

ANALISA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI PENYULANG GLAGAHWERO MENGGUNAKAN METODE RIA (RELIABILITY INDEX ASSESSMENT)

Jade Rosida Larasati ¹, Aripriharta ^{2*}, Sujito ³, Muhammad Cahyo Bagaskoro ⁴

Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang

*Corresponding author, email: aripriharta.ft@um.ac.id

doi: 10.17977/um068.v5.i10.2025.

Kata Kunci

Keandalan
Sistem Distribusi
RIA (Reliability Index
Assessment)

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu hal yang menjadi kebutuhan pokok bagi banyak orang. Hal tersebut mengakibatkan tuntutan pelanggan terhadap penyedia listrik semakin tinggi, dari sisi kualitas dan kontinuitas sistem distribusi. Keandalan sistem distribusi dapat dinilai dari frekuensi pemadaman listrik, durasi terjadinya pemadaman dan durasi perbaikan kegagalan. Analisis keandalan seperti SAIFI, MAIFI, SAIDI dan CAIDI dapat dilakukan untuk menentukan keandalan sistem. Pada studi penelitian ini, dilakukan analisis keandalan sistem distribusi pada penyulang Glagahwero menggunakan Metode RIA (Reliability Index Assessment) untuk memprediksi kegagalan keandalan komponen dan topologi sistem. Analisis akan dilakukan dengan dua syarat, yaitu penyatuan sempurna dan penyatuan tidak lengkap. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa pada saat sistem dalam kondisi switching sempurna, nilai maksimum diperoleh pada item 2 dengan SAIFI = 4,118157662 kali/tahun dan MAIFI = 0,061772365 kali/tahun, SAIDI = 4.3766 jam/tahun, CAIDI = 1,0768 jam/tahun. Pada kondisi konversi tidak sempurna, nilai tertinggi juga diperoleh dari paragraf 2 dengan SAIFI = 4.1273 kali/tahun dan MAIFI = 0.06177 kali/tahun, SAIDI = 4.4193 jam/tahun, CAIDI = 1,0833 jam/tahun. Hal ini dikarenakan jumlah pelanggan yang ada pada section 2 lebih banyak dari pada section lain. Pada hasil perhitungan dan analisa dari data pemadaman diperoleh nilai SAIFI yang sama pada semua kegagalan adalah 2,311 kali/tahun, sedangkan nilai SAIDI tertinggi adalah 0,6145 jam/tahun. Dibandingkan dengan standar PLN, khususnya SPLN 68-2: Tahun 1986 dengan SAIFI 3,2 kali/jam dan SAIFI 21 jam/tahun. Maka, berdasarkan hasil nilai SAIDI pada pasal 2 dapat dinyatakan tidak andal dan tidak memenuhi kriteria PLN. Sedangkan berdasarkan hasil nilai SAIDI pada bagian 1, 3, 4, 5 dan 6, serta hasil nilai CAIDI pada semua bagian, sistem distribusi dapat dinyatakan handal dan sesuai dengan standar PLN.

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting dan tidak bisa dipisahkan dari masyarakat maupun industri di era yang serba modern. Kondisi ini mengakibatkan meningkatnya tuntutan pelanggan terhadap reliabilitas pasokan tenaga listrik. Berdasarkan Pasal 28 UU Ketenagalistrikan No. 30 Tahun 2009, tertulis bahwa pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik wajib menyediakan tenaga listrik sesuai baku mutu. Keandalan diterapkan untuk memberikan layanan terbaik kepada konsumen dan masyarakat. Maka dari itu, penyedia listrik harus meningkatkan tingkat keandalan pasokan listrik. Tingkat keandalan sistem distribusi dapat dilihat dari frekuensi terjadinya pemutusan beban (outage), waktu pemutusan, dan durasi waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan sistem distribusi.

