

Studi Perbaikan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Melalui Penambahan *Recloser* Pada Penyulang Pajalau PT. PLN (Persero) Menggunakan Metode *Section Technique*

Sofyan Sofyan¹⁾, Alamsyah Achmad²⁾, Ikhlahul Amal S P³⁾

^{1,2,3}Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

sofyantato@poliupg.ac.id¹, alamsyahachmad@poliupg.ac.id², amal.devil01@gmail.com³



Abstract

The reliability of the distribution of electrical energy to consumers is strongly influenced by the distribution system. For this reason, an electric energy distribution system with high defense is needed in accordance with the standards set by the Electric Power System Operators in Indonesia. Because the benefits and functions of an electric power system are very vital in everyday life, a reliable electric power system is needed to supply and distribution of electric power in the electric power distribution network. The purpose of this study is to calculate the level of demand and at the same time make efforts to increase the reduction in the distribution of the 20 kV system at PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng with the section method technique, where the value of the failure index of each distribution system main equipment is calculated to find the value of the weakness index of the system as a whole. Case studies conducted at PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng. In this research, a study was carried out to improve the distribution system of 20 kV at Feeders. The goal to be achieved in this research is to evaluate the performance of existing equipment at the Pajalau feeder. The methods used include data collection, data processing, and analysis of the 20 kV distribution system. The Pajalau feeder fraud index value is SAIDI 22,348 hours/year and SAIFI 4,494 times/year. The calculation results using the Section Technique method will later be compared with the results from the ETAP simulation after implementing the recloser on the feeders.

Keywords: ETAP, Section Technique, SAIFI, SAIDI, Distribution System, Reliability

Abstrak

Keandalan penyaluran energi listrik ke konsumen sangat dipengaruhi oleh sistem pendistribusiannya. Untuk itu diperlukan sistem distribusi energi listrik dengan keandalan yang tinggi. Karena manfaat dan fungsi suatu sistem tenaga listrik yang sangat vital dalam kehidupan sehari-hari, maka diperlukan sebuah sistem tenaga listrik yang andal untuk penyediaan dan pendistribusian tenaga listrik pada jaringan distribusi tenaga listrik. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung tingkat keandalan dan sekaligus melakukan upaya untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng dengan metode *section technique*, di mana nilai dari indeks kegagalan dari setiap peralatan utama sistem distribusi diperhitungkan untuk mencari nilai indeks keandalan sistem secara menyeluruh. Studi kasus dilakukan di PT. PLN (persero) ULP Kalebajeng. Pada tugas akhir ini, dilakukan studi peningkatan keandalan sistem distribusi 20 kV pada Penyulang. Tujuan yang ingin dicapai pada tugas akhir ini adalah sebagai evaluasi dalam memperbaiki kinerja peralatan yang ada pada Penyulang Pajalau. Metode yang digunakan antara lain pengumpulan data, pengolahan data, serta penganalisisan keandalan sistem distribusi 20 kV. Nilai indeks keandalan penyulang Pajalau yaitu SAIDI 22.348 jam/tahun dan SAIFI 4.494 kali/tahun. Hasil perhitungan dengan metode *Section Technique* nantinya akan divalidasi dengan hasil dari simulasi ETAP setelah mengimplementasikan *recloser* pada penyulang yang memiliki nilai indeks keandalan paling optimal.

Kata Kunci: ETAP, Section Technique, SAIFI, SAIDI, Sistem Distribusi, Keandalan, Recloser

I. PENDAHULUAN

Keandalan pada sistem distribusi adalah ukuran tingkat ketersediaan pasokan listrik ke konsumen yang berada pada satu unit layanan pelanggan (ULP) dan seberapa sering sistem mengalami Pemadaman serta berapa lama waktu Pemadaman terjadi. Untuk mengukur suatu keandalan suatu sistem maka diperlukan suatu standar yang berguna untuk menilai keadaan sistem dalam kondisi baik ataupun kurang baik. PT. PLN (Persero) menetapkan suatu standar yang mengatur tentang “Tingkat Jaminan Sistem

Tenaga Listrik” yang dimuat dalam SPLN 68-2:1986. Berdasarkan SPLN 68-2 :1986, nilai standar keandalan jaringan distribusi yaitu 21.09 jam/pelanggan/tahun. Berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) std 1366 – 2003 nilai indeksnya sebesar 2.30 jam/pelanggan/tahun. Pada tulisan ini akan dianalisis bagaimana tingkat keandalan dalam penyaluran energi pada jaringan distribusi terkhusus pada Penyulang Pajalau dengan menggunakan metode *section technique* [1-5].

Penyulang Pajalau memiliki jumlah konsumen sebanyak 15941 pelanggan, penyulang ini merupakan penyulang dengan pelanggan paling banyak dibandingkan penyulang lain yang terdapat di PT.PLN (Persero) Kalebajeng . Frekuensi Gangguan Tegangan Menengah (FGTM) penyulang Pajalau termasuk dalam kategori rendah, akan tetapi jika terjadi gangguan dapat mempengaruhi nilai SAIDI dan SAIFI yang besar karena Penyulang ini memiliki jumlah konsumen yang besar[6,7]. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng berusaha pula meningkatkan kualitas layanan dalam menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik kepada konsumen. Salah satu upaya untuk meningkatkan keandalan adalah dengan menggunakan *recloser* atau pemutus balik otomatis (*automatic circuit recloser*) Hal ini diharapkan akan menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI[8-10].

