

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG OKURA DI PT. PLN (PERSERO) ULP RUMBAI DENGAN METODE FMEA

Usaha Situmeang¹, Abrar Tanjung², Rani Oktaviani Rivandi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

Jl. Yos Sudarso Km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: usaha@unilak.ac.id¹, abrar@unilak.ac.id², ranirivandi02@gmail.com³

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan tenaga listrik dari tahun ke tahun menuntut tingkat keandalan yang lebih tinggi dalam penyediaan dan penyaluran dayanya. Keandalan suatu jaringan distribusi dari suatu penyulang dapat digambarkan melalui besaran dari indeks-indeks keandalan yang akan dibandingkan dengan indeks acuan yang digunakan diindonesia yaitu berdasarkan pada Standar PLN untuk mengetahui tingkat keandalan dari jaringan distribusi tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung tingkat keandalan sistem distribusi 20 kV pada Penyulang Okura di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Rumbai. Salah satu cara mengetahui indeks keandalan yaitu dengan metode *FMEA*, *Failure modes* sendiri mengarah pada suatu langkah ataupun mode yang mengalami kegagalan, sedangkan *effect analysis* mengarah pada suatu studi yang membahas tentang konsekuensi dari kegagalan tersebut dengan memperhitungkan laju kegagalan, *repair time* dan *switching time* dari setiap komponen dalam jaringan distribusi untuk mendapatkan indeks keandalan. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *FMEA* didapatkan nilai *SAIFI* sebesar 0,27 (kegagalan/pelanggan/tahun), nilai *SAIDI* sebesar 0,09 (jam/pelanggan/tahun) dan nilai *CAIDI* sebesar 3. Berdasarkan hasil perhitungan Peyulang Okura dikategorikan andal karena nilainya berada dibawah standar keandalan distribusi menurut SPLN nomor 59 tahun 1985.

Kata Kunci: Keandalan, Penyulang Okura, *SAIFI*, *SAIDI*, *FMEA*.

ABSTRACT

The increasing demand for electricity from year to year demands a higher level of reliability in the supply and distribution of power. The reliability of a distribution network from a feeder can be described by the magnitude of the reliability indices which will be compared with the reference index used in Indonesia, which is based on the PLN Standard to determine the level of reliability of the distribution network. The purpose of this study was to calculate the reliability level of the 20 kV distribution system at Okura Feeders at PT. PLN (Persero) Rumbai Customer Service Unit. One way of knowing the reliability index is by using the FMEA method, the failure modes themselves lead to a step or mode that fails, while the effect analysis leads to a study that discusses the consequences of these failures by calculating the failure rate, repair time and switching time of each. components in a distribution network to obtain a reliability index. Based on the results of calculations using the FMEA method, the SAIFI value is 0,27 (failure/customer/year), a SAIDI value of 0,09 (hours/ customer/year) and a CAIDI value of 3. Based on the results of calculations, Peyulang Okura is categorized as reliable because the value is below the distribution reliability standard according to SPLN number 59 of 1985.

Keywords: Reliability, Okura feeder, *SAIFI*, *SAIDI*, *FMEA*.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan kesejahteraan masyarakat, kebutuhan energi listrik semakin meningkat dari tahun ke tahun. Perkembangan kebutuhan tenaga listrik perlu diimbangi dengan peningkatan pembangkit listrik dan pertumbuhan kapasitas infrastruktur yang ada agar dapat terus mendistribusikan tenaga listrik kepada konsumen dengan kualitas distribusi tenaga

listrik yang standar [1]. Sistem distribusi yang dikelola oleh PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Rumbai Pekanbaru memiliki andil yang sangat besar dalam memberikan jaminan kualitas penyaluran energi listrik yang memenuhi standar baik secara teknis maupun non teknis kepada konsumen atau pelanggan. Salah satu cara untuk meningkatkan keandalan serta kontinuitas pelayanan daya listrik terhadap pelanggan yaitu dengan mengevaluasi sistem distribusi tegangan menengah 20 kV agar

dapat mengantisipasi permasalahan-permasalahan yang ada [2]–[4]. Kualitas penyaluran secara teknis ditunjukkan dengan parameter-parameter besaran tegangan, frekuensi, faktor daya dan indeks keandalan yang memenuhi standar yang berlaku secara nasional maupun internasional [5], [6]. Disamping terpenuhinya kualitas teknis diatas yang ditujukan konsumen, sistem juga harus memenuhi syarat lain terkait dengan operasi sistem yang ekonomis yang berkaitan dengan kepentingan perusahaan pensuplai energi. Operasi yang ekonomis pada sistem distribusi diantaranya ditunjukkan oleh susut energi yang rendah [7], [8].

