

Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang 20 Kv Pada PT.PLN (Persero) Rayon Daya Dengan Metode *Failure Modes and Effects Analysis (Fmea)*

Muh.Rifqi Anshori¹⁾, Ashar A R²⁾ Sofyan³⁾

¹ Jurusan Teknik Eletro/Politeknik Negeri Ujung Pandang

Rifqianshori779@gmail.com

² Jurusan Teknik Eletro/Politeknik Negeri Ujung Pandang

Ashar_ar@poliupg.ac.id

³ Jurusan Teknik Eletro/Politeknik Negeri Ujung Pandang

Sofyantato.pnup@gmail.com

Abstrak

Keandalan sistem distribusi merupakan kemampuan sistem untuk memberikan suatu pasokan tenaga listrik yang cukup dengan kualitas memuaskan. Peningkatan kebutuhan tenaga listrik, menuntut tingkat keandalan yang lebih tinggi dalam penyediaan dan penyaluran dayanya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung tingkat keandalan sistem distribusi 20 kV pada Rayon Daya dengan metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA), 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) Rayon Daya. 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 Paccerrakkang, Baddoka dan Kapasa. Metode yang digunakan antara lain pengumpulan data, pengolahan data, serta penganalisisan keandalan sistem distribusi 20 kV. Nilai indeks keandalan penyulang Paccerrakkang yaitu SAIDI 12.4 jam/tahun dan SAIFI 4.07 kali/tahun, untuk nilai indeks keandalan penyulang Baddoka yaitu SAIDI 5.5 jam/tahun dan SAIFI 1.8 kali/tahun, dan untuk nilai indeks keandalan penyulang Aluminium yaitu SAIDI 2.05 jam/tahun dan SAIFI 0.66 kali/tahun.

Keywords: FMEA, SAIFI, SAIDI, Sistem Distribusi, Keandalan Sistem

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik mengalami peningkatan setiap tahun seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan permintaan beban konsumen atau pelanggan. Sebagai penyedia dan pengelola sistem distribusi PT. PLN (Persero) tidak hanya berusaha memenuhi permintaan daya akan tetapi juga memperbaiki mutu keandalan pelayanan.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis indeks keandalan sistem jaringan distribusi yang telah dilakukan penulis sebelumnya pada tahun 2019 dengan menggunakan metode *section* di peroleh nilai indeks keandalan penyulang Paccerrakkang yaitu SAIDI 10.92 jam/tahun dan SAIFI 3.57 kali/tahun, nilai indeks keandalan penyulang Baddoka yaitu SAIDI 4.97 jam/tahun dan SAIFI 1.62 kali/tahun, nilai indeks keandalan penyulang Kapasa yaitu SAIDI 4.79 jam/tahun dan SAIFI 1.571 kali/tahun,. (Saldiana, 2019).

Pada skripsi tugas akhir ini penulis akan membandingkan hasil dari dua metode yang berbeda yaitu metode *section* dan metode *Failure Modes And Effects Analysis (FMEA)*

II. KAJIAN LITERATUR

A. 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.

B. Perhitungan Indeks Keandalan

Pada Pada metode *Failure Modes And Effects Analysis (FMEA)*, indeks keandalan yang dihitung yaitu:

1. System Average Interruption Duration Index (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:

$$SAIDI = \frac{\sum(U_i \times N_i)}{\sum N} \quad (1)$$

Dimana:

N = jumlah konsumen padam

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

2. System Average Interruption Frequency Index (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:

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N} \quad (2)$$

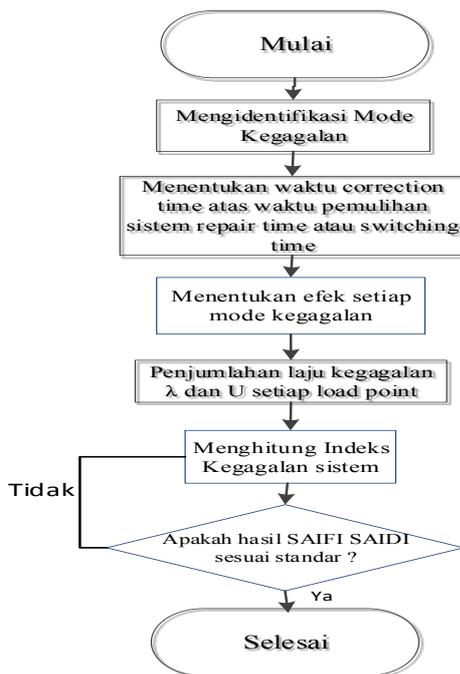
Dimana:

N = jumlah konsumen padam

λ_i = indeks kegagalan rata-rata per tahu (failure/year) (Santoso, 2016)

3. FMEA (Failure Modes and Effect Analysis)

FMEA merupakan suatu bentuk pendekatan yang melibatkan analisa bottom-up, bertujuan mengidentifikasi modemode kegagalan penyebab kegagalan, serta dampak kegagalan yang ditimbulkan oleh tiap-tiap komponen terhadap sistem. Dengan kata lain, FMEA mempertimbangkan kegagalan sistem sebagai hasil dari kegagalan komponen-komponen penyusun sistem tersebut.