II. KAJIAN LITERATUR

A. Peneliti Sebelumnya

Hanif N. Qasthari (2021), dalam tulisannya yang berjudul “*Analisis keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV menggunakan sectionilizer dengan metode section technique*” mengungkapkan bahwa, penambahan alat proteksi berupa *sectionilizer* sangat membantu dalam meningkatkan keandalan, akan tetapi pada hasil percobaan ini nilai keandalan pada *feeder* Rusa masi belum memenuhi nilai standar yang telah ditetapkan SPLN 62-8 1986. Semakin banyak alat proteksi terpasang pada jaringan sistem distribusi maka semakin dapat meningkatkan keandalan serta dapat mengamankan jaringan distribusi dari beberapa gangguan yang terjadi [11].

Peneliti yang lain yaitu Tosa A. Husada (2017) dalam tulisannya yang berjudul “*Analisa keandalan sistem distribusi 20kV di PT. PLN (Persero) area Tanjung Karang menggunakan metode FMEA*” mengungkapkan bahwa, hasil yang diperoleh dari analisis pada penyulang kabut didapatkan nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 3.3364 dan nilai indeks keandalan SAIDI sebesar 7.884149 lalu setelah dilakukan upaya peningkatan keandalan dengan penambahan sectionalizer dan fuse maka didapat hasil perbaikan untuk nilai indeks keandalan SAIFI sebesar

3.001356 dan nilai indeks keandalan SAIDI sebesar 4.848395 [12].

Berdasarkan kedua peneliti tersebut terlihat bahwa upaya yang dilakukan untuk meningkatkan keandalan penyaluran energi listrik pada jaringan distribusi 20kV adalah dengan menggunakan alat proteksi pada jaringan distribusi berupa *sectionanalizer*.

B. Keandalan Sistem jaringan Distribusi

Definisi keandalan (reliability) secara umum merupakan kemampuan sistem dapat berfungsi dengan baik untuk jangka waktu tertentu. 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. Sistem yang mempunyai keandalan yang tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang mempunyai keandalan rendah akan menyebabkan sering terjadinya pemadaman.

C. Laju Kegagalan

Laju kegagalan (λ) adalah harga rata-rata dari jumlah kegagalan per satuan waktu pada suatu selang waktu pengamatan (T). laju kegagalan ini dihitung dengan satuan kegagalan per tahun. Untuk selang waktu pengamatan diperoleh:

$$\lambda = \frac{d}{t} \dots\dots\dots(1)$$

- λ = Laju kegagalan konstan (kegagalan/tahun)
 - d= banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu
 - T= jumlah selang waktu pengamatan (tahun)
- Nilai laju kegagalan akan berubah sesuai dengan umur dari sistem atau peralatan listrik selama beroperasi.

D. Perhitungan Indeks Keandalan

Pada metode *Section Technique*, indeks keandalan yang dihitung yaitu:

1) *System Average Interruption Duration Indeks (SAIDI)*

SAIDI adalah nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap pelanggan selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dan lamanya kegagalan secara terus-menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama setahun. Persamaan SAIDI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$SAIDI = \frac{\sum(Ui \times Ni)}{\sum N} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

N = jumlah konsumen padam

U_i = Durasi kegagalan rata-rata per tahun (hour/year)

2) *System Average Interruption Frequency Indeks (SAIFI)*

SAIFI adalah jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani per satuan waktu (umumnya tahun). Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua kegagalan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani oleh sistem tersebut. Persamaanya dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

N = jumlah konsumen padam

λ_i = indeks kegagalan rata-rata per tahu (failure/year)

D. *Section Technique*

Section Technique merupakan suatu metode terstruktur untuk menganalisis suatu sistem. Metode ini dalam mengevaluasi keandalan sistem distribusi didasarkan pada bagaimana suatu kegagalan dari suatu peralatan mempengaruhi operasi sistem. Efek atau konsekuensi dari gangguan individual peralatan secara sistematis diidentifikasi dengan penganalisisan apa yang terjadi jika gangguan terjadi. Kemudian masing-masing kegagalan peralatan dianalisis dari semua titik beban (*load point*). Pendekatan yang dilakukan dari bawah ke atas dimana yang dipertimbangkan satu mode kegagalan pada suatu waktu.

E. *Recloser*

Recloser pada dasarnya adalah suatu alat yang berfungsi memutus arus normal yang relatif rendah dan arus hubung singkat. *Recloser* dapat bekerja secara otomatis untuk mengamankan sistem dari arus lebih, yang diakibatkan oleh gangguan hubung singkat. Selang waktu *recloser* dapat diatur untuk menutup balik dan membuka secara otomatis. Ketika terjadi gangguan yang bersifat sementara, *recloser* akan memisahkan daerah yang mengalami gangguan sampai gangguan tersebut hilang, barulah *recloser* akan masuk kembali sesuai settingannya, sehingga jaringan akan aktif secara otomatis. Untuk gangguan yang bersifat permanen, *recloser* akan memisahkan jaringan yang mengalami gangguan secara cepat sehingga dapat memperkecil luas daerah gangguan.