Keandalan suatu sistem tenaga listrik dapat didefinisikan sebagai kemampuan sistem untuk menghasilkan daya yang cukup berkualitas tinggi. Chowdhury & Koval, (2011) Dinyatakan telah dilaporkan dalam literatur bahwa lebih dari 80% dari semua gangguan pelanggan terjadi karena kegagalan sistem distribusi. Dampak langsung yang dapat dirasakan pelanggan dari gangguan tersebut adalah pemadaman sesaat. Saat ini, gangguan sesaat adalah masalah pelanggan yang paling penting dan sebagian insinyur distribusi listrik menganggap hal ini sebagai masalah keandalan Brown, (2017). Gers, (2020) Menyatakan indeks keandalan sebagai alat ukur kinerja sistem tenaga listrik. Indeks-indeks keandalan yang sering dipakai dalam suatu sistem distribusi adalah SAIFI

(System Average Interruption Frequency Index), MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan CAIDI (Customer Average Interruption Frequency Index) (Aditya, 2013).

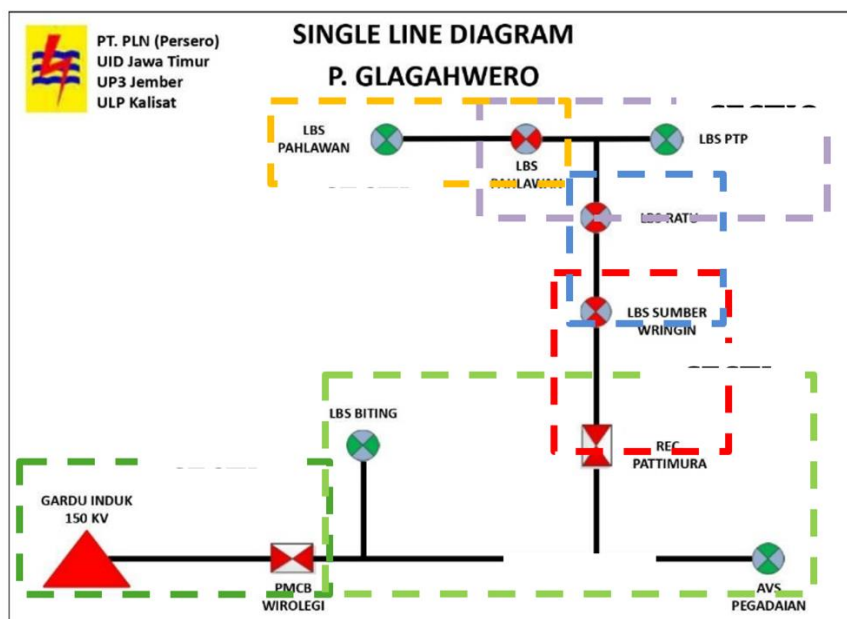
Dalam studi ini, analisis dilakukan pada jaringan distribusi penyulang Glagahwero karena sering terjadi pemadaman yang menyebabkan keandalan sistem distribusi menjadi rendah. Terhitung sejak bulan September 2021 hingga Agustus 2022, sudah terjadi pemadaman sebanyak 26 kali. Keandalan sistem distribusi dianalisis menggunakan metode RIA (Reliability Index Assessment) yang memprediksi gangguan berdasarkan keandalan komponen dan topologi sistem. Analisis akan diasumsikan dalam dua kondisi, seperti switching ideal dan tidak sempurna. Hasil dari analisis akan dibandingkan dengan indeks keandalan PT PLN.

Terdapat beberapa penelitian yang juga membahas mengenai keandalan sistem distribusi tenaga listrik, dengan penelitian yang berjudul "Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode Section Technique," yang bertujuan untuk meningkatkan nilai keandalan dengan cara mengurangi frekuensi gangguan, melakukan pemeliharaan secara preventif, serta mengoptimalkan kondisi tie switch pada jaringan. Selain itu, juga dilakukan analisis keandalan sistem tenaga listrik dengan menggunakan koordinasi dan optimasi recloser, seperti yang dipaparkan dalam jurnal penelitiannya yang berjudul "Penggunaan Metode Reliability Network Equivalent.".