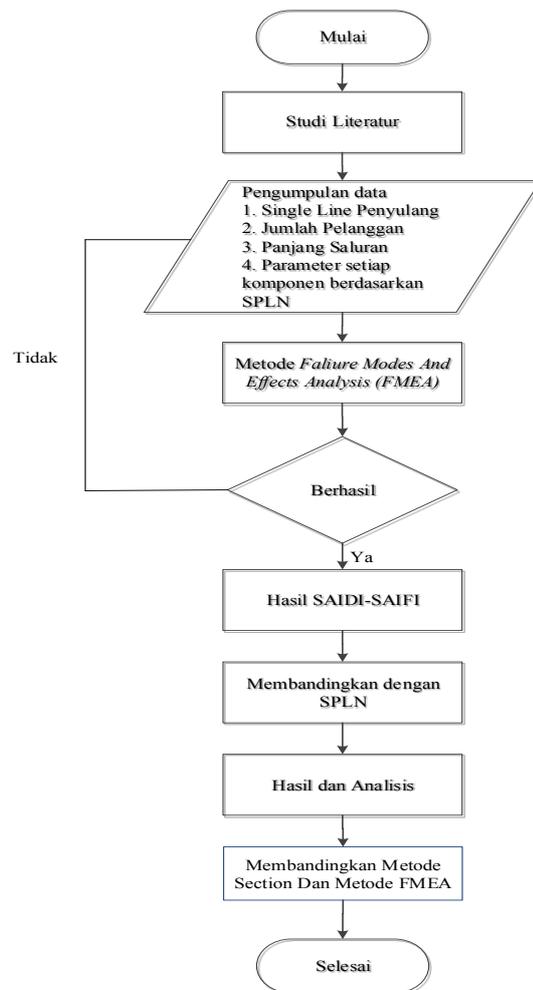
Gambar 1. Flowchart Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)

III. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian Keandalan Sistem Jaringan Distribusi pada Penyulang 20 kV pada PT PLN (Persero) Rayon Daya beralamat di Jl. Batara Bira, Biring kanaya, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90242, Indonesia.

Penelitian ini dilakukan mulai pada bulan Januari tahun 2020. 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 Paccerrakkang, penyulang Baddoka, dan penyulang Kapasa PT. PLN (Persero) Daya.
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 analisis data sesuai data yang telah diperoleh.

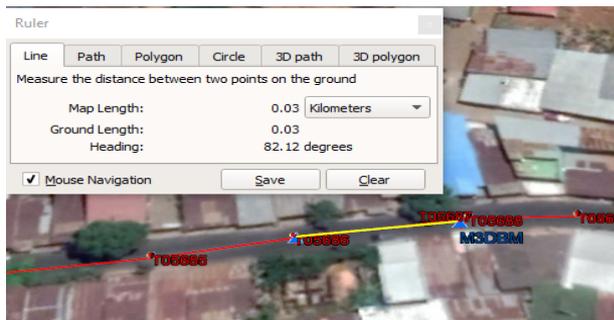


Gambar 2. Flowchart Metode Penelitian dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menghitung Keandalan Sistem Distribusi kita harus menghitung terlebih dahulu laju kegagalan (λ_{LP}) dan durasi kegagalan (U_{LP}) pada setiap load point. Berikut ini adalah perhitungan Laju kegagalan (λ_{LP}) dan durasi kegagalan (U_{LP}) yang terdapat pada penyulang Aluminium.