F. *ETAP*

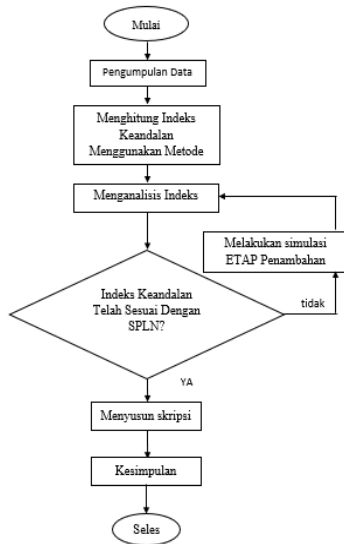
Dalam membuat analisa jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV dilakukan dengan menggunakan rangkaian listrik dengan parameter

utama berupa jaringan distribusi tegangan menengah, beban trafo distribusi dan tegangan sisi sekunder trafo tenaga di gardu induk atau sumber lainnya sebagai tegangan standar. Parameter jaringan distribusi meliputi impedansi, resistansi dan reaktansi dari pada penghantar dan *transformator* yang terpasang. Dalam melakukan perancangan dan analisa sistem tenaga listrik, maka diperlukan sebuah *software* untuk mempresentasikan kondisi *real* dari sebuah sistem. ETAP adalah salah satu *software* aplikasi yang bisa digunakan untuk melakukan simulasi sistem tenaga listrik. Untuk menganalisis keandalan sistem terdapat pada bagian *Reliality Assessment*, pada bagian ini dapat diketahui indeks keandalan pada suatu sistem tenaga listrik berupa indeks SAIFI, dan indeks SAIDI.

III. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian Keandalan Sistem Jaringan Distribusi pada Penyulang 20 kV pada PT.PLN (Persero) ULP Kalebajeng di Jl.Pahlawan, No. 4, Limbung, Gowa, Kalebajeng, Kec. Bajeng, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 90233, Indonesia. Penelitian ini dilakukan mulai pada bulan Januari tahun 2021. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Mengidentifikasi permasalahan yang diteliti.
2. Studi literature dengan mengumpulkan data-data mengenai single line penyulang, jumlah pelanggan, jumlah saluran, laju kegagalan peralatan dan waktu perbaikan kerusakan.
3. Membagi batas area penyulang menjadi beberapa section atau recloser seperti yang tertera pada single line diagram pada penyulang Pajalau PT.PLN (Persero) ULP Kalebajeng.
4. Mengidentifikasi laju kegagalan untuk setiap beban.
5. Menentukan waktu untuk memulihkan sistem (repair time) sesuai SPLN.
6. Menghitung frekuensi kegagalan tiap load point dan durasi gangguan tiap Load point SPLN.
7. Menghitung laju kegagalan dan durasi kegagalan untuk setiap load point SPLN.
8. Menghitung indeks keandalan sistem.
9. Melakukan simulasi pada ETAP untuk menambah keandalan jaringan.
10. Melakukan analisis data sesuai data yang telah diperoleh.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian dengan Metode *Section Technique*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

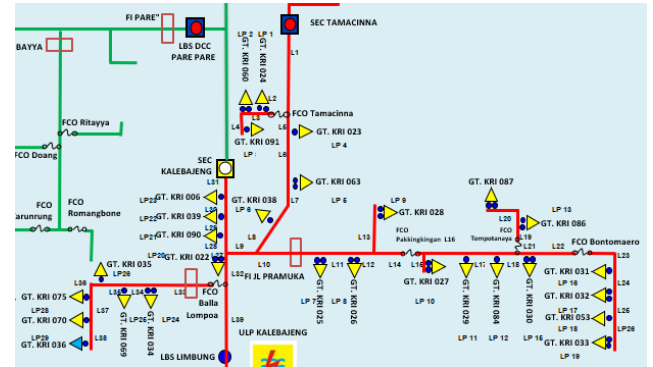
Analisis Tingkat Keandalan Sistem Distribusi diawali dengan menghitung terlebih dahulu laju kegagalan (λ_{LP}) dan durasi kegagalan (U_{LP}) pada setiap *load point* yang terdapat pada penyulang Pajjalau. Untuk mengetahui panjang saluran maka perlu dilakukan pengukuran secara manual menggunakan Aplikasi *Google Earth*. Adapun langkah-langkah untuk menghitung panjang saluran dengan menggunakan *Google Earth Pro* yaitu dengan menggunakan tools ruler () yang terdapat pada *Google Earth Pro* lalu ditarik garis lurus sepanjang *line* yang ingin diukur, maka secara otomatis panjang saluran akan tampil.



Gambar 2. Pengukuran panjang saluran menggunakan *Google Earth Pro*

Setelah melakukan perhitungan panjang saluran menggunakan *google earth pro* maka dapat dihitung frekuensi kegagalan tiap *load point* dan durasi kegagalan tiap *load point* pada setiap *section* yang telah ditentukan seperti tabel 1 dibawah ini.

