

# Penentuan Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Penyulang Malili dengan Metode *Section Technique* dan FMEA

## Usman

Teknik Listrik, Politeknik  
Negeri Ujung Pandang  
Jl. Perintis Kemerdekaan  
KM.10 Tamalanrea, Makassar  
90245, +62(411)585365  
usman.ose@poliupg.ac.id

## Muhammad Thahir

Teknik Listrik, Politeknik  
Negeri Ujung Pandang  
Jl. Perintis Kemerdekaan  
KM.10 Tamalanrea, Makassar  
90245, +62(411)585365  
muh.thahir@poliupg.ac.id

## \*Indra

PT. PLN (Persero) ULP Malili  
Jl. Abdul Rakib, No.8  
Luwu Timur, 92918, (0474)  
321123  
\* indraaries72@gmail.com

## Sofyan

Teknik Listrik, Politeknik  
Negeri Ujung Pandang  
Jl. Perintis Kemerdekaan  
KM.10 Tamalanrea, Makassar  
90245, +62(411)585365  
sofyantato@poliupg.ac.id

## Ahmad Rosyid Idris

Teknik Listrik, Politeknik  
Negeri Ujung Pandang  
Jl. Perintis Kemerdekaan  
KM.10 Tamalanrea, Makassar  
90245, +62(411)585365  
ahmadrosyid@poliupg.ac.id

## Sharma Thaha

Teknik Listrik, Politeknik  
Negeri Ujung Pandang  
Jl. Perintis Kemerdekaan  
KM.10 Tamalanrea, Makassar  
90245, +62(411)585365  
sarmathaha@poliupg.ac.id

**Abstract** – This paper discusses the determination of the reliability index of the power distribution system. The reliability of the power distribution system is strongly influenced by the duration and frequency of the disturbance, causing customers not to receive electrical energy. This reliability is measured by indices called SAIFI, SAIDI, and CAIDI. The method used to calculate the failure rate required to determine the reliability indexes are the section technique and Failure Mode Effect Analysis (FMEA). The results obtained using the FMEA method are better results. Compared to PLN's SAIFI and SAIDI standards, the Malili feeder is still quite reliable, because its value is smaller than the PLN standard. However, when compared to the IEEE standard, this Malili feeder is not categorized as reliable because the SAIFI value obtained is still higher. While for SAIDI the value is still below the IEEE standard. To improve the reliability index of this feeder, it is necessary to add a protection component to localize the fault.

**Keywords:** power distribution system, reliability index, section technique, FMEA.



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

## I. PENDAHULUAN

Peranan utama sistem distribusi tenaga listrik yaitu menyalurkan daya listrik secara terus menerus dan andal dari pembangkit atau transmisi ke beban. Menurut [1] keandalan merupakan suatu tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu tertentu. Oleh karena itu keandalan sistem tenaga listrik dapat diartikan suatu kemampuan sistem untuk menyuplai daya listrik yang cukup dan berkualitas. Tingkat keandalan pelayanan oleh sebuah sistem

distribusi tenaga listrik dapat dilihat dari lamanya pemadaman dan banyaknya frekuensi yang terjadi pada konsumen per tahun [2]. Sehingga penyedia ketenagalistrikan yaitu PT. PLN (Persero) berkewajiban untuk menjaga mutu layanannya. Seperti yang disebutkan dalam UU No.30 tahun 2009 tentang ketenagalistrikan pasal 28, dinyatakan bahwa pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik harus memenuhi standar mutu keandalan yang berlaku dan memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya pengguna.

Keandalan sistem distribusi diukur dalam suatu indeks keandalan. Indeks keandalan sistem distribusi adalah suatu nilai yang mengukur ketersediaan/tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik ke pengguna atau pelanggan [3], [4]. Indeks keandalan sistem distribusi yang umum digunakan adalah SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*). Ketiga nilai indeks keandalan sistem distribusi ini dipengaruhi oleh durasi dan frekuensi gangguan yang menyebabkan terjadinya pemadaman.