Untuk mengetahui panjang saluran maka perlu dilakukan pengukuran secara manual menggunakan Aplikasi Google Earth Pro. 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 3. Pengukuran panjang saluran menggunakan Google Earth Pro (Sumber : 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 seperti tabel 4.1 dibawah ini

Tabel 1. Perhitungan λ_{LP} Penyulang Aluminium

No	Alat	λ_i (SPLN) (Kegagalan/Tahun/km)	Panjang Saluran (km)	λ_{LP} (Kegagalan/Tahun/km)
1	CB	0.004	-	0.004
2	LBS DCC KIMA 16	0.003	-	0.003
3	LP	0.005	-	0.005
4	Line 1	0.2	0.19	0.038
5	Line 2	0.2	0.03	0.006
6	Line 3	0.2	0.22	0.044
7	Line 4	0.2	0.09	0.018
8	Line 5	0.2	0.04	0.008
9	Line 6	0.2	0.2	0.04
10	Line 7	0.2	0.02	0.004
11	Line 8	0.2	0.1	0.02
12	Line 9	0.2	0.02	0.004

No	Alat	λ_i (SPLN) (Kegagalan/Tahun/km)	Panjang Saluran (km)	λ_{LP} (Kegagalan/Tahun/km)
13	Line 10	0.2	0.05	0.01
14	Line 11	0.2	0.01	0.002
15	Line 12	0.2	0.05	0.01
16	Line 13	0.2	0.01	0.002
17	Line 14	0.2	0.12	0.024
18	Line 15	0.2	0.31	0.062
19	Line 16	0.2	0.12	0.024
20	Line 17	0.2	0.1	0.02
21	Line 18	0.2	0.15	0.03
22	Line 19	0.2	0.02	0.004
23	Line 20	0.2	0.08	0.016
24	Line 21	0.2	0.16	0.032
25	Line 22	0.2	0.05	0.01
26	Line 23	0.2	0.04	0.008
27	Line 24	0.2	0.27	0.054
28	Line 25	0.2	0.04	0.008
29	Line 26	0.2	0.07	0.014
30	Line 27	0.2	0.05	0.01
31	Line 28	0.2	0.1	0.02
32	Line 29	0.2	0.14	0.028
33	Line 30	0.2	0.03	0.006
34	Line 31	0.2	0.14	0.028
35	Line 32	0.2	0.2	0.04

Untuk menghitung laju kegagalan (λ_{LP}) setiap peralatan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan

$$\lambda_{LP1} = \sum_i \lambda_i \quad (3)$$

$$= 0.2 \times 0.96$$

$$= 0.192 \text{ (kegagalan/tahun/km)}$$

Tabel 2. Perhitungan U_{LP} Penyulang Aluminium

No	Alat	λ_{LP} (Kegagalan/tahun/km)	R (SPLN) (jam)	ULP (Jam/Tahun/km)
1	CB	0.004	10	0.04
2	LBS DCC KIMA 16	0.003	10	0.03
3	LP	0.005	10	0.05
4	Line 1	0.038	3	0.114
5	Line 2	0.006	3	0.018

No	Alat	λ_{LP} (Kegagalan/tahun/km)	R (SPLN) (jam)	ULP (Jam/Tahun/km)
6	Line 3	0.044	3	0.132
7	Line 4	0.018	3	0.054
8	Line 5	0.008	3	0.024
9	Line 6	0.04	3	0.12
10	Line 7	0.004	3	0.012
11	Line 8	0.02	3	0.06
12	Line 9	0.004	3	0.012
13	Line 10	0.01	3	0.03
14	Line 11	0.002	3	0.006
15	Line 12	0.01	3	0.03
16	Line 13	0.002	3	0.006
17	Line 14	0.024	3	0.072
18	Line 15	0.062	3	0.186
19	Line 16	0.024	3	0.072
20	Line 17	0.02	3	0.06
21	Line 18	0.03	3	0.09
22	Line 19	0.004	3	0.012
23	Line 20	0.016	3	0.048
24	Line 21	0.032	3	0.096
25	Line 22	0.01	3	0.03
26	Line 23	0.008	3	0.024
27	Line 24	0.054	3	0.162
28	Line 25	0.008	3	0.024
29	Line 26	0.014	3	0.042
30	Line 27	0.01	3	0.03
31	Line 28	0.02	3	0.06
32	Line 29	0.028	3	0.084
33	Line 30	0.006	3	0.018
34	Line 31	0.028	3	0.084
35	Line 32	0.04	3	0.12

Sedangkan untuk memperoleh nilai U_{LP} diperoleh dengan mengalikan antara nilai λ_{LP} dengan r (waktu perbaikan) sesuai SPLN.

$$U_{LP1} = \sum_i \lambda_i \cdot r \quad (4)$$

$$= 0.038 \times 3$$

$$= 0.114 \text{ (jam/tahun/km)}$$

Tabel 3. Perhitungan SAIDI Penyulang Aluminium

No.	LP	Jumlah Pelanggan	ULP	SAIDI
1	LP1	1	2.052	0.070758621
2	LP2	10	2.052	0.707586207
3	LP3	1	2.052	0.070758621