Keandalan suatu jaringan distribusi dari suatu penyulang dapat digambarkan melalui besaran dari indeks-indeks keandalan yang akan dibandingkan dengan indeks acuan yang digunakan di indonesia yaitu berdasarkan pada Standar PLN untuk mengetahui tingkat keandalan dari jaringan distribusi tersebut [9], [10]. Indeks-indeks keandalan yang biasa digunakan pada sistem distribusi yaitu *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)* merupakan indeks keandalan berdasarkan durasi atau lamanya pemadaman, *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)* merupakan indeks keandalan berdasarkan seringnya atau jumlah terjadinya pemadaman, *Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)* merupakan indeks perbandingan antara *SAIDI* dengan *SAIFI* [11]–[13].

Salah satu cara mengetahui indeks keandalan yaitu dengan metode *FMEA*. *Failure modes* sendiri mengarah pada suatu langkah ataupun mode yang mengalami kegagalan sedangkan *effect analysis* mengarah pada suatu studi yang membahas tentang konsekuensi dari kegagalan tersebut. Maka perlu dilakukan pengujian dan analisa keandalan sistem distribusi.

2. METODE PENELITIAN

Laju kegagalan adalah nilai rata-rata dari jumlah kesalahan persatu waktu pada selang waktu pengamatan waktu tertentu (T) dan dinyatakan dalam satuan kegagalan pertahun. Nilai laju kegagalan dinyatakan sebagai berikut [14] :

$$\lambda = \frac{d}{T} \quad (1)$$

Keterangan :

- λ = Laju kegagalan (kegagalan/tahun)
- d = jumlah kegagalan yang terjadi pada waktu T
- T = Selang waktu pengamatan (tahun)

Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan atau tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang

dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi (*restoration*) [15].

Nilai Indeks Keandalan diatur melalui standar PLN nomor 59 tahun 1985 menetapkan bahwa sistem dalam kondisi baik jika telah memenuhi standar nilai indeks keandalan seperti dibawah ini [16] :

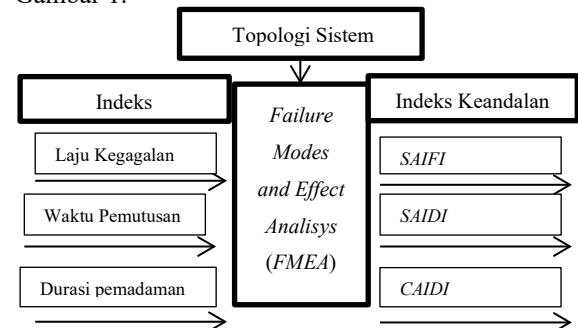
- a. *SAIFI* : 1,2 kali/pelanggan/tahun
- b. *SAIDI* : 0,83 jam/pelanggan/tahun

Dan pada Parameter pengukuran Laju kegagalan dan juga *Switching Time* berdasarkan SPLN pada tahun 1985 tentang Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV, seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Standar Nilai Laju Kegagalan dan *Repair Time*

No	Komponen	Laju Kegagalan	Repair time (jam)
1	Saluran udara	0,2/km/tahun	4
2	Pemutus tenaga	0,004/unit/tahun	10
3	Saklar pemisah	0,003/unit/tahun	10
4	Saklar beban	0,003/unit/tahun	10
5	Trafo distribusi	0,005/unit/tahun	10

Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu bentuk pendekatan bertujuan untuk mengidentifikasi mode-mode kegagalan penyebab kegagalan serta dampak kegagalan yang ditimbulkan oleh tiap-tiap komponen terhadap sistem [17]. Kerangka konsep metode *FMEA*, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerangka Konsep Metode *FMEA*

Indikator keandalan yang paling mendasar untuk sistem distribusi ada tiga macam yaitu [16] :

$$\lambda_x = \sum_i \lambda_i \quad (2)$$

$$\lambda_x = \frac{\sum_i \lambda_i r_i}{\sum_i \lambda_i} \quad (3)$$

$$U_s = \sum_i \lambda_i r_i \quad (4)$$

Keterangan :

- λ = Frekuensi kegagalan tahunan rata-rata (*fault/year*)

- r = Lama terputusnya pasokan listrik rata-rata (*hours/fault*)
 U = Lama/durasi terputusnya pasokan listrik tahunan ratarata (*hours/year*)