Indeks keandalan tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan beberapa metode. Metode-metode tersebut digunakan untuk memperoleh laju kegagalan peralatan yang digunakan dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik. Metode tersebut adalah *section technique* seperti dalam [5]–[8], *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) seperti dalam [9] dan RIA (*Reliability Index Assessment*) dalam [9], [10]. Metode

Penyulang Malili merupakan salah satu penyulang yang mendapat suplai dari Gardu Induk (GI) Palopo. Hingga saat ini semenjak dioperasikan belum dilakukan perhitungan indeks keandalan berdasarkan konfigurasi jaringan dan standar peralatan yang terhubung pada penyulang ini. sehingga tujuan dari

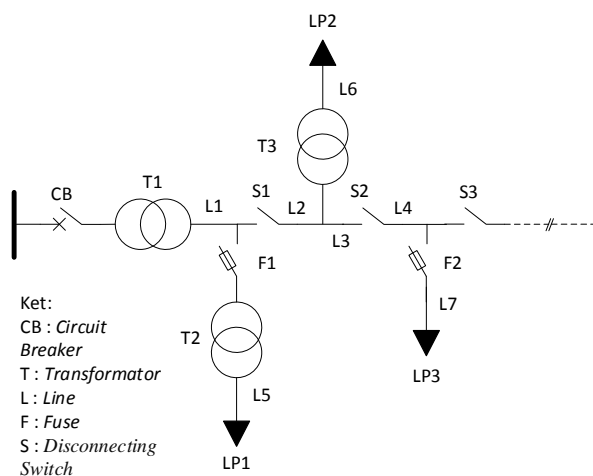
penelitian ini adalah untuk mendapatkan indeks keandalan yang meliputi SAIFI dan SAIDI berdasarkan konfigurasi jaringan dan standar peralatan dengan menggunakan metode *section technique* dan FMEA.

II. KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI

Sistem distribusi adalah seluruh komponen sistem kelistrikan yang terhubung langsung antara sumber utama dan konsumen listrik. Dari gardu induk ke stasiun distribusi. Sistem distribusi berfungsi untuk menyalurkan energi listrik kepada konsumen berupa pabrik, industri, rumah tinggal, dan lainnya [11]. Beberapa bentuk sistem jaringan distribusi yang umum dipergunakan dalam penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik yaitu sistem jaringan distribusi radial, *ring*, *spindle*, hantaran penghubung dan anyaman. Pemilihan jaringan distribusi tersebut tergantung pada kebutuhan dan keandalan sistem yang diinginkan, seperti kontinuitas, distribusi daya, pertumbuhan beban dan faktor ekonomi yang diinginkan [12]. Representasi suatu jaringan distribusi dapat dilihat pada Gambar 1.

Jaringan distribusi merupakan bagian yang rentan terjadinya gangguan sehingga menurunkan indeks keandalan sistem [6]. Gangguan yang terjadi tidak bisa dihilangkan sepenuhnya akan tetapi gangguan tersebut dapat meminimalisir. Gangguan diartikan sebagai sebuah keadaan sistem yang menyimpang dari normal, antara lain gangguan beban lebih, tegangan lebih, dan gangguan hubung singkat.

Analisis bentuk kegagalan adalah analisis bagian dari sistem atau peralatan yang dapat gagal, bentuk kegagalan yang mungkin terjadi, efek dari setiap kegagalan, bentuk kegagalan sistem yang kompleks. Keandalan sistem distribusi tenaga listrik adalah ukuran tingkat pelayanan pasokan tenaga listrik dari sistem ke pelanggan. Ukurannya dapat dilihat dari seberapa sering sistem mengalami kegagalan dan berapa lama waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengalami kegagalan dan seberapa cepat sistem pulih kembali ke kondisi sejak saat terjadinya kegagalan. [3], [9].



Gambar 1. Representasi peralatan dalam suatu jaringan distribusi radial.

Tabel 1. Nilai Laju Kegagalan dan *Repair Time* [17].