A. Section 1



Gambar 3. Single line diagram penyulang Pajalau PT.PLN (Persero) ULP Kalebajeng Section 1

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh suatu kegagalan peralatan dalam sistem dapat dilihat dalam daftar mode kegagalan. Daftar mode kegagalan yang terdapat pada section ini ditampilkan dalam *Section Technique worksheet* berikut

Tabel 1. Data Failure Modes Section 1

No.	Data Peralatan Nama Peralatan	Titik Beban Yang Dipengaruhi
1	Circuit Breaker	LP 1- LP 29
2	Sectionalizer Tamacina	LP 1- LP 29
3	FCO Tamacina	LP 1- LP 3
4	FCO 2	LP 10
5	FCO Tompotanaya	LP 13 - LP 14
6	FCO Bontomaero	LP 16 - LP 19
7	FCO Balla	LP 24 - LP 29
8	LBS Limbung	LP 1- LP 29
9	GT.KRI 024	LP 1
10	GT.KRI 060	LP 2
11	GT.KRI 091	LP 3
12	GT.KRI 023	LP 4
13	GT.KRI 063	LP 5
14	GT.KRI 038	LP 6
15	GT.KRI 025	LP 7
16	GT.KRI 026	LP 8
17	GT.KRI 028	LP 9
18	GT.KRI 027	LP 10
19	GT.KRI 029	LP 11
20	GT.KRI 084	LP 12
21	GT.KRI 086	LP 13
22	GT.KRI 087	LP 14
23	GT.KRI 030	LP 15
24	GT.KRI 031	LP 16
25	GT.KRI 032	LP 17
26	GT.KRI 053	LP 18
27	GT.KRI 033	LP 19
28	GT.KRI 022	LP 20

29	GT.KRI 090	LP 21
30	GT.KRI 039	LP 22
31	GT.KRI 006	LP 23
32	GT.KRI 034	LP 24
33	GT.KRI 069	LP 25
34	GT.KRI 035	LP 26
35	GT.KRI 075	LP 27
36	GT.KRI 070	LP 28
37	GT.KRI 036	LP 29
38	Line 1	LP 1 - LP 29
39	Line 2	LP 1 - LP 3
40	Line 3	LP 1 - LP 3
41	Line 4	LP 1 - LP 3
42	Line 5	LP 1 - LP 29
43	Line 6	LP 1 - LP 29
44	Line 7	LP 1 - LP 29
45	Line 8	LP 1 - LP 29
46	Line 9	LP 1 - LP 29
47	Line 10	LP 1 - LP 29
48	Line 11	LP 1 - LP 29
49	Line 12	LP 1 - LP 29
50	Line 13	LP 1 - LP 29
51	Line 14	LP 1 - LP 29
52	Line 15	LP 10
53	Line 16	LP 1 - LP 29
54	Line 17	LP 1 - LP 29
55	Line 18	LP 1 - LP 29
56	Line 19	LP 13 - LP 14
57	Line 20	LP 13 - LP 14
58	Line 21	LP 1 - LP 29
59	Line 22	LP 1 - LP 29
60	Line 23	LP 16 - LP 18
61	Line 24	LP 16 - LP 18
62	Line 25	LP 16 - LP 18
63	Line 26	LP 16 - LP 18
64	Line 27	LP 1 - LP 29
65	Line 28	LP 1 - LP 29
66	Line 29	LP 1 - LP 29
67	Line 30	LP 1 - LP 29
68	Line 31	LP 1 - LP 29
69	Line 32	LP 1 - LP 29
70	Line 33	LP 24 - LP 29
71	Line 34	LP 24 - LP 29
72	Line 35	LP 24 - LP 29
73	Line 36	LP 24 - LP 29
74	Line 37	LP 24 - LP 29
75	Line 38	LP 24 - LP 29
76	Line 39	LP 1 - LP 29

Pada tabel 1 dapat dilihat jika CB (Circuit Breaker) yang mengalami kegagalan kerja, maka

seluruh peralatan TD (Trafo Distribusi) yang ada pada sistem tersebut akan mengalami kegagalan kerja. Jika kegagalan terjadi pada L1, maka yang mengalami kegagalan peralatan adalah seluruh sistem. Jika yang mengalami kegagalan adalah Switch, FCO1 dan FCO2 maka efek kegagalan yang ditimbulkan adalah hanya pada peralatan yang berada dalam ruang lingkup kerja peralatan Switch dan FCO saja. Begitu juga kegagalan terjadi pada trafo distribusi (TD) maka efek kegagalan yang terjadi hanya pada trafo itu sendiri.

Selanjutnya menghitung nilai frekuensi kegagalan dan durasi/lama kegagalan tiap komponen. Nilai frekuensi kegagalan dan durasi/lama kegagalan tiap komponen dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan λ Komponen Penyulang Pajalau Section 1

N o.	Alat	λ_i (SPLN) (kegagalan/tahun/km)	Panjang Saluran (km)	λ_{LP} (kegagalan/tahun/km)
1	Circuit Breaker	0,004	-	0,004
2	Sectionalizer	0,003	-	0,003
3	Tamacina Sectionalizer	0,003	-	0,003
4	Kalebajeng	0,003	-	0,003
5	LBS	0,003	-	0,003
6	Limbung FCO	0,003	-	0,003
7	Tamacina FCO 2	0,003	-	0,003
8	Tompatan aya FCO	0,003	-	0,003
9	Bontomae ro	0,003	-	0,003
10	FCO Balla	0,003	-	0,003
11	LP	0,005	-	0,005
12	Line 1	0,2	0,52	0,104
13	Line 2	0,2	0,31	0,062
14	Line 3	0,2	0,4	0,08
15	Line 4	0,2	0,56	0,112
16	Line 5	0,2	0,14	0,028
17	Line 6	0,2	1,05	0,21
18	Line 7	0,2	0,26	0,052
19	Line 8	0,2	0,34	0,068
20	Line 9	0,2	0,01	0,002
21	Line 10	0,2	0,13	0,026
22	Line 11	0,2	0,27	0,054
23	Line 12	0,2	0,15	0,03
24	Line 13	0,2	0,17	0,034
25	Line 14	0,2	0,09	0,018
26	Line 15	0,2	0,02	0,004
27	Line 16	0,2	0,31	0,062
28	Line 17	0,2	0,14	0,028
29	Line 18	0,2	0,49	0,098
30	Line 19	0,2	0,13	0,026
31	Line 20	0,2	0,71	0,142
32	Line 21	0,2	0,02	0,004
33	Line 22	0,2	0,05	0,01
34	Line 23	0,2	0,22	0,044
35	Line 24	0,2	0,78	0,156
36	Line 25	0,2	0,52	0,104

