

ANALISIS SAIFI DAN SAIDI SEBAGAI INDEKS KEANDALAN PADA GARDU INDUK KUTA MENGGUNAKAN METODE *SECTION TECHNIQUE* AND *FAILURE MODE EFFECT & ANALYSIS (FMEA)*

Muhammad Rivaldi Harjian^{1*}, Supriyatna², Agung Budi Muljono³, R. Reski Eka Putra⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mataram; Jalan Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

⁴Program Studi Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik, Politeknik Negeri Padang; Jalan Kampus Limau Manis Padang, Sumatera Barat, Indonesia.

Received: 9 Maret 2025
Accepted: 29 Maret 2025
Published: 14 April 2025

Keywords:

Keandalan;
SAIFI;
SAIDI;
Section Technique;
FMEA.

Correspondent Email:

rivaldi.harjian97@staff.unra
m.ac.id

Abstrak. Keandalan adalah nilai yang diukur melalui menggunakan parameter tertentu. Dalam sistem distribusi keandalan dapat diartikan sebagai kemampuan sistem dalam menyalurkan energi listrik secara optimal. Penelitian ini menganalisis tingkat keandalan sistem distribusi di Gardu Induk Kuta, yang terdiri dari tiga penyulang utama, yaitu penyulang Kuta, Novotel, dan Teluk Awang. Evaluasi keandalan dilakukan dengan menganalisis nilai indeks keandalan berupa SAIDI dan SAIFI dengan dua metode, yaitu metode *Section Technique* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Proses untuk menentukan apakah sistem distribusi memenuhi standar keandalan, penelitian ini mengacu pada SPLN No. 68 dengan nilai SAIFI sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 21 jam/pelanggan/tahun. Hasil analisis menunjukkan bahwa penyulang Novotel memiliki nilai SAIFI terbaik sebesar 4,26 kali/tahun/pelanggan, sedangkan penyulang Teluk Awang memiliki nilai SAIFI tertinggi sebesar 22,198 kali/tahun/pelanggan. Untuk indeks keandalan SAIDI pada penyulang GI Kuta, hanya penyulang Novotel yang sesuai standar SPLN No. 68 dengan nilai 12,9 jam/pelanggan/tahun. Sedangkan, hasil percobaan menggunakan *software* ETAP menunjukkan bahwa nilai SAIFI pada penyulang Novotel menjadi yang paling kecil dengan nilai 4,458 kali/tahun/pelanggan, sedangkan nilai SAIFI terbesar terjadi pada penyulang Kuta dengan 25,63 kali/tahun/pelanggan.

Abstract. Reliability serves as a key indicator represented by an index or numerical value. Broadly, system reliability is defined as the capability of a power system to deliver an adequate electricity supply while maintaining satisfactory quality standards. This study conducts a comprehensive analysis of the reliability level of the distribution system at the Kuta Main Substation. The substation is supported by three feeders: the Kuta feeder, the Novotel feeder, and the Teluk Awang feeder. To assess the reliability of the distribution system, this study refers to SPLN No. 68 of 1986, which sets the SAIFI standard at 3.2 interruptions per customer annually and the SAIDI standard at 21 hours per customer per year. The lowest SAIFI value is found in the Novotel feeder at 4.26 times/year/customer and the highest SAIFI value is found in the Teluk Awang feeder at 22.198 times/year/customer. For the SAIDI values of the three feeders, only the Novotel feeder meets the PT.PLN SAIDI reliability index with a SAIDI value of 12.9 hours/customer/year. While in the ETAP simulation, the lowest SAIFI value is found in the Novotel feeder with a value of 4.458 times/year/customer and the highest in the Kuta feeder with a value of 25.63 times/customer/year.

1. PENDAHULUAN

Keandalan adalah nilai yang diukur melalui menggunakan parameter tertentu. Dalam sistem distribusi keandalan dapat diartikan sebagai kemampuan sistem dalam menyalurkan energi listrik secara optimal. Untuk menilai tingkat keandalan layanan, digunakan beberapa indeks, di antaranya SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), yang mengukur total durasi gangguan dalam satu tahun, serta SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), yang menunjukkan frekuensi pemadaman dan gangguan yang terjadi dalam periode yang sama [1-2].

Gardu Induk (GI) Kuta merupakan salah satu aset yang dimiliki oleh PT. PLN Unit Layanan Pelanggan Praya. GI Kuta terdiri dari tiga penyulang, yaitu Kuta, Novotel, dan Teluk Awang dengan masing-masing panjang saluran 95.8 km, 21.16 km, dan 111,6 km. Pada tahun 2019, GI Kuta mengalami 41 gangguan dengan total durasi pemadaman mencapai 6.260 menit. Tingginya frekuensi gangguan ini berpengaruh terhadap tingkat keandalan GI Kuta. Keandalan yang optimal sangat diperlukan mengingat gardu ini menyuplai listrik ke KEK Mandalika, sebuah kawasan strategis yang menjadi prioritas utama dalam pengembangan investasi dan infrastruktur. Selain itu, dalam beberapa tahun mendatang, pertumbuhan beban di GI Kuta diprediksi terus meningkat guna mendukung ekspansi pembangunan di KEK Mandalika. Oleh karena itu, PT. PLN UIW NTB harus memastikan kualitas layanan listrik yang andal bagi pelanggan, baik investor maupun masyarakat umum.