Komponen	Laju Kegagalan	Repair Time
Saluran Udara	0.2/km/tahun	3 Jam
Pemutus Tenaga	0.004/unit/tahun	10 Jam
Saklar Beban	0.003/unit/tahun	10 Jam
Saklar Pemisah	0.003/unit/tahun	10 Jam
Trafo Distribusi	0.005/unit/tahun	10 Jam

Beberapa istilah yang digunakan untuk memahami faktor yang dapat mempengaruhi indeks keandalan dalam suatu sistem distribusi yaitu *outage*/keluar, *schedule outage*; *forced outage*; *interruption*/pemadaman; *scheduled interruption*; *forced interruption failure rate* ( $\lambda$ ), *outage time* ( $r$ ), *annual outage time* ( $U$ ) dan *energy not supplied* (ENS). Indeks keandalan adalah ukuran keandalan sistem. Tingkat keandalan sistem distribusi didasarkan pada indeks keandalan dasar yang meliputi:

- $\lambda$  = frekuensi kegagalan tahunan rata – rata
- $r$  = lama terputusnya pasokan listrik rata-rata (jam/pertahun)
- $U$  = lama/durasi terputusnya pasokan listrik tahunan rata-rata (jam/pertahun)

Sedangkan indeks keandalan digunakan untuk menghitung kinerja keandalan sistem secara keseluruhan, antara lain metrik [7]:

- *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) yang dihitung dengan:

$$SAIFI = \frac{\sum (\lambda_i \times N_i)}{\sum N} \text{ gangguan/tahun} \quad (1)$$

- *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) yang dihitung dengan:

$$SAIDI = \frac{\sum (U_i \times N_i)}{\sum N} \text{ jam/tahun} \quad (2)$$

- *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI) yang dihitung dengan:

$$CAIDI = \frac{\sum (U_i \times N_i)}{\sum (\lambda_i \times N_i)} \text{ jam/tahun/pelanggan} \quad (3)$$

Untuk mengukur keandalan suatu sistem terdistribusi, diperlukan suatu acuan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi sistem tersebut. Berdasarkan standar PLN 68-2:1986 menyatakan bahwa sistem dalam kondisi baik jika memenuhi standar SAIFI yaitu 21 kali gangguan/tahun dan SAIDI yaitu 4,2 jam/tahun dan CAIDI yaitu 6,59 jam/pelanggan/tahun/. Sedangkan menurut standar IEEE P1366 - 2003, nilai keandalan suatu sistem dikatakan baik jika memenuhi SAIFI sebesar 1,26 gangguan/tahun dan SAIDI sebesar 1,9 jam/tahun. Parameter untuk mengukur tingkat kegagalan setiap bagian peralatan dan waktu pensaklaran untuk menentukan lokasi gangguan didasarkan pada SPLN 1985 tentang keandalan sistem distribusi 20 kV dan 6 kV dapat dilihat pada Gambar. Tabel 1.

III. METODE *SECTION TECHNIQUE* DAN FMEA

Metode *section technique* untuk menilai keandalan sistem distribusi berdasarkan pada sebuah kegagalan peralatan. Kegagalan tersebut mempunyai pengaruh pada pengoperasian sistem. Efek dari kegagalan

Tabel 2. Data indeks kegagalan SUTM [17].

Parameter	Nilai
<i>Sustained failure rate</i> ( $\lambda$ /km/tahun)	0,2
<i>Momentary failure rate</i> ( $\lambda$ /km/tahun)	0,003
<i>Repair time</i> (r) (jam)	3
<i>Switching time</i> (rs) (jam)	0,15

Tabel 3. Data indeks kegagalan peralatan [17].

Komponen	$\lambda$ (unit/thn)	r (jam)	rs (jam)
Transformator	0,005	10	0,15
CB	0,004	10	0,15
Sectionalizer	0,003	10	0,15

peralatan individu ditentukan secara sistematis dengan menganalisis apa yang akan terjadi jika kegagalan terjadi. Setelah itu, setiap kegagalan perangkat dianalisis pada semua titik beban (*load point*). Pendekatan *bottom-up* mempertimbangkan satu mode kegagalan pada satu waktu [6]–[8].