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai λ dan U dari tiap peralatan yang termasuk kedalam perhitungan dari Penyulang. Nilai λ pada penelitian ini, didapatkan dari perkalian nilai λ peralatan SPLN 59, Tahun 1985 dengan panjang saluran. Nilai U didapatkan dari perkalian nilai λ dengan r tiap peralatan [16]:

$$\lambda = \lambda (\text{SPLN}) \times \text{panjang saluran} \quad (5)$$

$$U = \lambda \times r \quad (6)$$

Keterangan :

- λ = Frekuensi kegagalan tahunan rata-rata (*fault/year*)
 r = Lama terputusnya pasokan listrik rata-rata (*hours/fault*)
 U = Lama/durasi terputusnya pasokan listrik tahunan ratarata (*hours/year*)

Ketiga indeks dasar keandalan tersebut tidak dapat menggambarkan seberapa besar dampak pemadaman itu bagi konsumen dan bagi perusahaan. Oleh karena itu dilakukan dengan menghitung Indeks Keandalan sistem untuk mengetahui performa suatu sistem.

Untuk menghitung Indeks keandalan yang digunakan dalam menghitung performa keandalan sistem secara keseluruhan yaitu :

a. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI merupakan nilai indeks rata-rata frekuensi gangguan pada sistem. SAIFI adalah rata-rata jumlah interupsi atau gangguan yang berkelanjutan per konsumen sepanjang tahun. Ini adalah rasio jumlah interupsi atau gangguan tahunan terhadap jumlah konsumen [11].

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{Total jumlah pelanggan yang mengalami gangguan}}{\text{Total jumlah pelanggan yang dilayani}} \quad (7)$$

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum n} \quad (8)$$

Keterangan :

- λ_i = Indeks kegagalan rata-rata pertahun (*failure/year*)
 Ni = Jumlah konsumen padam
 N = Jumlah total konsumen

b. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI merupakan nilai indeks rata-rata durasi atau lamanya gangguan pada sistem. SAIDI adalah durasi rata-rata interupsi atau gangguan per konsumen sepanjang tahun. Ini adalah rasio durasi

gangguan tahunan (berkelanjutan) terhadap jumlah konsumen. Jika durasi ditentukan dalam hitungan menit, SAIDI dinyatakan dalam menit gangguan yang dirasakan konsumen [11].

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Total durasi atau lamanya gangguan pelanggan}}{\text{Jumlah total pelanggan}} \quad (9)$$

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N} \frac{\text{hours}}{\text{year}} * \text{customer} \quad (10)$$

Keterangan :

- Ui = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (*hours/year*)
 Ni = Jumlah konsumen padam
 N = Jumlah total konsumen

c. Consumer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

CAIDI merupakan indeks durasi atau lamanya gangguan rata-rata bagi konsumen yang terkena gangguan tersebut. CAIDI adalah durasi atau lamanya gangguan rata-rata, dihitung berdasarkan jumlah gangguan berkelanjutan dalam setahun. Ini adalah rasio dari total durasi gangguan terhadap jumlah gangguan selama tahun tersebut. Untuk mendapatkan nilai CAIDI ini dilakukan perhitungan dengan persamaan [11] :

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{SAIDI}}{\text{SAIFI}} \quad (11)$$

d. Average Service Availability Index (ASAI)

ASAI merupakan indeks yang merepresentasikan waktu ketersediaan daya untuk pelanggan dalam satu tahun. Untuk mendapatkan nilai ASAI ini dilakukan perhitungan dengan persamaan [11]:

$$\text{ASAI} = \frac{\text{Jam ketersediaan pelayanan pelanggan}}{\text{Kebutuhan jam pelayanan pelanggan}} \quad (12)$$

e. Average Service Unavailability Index (ASUI)

ASUI merupakan indeks yang merepresentasikan waktu ketidaktersediaan daya untuk pelanggan dalam satu tahun. Untuk mendapatkan nilai ASUI ini dilakukan perhitungan dengan persamaan [11]:

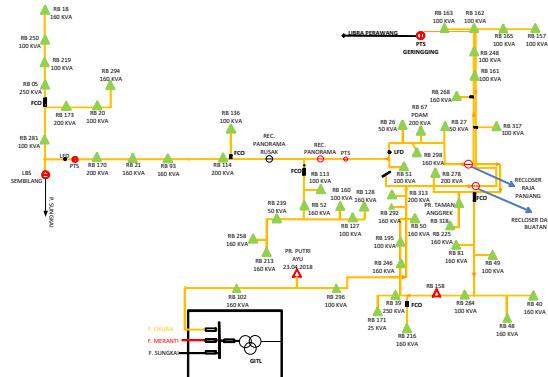
$$\text{ASUI} = 1 - (\text{ASAI}) \quad (13)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model sistem penyulang okura seperti pada Gambar 2.