Penelitian ini memiliki tujuan menganalisis tingkat keandalan sistem distribusi PT. PLN ULP Praya pada GI Kuta. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis masing-masing penyulang untuk menentukan nilai SAIDI dan SAIFI sebagai indikator keandalan. Beberapa metode yang digunakan dalam perhitungan indeks keandalan ini berupa metode *Section Technique* dan metode *Failure Modes and Effect Analysis*, serta didukung dengan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*). Melalui pendekatan ini, dapat diperoleh gambaran mengenai tingkat

keandalan GI Kuta secara lebih komprehensif. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul: “Analisis Nilai SAIFI dan SAIDI Sebagai Indeks Keandalan pada Gardu Induk Kuta Menggunakan Metode *Section Technique* dan metode *Failure Mode Effect and Analysis*.”

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik merupakan aspek fundamental dalam menjaga kualitas energi listrik, terutama pada jaringan distribusi 20 kV. Berbagai metode telah diterapkan dalam mengevaluasi keandalan sistem ini, termasuk metode *Section Technique* dan metode FMEA. Penelitian sebelumnya telah membahas penerapan metode ini dalam berbagai studi kasus. Rifa'i dkk. [3] menganalisis keandalan penyulang SRN 02 di PT PLN UP3 Surakarta menggunakan dua metode, yaitu *Section Technique* dan metode FMEA, dengan hasil yang menunjukkan peningkatan keandalan jaringan setelah dilakukan evaluasi. Pendekatan serupa diterapkan oleh Setiawan dkk. [4] dalam studi keandalan sistem distribusi 20 kV di PT PLN UPJ Mojokerto, yang menyoroti efektivitas FMEA dalam mengidentifikasi dan mengurangi risiko kegagalan sistem distribusi.

Selain itu, penelitian oleh Ismail [5] membandingkan keandalan sistem distribusi 20 kV dengan metode *Section Technique* dan FMEA, mengungkapkan bahwa kombinasi kedua metode ini dapat memberikan analisis yang lebih komprehensif terhadap potensi gangguan dalam sistem distribusi. Sundara [6] melakukan simulasi berbasis ETAP untuk mengevaluasi keandalan penyulang CKNG menggunakan *Section Technique*, yang menunjukkan perbaikan dalam stabilitas sistem setelah implementasi metode ini. Sementara itu, Putra dkk. [7] mengevaluasi sistem distribusi 20 kV di PT PLN UP3 Surabaya Utara dengan menggabungkan *Section Technique* dan RIA-*Section Technique*, yang menghasilkan peningkatan nilai indeks keandalan.

Noufanda dkk. [8] meneliti keandalan jaringan distribusi di Rayon Ploso dengan menggunakan FMEA, yang menyoroti pentingnya analisis kegagalan dalam

menentukan faktor utama penyebab gangguan distribusi listrik. Studi lainnya oleh Gusmedi dkk. [9] mengevaluasi keandalan penyulang Stroberi dengan metode Section Technique dan FMEA, yang menghasilkan rekomendasi peningkatan keandalan jaringan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, studi ini bertujuan untuk menganalisis nilai SAIFI dan SAIDI sebagai indeks keandalan pada gardu induk Kuta dengan dua metode berbeda yaitu, metode *section technique* dan metode FMEA.

2.2 Dasar Teori

a. Sistem Distribusi [10]

Sistem distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berperan untuk mengantarkan tenaga listrik dari sistem pembangkit (generator utama) kepada publik atau masyarakat. Fungsi utama dari sistem distribusi tenaga listrik meliputi:

1. Mendistribusikan tenaga listrik ke berbagai lokasi atau konsumen.
2. Berfungsi sebagai sub sistem tenaga listrik yang terhubung langsung dengan konsumen, suplai energi ke berbagai lokasi (pelanggan) dilayani melalui jaringan distribusi dan disalurkan ke lokasi konsumen tersebut.

b. Indeks Keandalan Sistem [2]

Indeks keandalan adalah parameter yang dinyatakan dalam nilai pengukuran berstandar internasional yaitu IEEE atau SPLN. Beberapa indikator keandalan yaitu:

1. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI merupakan perhitungan jumlah dari perkalian frekuensi padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah konsumen pada suatu lokasi. Dengan indeks ini gambaran mengenai frekuensi kegagalan rata-rata yang terjadi pada sistem distribusi dapat diketahui sehingga memudahkan dalam melakukan klasifikasi tingkat keandalan pada sistem. Secara matematis nilai SAIFI diformulasikan pada Persamaan 1:

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_i} \quad (1)$$

Keterangan:

λ_i = Frekuensi gangguan/pemadaman

N_i = Total konsumen

2. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI merupakan jumlah dari perkalian durasi pemadaman dan konsumen padam dibagi dengan jumlah konsumen pada suatu lokasi. Dengan nilai SAIDI, gambaran mengenai durasi padam konsumen yang disebabkan oleh gangguan pada sistem distribusi dapat dievaluasi. Secara matematis nilai SAIDI diformulasikan pada Persamaan 2 :

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{N_i} \quad (2)$$

Keterangan :

U_i = Durasi gangguan/pemadaman.