2. Metode Penelitian

2.1. Skenario Pengujian

Analisis keandalan sistem distribusi dilakukan pada setiap seksi yang telah ditentukan dari suatu sistem distribusi untuk mempermudah peneliti. Analisis diasumsikan dalam dua kondisi, yaitu perfect switching dan imperfect switching. Perfect switching yaitu kondisi di mana peralatan sistem distribusi seperti circuit breaker, sectionalizer, dan recloser dianggap bekerja secara sempurna, sehingga indeks kegagalan diabaikan dan hanya diperhitungkan indeks keandalan dari saluran saja. Sedangkan kondisi imperfect switching yaitu ketika indeks kegagalan setiap peralatan sistem distribusi dianggap memengaruhi nilai indeks hasil. Selain itu, juga dilakukan analisis berdasarkan data gangguan yang terjadi pada penyulang Glagahwero. Selanjutnya, hasil perhitungan akan dibandingkan dengan nilai standar PLN, SPLN 68-2:1986, yang menunjukkan SAIFI 3,2 kali per tahun dan SAIDI 21 jam per tahun.



Gambar 1. Diagram Pareto Gear Box

2.2. Data Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis data yang bersumber dari pengamatan langsung dan wawancara mengenai sistem penyulang Glagahwero. Data primer diperoleh untuk menentukan tingkat keandalan melalui observasi lapangan serta hasil wawancara yang memberikan gambaran umum sistem. Selain itu, data primer juga mencakup informasi teknis seperti single line diagram, panjang penyulang, jumlah pelanggan, serta catatan gangguan yang terjadi. Seluruh data tersebut kemudian dianalisis menggunakan teknik kuantitatif deskriptif dengan metode komparasi. Analisis kuantitatif deskriptif dilakukan dengan cara mendeskripsikan data yang diperoleh, sedangkan metode komparasi digunakan untuk membandingkan hasil perhitungan dengan standar PLN, yaitu SPLN 68-2:1986, sehingga dapat diketahui tingkat keandalan sistem penyulang Glagahwero secara lebih baik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Sistem Dianggap Sempurna Switchng

3.1.1. Perhitungan SAIFI dan MAIFI

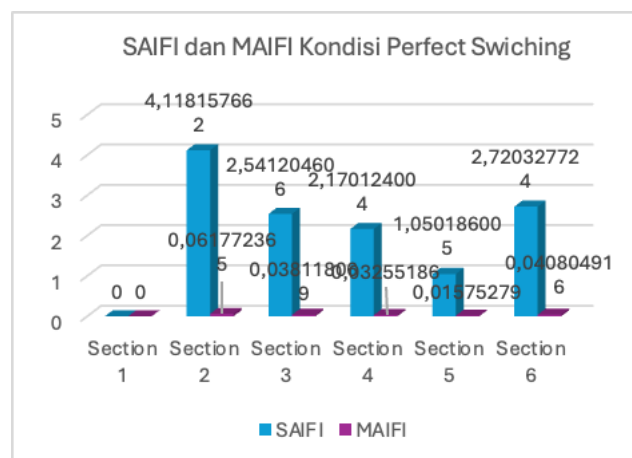
Hasil perhitungan menunjukkan tingkat kegagalan terus-menerus penyulang Glagahwero sebesar 12,6 gangguan per tahun dan tingkat kegagalan sementara sebesar 0,189 gangguan per tahun..