36	Line 26	0,2	0,57	0,114
30	Line 20	0,2	0,71	0,142
31	Line 21	0,2	0,02	0,004
32	Line 22	0,2	0,05	0,01
33	Line 23	0,2	0,22	0,044
34	Line 24	0,2	0,78	0,156
35	Line 25	0,2	0,52	0,104
36	Line 26	0,2	0,57	0,114
37	Line 27	0,2	0,03	0,006
38	Line 28	0,2	0,15	0,03
39	Line 29	0,2	0,19	0,038
40	Line 30	0,2	0,07	0,014
41	Line 32	0,2	0,17	0,034
42	Line 33	0,2	0,55	0,11
43	Line 34	0,2	0,26	0,052
44	Line 35	0,2	0,98	0,196
45	Line 36	0,2	0,15	0,03
46	Line 37	0,2	0,05	0,01
47	Line 38	0,2	0,49	0,098
48	Line 39	0,2	0,14	0,028

31	Line 21	0,004	3	0,012
32	Line 22	0,01	3	0,03
33	Line 23	0,044	3	0,132
34	Line 24	0,156	3	0,468
35	Line 25	0,104	3	0,312
36	Line 26	0,114	3	0,342
37	Line 27	0,006	3	0,018
38	Line 28	0,03	3	0,09
39	Line 29	0,038	3	0,114
40	Line 30	0,014	3	0,042
41	Line 32	0,012	3	0,036
42	Line 33	0,034	3	0,102
43	Line 34	0,11	3	0,33
44	Line 35	0,052	3	0,156
45	Line 36	0,196	3	0,588
46	Line 37	0,03	3	0,09
47	Line 38	0,01	3	0,03
48	Line 39	0,098	3	0,294

Untuk menghitung laju kegagalan (λ) setiap peralatan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan

$$\lambda_{Line 1} = \sum i \cdot \lambda_i$$

$$= 0.2 \times 0.52$$

$$= 0.104 \text{ (kegagalan/tahun/km).}$$

Tabel 3. Perhitungan U Komponen Penyulang Pajalau Section 1

No	Alat	λ_i (SPLN) (kegagalan/tahun/km)	r (SPL N) (jam)	ULP (jam/tahun/km)
1	Circuit Breaker	0,004	10	0,04
2	Sectionalizer	0,003	10	0,03
3	Tamacina Sectionalizer	0,003	10	0,03
4	Kalebajeng LBS Limbung	0,003	10	0,03
5	FCO Tamacina	0,003	10	0,03
6	FCO 2	0,003	10	0,03
7	Tompatanya FCO	0,003	10	0,03
8	Bontomaero	0,003	10	0,03
9	FCO Balla	0,003	10	0,03
10	LP	0,005	10	0,05
11	Line 1	0,104	3	0,312
12	Line 2	0,062	3	0,186
13	Line 3	0,08	3	0,24
14	Line 4	0,112	3	0,336
15	Line 5	0,028	3	0,084
16	Line 6	0,21	3	0,63
17	Line 7	0,052	3	0,156
18	Line 8	0,068	3	0,204
19	Line 9	0,002	3	0,006
20	Line 10	0,026	3	0,078
21	Line 11	0,054	3	0,162
22	Line 12	0,03	3	0,09
23	Line 13	0,034	3	0,102
24	Line 14	0,018	3	0,054
25	Line 15	0,004	3	0,012
26	Line 16	0,062	3	0,186
27	Line 17	0,028	3	0,084
28	Line 18	0,098	3	0,294
29	Line 19	0,026	3	0,078
30	Line 20	0,142	3	0,426

Sedangkan untuk memperoleh nilai U pada setiap komponen diperoleh dengan mengalikan antara nilai λ dengan r (waktu perbaikan) sesuai SPLN.

$$U_{Line 1} = \sum i \cdot \lambda_i \cdot r$$

$$= 0.104 \times 3$$

$$= 0.312 \text{ (jam/tahun/km)}$$

Tabel 4. Perhitungan SAIDI Penyulang pajalau section 1

No.	LP	Jumlah Pelanggan	ULP	SAIDI
1	LP1	401	3,912	0,158231995
2	LP2	476	3,912	0,187826508
3	LP3	4	3,912	0,001578374
4	LP4	139	3,12	0,0437442
5	LP5	419	3,12	0,131862013
6	LP6	37	3,12	0,01164414
7	LP7	497	3,12	0,156409118
8	LP8	269	3,12	0,084656042
9	LP9	670	3,12	0,210853339
10	LP10	585	3,162	0,186581602
11	LP11	151	3,12	0,047520678
12	LP12	237	3,12	0,074585435
13	LP13	66	3,654	0,0243256
14	LP14	62	3,654	0,022851321
15	LP15	668	3,12	0,210223926
16	LP16	224	4,404	0,099505346
17	LP17	336	4,404	0,149258019
18	LP18	173	4,404	0,076850111
19	LP19	889	4,404	0,394911842
20	LP20	914	3,12	0,287641719
21	LP21	244	3,12	0,07678838
22	LP22	553	3,12	0,174032681
23	LP23	100	3,12	0,031470648
24	LP24	879	4,638	0,411216663
25	LP25	238	4,638	0,111341941
26	LP26	242	4,638	0,113213234
27	LP27	191	4,638	0,089354247
28	LP28	116	4,638	0,054267501
29	LP29	134	4,638	0,06268832
Total		9914	Total	3,685