N_i = Total konsumen.

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini penulis mencoba mencari indeks keandalan sistem distribusi tenaga listrik menggunakan dua metode, yaitu *Section Technique* dan *FMEA*, serta sebagai perbandingan penulis menggunakan simulasi software ETAP. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan nilai indeks keandalan berupa nilai SAIFI.

a. Metode Section Technique

Metode *Section Technique* merupakan metode yang dalam perhitungannya membagi topologi sistem menjadi beberapa bagian atau *section*. Metode ini dapat memudahkan analisis keandalan untuk mencari area pada sistem yang perlu dilakukan evaluasi keandalannya, baik melalui perawatan, pergantian, atau melakukan otomatisasi jaringan.

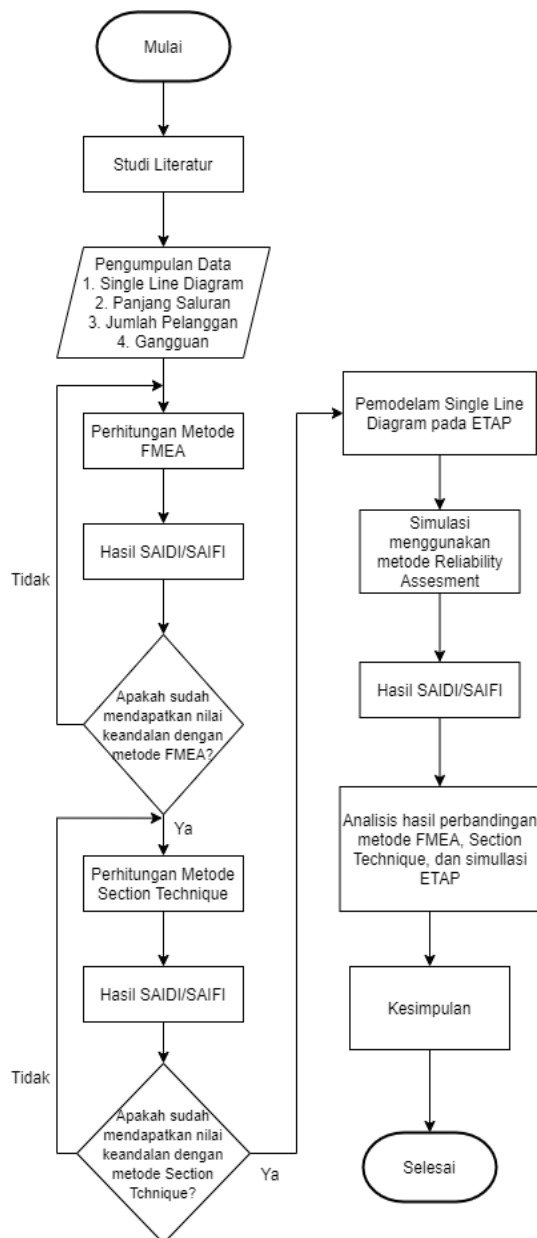
b. Metode FMEA (Failure Mode Effect and Analysis)

FMEA (*Failure Model and Effect Analysis*) merupakan suatu teknik analisis dari atas ke bawah, memiliki tujuan untuk mengetahui penyebab kegagalan, serta efek kegagalan yang diakibatkan oleh kegagalan peralatan pada sistem. Dengan kata lain, FMEA merupakan metode yang mengidentifikasi kegagalan sistem adalah kegagalan dari peralatan penyusun sistem tersebut.

FMEA berfungsi untuk mengetahui dan mencari penyebab gangguan dan masalah

kualitas pada sistem, dimana mode kegagalan yang dianalisis mencakup gangguan dan kegagalan desain.

Proses dalam melakukan penelitian ini dimulai dari mencari referensi, pengambilan data, perhitungan, simulasi, dan melakukan analisis. Penelitian ini dilaksanakan dengan urutan sistematis yang tertera pada Gambar 1.



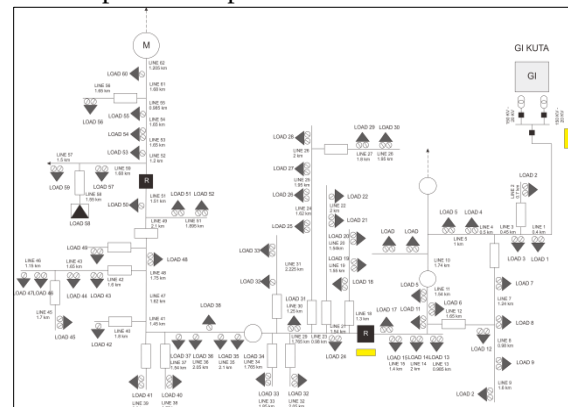
Gambar 1. Flowchart Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Gardu Induk Kuta

Gardu induk Kuta merupakan aset yang dimiliki oleh PT. PLN ULP (Unit Layanan

Pelanggan) Praya. Gardu induk Kuta terdiri dari tiga penyulang utama, yaitu penyulang Kuta, Novotel, dan Teluk Awang dengan masing-masing panjang saluran 95.8 km, 21.16 km, dan 111,6 km. Memiliki kapasitas trafo 30 MVA dengan pembebanan 128% dari kapasitas trafo yang terpasang, serta memiliki beban puncak 8,8 MW. Jumlah gangguan dan pemadaman yang terjadi pada GI Kuta sebanyak 41 kali dengan durasi pemadaman selama 6.260 menit. Single line gardu induk Kuta dapat tertera pada Gambar 2.