No.	LP	Jumlah Pelanggan	ULP	SAIDI
4	LP4	1	2.052	0.070758621
5	LP5	4	2.052	0.283034483
6	LP6	1	2.052	0.070758621
7	LP7	1	2.052	0.070758621
8	LP8	1	2.052	0.070758621
9	LP9	1	2.052	0.070758621
10	LP10	1	2.052	0.070758621
11	LP11	1	2.052	0.070758621
12	LP12	1	2.052	0.070758621
13	LP13	1	2.052	0.070758621
14	LP14	1	2.052	0.070758621
15	LP15	1	2.052	0.070758621
16	LP16	1	2.052	0.070758621
17	LP17	1	2.052	0.070758621
	Total	29	Total	2.05

Untuk Menentukan nilai SAIDI maka di gunakan persamaan

$$SAIDI_{LP1} = \frac{\sum(N_{LP}) \times U_{LP}}{\sum N} \quad (5)$$

$$= \frac{1 \times 2.052}{29}$$

$$= 0.070758621 \text{ jam/tahun}$$

Tabel 4. Perhitungan SAIFI Penyulang Aluminium

No.	LP	Jumlah Pelanggan	λ_{LP}	SAIFI
1	LP1	1	0.656	0.02262069
2	LP2	10	0.656	0.226206897
3	LP3	1	0.656	0.02262069
4	LP4	1	0.656	0.02262069
5	LP5	4	0.656	0.090482759
6	LP6	1	0.656	0.02262069
7	LP7	1	0.656	0.02262069
8	LP8	1	0.656	0.02262069
9	LP9	1	0.656	0.02262069
10	LP10	1	0.656	0.02262069
11	LP11	1	0.656	0.02262069
12	LP12	1	0.656	0.02262069
13	LP13	1	0.656	0.02262069
14	LP14	1	0.656	0.02262069
15	LP15	1	0.656	0.02262069
16	LP16	1	0.656	0.02262069
17	LP17	1	0.656	0.02262069
	Total	29	Total	0.66

Untuk memperoleh nilai SAIFI maka di gunakan persamaan

$$\begin{aligned} \text{SAIFI LP1} &= \frac{\sum(N LP)x \lambda LP}{\sum N} \quad (6) \\ &= \frac{1x 0.656}{806} \\ &= 0.002243176 \text{ kali/tahun} \end{aligned}$$

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan yang digunakan untuk menentukan SAIDI dan SAIFI Penyulang Paccerrkang maka diperoleh hasil seperti tabel 5 , dengan melakukan perhitungan yang sama pada penyulang Baddoka dan Penyulang Alumunium maka diperoleh Hasil seperti tabel dibawah ini

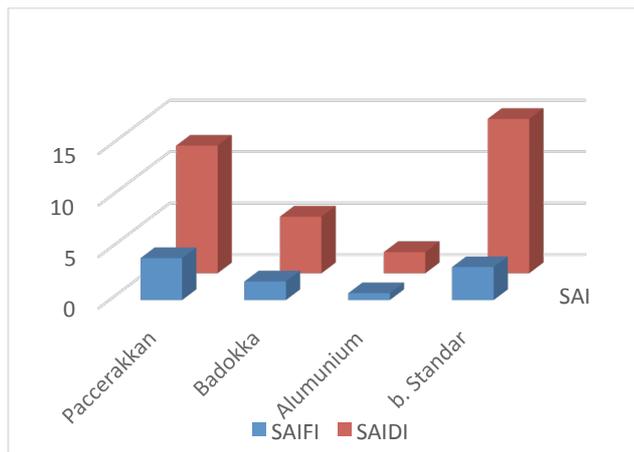
Tabel 5.SAIDI Tiap Penyulang

Paccerrkang	Baddoka	Alumunium
12.4	5.5	2.05

Tabel 6.SAIFI Tiap Penyulang

Paccerrkang	Baddoka	Alumunium
4.07	1.8	0.66

Adapun Grafik perbandingan antara hasil perhitungan dengan SPLN adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Perbandingan SPLN dan Hasil Perhitungan Menggunakan Metode FMEA

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat di analisis, dengan metode *Failure Modes And Effects Analysis* diperoleh nilai indeks keandalan penyulang Paccerrkang, Penyulang Baddokka dan Penyulang Alumunium yaitu untuk nilai indeks keandalan penyulang Paccerrkang lebih besar dibandingkan penyulang Baddokka dan Penyulang Alumunium Hal ini dikarenakan oleh banyaknya peralatan yang dapat mempengaruhi indeks kegagalan di penyulang tersebut , jumlah Pelanggan serta laju kegagalan tiap load point juga sangat mempengaruhi indeks keandalan sistem distribusi hal ini , dengan kata lain, semakin banyak jumlah pelanggan serta peralatan yang terdapat pada sebuah penyulang maka semakin besar pula kemungkinan untuk sistem tersebut mengalami kegagalan.