Penelitian kualitas keandalan dilakukan pada jaringan distribusi 20 kV Penyulang Okura PT. PLN (Persero) ULP Rumbai. Populasi penelitian merupakan konsumen yang dilayani sepanjang jaringan distribusi penyulang Okura. Penyulang Okura ini memiliki panjang saluran 52,8 kms yang

disuplai dari Gardu Induk Teluk Lembu dengan sumber pada transformator daya 2 (dua) berkapasitas 60 MVA. Penyulang Okura mempunyai 2 *Recloser*, 7 *Fuse Cut Out (FCO)* dan 53 Transformator [18].



Gambar 2 Single Line Diagram Penyulang Okura [18]

Table 2 Data Panjang Saluran dan Pelanggan Penyulang Okura.

No	Trafo Distribusi	P (kVA)	Panjang saluran (km)	Jumlah Pelanggan
1	RB 005	250	0,2	51
2	RB 018	160	0,2	163
3	RB 020	100	0,2	102
4	RB 021	160	0,1	102
5	RB 026	50	0,95	163
6	RB 027	50	0,45	204
7	RB 039	250	0,2	204
8	RB 040	160	0,2	100
9	RB 048	160	0,2	204
10	RB 049	100	0,2	163
11	RB 050	160	0,2	26
12	RB 051	100	0,65	102
13	RB 052	160	0,6	26
14	RB 067	200	0,35	102
15	RB 081	160	0,2	102
16	RB 093	160	0,55	160
17	RB 102	160	1,65	160
18	RB 113	100	0,6	100
19	RB 114	200	0,6	200
20	RB 127	100	0,1	100
21	RB 128	160	0,15	160
22	RB 136	100	0,3	100
23	RB 157	100	1,3	100
24	RB 158	50	0,2	50
25	RB 160	100	0,15	100
26	RB 161	100	0,8	100

Sambungan Tabel 2

No	Trafo Distribusi	P (kVA)	Panjang saluran (km)	Jumlah Pelanggan
27	RB 162	100	2,45	100
28	RB 163	100	2	100
29	RB 165	100	1,25	100
30	RB 170	200	0,1	200
31	RB 171	25	0,2	25
32	RB 173	200	0,2	200
33	RB 195	100	0,2	100
34	RB 213	160	0,25	160

35	RB 216	160	0,2	160
36	RB 219	100	0,2	100
37	RB 225	160	0,2	160
38	RB 239	50	0,7	50
39	RB 246	160	0,2	160
40	RB 248	100	1,25	100
41	RB 250	100	0,2	100
42	RB 258	160	0,2	160
43	RB 268	160	0,2	160
44	RB 278	100	0,2	163
45	RB 281	100	0,2	163
46	RB 284	100	0,2	204
47	RB 292	160	1,85	51
48	RB 294	160	0,2	102
49	RB 296	160	0,5	56
50	RB 298	160	0,55	51
51	RB 313	200	0,55	204
52	RB 317	100	1	163
53	RB 318	200	0,2	163
Total		7125	26,75	7.106

(Sumber [18])

Langkah-langkah yang dilakukan didalam penelitian ini adalah :

1. Pengambilan data trafo, penyulang, panjang saluran, *Single Line Diagram* dan jumlah pelanggan.
2. Menghitung *SAIFI* dan *SAIDI* penyulang okura pada tahun 2018 dan tahun 2019.
3. Menghitung keandalan per *load point* pada Penyulang Okura dengan menggunakan Metode *FMEA*.
4. Penerapan Algoritma Genetika pada pada penempatan *recloser* di Penyulang Okura dengan menggunakan *Software MATLAB*.

Flowchart penelitian dari analisis keandalan sistem distribusi 20 kV pada Penyulang Okura di PT. PLN (Persero) ULP Rumbai dengan Metode *FMEA* seperti pada Gambar 3.