Untuk Menentukan nilai SAIDI maka di gunakan persamaan

$$SAIDI LP1 = \frac{\sum(N LP) \times U LP}{\sum N}$$

$$= \frac{401 \times 3.912}{9914}$$

$$= 0,158 \text{ jam/tahun}$$

Tabel 4. Perhitungan SAIFI Penyulang pajalau section 1

No.	LP	Jumlah Pelanggan	λLP	SAIFI
1	LP1	401	2,27	0,091816623
2	LP2	476	2,27	0,108989308
3	LP3	4	2,27	0,000915877
4	LP4	139	2,013	0,028223421
5	LP5	419	2,013	0,085076357
6	LP6	37	2,013	0,007512709
7	LP7	497	2,013	0,10091396
8	LP8	269	2,013	0,054619427
9	LP9	670	2,013	0,136040952
10	LP10	585	2,056	0,121319346
11	LP11	151	2,013	0,030659976
12	LP12	237	2,013	0,048121949
13	LP13	66	2,184	0,014539439
14	LP14	62	2,184	0,013658261
15	LP15	668	2,013	0,13563486
16	LP16	224	2,434	0,054994553
17	LP17	336	2,434	0,08249183
18	LP18	173	2,434	0,042473472
19	LP19	889	2,434	0,218259633
20	LP20	914	2,013	0,185584224
21	LP21	244	2,013	0,049543272
22	LP22	553	2,013	0,112284547
23	LP23	100	2,013	0,02030462
24	LP24	879	2,512	0,222720194
25	LP25	238	2,512	0,060304216
26	LP26	242	2,512	0,061317732
27	LP27	191	2,512	0,0483954
28	LP28	116	2,512	0,029391971
29	LP29	134	2,512	0,033952794
Total		9914	Total	2,20

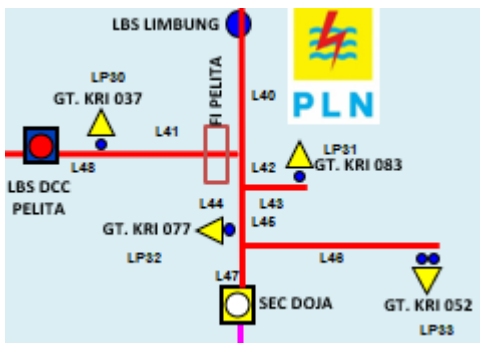
Untuk memperoleh nilai SAIFI maka di gunakan persamaan

$$SAIFI LP1 = \frac{\sum(N LP) \times \lambda LP}{\sum N} \tag{3}$$

$$= \frac{401 \times 2,27}{9914}$$

$$= 0,091 \text{ kali/tahun}$$

B. Section 2



Gambar 3. Single line diagram penyulang Pajalau PT.PLN (Persero) ULP Kalebajeng Section 2

Pada section 2 penyulang Pajalau PT.PLN (Persero) ULP Kalebajeng diperoleh hasil keandalan pada setiap LP, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Perhitungan SAIDI Penyulang pajalau section 1

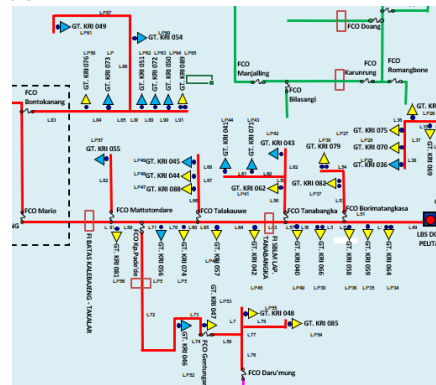
No.	LP	Jumlah Pelanggan	ULP	SAIDI
1	LP30	363	1,028	0,305622
2	LP31	1	1,028	0,000842
3	LP32	196	1,028	0,165019
4	LP33	661	1,028	0,556518
Total		1221	Total	1,028

Tabel 6. Perhitungan SAIFI Penyulang pajalau section 1

No.	LP	Jumlah Pelanggan	λLP	SAIDI
1	LP30	363	0,508	0,151027027
2	LP31	1	0,508	0,000416052
3	LP32	196	0,508	0,081546274
4	LP33	661	0,508	0,275010647
Total		1221	Total	0,508

Berdasarkan tabel diatas, dapat diperoleh nilai SAIFI dan SAIDI section 2 yaitu SAIFI 0,508 kali/tahun dan nilai SAIDI 1,028 jam/tahun.

