaruhi oleh banyaknya gangguan pada jaringan distribusi 20 kV yang didominasi oleh gangguan pada peralatan jaringan distribusi, kerusakan kabel dan sambungan tenaga listrik, gangguan media isolasi, serta gangguan akibat faktor cuaca dan faktor eksternal. Selain itu, beberapa penyulang mengalami gangguan berulang sehingga meningkatkan jumlah pelanggan terdampak dan total jam $\times$ pelanggan padam. Kondisi tersebut menyebabkan kontribusi bulan September menjadi yang terbesar terhadap nilai SAIDI dan SAIFI tahunan. Sementara itu, tingginya nilai pada bulan April menunjukkan bahwa pada periode tersebut juga terjadi gangguan yang berdampak luas terhadap pelanggan, meskipun durasi pemulihan rata-rata relatif lebih baik dibandingkan bulan September.

Nilai CAIDI bulanan menunjukkan pola yang berbeda dibandingkan SAIDI dan SAIFI. Nilai tertinggi terjadi pada bulan Maret sebesar 2,76 jam/kali, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Agustus sebesar 0,49 jam/kali. Hal ini menunjukkan bahwa tingginya nilai SAIDI dan SAIFI tidak selalu diikuti oleh tingginya nilai CAIDI. Sebagai contoh, pada bulan September nilai SAIDI dan SAIFI merupakan yang tertinggi, namun nilai CAIDI hanya sebesar 1,34 jam/kali, yang menunjukkan bahwa proses pemulihan gangguan relatif lebih cepat dibandingkan beberapa bulan lainnya. Sebaliknya, pada bulan Maret jumlah pelanggan terdampak relatif lebih sedikit dibandingkan September, namun rata-rata waktu pemulihan setiap kejadian gangguan lebih lama sehingga menghasilkan nilai CAIDI tertinggi.

Berdasarkan Tabel 6, nilai SAIDI sebesar 35,31 jam/pelanggan/tahun dan SAIFI sebesar 29,18 kali/pelanggan/tahun belum memenuhi standar IEEE Std. 1366-2003, SPLN 68-2:1986, maupun *World Class Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC). Nilai SAIDI telah melampaui batas SPLN sebesar 21 jam/pelanggan/tahun dan standar IEEE sebesar 2,3 jam/pelanggan/tahun, sedangkan nilai SAIFI jauh melebihi batas SPLN sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun maupun IEEE sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun. Sementara itu, nilai CAIDI sebesar 1,21 jam/kali telah memenuhi standar IEEE Std. 1366-2003 yang menetapkan batas 1,47 jam/kali, namun belum memenuhi standar *World Class Service* (0,56 jam/kali). Dibandingkan dengan standar SPLN 68-2:1986 sebesar 6,56 jam/kali, nilai CAIDI sebenarnya berada di bawah batas maksimum SPLN sehingga dari aspek rata-rata waktu pemulihan gangguan dapat dikatakan telah memenuhi standar tersebut.

Berdasarkan Gambar 4, perbedaan antara hasil perhitungan dan nilai standar terlihat sangat mencolok terutama pada indeks SAIDI dan SAIFI. Sebaliknya, nilai CAIDI menunjukkan kinerja yang relatif lebih baik karena telah memenuhi acuan IEEE dan berada di bawah batas SPLN. Hal ini memperlihatkan bahwa proses penormalan gangguan di lapangan telah berjalan cukup baik, namun upaya pencegahan gangguan agar tidak sering terjadi masih perlu ditingkatkan.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, peningkatan keandalan sistem distribusi sebaiknya diprioritaskan pada bulan September dan April sebagai periode dengan kontribusi terbesar terhadap nilai SAIDI dan SAIFI, serta pada penyulang yang mengalami gangguan berulang berdasarkan data APKT. Strategi teknis yang dapat diterapkan meliputi evaluasi penyulang prioritas, pemasangan atau optimalisasi recloser dan sectionalizer, peningkatan inspeksi vegetasi pada daerah rawan gangguan, penggantian komponen jaringan yang telah mengalami penurunan kondisi seperti kabel, sambungan, dan isolator, serta optimasi koordinasi sistem proteksi agar gangguan dapat diisolasi lebih cepat tanpa memadamkan