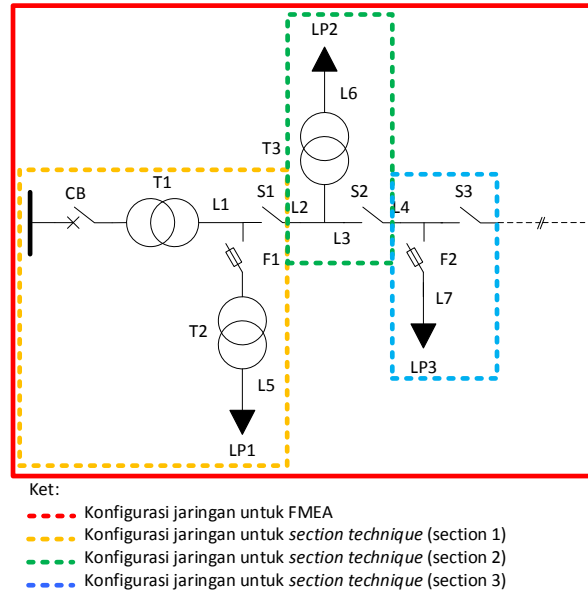
Metode FMEA merupakan suatu pendekatan untuk menentukan mode kegagalan yang menyebabkan kegagalan, beserta dampak dari kegagalan yang ditimbulkan oleh masing-masing komponen pada sistem. FMEA digunakan untuk menentukan kemungkinan mode kegagalan dari setiap komponen dan menentukan penyebab kegagalan. Setiap kegagalan yang disebabkan oleh masing-masing komponen mempunyai akibat atau akibat yang akan diakibatkan oleh kegagalan komponen tersebut. Pada dasarnya, pada FMEA kegagalan komponen sistem yang ada diasumsikan dan kemudian dampak terhadap setiap LP akibat kegagalan tersebut ditentukan. Dengan menggunakan metode ini, seseorang dapat melihat area jaringan mana yang memerlukan penilaian keandalan, ini bisa dalam bentuk pemeliharaan jaringan atau otomatisasi sistem [3], [9], [13].

Penyelesaian metode *section technique* maupun FMEA membutuhkan 2 parameter yaitu laju kegagalan (*failure rate*) dan ketidakterersediaan (*unavailability*) [13]. Laju kegagalan diartikan sebagai nilai atau jumlah gangguan dalam periode waktu tertentu. Tingkat kegagalan dapat dibagi menjadi 2 jenis [14]:

- *Sustained failure rate* adalah nilai tingkat kerusakan akibat gangguan dengan waktu yang cukup lama dalam tahap perbaikan. Jenis tingkat kegagalan ini biasanya digunakan untuk menghitung indeks keandalan sistem distribusi.
- *Momentary failure rate* adalah nilai laju kegagalan yang diakibatkan oleh gangguan sesaat yang dialami oleh suatu komponen.

Ketidakterersediaan adalah waktu dengan kondisi sistem tidak dapat menyuplai daya listrik ke pelanggan. Ketidakterersediaan juga bermakna lama durasi gangguan yang disimbolkan dengan huruf U. Tabel 2 merupakan data kegagalan untuk Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) sesuai Standar PLN No. 59 Tahun 1985. Nilai *failure rate*, *repair time*, dan *switching time* komponen yang terdapat di dalam sistem distribusi dapat dilihat pada Tabel 3.

Mengimplementasikan metode *section technique* dan FMEA pada jaringan distribusi berdasarkan Gambar 1, hasilnya disajikan pada Gambar 2. Perbedaan mendasar kedua metode tersebut adalah



Gambar 2. Konfigurasi jaringan distribusi radial untuk mengimplementasikan metode *section technique* dan FMEA.