C. Section 3



Gambar 3. Single Line Diagram penyulang Pajalau PT.PLN (Persero) ULP Kalebajeng Section 3

Pada section 2 penyulang Pajalau PT.PLN (Persero) ULP Kalebajeng diperoleh hasil keandalan pada setiap LP, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Perhitungan SAIDI Penyulang pajalau section 1

No.	LP	Jumlah Pelanggan	ULP	SAIDI
1	LP34	170	15,84	0,5603
2	LP35	88	14,74	0,269896
3	LP36	469	15,84	1,545768
4	LP37	116	17,93	0,432767
5	LP38	143	17,93	0,533498
6	LP39	163	15,84	0,537228
7	LP40	133	15,84	0,438352
8	LP41	138	18,19	0,52231
9	LP42	157	18,19	0,594222
10	LP43	100	18,19	0,378485
11	LP44	157	18,19	0,594222
12	LP45	214	15,84	0,705318
13	LP46	56	15,84	0,184569
14	LP47	0	17,09	0
15	LP48	487	17,09	1,731758
16	LP49	121	17,09	0,430273
17	LP50	195	15,84	0,642697
18	LP51	197	15,84	0,649288
19	LP52	143	19,81	0,589436
20	LP53	290	19,81	1,19536
21	LP54	0	19,26	0
22	LP55	187	19,26	0,749401
23	LP56	45	15,84	0,148315
24	LP57	170	16,55	0,585414
25	LP58	33	20,36	0,1398
26	LP59	97	20,36	0,410928
27	LP60	73	20,36	0,309255
28	LP61	212	20,36	0,898111
29	LP62	92	20,36	0,389746
30	LP63	32	20,33	0,135364
31	LP64	133	20,33	0,562607

32	LP65	195	18,908	0,767179
Total		4806	Total	17,631

Tabel 8. Perhitungan SAIFI Penyulang pajalau section 1

No.	LP	Jumlah Pelanggan	λLP	SAIDI
1	LP34	170	1,584	0,05603
2	LP35	88	1,584	0,029004
3	LP36	469	1,584	0,154577
4	LP37	116	1,793	0,043277
5	LP38	143	1,793	0,05335
6	LP39	163	15,84	0,537228
7	LP40	133	15,84	0,438352
6	LP39	163	1,584	0,053723
7	LP40	133	1,584	0,043835
8	LP41	138	1,819	0,052231
9	LP42	157	1,819	0,059422
10	LP43	100	1,819	0,037849
11	LP44	157	1,819	0,059422
12	LP45	214	1,584	0,070532
13	LP46	56	1,584	0,018457
14	LP47	0	1,709	0
15	LP48	487	1,709	0,173176
16	LP49	121	1,709	0,043027
17	LP50	195	1,584	0,06427
18	LP51	197	1,584	0,064929
19	LP52	143	1,981	0,058944
20	LP53	290	1,981	0,119536
21	LP54	0	2,32	0
22	LP55	187	2,388	0,092916
23	LP56	45	1,584	0,014831
24	LP57	170	1,587	0,056136
25	LP58	33	2,033	0,013959
26	LP59	97	2,033	0,041032
27	LP60	73	2,033	0,03088
28	LP61	212	2,033	0,089679
29	LP62	92	2,033	0,038917
30	LP63	32	2,033	0,013536
31	LP64	133	2,033	0,056261
32	LP65	195	2,033	0,082488
Total		4806	Total	1,786

Berdasarkan tabel 8, dapat diperoleh nilai SAIFI dan SAIDI section 3 yaitu SAIFI 1,786 kali/tahun dan nilai SAIDI 17,631 jam/tahun.

Setelah mengetahui nilai indeks keandalan pada setiap section, maka dapat diperoleh nilai indeks keandalan penyulang barat PLTD Subaim dengan menjumlahkan indeks keandalan tiap section. Dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. Nilai Indeks Keandalan Penyulang Pajalau PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng Metode Section Technique

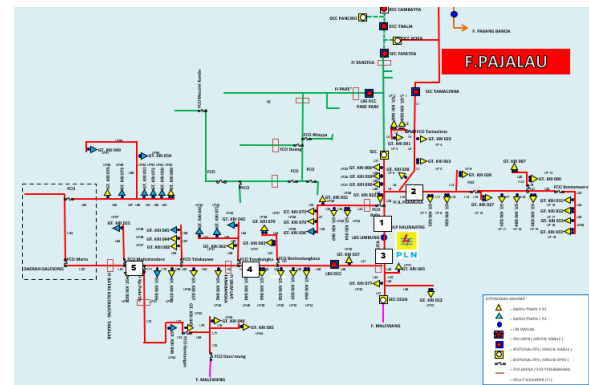
No.	Section	Indeks Keandalan Sistem	
		SAIDI	SAIFI
1	1	3,685	2,20
2	2	1,028	0,508
3	3	17,631	1,786
Total		22,348	4,494

Dari hasil perhitungan metode section technique Nilai SAIFI dan SAIDI penyulang Pajalau PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng dibandingkan dengan standar PLN, standar yang digunakan yaitu SPLN 59 : 1985 dengan nilai SAIFI 3,21 (f/customer.yr) dan

SAIDI 21,094 (hr/customer.yr). Maka dapat dilihat bahwa nilai SAIDI dan SAIFI pada penyulang Pajalau PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng belum memenuhi standar dan tergolong tidak andal.

D. Simulasi ETAP Peningkatan Indeks Keandalan

Setelah mendapatkan nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI yang tidak sesuai standar PLN, maka dilakukan simulasi penambahan recloser pada ETAP dengan melakukan Skenario 1-5 untuk meningkatkan keandalan. Penyulang yang dijadikan contoh simulasi adalah penyulang Pajalau PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng.