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang Kuta (PLN ULP Praya)

Sistem distribusi yang digunakan pada GI Kuta adalah jaringan distribusi 3 fase dimana seluruh trafo distribusi yang digunakan yaitu trafo 3 fase. Konstruksi jaringan distribusi terdiri dari Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 20 KV. Luas penampang kawat yang digunakan yaitu AAAC 150 mm² untuk jaringan utama (*main feeder*), AAAC 95 mm², AAAC 70 mm² untuk jaringan cabang 3 fase. Data resistansi (R) dan reaktansi (XL) penghantar AAAC tegangan 20 KV [12]. untuk melakukan penelitian dibutuhkan data panjang saluran dan total konsumen pada penyulang GI Kuta yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Data panjang penyulang dan jumlah pelanggan

No	Penyulang	Panjang (km)	Jumlah Pelanggan
1	Kuta	95,8	8.025
2	Novotel	21,6	44
3	Teluk Awang	111,9	20.460

Tabel 2. Indeks Kegagalan Saluran Udara [13].

Saluran Udara	Indeks
Failure rate	0,2

r (repair time)	3
rs (switching time)	0,15

Tabel 3. Data Panjang Saluran Kuta

No.	Saluran	Panjang Saluran (km)
1	Saluran 1	0,4
2	Saluran 2	0,7
3	Saluran 3	0,45
4	Saluran 4	0,5
5	Saluran 5	1
6	Saluran 6	2,05
7	Saluran 7	1,24
8	Saluran 8	0,98
9	Saluran 9	1,6
10	Saluran 10	1,74
11	Saluran 11	1,54
12	Saluran 12	1,65
13	Saluran 13	0,985
14	Saluran 14	2
15	Saluran 15	1,4
16	Saluran 16	0,75
17	Saluran 17	1,15
18	Saluran 18	1,3
19	Saluran 19	1,55
20	Saluran 20	1,54
21	Saluran 21	1,54
22	Saluran 22	2,2
23	Saluran 23	0,98
24	Saluran 24	1,62
25	Saluran 25	1,95
26	Saluran 26	2
27	Saluran 27	1,8
28	Saluran 28	1,95
29	Saluran 29	1,765
30	Saluran 30	1,25
31	Saluran 31	2,225
32	Saluran 32	2,05
33	Saluran 33	1,85
34	Saluran 34	1,765
35	Saluran 35	2,1
36	Saluran 36	2,05
37	Saluran 37	1,54
38	Saluran 38	1,25
39	Saluran 39	2,2
40	Saluran 40	1,8
41	Saluran 41	1,45
42	Saluran 42	1,6
43	Saluran 43	1,65
44	Saluran 44	2,15
45	Saluran 45	1,7
46	Saluran 46	1,15

47	Saluran 47	1,62
48	Saluran 48	1,75
49	Saluran 49	2,1
50	Saluran 50	1,895
51	Saluran 51	1,51
52	Saluran 52	1,2
53	Saluran 53	1,65
54	Saluran 54	1,65
55	Saluran 55	0,985
56	Saluran 56	1,65
57	Saluran 57	1,5
58	Saluran 58	1,55
59	Saluran 59	1,68
60	Saluran 60	2,065
61	Saluran 61	1,68
62	Saluran 62	1,205

4.1.2 Menentukan Nilai *Failure Rate* (λ) dan *Durasi Gangguan Peralatan* (U)

Untuk mengetahui keandalan penyulang kuta diperlukan nilai *failure rate* dan *durasi gangguan peralatan* yang dapat dilihat pada Persamaan 3 dan 4.

$$\lambda = \text{panjang saluran} \times \text{failure rate} \quad (3)$$

$$\lambda = 0.4 \times 0.2 = 0.08$$

$$U = \lambda \times r \quad (4)$$

$$U = 0.08 \times 3 = 0.24$$

Menggunakan Persamaan 3 dan 4 kita ambil satu kasus pada Line 1 (L1), λ pada L1 diperoleh dengan perkalian antara panjang saluran L1 dengan *failure rate* saluran udara sehingga diperoleh hasil $\lambda L1$ sebesar 0,08. Kemudian nilai $UL1$ diperoleh dengan perkalian $\lambda L1$ dengan nilai r (*repair time*), sehingga diperoleh hasil $UL1$ sebesar 0,24.

Perhitungan untuk mencari nilai *failure rate* dan *Durasi gangguan peralatan* dilakukan pada seluruh saluran yang terdapat pada Penyulang GI Kuta.