Indeks Keandalan dengan Metode *FMEA*

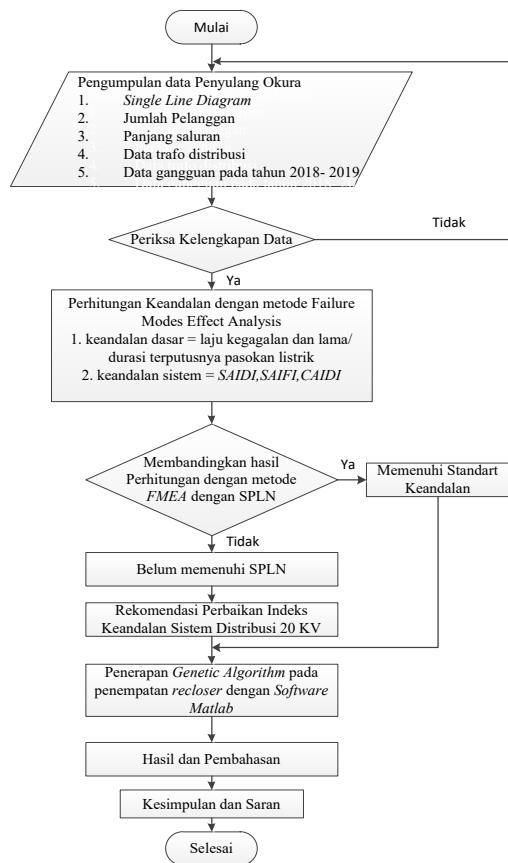
Menghitung nilai λ dan U dari tiap peralatan yang termasuk kedalam perhitungan dari Penyulang Okura. Dari data Penyulang yang sudah ada pada Tabel 2 sebelumnya, maka dapat dilakukan perhitungan Indeks Keandalan Dasar pada setiap titik beban atau *Load Point (LP)* yaitu saluran di tiap Trafo Distribusi, berikut merupakan hasil perhitungan Indeks Keandalan Dasar untuk Penyulang Okura.

Nilai Laju Kegagalan (λ) pada kolom 3 pada Tabel 3 didapatkan dari perkalian nilai Laju Kegagalan (λ) peralatan SPLN 59 1985, dengan panjang saluran seperti pada persamaan (5). Nilai U didapatkan dari perkalian nilai Laju Kegagalan (λ) dengan r tiap peralatan seperti pada persamaan (6) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \lambda &= \lambda \text{ (peralatan yang tercantum pada SPLN 59, 1985)} \times \text{panjang saluran} \\ &= 0,2 \times 0,2 = 0,04 \end{aligned}$$

$$U = \lambda \times r$$

$$= 0,04 \times 3 = 0,12$$



Gambar 3 Flowchart Langkah-langkah Pembahasan

Untuk perhitungan indeks keandalan dasar pada *Load Point* lainnya dapat dengan menggunakan cara yang sama. Data yang dihasilkan dari persamaan diatas disusun menjadi seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Perhitungan Indeks Keandalan Dasar Penyulang Okura

Saluran	λ Peralatan (SPLN)	λ (fault/year)	r	U
REC1	0,003	0,003	10	0,03
REC2	0,003	0,003	10	0,03
FCO1	0,003	0,003	10	0,03
FCO2	0,003	0,003	10	0,03
FCO3	0,003	0,003	10	0,03
FCO4	0,003	0,003	10	0,03
FCO5	0,003	0,003	10	0,03
FCO6	0,003	0,003	10	0,03
FCO7	0,003	0,003	10	0,03
1	0,2	0,04	3	0,12
2	0,2	0,04	3	0,12
3	0,2	0,04	3	0,12
4	0,2	0,02	3	0,06
5	0,2	0,19	3	0,57
6	0,2	0,09	3	0,27
7	0,2	0,04	3	0,12
8	0,2	0,04	3	0,12
9	0,2	0,04	3	0,12
10	0,2	0,04	3	0,12
11	0,2	0,04	3	0,12

Sambungan Tabel 3

Saluran	λ Peralatan (SPLN)	λ (fault/year)	r	U
12	0,2	0,13	3	0,39
13	0,2	0,12	3	0,36
14	0,2	0,07	3	0,21
15	0,2	0,04	3	0,12
16	0,2	0,11	3	0,33
17	0,2	0,33	3	0,99
18	0,2	0,12	3	0,36
19	0,2	0,12	3	0,36
20	0,2	0,02	3	0,06
21	0,2	0,03	3	0,09
22	0,2	0,06	3	0,18
23	0,2	0,26	3	0,78
24	0,2	0,04	3	0,12
25	0,2	0,03	3	0,09
26	0,2	0,16	3	0,48
27	0,2	0,49	3	1,47
28	0,2	0,4	3	1,2
29	0,2	0,25	3	0,75
30	0,2	0,02	3	0,06
31	0,2	0,04	3	0,12
32	0,2	0,04	3	0,12
33	0,2	0,04	3	0,12
34	0,2	0,05	3	0,15
35	0,2	0,04	3	0,12
36	0,2	0,04	3	0,12
37	0,2	0,04	3	0,12
38	0,2	0,14	3	0,42
39	0,2	0,04	3	0,12
40	0,2	0,25	3	0,75
41	0,2	0,04	3	0,12
42	0,2	0,04	3	0,12
43	0,2	0,04	3	0,12
44	0,2	0,04	3	0,12
45	0,2	0,04	3	0,12
46	0,2	0,04	3	0,12
47	0,2	0,37	3	1,11
48	0,2	0,04	3	0,12
49	0,2	0,1	3	0,3
50	0,2	0,11	3	0,33
51	0,2	0,11	3	0,33
52	0,2	0,2	3	0,6
53	0,2	0,04	3	0,12
Total	10,627	5,377	249	16,32