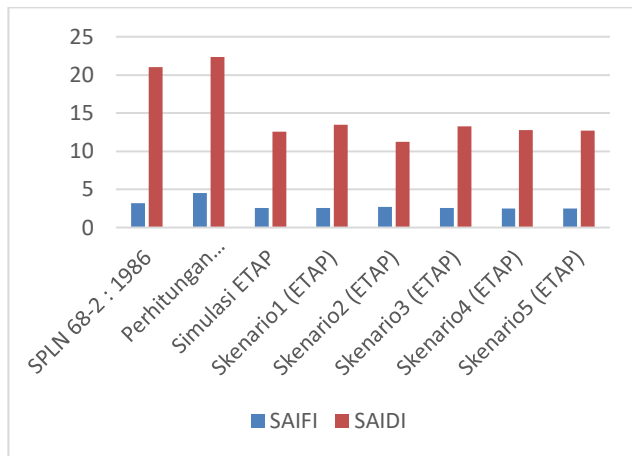


Gambar 3. Skenario penempatan recloser pada penyulang pajalau PT. PLN (Persero) ulp kalebajeng

Tabel 9. Hasil Skenario Nilai SAIFI Dan SAIDI Setelah Memasang Recloser

No.	Kondisi	SAIFI	SAIDI
1	Kndisi Eksisting ETAP	2,5879	12,5783
2	Skenario 1 (ETAP)	2,5785	13,4547
3	Skenario 2 (ETAP)	2,7113	11,2048
4	Skenario 3 (ETAP)	2,5912	13,2345
5	Skenario 4 (ETAP)	2,4898	12,7598
6	Skenario 5 (ETAP)	2,5239	12,7221

Berdasarkan hasil diatas, bahwa penggunaan recloser membuat indeks keandalan SAIDI dan SAIFI menurun secara signifikan. Pemasangan recloser selain untuk maksud keandalan juga harus berdasarkan sifat ekonomis.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai SAIFI dan SAIDI berdasarkan Standar PLN, Perhitungan Metode Section Technique, Hasil Perhitungan ETAP Kondisi Eksisting dan Skenario 1 Sampai 5 Menggunakan ETAP Pada Penyulang Pajalau PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng

V. KESIMPULAN

Dengan diperolehnya hasil dari perhitungan dan analisis pada penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metode *section technique* diperoleh indeks keandalan pada penyulang Pajalau yaitu SAIFI 4,494 kali/pelanggan/tahun, SAIDI 22,348 jam/pelanggan/tahun.
2. Dari hasil Simulasi ETAP untuk kondisi *eksisting* diperoleh indeks keandalan Pada Penyulang Pajalau yaitu SAIFI 2,5879 f/customer.yr, SAIDI 12,5783 hr/customer.yr
3. Salah satu upaya yang dilakukan untuk memperkecil nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI agar andal adalah dengan pemasangan Recloser, berdasarkan 5 Skenario yang telah dipilih didapatkan nilai keandalan paling optimal pada penyulang Pajalau pada Skenario kedua dengan nilai SAIFI 2,7113 kali/pelanggan.tahun, SAIDI 11,204 hr/customer.yr.
4. Pemasangan *recloser* sangat efektif untuk meningkatkan indeks keandalan dan faktor ekonomis pada sistem distribusi PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng, karena dengan menggunakan *recloser* dapat mempersingkat atau mempercepat waktu kegagalan. Karena diketahui recloser dapat bekerja secara otomatis dan dapat disetting 2 kali/lebih beroperasi pada saat terjadi gangguan.

REFERENSI

- [1]. Ahmad, A. A., & Hussein, D. M, *Electrical Distribution Reliability, Vol.3*, 2014.
- [2]. Bayliss, D. C, *Transmission and Distribution Electrical Engineering*, British: Newnes, 1999.
- [3]. Engelberth, t. (n.d.). *Analisis keandalan system distribusi 20 kV di PT.PLN (Persero) area jaringan bali selatan dengan menggunakan metode FMEA*.
- [4]. Fatoni, A, *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)*, vol 5 No.2, 2016.
- [5]. Liliana, *Analisa rpn Terhadap Keandalan Peralatan Pengaman Jaringan Distribusi Dengan Metode FMEA PLN cabang Pekanbaru Rayon Panam*, 2012.
- [6]. Nugroho, A. s, *Studi Keandalan Sistem Distribusi 20kV di Bengkulu dengan Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*, Vol.1 , No.1, 2012.
- [7]. Ulungan, B, *Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 kV di Wilayah Area Pelayanan jaringan (APJ) Padang PT PLN (persero) cabang Padang*. Jurnal Nasional Teknik Elektro, volume 1. Nomor 1, 2013.
- [8]. Saldiana, *Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang 20kV Pada PT. PLN (Persero) Rayon Daya Dengan Metode Section technique*, 2019.
- [9]. Santoso, R, *Evaluasi Tingkat Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV Pada Gardu Induk Bangkinang Dengan Menggunakan Metode FMEA*, 2016.
- [10].Sekhar, P., R.A.Deshpande, & V.Sankar, *Evaluation and Improvement of Reliability Indices of Electrical Power Distribution System*, 2016.
- [11].Hanif N. Qasthari, *Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 KvMenggunakan Sectionilizer Dengan Metode Section Technique*, 2012.
- [12].Tosa A. Husada, *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20kv di PT. PLN (Persero) Area*

Tanjung Karang Menggunakan Metode FMEA, 2017.