4.2 Analisis Keandalan Menggunakan Metode *Section Technique*

Penyulang yang dianalisis memiliki 51 *load point* berupa trafo distribusi dengan jumlah konsumen 8.035 rumah. penyulang memiliki 62 saluran dengan total panjang 95,8 km. Pada penyulang yang dianalisis jumlah *recloser* adalah 3 buah, dalam metode ini penulis membagi penyulang menjadi 3 *section*. berdasarkan jumlah titik beban dan panjang

saluran, penyulang ini merupakan penyulang besar dan memiliki banyak pelanggan.

Untuk mengetahui nilai indeks keandalan pada sistem dapat dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 1 dan Persamaan 2.

Section 1

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_i}$$

$$SAIFI = \frac{19,61 \times 365}{8025} = 0,89 \text{ kali/pelanggan}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{N_i}$$

$$SAIDI = \frac{58,83 \times 365}{8025} = 2,68 \text{ jam/pelanggan}$$

SAIDI dan SAIFI kita ambil satu kasus pada Load Point 1 (LP1), pada LP1 diperoleh dengan perkalian antara nilai *failure rate* LP1 dengan jumlah pelanggan pada LP1 dan dibagi dengan jumlah pelanggan pada penyulang Kuta sehingga diperoleh nilai SAIFI sebesar 0,89 kali/tahun/pelanggan. Kemudian nilai SAIDI diperoleh dengan perkalian ULP1 dengan nilai jumlah pelanggan pada LP1 dan dibagi dengan jumlah pelanggan pada penyulang Kuta sehingga diperoleh nilai SAIDI 2,68 jam/tahun/pelanggan.

Perhitungan yang serupa dilakukan pada seluruh saluran penyulang Kuta, untuk hasil perhitungan lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Indeks Keandalan Section 1

LP	λ	U	N	SAIFI	SAIDI
1	19,61	58,83	365	0,89	2,68
2	19,61	58,83	451	1,1	3,31
3	19,61	58,83	269	0,66	1,97
4	19,61	58,83	428	1,05	3,14
5	19,61	58,83	20	0,05	0,15
6	19,61	58,83	399	0,98	2,93
7	19,61	58,83	22	0,05	0,16
8	19,61	58,83	218	0,53	1,6
9	19,61	58,83	116	0,28	0,85
10	19,61	58,83	141	0,34	1,03
11	19,61	58,83	92	0,22	0,67
12	19,61	58,83	91	0,22	0,67
13	19,61	58,83	56	0,14	0,41
14	19,61	58,83	61	0,15	0,45

15	19,61	58,83	101	0,25	0,74
16	19,61	58,83	50	0,12	0,37
17	19,61	58,83	48	0,12	0,35
18	19,61	58,83	4	0,01	0,03
19	19,61	58,83	836	2,04	6,13
Total				9,21	27,62

Tabel 4. menunjukkan nilai λ pada LP1 sampai LP19 dengan nilai 19,61 gangguan/tahun. Diambil satu kasus pada LP1, SAIFI LP1 diperoleh dari perkalian *failure rate* LP1 dengan jumlah beban pada LP1 kemudian dibagi dengan jumlah beban total pada penyulang Kuta sehingga dihasilkan nilai SAIFI LP1 0,89 kali/tahun/pelanggan. Sedangkan untuk nilai SAIDI diperoleh dari perkalian ULP1 dengan jumlah beban pada LP1 kemudian dibagi dengan jumlah beban total pada penyulang Kuta sehingga didapatkan nilai 2,68 jam/tahun/pelanggan.

Untuk nilai SAIFI pada Section 1 didapatkan dari penjumlahan nilai SAIFI LP1-LP19 sehingga didapatkan nilai 9,21 kali/tahun/pelanggan. Sedangkan untuk nilai SAIDI pada Section 1 didapatkan dari penjumlahan SAIDI LP1-LP19 sehingga dihasilkan nilai 27,62 jam/tahun/pelanggan. apabila dibandingkan dengan nilai SPLN No. 68 dengan standar nilai SAIFI 3,2 kali/tahun/pelanggan dan SAIDI 21 jam/tahun/pelanggan [14]. Nilai keandalan pada sistem distribusi yang dianalisis dibawah standar.

Setelah mengetahui nilai indeks keandalan tiap section dapat diperoleh nilai indeks keandalan sistem jaringan penyulang yang dianalisis dengan menjumlahkan indeks keandalan tiap section. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel di 5.

Tabel 5. Keandalan Penyulang pada Gardu Induk Kuta

No	Penyulang	SAIFI	SAIDI
1	Kuta	19,61	58,83
2	Teluk Awang	22,19	67,20
3	Novotel	4,26	12,92

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 5 indeks keandalan SAIFI dan SAIDI yang didapat dibandingkan dengan SPLN No. 68 tahun 1986 dengan nilai SAIFI 3,2 kali/tahun/pelanggan dan SAIDI 21 jam/tahun/pelanggan [14]. Nilai keandalan pada sistem distribusi yang dianalisis dibawah

standar.