Berdasarkan hasil Tabel 3, didapatkan bahwa nilai λ pada penyulang okura adalah 5,377 kegagalan/tahun dan nilai U pada penyulang okura adalah 16,32 jam/tahun. Langkah selanjutnya adalah menghitung indeks keandalan sistem, yaitu *SAIFI*, *SAIDI* dan *CAIDI*.

Pada Tabel 4 menunjukkan hasil indeks keandalan dari perhitungan melalui *Microsoft Excel* dari Penyulang Okura. Hasil perhitungan tersebut diperoleh dengan menggunakan rumus indeks keandalan sistem dengan hasil sebagai berikut :

a. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI merupakan nilai Indeks Rata-rata Frekuensi Gangguan Pada Sistem Berikut merupakan perhitungan untuk mendapatkan nilai SAIFI pada setiap *load point*. Sesuai pada tabel 4 *load point* 1/LP1 memiliki nilai laju kegagalan sebesar 0,04 kegagalan/tahun dan jumlah pelanggan/konsumen pada LP1 adalah 51 konsumen serta total pelanggan seluruhnya adalah 7.106 konsumen :

$$\begin{aligned} SAIFI &= \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum n} \\ &= \frac{0,04 \times 51}{7.106} = 0,00028 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan indeks SAIFI pada *load point* lainnya dapat dengan menggunakan cara yang sama.

b. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

Berikut merupakan perhitungan untuk mendapatkan nilai SAIDI pada setiap *load point*. Sesuai pada Tabel 4 *load point* 1/LP1 memiliki nilai durasi perbaikan selama 0,12 jam/tahun dan jumlah pelanggan/konsumen pada LP1 adalah 51 konsumen serta total pelanggan seluruhnya adalah 7.106 konsumen :

$$\begin{aligned} SAIDI &= \frac{\sum U_i \times N_i \text{ hours}}{\sum N \text{ year}} * \text{customer} \\ &= \frac{0,12 \times 51}{7.106} = 0,00086 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan indeks SAIDI pada *load point* lainnya dapat dengan menggunakan cara yang sama.

c. Consumer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

Berikut merupakan perhitungan untuk mendapatkan nilai CAIDI pada setiap *load point*. Untuk nilai SAIFI pada LP1 adalah 0,00086 dan SAIDI pada LP1 adalah 0,00028 :

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{0,00086}{0,00028} = 3$$

Untuk perhitungan indeks CAIDI pada *load point* lainnya dapat dengan menggunakan cara yang sama.

Data yang dihasilkan dari persamaan diatas disusun menjadi seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Perhitungan Indeks Keandalan Sistem Penyulang Okura

Saluran	Trafo Distribusi	SAIDI	SAIFI	CAIDI
1	RB 005	0,00086	0,00029	3
2	RB 018	0,00275	0,00092	3
3	RB 020	0,00172	0,00057	3
4	RB 021	0,00086	0,00029	3