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai indeks keandalan penyulang Paccerrkang yaitu SAIDI 12.4 jam/tahun dan SAIFI 4.07 kali/tahun, untuk nilai indeks keandalan penyulang Baddoka yaitu SAIDI 5.5 jam/tahun dan SAIFI 1.8 kali/tahun, dan untuk nilai indeks keandalan penyulang Alumunium yaitu SAIDI 2.05 jam/tahun dan SAIFI 0.66 kali/tahun. Nilai SAIDI dan SAIFI ini kemudian dibandingkan dengan SPLN untuk mengetahui apakah ketiga penyulang diatas termasuk dalam kategori andal atau tidak. Sesuai dengan SPLN No. 68-2 Tahun 1986 tentang “Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian Dua”, sistem dapat dikatakan andal apabila mempunyai nilai SAIDI 21 jam/tahun dan SAIFI 3.2 kali/tahun.. Berdasarkan perhitungan nilai SAIFI menggunakan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) untuk nilai indeks keandalan pada Penyulang Paccerrkang kurang handal, yaitu 4.07 kali/tahun namun masih bias ditoleransi karena perbedaan yang tidak terlalu signifikan .Sedangkan untuk nilai SAIDI, metode ini menunjukkan kehandalan yakni 12.4 jam/tahun , dan untuk nilai indeks keandalan Penyulang Baddokka dan Penyulang Kapasa baik SAIDI maupun SAIFI sudah tergolong handal dan memenuhi standar PLN, dikarenakan semuanya dibawah standar dengan kata lain frekuensi penyulang tersebut dalam mengalami kegagalan lebih rendah dibanding standar yang ditetapkan oleh PLN pada SPLN No. 68-2 Tahun 1986.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan indeks keandalan dari 3 penyulang yang disuplai oleh Gardu Induk Daya, dengan metode *Failure Modes And Effects Analysis* diperoleh nilai indeks keandalan penyulang Paccerrkang, Penyulang Baddokka dan Penyulang Alumunium,sehinga dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai indeks keandalan penyulang Paccerrkang yaitu SAIDI 12.4 jam/tahun dan SAIFI 4.07 kali/tahun, untuk nilai indeks keandalan penyulang Baddokka yaitu SAIDI 5.5 jam/tahun dan SAIFI 1.8 kali/tahun, dan untuk nilai indeks keandalan penyulang Alumunium yaitu SAIDI 2.05 jam/tahun dan SAIFI 0.66 kali/tahun,.
2. Berdasarkan perhitungan nilai SAIFI menggunakan metode *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA) untuk nilai indeks keandalan pada Penyulang Paccerrkang kurang handal, yaitu 4.07 kali/tahun.Sedangkan untuk nilai SAIDI, metode ini menunjukkan kehandalan yakni 12.4 jam/tahun, dan untuk nilai indeks keandalan Penyulang Baddokka dengan SAIFI 1.8 kali/pelanggan/tahun , SAIDI 5.5 jam/pelanggan/tahun dan Penyulang Kapasa dengan SAIDI 2.05 jam/pelanggan/tahun maupun SAIFI 0.66 kali/pelanggan/tahun sudah tergolong handal dan memenuhi standar PLN.

REFERENSI

- [1] Ahmad, A. A., & Hussein, D. M. (2014). *Electrical Distribution Reliability* . Vol.3.
- [2] Bayliss, D. C. (1999). *Transmission and Distribution Electrical Engineering* . British: Newnes.
- [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. ,. (2016). Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). vol 5 No.2.
- [5] Liliana. (2012). Analisa rpn Terhadap Keandalan Peralatan Pengaman Jaringan Distribusi Dengan Metode FMEA PLN cabang Pekanbaru Rayon Panam.
- [6] Nugroho, A. s. (2012). Studi Keandalan Sistem Distribusi 20kV di Bengkulu dengan Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA). Vol.1, No.1.
- [7] Pulungan, B. (2013). 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.
- [8] Saldiana. (2019). Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang 20kV Pada PT. PLN (Persero) Rayon Daya Dengan Metode Section technique.
- [9] Santoso, R. &. (2016). Evaluasi Tingkat Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV Pada Gardu Induk Bangkinang Dengan Menggunakan Metode FMEA.
- [10] Sekhar, P., R.A.Deshpande, & V.Sankar. (2016). Evaluation and Improvement of Reliability Indices of Electrical Power Distribution System.