Hasil yang didapat pada ketiga penyulang diketahui bahwa penyulang pada GI Kuta tidak memenuhi standar SPLN No. 68 tahun 1986. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor baik itu faktor teknis seperti peralatan yang sudah tua maupun faktor non-teknis seperti bencana alam.

4.3. Analisis Keandalan Menggunakan Metode FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*)

Berdasarkan Gambar SLD penyulang Kuta, penulis melakukan identifikasi kegagalan pada peralatan. Ketika menggunakan metode FMEA, setiap gangguan yang terjadi pada komponen sistem akan terdeteksi jelas pengaruhnya terhadap keseluruhan sistem distribusi. Hal ini dikarenakan tidak ada pembagian mode kegagalan berdasarkan *section* pada sistem distribusi yang dianalisis.

Setelah proses identifikasi selesai, maka dilakukan perhitungan nilai λ dan U tiap *load point* dan terakhir menghitung indeks keandalan SAIFI dan SAIDI.

Untuk mengetahui keandalan penyulang kuta diperlukan nilai SAIFI dan SAIDI yang dapat ditulis kembali pada Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_i}$$

$$SAIFI = \frac{19,18 \times 365}{8025} = 0,87 \text{ kali/tahun.}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{N_i}$$

$$SAIDI = \frac{58,06 \times 365}{8025} = 2,64 \text{ jam/tahun.}$$

Menggunakan Persamaan 1 dan 2 penulis mengambil satu contoh kasus pada *Load Point* 1 (LP1), pada LP1 diperoleh dengan melakukan perkalian antara nilai *failure rate* LP1 dengan total konsumen pada LP1 dan dibagi dengan jumlah pelanggan pada penyulang Kuta sehingga diperoleh indeks keandalan berupa nilai SAIFI sebesar 0,89 kali/tahun/pelanggan. Kemudian nilai SAIDI diperoleh dengan perkalian ULP1 dengan nilai jumlah pelanggan pada LP1 dan dibagi dengan jumlah pelanggan pada penyulang Kuta sehingga diperoleh nilai SAIDI 2,64 jam/tahun/pelanggan.

Dengan dilakukan perhitungan yang serupa pada seluruh saluran penyulang Kuta, untuk hasil perhitungan lengkap dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Keandalan Penyulang Kuta

LP	λ	U	N	SAIFI	SAIDI
1	19,18	58,06	365	0,87	2,64
2	19,18	58,06	451	1,08	3,26
3	19,18	58,06	269	0,64	1,95
4	19,18	58,06	428	1,02	3,10
5	19,18	58,06	20	0,05	0,14
6	19,18	58,06	399	0,95	2,89
7	19,18	58,06	22	0,05	0,16
8	19,18	58,06	218	0,52	1,58
9	19,18	58,06	116	0,28	0,84
10	19,18	58,06	141	0,34	1,02
11	19,18	58,06	92	0,22	0,67
12	19,18	58,06	91	0,22	0,66
13	19,18	58,06	56	0,13	0,41
14	19,18	58,06	61	0,15	0,44
15	19,18	58,06	101	0,24	0,73
16	19,18	58,06	50	0,12	0,36
17	19,18	58,06	48	0,11	0,35
18	19,18	58,06	4	0,01	0,03
19	19,18	58,06	836	2,00	6,05
20	19,18	58,06	254	0,61	1,84
21	19,18	58,06	554	1,32	4,01
22	19,18	58,06	133	0,32	0,96
23	19,18	58,06	443	1,06	3,21
24	19,18	58,06	676	1,62	4,89
25	19,18	58,06	382	0,91	2,76
26	19,18	58,06	89	0,21	0,64
27	19,18	58,06	169	0,4	1,22
28	19,18	58,06	147	0,35	1,06
29	19,18	58,06	201	0,48	1,45
30	19,18	58,06	178	0,43	1,29
31	19,18	58,06	323	0,77	2,34
32	19,18	58,06	103	0,25	0,75
33	19,18	58,06	61	0,15	0,44
34	19,18	58,06	108	0,26	0,78
35	19,18	58,06	20	0,05	0,14
36	19,18	58,06	9	0,02	0,07
37	19,18	58,06	99	0,24	0,72
38	19,18	58,06	135	0,32	0,98
39	19,18	58,06	93	0,22	0,67
40	19,18	58,06	27	0,06	0,2
41	19,18	58,06	2	0,005	0,01
42	19,18	58,06	2	0,005	0,01
43	19,18	58,06	15	0,036	0,11
44	19,18	58,06	3	0,01	0,02
45	19,18	58,06	1	0,002	0,01
46	19,18	58,06	6	0,01	0,04

47	19,18	58,06	8	0,02	0,06
48	19,18	58,06	3	0,01	0,02
49	19,18	58,06	2	0,005	0,01
50	19,18	58,06	6	0,01	0,04
51	19,18	58,06	5	0,01	0,04
Total				19,18	58,06

Nilai SAIFI dan SAIDI total didapatkan dengan melakukan penjumlahan pada besarnya indeks keandalan tiap *Load Point*. Untuk penyulang Kuta yang didapatkan indeks keandalan berupa nilai SAIFI total sebesar 19,18 kali/tahun/pelanggan dan nilai SAIDI total sebesar 58,06 jam/tahun/pelanggan.