Sambungan Tabel 4

Saluran	Trafo Distribusi	SAIDI	SAIFI	CAIDI
5	RB 026	0,01307	0,00436	3
6	RB 027	0,00775	0,00258	3
7	RB 039	0,00344	0,00115	3
8	RB 040	0,00169	0,00056	3
9	RB 048	0,00344	0,00115	3
10	RB 049	0,00275	0,00092	3
11	RB 050	0,00044	0,00015	3
12	RB 051	0,0056	0,00187	3
13	RB 052	0,00132	0,00044	3
14	RB 067	0,00301	0,001	3
15	RB 081	0,00172	0,00057	3
16	RB 093	0,00947	0,00316	3
17	RB 102	0,01519	0,00506	3
18	RB 113	0,00258	0,00086	3
19	RB 114	0,00517	0,00172	3
20	RB 127	0,00138	0,00046	3
21	RB 128	0,00323	0,00108	3
22	RB 136	0,00413	0,00138	3
23	RB 157	0,02239	0,00746	3
24	RB 158	0,00088	0,00029	3
25	RB 160	0,00258	0,00086	3
26	RB 161	0,00344	0,00115	3
27	RB 162	0,0211	0,00703	3
28	RB 163	0,00895	0,00298	3
29	RB 165	0,01077	0,00359	3
30	RB 170	0,00138	0,00046	3
31	RB 171	0,00344	0,00115	3
32	RB 173	0,00431	0,00144	3
33	RB 195	0,00344	0,00115	3
34	RB 213	0,00215	0,00072	3
35	RB 216	0,00172	0,00057	3
36	RB 219	0,00344	0,00115	3
37	RB 225	0,00002	0,00001	3
38	RB 239	0,00603	0,00201	3
39	RB 246	0,00344	0,00115	3
40	RB 248	0,02691	0,00897	3
41	RB 250	0,00431	0,00144	3
42	RB 258	0,00086	0,00029	3
43	RB 268	0,00093	0,00031	3
44	RB 278	0,00275	0,00092	3
45	RB 281	0,00275	0,00092	3
46	RB 284	0,00344	0,00115	3
47	RB 292	0,00797	0,00266	3
48	RB 294	0,00172	0,00057	3
49	RB 296	0,00236	0,00079	3
50	RB 298	0,00237	0,00079	3
51	RB 313	0,00947	0,00316	3
52	RB 317	0,01376	0,00459	3
53	RB 318	0,00275	0,00092	3
Total		0,27346	0,09115	3

Dari perhitungan dengan metode FMEA diatas didapatkan indeks keandalan Penyulang Okura adalah seperti pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Keandalan Penyulang Okura dengan Metode *FMEA*

Indeks	Nilai
<i>SAIFI</i> (kali/plg.th)	0,27
<i>SAIDI</i> (jam/plg.th)	0,09
<i>CAIDI</i> (jam/plg/gagal)	3

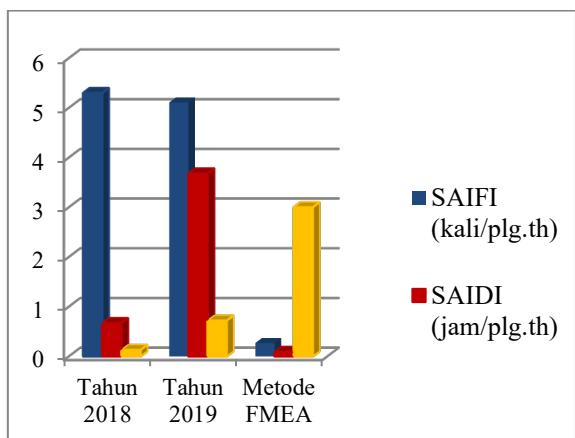
Evaluasi Hasil Keandalan

Berdasarkan perhitungan indeks keandalan pada tahun 2018, tahun 2019 dan juga perhitungan keandalan dengan metode *FMEA* maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Perhitungan dengan Metode *FMEA* dan Hasil dari Indeks Keandalan Tahun 2018-2019

Indeks	Tahun 2018	Tahun 2019	Metode <i>FMEA</i>
<i>SAIFI</i> (kali/plg.th)	5,3	5,11	0,27
<i>SAIDI</i> (jam/plg.th)	0,67	3,68	0,09
<i>CAIDI</i> (jam/plg/gagal)	0,13	0,72	3

Pada Tabel 6 menghasilkan Grafik hasil seperti pada Gambar 4. Berdasarkan hasil dari Gambar 4, warna biru menunjukkan nilai *SAIFI*, warna merah untuk *SAIDI*, dan warna kuning nilai *CAIDI*, maka pada tahun 2018 didapatkan hasil indeks keandalan *SAIFI* sebesar 5,3 (kali/pelanggan/tahun), *SAIDI* sebesar 0,67 (jam/pelanggan/tahun) dan *CAIDI* sebesar 0,13. Pada tahun 2019 didapatkan hasil indeks keandalan *SAIFI* sebesar 5,11 (kali/pelanggan/tahun), *SAIDI* sebesar 3,68 (jam/pelanggan/tahun) dan *CAIDI* sebesar 0,72. Namun dengan perhitungan dengan metode *FMEA* didapatkan hasil indeks keandalan *SAIFI* sebesar 0,27 (kegagalan/pelanggan/tahun), *SAIDI* sebesar 0,09 (jam/pelanggan/tahun) dan *CAIDI* sebesar 3 (jam/pelanggan/gagal).