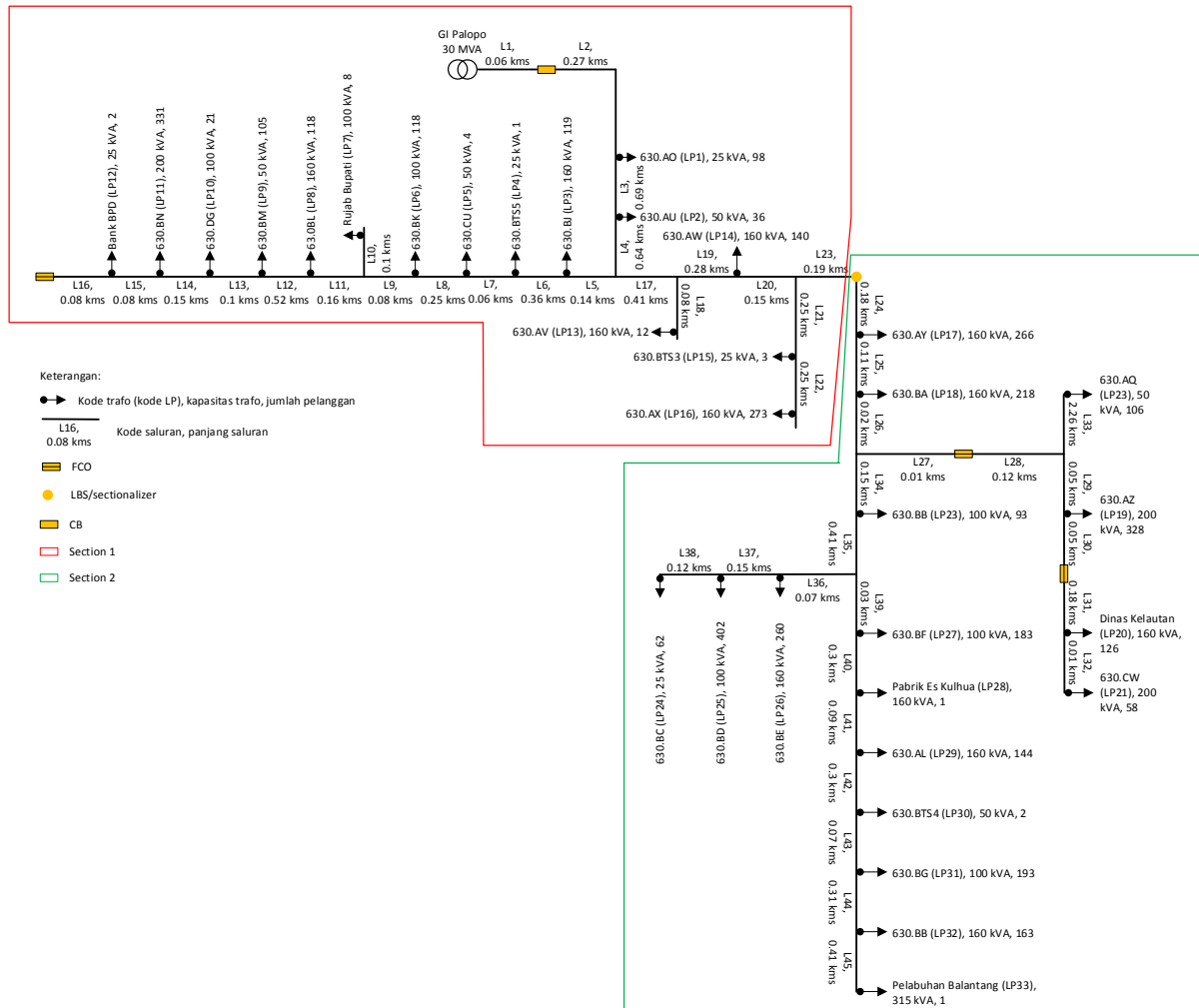
konfigurasi jaringan distribusi. Pada metode *section technique* suatu jaringan distribusi radial dibuat menjadi beberapa seksi (*section*) atau dengan kata lain suatu jaringan/penyulang dibagi-bagi menjadi penyulang yang lebih sederhana lagi. Pada umumnya untuk menentukan *section* pada suatu penyulang dibagi berdasarkan letak atau posisi sebuah *fuse*/FCO, *sectionalizer*/LBS/*Disconnecting Switch*.