Tabel 1. Perhitungan Sustained Failure Rate

Komponen	L (km)	λ_s	λ_m	L x λ_s	L x λ_m
Section 1	9,141	0,2	0,003	1,8282	0,027423
Section 2	18,743	0,2	0,003	3,7486	0,056229
Section 3	13,109	0,2	0,003	2,6218	0,039327
Section 4	8,508	0,2	0,003	1,7016	0,025524
Section 5	2,349	0,2	0,003	0,4698	0,007047
Section 6	11,15	0,2	0,003	2,23	0,03345
TOTAL (Σ)	63			12,6	0,189

Tabel 2. Perhitungan SAIFI dan MAIFI

Section	Jumlah Pelanggan	$\Sigma\lambda_s$	$\Sigma\lambda_m$	SAIFI	MAIFI
Section 1	0	1,26	0,189	0	0
Section 2	7380	12,6	0,189	4,118157662	0,061772365
Section 3	4554	12,6	0,189	2,541204606	0,038118069
Section 4	3889	12,6	0,189	2,170124004	0,03255186
Section 5	1882	12,6	0,189	1,050186005	0,01575279
Section 6	4875	12,6	0,189	2,720327724	0,040804916
TOTAL	22580				



Gambar 2. Grafik Indeks SAIFI dan MAIFI Penyulang Glagahwero

Berdasarkan Tabel II, dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah konsumen pada setiap seksi, maka semakin besar pula nilai SAIFI dan MAIFI. Nilai SAIFI dihitung dengan mengalikan tingkat kegagalan yang berkelanjutan (λs) dari total jumlah pelanggan, dibagi dengan nilai SAIFI standar PLN 68-2 yang digunakan tahun 1986, yaitu 3,2 kali per tahun. Oleh karena itu, nilai SAIFI di bagian 2 penyulang Glagahwero dapat dianggap tidak dapat diandalkan dan tidak memenuhi standar PLN yang lebih tinggi dari standar yang ditetapkan. Namun, bagian 1, 3, 4, 5, dan 6 dapat dianggap sah karena nilai SAIFI-nya tidak melebihi nilai standar PLN normal. Sedangkan, nilai MAIFI diperoleh dari perkalian tingkat kegagalan momentum (λm) dibagi dengan total jumlah..

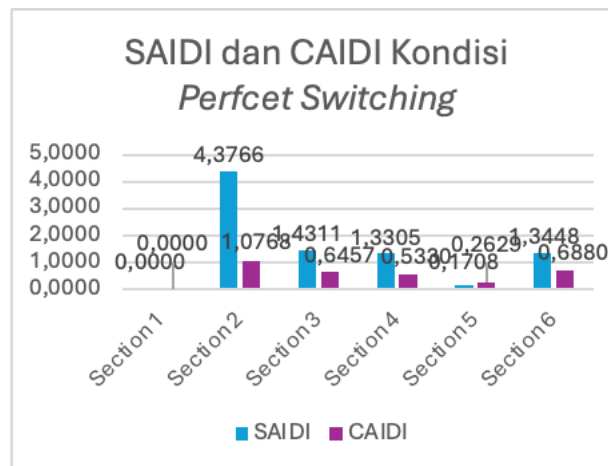
3.1.2. Perhitungan SAIDI dan CAIDI

Tabel 3. Perhitungan SAIFI dan MAIFI

SECTION	λ	U	r
Section 1	0,1682	0,5046	3,0000
Section 2	4,0646	13,3908	3,2945
Section 3	2,2162	7,0957	3,2017
Section 4	2,4963	7,7248	3,0945
Section 5	0,6497	2,0491	3,1539
Section 6	1,9545	6,2286	3,1867

Tabel 4. Perhitungan SAIDI dan CAIDI

SECTION	N_SC	U_SC	r_SC	SAIDI	CAIDI
Section 1	0	0,5046	3,0000	0,0000	0,0000
Section 2	7380	13,3908	3,2945	4,3766	1,0768
Section 3	4554	7,0957	3,2017	1,4311	0,6457
Section 4	3889	7,7248	3,0945	1,3305	0,5330
Section 5	1882	2,0491	3,1539	0,1708	0,2629
Section 6	4875	6,2286	3,1867	1,3448	0,6880
TOTAL	$\Sigma N = 22580$				



Gambar 3. Grafik Indeks SAIDI dan CAIDI Penyulang Glagahwero

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa nilai laju perbaikan dan jumlah pelanggan yang mengalami gangguan mempengaruhi SAIDI dan CAIDI, sehingga bagian dengan jaringan distribusi yang lebih panjang akan mendapatkan perbaikan yang lebih lama dan menghasilkan peningkatan nilai SAIDI dan CAIDI. Jika dibandingkan dengan SPLN 68-2, tahun 1986 memiliki nilai SAIDI 21 jam per tahun. Nilai SAIDI untuk penyulang Glagahwero tampaknya dapat diandalkan dan memenuhi standar.