Gambar 4 Grafik Hasil Perhitungan dengan Metode *FMEA* dan Hasil dari Indeks Keandalan Tahun 2018-2019

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 kV pada Penyulang Okura di PT. PLN (Persero) ULP Rumbai menggunakan metode *FMEA* dengan jumlah trafo sebanyak 53 buah dan jumlah pelanggan 7106 maka didapatkan hasil indeks keandalan yaitu *SAIFI* sebesar 0,27 (kegagalan/pelanggan/tahun) dan nilai *SAIDI* sebesar 0,09 (jam/pelanggan/tahun) maka dikatakan penyulang okura tersebut handal.

Tingkat keandalan jaringan distribusi dapat ditingkatkan dengan pemasangan dan penempatan *recloser* yang optimal pada setiap penyulang (*feeder*) untuk mendapatkan tingkat keandalan yang lebih baik. Perlunya melakukan perawatan secara teratur dan penggantian peralatan yang sudah usang untuk mengoptimalkan kinerja peralatan dalam penyaluran energi listrik kepada pelanggan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. Riva *et al.*, *Riau Regional Energy Outlook 2019*. Jakarta: Kalaka, 2021.
- [2] A. Van Anugrah, H. Eteruddin, and A. Arleny, “Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 kV Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Sorek PT. PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerinci,” *SainETIn*, vol. 4, no. 2, pp. 65–71, 2020.
- [3] H. Eteruddin, M. Mutamalikin, and A. Arleny, “Perencanaan Sistem Distribusi 20 kV Di Sungai Guntung Kabupaten Indragiri Hilir-Riau,” *Jurnal Inovasi Penelitian*, vol. 2, no. 6, pp. 1863–1872, 2021.
- [4] A. Indra, A. Tanjung, and U. Situmeang, “Analisis Profil Tegangan Dan Rugi Daya Jaringan Distribusi 20 kV PT PLN (Persero) Rayon Siak Sri Indrapura Dengan Beroperasinya PLTMG Rawa Minyak,” *SainETIn*, vol. 4, no. 1, pp. 25–31, 2019.
- [5] A. R. Iklas, A. Arleny, and U. Situmeang, “Studi Penempatan Recloser pada Jaringan Distribusi 20 kV Di Penyulang 12 Kualu PT. PLN (Persero) Rayon Panam,” *Jurnal Teknik*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [6] H. Hardiyanto, A. Arleny, and Z. Zulfahri, “Studi Penempatan Recloser Pada Jaringan Distribusi 20 kV di Penyulang 21 Tarai PT. PLN (Persero) Rayon Panam,” *Jurnal Teknik*, vol. 11, no. 1, pp. 11–19, 2017.
- [7] H. Eteruddin and A. A. Mohd Zin, “Reduced Dielectric Losses for Underground Cable Distribution Systems,” *International Journal of Applied Power Engineering (IJAPE)*, vol. 1, no. 1, pp. 37–46, Apr. 2012.
- [8] H. Eteruddin, D. Setiawan, and P. P. P. Hutagalung, “Evaluasi Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Pada Feeder 7 Peranap PT. PLN Persero Rayon Taluk Kuantan,” in *Seminar Nasional Pakar*, 2020, pp. 1.4.1-1.4.6.

- [9] A. Fatoni, R. S. Wibowo, and A. Soeprijanto, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis),” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 462–467, 2016.
- [10] C. A. Lestari, Zulfahri, and U. Situmeang, “Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dengan Metode FMEA pada Penyulang Akasia dan Lele PT PLN (Persero) ULP Kota Barat,” *SainETIn*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2021.
- [11] R. E. Brown, *Electric Power Distribution Reliability*, 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.
- [12] J. Northcote-Green and R. G. Wilson, *Control and Automation of Electrical Power Distribution Systems*. London: CRC Press, 2017.
- [13] T. A. Short, *Electric Power Distribution Handbook*, 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.
- [14] A. A. Chowdhury and D. O. Koval, *Power Distribution System Reliability Practical Methods and Application*. Edmonton: A Jhon Wiley & Sons, Inc., Publication, 2009.
- [15] A. M. Syafar, “Penentuan Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dengan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis),” Rizky Artha Mulia, Makasar, 2018.
- [16] SPLN 59, “Keandalan pada Sistem Distribusi 20kV dan 6 kV,” 1985, pp. 2–7.
- [17] Z. Bluvband and P. Grabov, “Failure analysis of FMEA,” in *Proceedings - Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 2009.
- [18] PT. PLN (Persero) ULP Rumbai, “Data-data Penyulang Okura,” Pekanbaru, 2020.