pelanggan dalam jumlah besar. Selain itu, gangguan akibat faktor cuaca dan peralatan perlu diminimalkan melalui penerapan *preventive maintenance* dan *condition-based maintenance* sehingga frekuensi gangguan dapat ditekan. Dengan demikian, upaya peningkatan keandalan di PT. PLN (Persero) UP3 Berau sebaiknya lebih difokuskan pada penurunan nilai SAIDI dan SAIFI, karena aspek waktu pemulihan yang direpresentasikan oleh nilai CAIDI telah menunjukkan kinerja yang relatif baik dibandingkan standar IEEE.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai indeks keandalan sistem distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) UP3 Berau tahun 2024 sebesar SAIDI 35,31 jam/pelanggan/tahun, SAIFI 29,18 kali/pelanggan/tahun, dan CAIDI 1,21 jam/kali. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai SAIDI dan SAIFI belum memenuhi standar IEEE Std. 1366-2003, SPLN 68-2:1986, maupun *World Class Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC), sedangkan nilai CAIDI telah memenuhi standar IEEE, yang menunjukkan bahwa proses pemulihan gangguan sudah relatif baik. Dengan demikian, tujuan penelitian telah tercapai, yaitu berhasil menghitung indeks keandalan, mengevaluasi tingkat keandalan sistem distribusi, serta mengidentifikasi bahwa permasalahan utama keandalan jaringan berada pada tingginya frekuensi gangguan dan banyaknya pelanggan yang terdampak. Oleh karena itu, peningkatan keandalan sebaiknya difokuskan pada upaya pengurangan frekuensi gangguan melalui pemeliharaan preventif dan berbasis kondisi, optimalisasi koordinasi sistem proteksi, serta peningkatan keandalan penyulang prioritas. Penelitian selanjutnya disarankan mengkaji keandalan hingga tingkat penyulang menggunakan metode seperti *Reliability Index Assessment* (RIA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), atau *Section Technique*, sehingga penyebab gangguan dapat diidentifikasi secara lebih rinci dan strategi peningkatan keandalan dapat disusun secara lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Almi, M. A., & Wrahatnolo, T. (2025). Analysis of the 20 kV Distribution Network System Reliability Index Technically and Economically Using the Section Technique Method and RNEA at the Margorukun Feeder. *INAJEEE (Indonesian Journal of Electrical and Electronics Engineering)*, 8(1), 32-40. <https://doi.org/10.26740/inajeee.v8n1.p32-40>
- [2] Anwar, A. S., & Supardi, A. S. T. (2020). *Analisis keandalan sistem distribusi jaringan tegangan menengah 20 kV di PT. PLN (Persero) ULP Karanganyar* (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [3] Fajri, A. K., Efendi, E. T., Evan, B., & Prihatmini, E. (2025). Development of a MATLAB GUI Application for Computing Reliability Indices at an Electrical Substation. *Eksergi*, 21(02), 42-47. <https://doi.org/10.32497/eksergi.v21i02.6844>
- [4] 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.v2i2.468>
- [5] Gusmedi, H., Hakim, L., & Ramadan, R. (2024). EVALUASI KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG STROBERI 2 PT. PLN (PERSERO) ULP KOTA METRO DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA). *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3617>
- [6] IEEE Power & Energy Society. (2012). *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices* (IEEE Std 1366-2012). New York, NY: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [7] Manopo, K. G., Tumaliang, H., & Silimang, S. (2020). Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIFI dan SAIDI Pada PT. PLN (Persero) Area Minahasa Utara. *J. Tek. Elektro*, 1(1), 1-12. Retrieved from <https://repo.unsrat.ac.id/3586/1/Jurnal%20an.%20Kevin%20Manopo.pdf>
- [8] Marpaung, N. L., Ervianto, E., Amri, R., & Illahi, H. (2020). Analysis of SCADA Application on Distribution System Reliability. *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, 3(2), 46-52. <https://doi.org/10.31258/ijeepse.3.2.46-52>
- [9] Praselia, A. M., Linda Sartika, & Al Amin Hanifa Muslim. (2024). Evaluation of 20 KV Distribution System Using SAIDI and SAIFI Reliability Indices at PT PLN. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 24(2), 115-120. <https://doi.org/10.23917/emitor.v24i2.2482>
- [10] PT PLN (Persero). (2014). Standar perusahaan listrik negara SPLN 68-2: Keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [11] PT PLN (Persero). (2020). Pedoman penilaian kinerja keandalan sistem distribusi tenaga listrik (WCS dan WCC). Jakarta: PT PLN (Persero).
- [12] Pujantoro, A. (2022). *Studi Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Pada PLN UP3 Berau* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [13] Rumbay, J. R. (2021). Evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik menggunakan indeks SAIDI, SAIFI, dan CAIDI. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 10(1), 33-40. Retrieved from <https://repo.unsrat.ac.id/3625/>
- [14] Widagdo, R. S., Budiono, G., Slamet, P., & Habibullah, M. S. A. (2024). Analysis of The Reliability Index of The Platuk Feeder Distribution

System at PT. PLN ULP Kenjeran with Section Technique Method. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 6(2), 121–132.
<https://doi.org/10.30595/jrre.v6i2.22920>

- [15] Zulkilpi, U. ., Pathoni, H. ., & Tessal, D. . (2021). Studi Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) UP3 Jambi ULP Kotabaru. *Jurnal Engineering*, 3(2), 92–99. Retrieved from <https://online-journal.unja.ac.id/JurnalEngineering/article/view/1419>
- [16] Cristobal, Jomel R., and Ronald Vincent M. Santiago. 2025. "Reliability Assessment of Power Distribution System in Freeport Area of Bataan" *Engineering Proceedings* 92, no. 1: 58. <https://doi.org/10.3390/engproc2025092058>.