3.2. Sistem Diamsudisikan dalam Kondisi Imperfect Switchng

3.2.1. Perhitungan SAIFI dan MAIFI

Tabel 5. Perhitungan Sustained Failure Rate dan Momentary Failure Rate

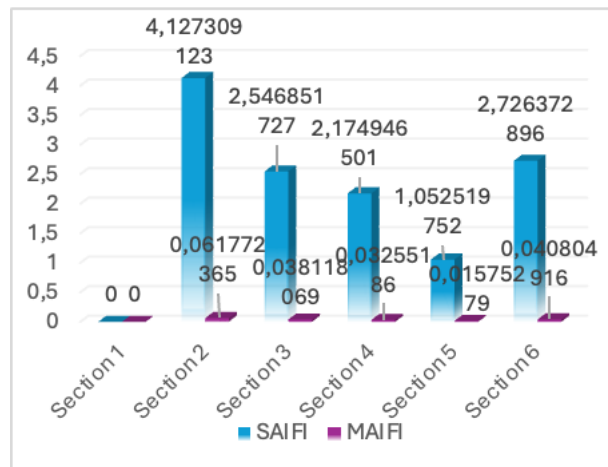
Komponen	L (km)	λs	λm	$L \times \lambda s$	$L \times \lambda m$
Section 1	9,141	0,2	0,003	1,8282	0,02742

Komponen	L (km)	λ_s	λ_m	$L \times \lambda_s$	$L \times \lambda_m$
Section 2	18,743	0,2	0,003	3,7486	0,05623
Section 3	13,109	0,2	0,003	2,6218	0,03933
Section 4	8,508	0,2	0,003	1,7016	0,02552
Section 5	2,349	0,2	0,003	0,4698	0,00705
Section 6	11,15	0,2	0,003	2,23	0,03345
Circuit Breaker	1	0,004		0,004	
LBS	6	0,003		0,018	
Sectionalizer	1	0,003		0,003	
Recloser	1	0,003		0,003	
TOTAL	72			12,628	0,189

Tabel 6. Perhitungan Sustained Failure Rate dan Momentary Failure Rate

Load Point	Jumlah Pelanggan	$\Sigma \lambda_s$	$\Sigma \lambda_m$	SAIFI	MAIFI
Section 1	0	12,628	0,189	0	0
Section 2	7380	12,628	0,189	4,1273	0,06177
Section 3	4554	12,628	0,189	2,5469	0,03812
Section 4	3889	12,628	0,189	2,1749	0,03255
Section 5	1882	12,628	0,189	1,0525	0,01575
Section 6	4875	12,628	0,189	2,7264	0,0408
TOTAL	22580				

Ketika sistem diasumsikan dalam kondisi switching yang tidak sempurna, tingkat kegagalan jangka panjang penyulang Glagahwero adalah 12,628 kegagalan per tahun, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.6. Namun, ketika sistem diasumsikan dalam kondisi perpindahan yang tidak sempurna, tingkat kegagalan penyulang Glagahwero adalah 0,189 kegagalan per tahun.



Gambar 4. Grafik Indeks SAIFI dan MAIFI

Nilai SAIDI dan CAIDI dipengaruhi oleh laju perbaikan dan jumlah pelanggan yang mengalami gangguan, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 5, sehingga bagian dengan jaringan distribusi yang lebih panjang akan mendapatkan laju perbaikan yang lebih lama, yang menghasilkan nilai SAIDI dan CAIDI yang lebih besar. Jika dibandingkan dengan SPLN 68-2:1986, yang memiliki nilai SAIDI 21 jam per tahun, nilai SAIDI pada penyulang Glagahwero dapat dianggap dapat diandalkan dan sesuai dengan standar PLN. Jika dibandingkan dengan nilai SAIFI kondisi switching sempurna, kondisi yang diasumsikan dalam kondisi switching imperfect memiliki nilai SAIFI yang lebih tinggi. Ini karena jumlah komponen yang dihitung lebih besar dari jumlah komponen dalam kondisi switching.