Selanjutnya setelah mendapatkan hasil keandalan pada penyulang Kuta dilakukan perhitungan untuk mengetahui keandalan penyulang Teluk Awang dan penyulang Novotel yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Indeks Keandalan Penyulang GI Kuta

No	Penyulang	SAIFI	SAIDI
1	Kuta	19,18	58,06
2	Teluk Awang	22,2	67,2
3	Novotel	4,21	12,9

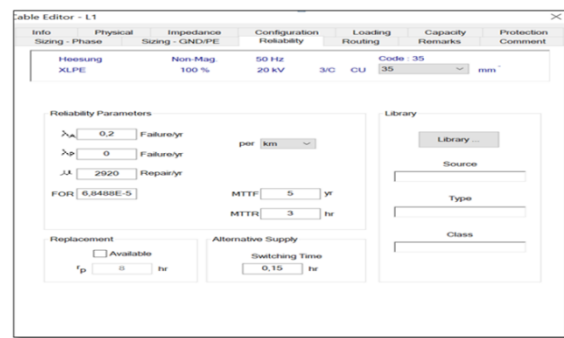
Nilai SAIFI dan SAIDI yang didapat dibandingkan dengan SPLN No. 68 dengan standar nilai SAIFI 3,2 kali/tahun/pelanggan dan SAIDI 21 jam/tahun/pelanggan.

Berdasarkan Tabel 7 nilai keandalan yang didapat pada ketiga penyulang GI Kuta tidak memenuhi standar SPLN No. 68 tahun 1986.

Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor baik itu faktor teknis seperti peralatan yang sudah tua maupun faktor non-teknis seperti bencana alam.

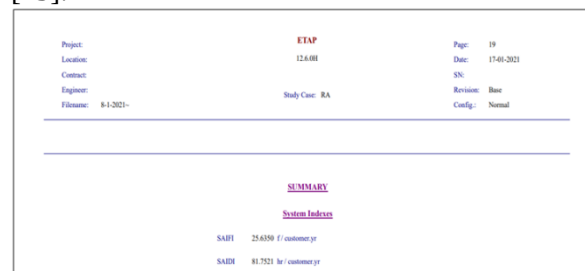
4.4 Simulasi *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP)

Simulasi untuk mendapatkan indeks keandalan Penyulang Kuta pada *software* ETAP menggunakan menu *Reliability Assessment* dengan hasil keluaran pada *Reliability Assessment Report* adalah indeks SAIFI dan SAIDI. Dengan melakukan penginputan data komponen jaringan pada pemodelan *single line* diagram penyulang Kuta yang telah dibuat sebelumnya. Setelah melakukan pemodelan dilakukan penginputan parameter pada tiap-tiap komponen seperti Gambar 3.



Gambar 3. Parameter Kabel pada *software* ETAP

Gambar 4 menunjukan parameter komponen keandalan yaitu kabel transmisi, selain kabel parameter komponen kegagalan yang diinputkan adalah (*Circuit breaker, Load break switch, dan trafo*), waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan (MTTR), waktu pemindahan (*switching time*) dengan berpedoman pada standar SPLN No 59 1985 [13].



Gambar 4. Tampilan *Reliability Indeks Assesment Report*

Berdasarkan Gambar 4 Nilai SAIFI dan SAIDI yang diperoleh untuk penyulang Kuta yang dianalisis diperoleh nilai SAIFI sebesar 25,63 kali/tahun/pelanggan dan nilai SAIDI sebesar 81,75 jam/tahun/pelanggan

Selanjutnya setelah mendapatkan hasil simulasi keandalan pada penyulang Kuta dilakukan simulasi *ETAP* pada penyulang Teluk Awang dan penyulang Novotel yang hasilnya tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. Keandalan Penyulang pada Gardu Induk Kuta

No	Penyulang	SAIFI	SAIDI
1	Kuta	25,63	81,75
2	Teluk Awang	23,075	70,323
3	Novotel	4,458	14,174

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan indeks keandalan pada ketiga penyulang masih berada dibawah standar SPLN No.68.

Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai

macam faktor, yaitu faktor teknis berupa peralatan yang sudah tua dan faktor non-teknis seperti bencana alam.

4.5 Perbandingan SAIFI dan SAIDI GI Kuta dengan Metode *Section Technique*, *FMEA*, dan Simulasi *ETAP*

Setelah mendapatkan hasil perhitungan indeks keandalan berupa nilai SAIFI dan SAIDI menggunakan tiga metode didapatkan perbandingan nilai indeks keandalan untuk masing-masing metode yang tertera pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan SAIFI dan SAIDI GI Kuta dengan Metode *Section Technique*, *FMEA*, dan Simulasi *ETAP*

Penyulang	FMEA		Section Technique		ETAP	
	SAIDI	SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI	SAIFI
Kuta	58,06	19,18	58,83	19,61	81,75	25,63
Teluk Awang	67,21	22,22	67,20	22,19	70,32	23,07
Novotel	12,92	4,21	12,91	4,26	14,17	4,45

Berdasarkan Tabel 9 menunjukkan nilai indeks keandalan SAIFI untuk ketiga metode yaitu FMEA, Section Technique, dan ETAP. Didapatkan nilai SAIFI metode FMEA dan Section Technique relatif sama yaitu masing-masing 19,18 kali/tahun/pelanggan dan 19,61 jam/tahun/pelanggan. Dengan metode simulasi ETAP yaitu 25,63 kali/tahun/pelanggan.