3.2.2. Perhitungan SAIDI dan CAIDI

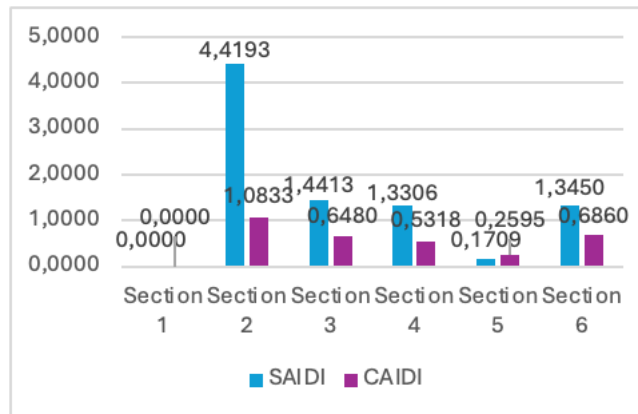
Tabel 7. Perhitungan Sustained Failure Rate

SECTION	λ	U	r
Section 1	0,1722	0,5446	3,1626
Section 2	4,0796	13,5212	3,3144
Section 3	2,2242	7,1461	3,2129
Section 4	2,5023	7,7257	3,0875

SECTION	λ	U	r
Section 5	0,6587	2,0505	3,1129
Section 6	1,9605	6,2295	3,1775

Tabel 8. Perhitungan SAIDI dan CAIDI

SECTION	N _{SC}	U _{SC}	r _{SC}	SAIDI	CAIDI
Section 1	0	0,5446	3,1626	0,0000	0,0000
Section 2	7380	13,5212	3,3144	4,4193	1,0833
Section 3	4554	7,1461	3,2129	1,4413	0,6480
Section 4	3889	7,7257	3,0875	1,3306	0,5318
Section 5	1882	2,0505	3,1129	0,1709	0,2595
Section 6	4875	6,2295	3,1775	1,3450	0,6860
TOTAL	$\Sigma N = 22580$				



Gambar 5. Grafik Indeks SAIDI dan CAIDI

Jika dibandingkan dengan SPLN 68-2, Tabel 8 menunjukkan bahwa tahun 1986 memiliki nilai SAIDI 21 jam per tahun. SAIDI dapat dianggap handal dan memenuhi standar PLN pada penyulang Glagahwero dalam kondisi switching yang tidak sempurna. Nilai SAIDI dan CAIDI tertinggi diperoleh pada bagian kedua karena memiliki jumlah pelanggan.

3.3. Analisis Perhitungan SAIFI dan SAIDI berdasarkan Data Pemadaman Bulan September 2021-Agustus 2022

Tabel 9. Perhitungan SAIFI dan CAIDI berdasarkan Data Pemadaman

NO.	Tanggal	Lama Padam U _i (JAM)	SAIFI	SAIDI
1	15/09/2021	0,0167	2,311	0,0031
2	29/10/2021	0,0333	2,311	0,0061
3	08/11/2021	0,7667	2,311	0,1406
4	06/12/2021	2,6667	2,311	0,4891
5	10/12/2021	0,0167	2,311	0,0031
6	16/12/2021	0,0167	2,311	0,0031
7	21/12/2021	1,9667	2,311	0,3607
8	23/12/2021	3,3500	2,311	0,6145
9	30/12/2021	0,0333	2,311	0,0061
10	01/01/2022	1,2167	2,311	0,2232
11	08/01/2022	0,0167	2,311	0,0031
12	21/01/2022	0,0167	2,311	0,0031
13	26/01/2022	0,0167	2,311	0,0031
14	09/02/2022	2,3333	2,311	0,4280
15	20/02/2022	0,3333	2,311	0,0611
16	24/03/2022	0,0167	2,311	0,0031
17	27/03/2022	1,7167	2,311	0,3149
18	31/03/2022	2,4167	2,311	0,4433
19	06/04/2022	0,0167	2,311	0,0031
20	30/04/2022	0,0167	2,311	0,0031
21	07/05/2022	0,0167	2,311	0,0031

NO.	Tanggal	Lama Padam Ui (JAM)	SAIFI	SAIDI
22	01/06/2022	0,0167	2,311	0,0031
23	30/07/2022	0,0167	2,311	0,0031
24	18/08/2022	0,0167	2,311	0,0031
25	24/08/2022	0,0167	2,311	0,0031
26	31/08/2022	1,2333	2,311	0,2262

Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai SAIFI adalah 3,2 kali per tahun dan SAIDI 21 jam per tahun, dibandingkan dengan SPLN 68-2:1986. Nilai masing-masing bagian SAIFI dan SAIDI pada penyulang Glagahwero dapat dianggap diandalkan. 68-2 memenuhi standar PLN. Tabel menunjukkan bahwa nilai SAIFI sama untuk setiap gangguan. Ini disebabkan oleh nilai laju kegagalan (λ_s) yang digunakan untuk perhitungan SAIFI juga memiliki nilai yang sama, yaitu 12,6 kali per tahun. Sementara itu, nilai SAIDI yang paling tinggi dipengaruhi oleh jangka waktu gangguan yang lebih lama..

4. Kesimpulan

Menurut hasil perhitungan dan analisis, nilai SAIFI dan MAIFI dipengaruhi oleh jumlah pelanggan yang mengalami gangguan. Semakin banyak pelanggan, maka semakin besar pula nilai SAIFI dan MAIFI yang dihasilkan. Nilai SAIDI dan CAIDI dipengaruhi oleh laju perbaikan dan jumlah pelanggan yang mengalami gangguan, sehingga bagian dengan jaringan distribusi yang lebih lama juga akan memiliki nilai laju perbaikan yang lebih tinggi. Hal ini menyebabkan nilai pada bagian 2 menjadi paling besar, dan jika dilihat dari nilai SAIFI, maka bagian 2 penyulang Glagahwero dinyatakan tidak andal dan tidak memenuhi standar PLN. Namun, dalam hal sistem distribusi, penyulang Glagahwero dapat dianggap andal dan memenuhi standar PLN, yaitu SPLN 68-2:1986, yang berarti SAIFI 3,2 kali per tahun dan SAIDI 21 jam per tahun..

Daftar Rujukan

- Aditya, D. (2013). Data dan Metode Pengumpulan Data Penelitian. *Surakarta: Poltekkes Kemenkes Surakarta.*
- Brown, R. E. (2017). *Electric power distribution reliability.* CRC press.
- Chowdhury, A., & Koval, D. (2011). *Power distribution system reliability: practical methods and applications.* John Wiley & Sons.
- Gers, J. M. (2020). *Distribution Systems Analysis and Automation.* Institution of Engineering and Technology. <https://books.google.co.id/books?id=kik20AEACAAJ>
- Lestari, C. A., Zufahri, Z., & Situmeang, U. (2021). Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dengan Metode FMEA pada Penyulang Akasia dan Lele PT PLN (Persero) ULP Kota Barat. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, Dan Industri*, 6(1), 1-7.
- Marwan, M., ALIMIN, A., & EKA, T. A. A. (2020). Penggunaan Metode Reliability Network Equivalent Approach untuk mengevaluasi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV. *JURNAL TEKNOLOGI ELEKTERIKA Учреждение: Политехник Negeri Ujung Pandang*, 4(2), 42.
- Wicaksono, H. P., Penangsang, O., & Hernanda, I. G. N. S. (2012). Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode Section Technique. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), B153-B158.