Sedangkan untuk indeks keandalan SAIDI pada ketiga metode yaitu FMEA, Section Technique, dan ETAP. Didapatkan nilai SAIDI metode FMEA dan Section Technique relatif sama yaitu masing-masing bernilai 58,06 jam/tahun/pelanggan dan sebesar 58,83 jam/tahun/pelanggan. Dengan metode simulasi ETAP yaitu 81,75 jam/tahun/pelanggan.

Jika pada metode FMEA dan Section Technique nilai SAIDI dan SAIFI hampir sama dengan perbedaan masing-masing 0,74%

dan 1,3%. Namun pada simulasi ETAP terlihat perbedaan nilai SAIFI dan SAIDI yang signifikan yaitu masing-masing sebesar 25,25% dan 39,6%. Hal ini disebabkan karena simulasi ETAP hanya memperhatikan waktu perbaikan tiap komponen sedangkan metode FMEA dan Section Technique memperhatikan waktu perbaikan komponen dan *failure rate* masing-masing komponen.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada ketiga penyulang GI Kuta, didapati bahwa dari ketiga penyulang yang terdapat pada GI Kuta, tidak ada penyulang yang memenuhi standar SPLN tahun 1986 dengan nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 3,2 kali/tahun dan indeks keandalan SAIDI sebesar 21 jam/tahun. Untuk indeks keandalan SAIFI paling baik terdapat pada penyulang Novotel dengan nilai 4,26 kali/tahun/pelanggan dan indeks keandalan SAIFI paling tinggi terdapat pada penyulang Teluk Awang dengan nilai 22,198 kali/tahun/pelanggan. Sedangkan untuk indeks keandalan SAIDI dari ketiga penyulang pada GI Kuta, hanya penyulang Novotel yang memenuhi nilai SPLN No. 68 dengan indeks keandalan SAIDI sebesar 12,9 jam/pelanggan/tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak PT. PLN Unit Layanan Pelanggan Praya yang bersedia mengizinkan penulis melakukan penelitian dan rekan-rekan dosen yang telah membantu proses penulisan dan penyusunan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Marsudi, *Operasi sistem tenaga listrik*, 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [2] T. Gonen, *Electric Power Distribution System Engineering*. United States of America: McGraw-Hill, 1986.
- [3] M. Rifa'i, S. Kanata, and L. Muntasiroh, "Reliability Analysis of 20kV Distribution System SRN 02 Transmission Line of PT PLN (Persero) UP3 Surakarta," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 11–17, Jan. 2025, doi: 10.37905/jjee.v7i1.26291.
- [4] A. F. Setiawan and T. Suheta, "Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV di PT. PLN (Persero) UPJ Mojokerto Menggunakan

- Metode FMEA (FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS),” *CYCLOTRON*, vol. 3, no. 1, Feb. 2020, doi: 10.30651/cl.v3i1.4304.
- [5] M. T. Ismail, “Analisis Komparasi Metode Section Technique Dan Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Serta Reliability Index Assessment (Ria) Untuk Menentukan Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Pada Penyulang Parangbanoa,” Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, 2024.
 - [6] F. R. Sundara, “Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20kv Penyulang Ckng Di PT. PLN (Persero) Area Ciamis Menggunakan Etap Dan Metode Section Technique,” Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 2021.
 - [7] E. Putra, M. Munir, N. P. U. Putra, Y. A. Prabowo, N. H. Rohiem, and I. Masfufiah, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Section Technique dan RIA-Section Technique Pada Sistem Distribusi PT.PLN UP3 Surabaya Utara,” in *eminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2022, pp. 116.1-116.10.
 - [8] Y. F. Noufanda, P. Slamet, N. A. Basyarach, A. Ridhoi, and G. D. Prenata, “Keandalan sistem jaringan distribusi 20KV di PT. PLN Rayon Ploso Menggunakan Metode FMEA,” *El Sains Jurnal Elektro*, vol. 3, no. 2, Dec. 2021, doi: 10.30996/elsains. v3i2.5990.
 - [9] H. Gusmedi, L. Hakim, and R. Ramadan, “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*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3617.
 - [10] W. H. Kersting, *Distribution System Modeling and Analysis*, 2nd Edition. Boca Raton: CRC Press, 2006. doi: 10.1201/9781420006162.
 - [11] Suhadi and Tr. Wrahatnolo, *TEKNIK DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
 - [12] PT. PLN (Persero), “SPLN 64: Petunjuk Pemilihan Dan Penggunaan Pelebur Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah,” Jakarta, 1985.
 - [13] PT. PLN (Persero), “SPLN 59: Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV,” Jakarta, 1985.
 - [14] PT. PLN (Persero), “SPLN 68-2: Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian dua: Sistem Distribusi,” Jakarta, 1986.