#### IV. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlangsung dari bulan Januari 2021 sampai dengan Maret 2021 di PT PLN (Persero)



Gambar 3. Prosedur penelitian



Gambar 4. Diagram satu garis dan pembagian segmen penyulang Malili.

ULP Malili. Prosedur penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, seperti yang disajikan pada Gambar 3. Penyulang Malili mendapatkan suplai tegangan dari Gardu Induk Palopo dengan kapasitas 30 MVA.

#### A. Data Penyulang Malili

Penyulang Malili memiliki 33 buah trafo distribusi. Konfigurasi jaringan penyulang ini adalah *loop*, tetapi dioperasikan dalam kondisi radial dengan *tie switch* yang *open circuit*. Penyulang Malili yang dilengkapi dengan *circuit breaker* (CB) digunakan untuk memperbaiki busbar 20 kV. Memiliki 1 *load break switch* (LBS) atau sakelar pemutus dapat mengurangi efek kebisingan sehingga tidak mempengaruhi komponen lainnya. Sehingga dapat mengurangi daerah interferensi. Diagram satu garis penyulang ini dapat dilihat pada Gambar 4. Total kapasitas trafo pada penyulang ini adalah 2910 kVA dan total pelanggan sebanyak 4205 dengan total panjang saluran 13 kms.

#### B. Metode *Section Techniue* dan FMEA dalam Menghitung Indeks Keandalan

Indeks keandalan yang dihitung berdasarkan *section technique* adalah indeks LP dan indeks sistem baik secara *section* maupun keseluruhan. Indeks LP antara lain:

- Frekuensi gangguan (*failure rate*) untuk setiap LP ( $\lambda_{LP}$ ), adalah jumlah tingkat kegagalan semua perangkat yang mempengaruhi LP, dengan persamaan:

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i \quad (4)$$

dengan  $\lambda_i$  adalah tingkat kegagalan perangkat K dan K keduanya perangkat yang mempengaruhi LP.

- Lama/durasi gangguan tahunan rata-rata untuk LP  $U_{LP}$ , dengan persamaan:

$$U_{LP} = \sum_{i=K} U_i = \sum_{i=K} \lambda_i r_i \quad (5)$$

dengan  $r_i$  adalah waktu perbaikan (*repairing time* atau *switching time*).

Penyelesaian keandalan menggunakan *section technique* dari suatu penyulang, penyulang tersebut harus dibagi-bagi menjadi beberapa segmen (*section*). Pada makalah ini pembagian segmen tersebut didasarkan pada letak atau jumlah *sectionalizer*. Berdasarkan Gambar 4 jumlah *sectionalizer* pada Penyulang Malili sebanyak 1 buah, sehingga jumlah segmen dari penyulang tersebut menjadi 2. Tahapan dalam menyelesaikan indeks keandalan sistem distribusi menggunakan metode *section technic* adalah sebagai berikut:

- Membagi penyulang ke beberapa *section*,
- Menentukan letak LP berdasarkan penentuan segmen pada poin sebelumnya,

## Penentuan Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Penyulang Malili dengan Metode *Section Technique* dan FMEA

- Menghitung nilai  $\lambda$  dan  $U$  dari tiap peralatan yang termasuk ke dalam perhitungan dari tiap *section*,
- Mengalikan nilai  $\lambda$  tiap segmen dengan jumlah pelanggan serta nilai  $U$  tiap segmen dengan pelanggan dari tiap titik beban,
- Menghitung SAIFI, SAIDI dan CAIDI menggunakan (1), (2) dan (3).

Syarat yang dibutuhkan dalam menganalisis keandalan sistem distribusi menggunakan metode FMEA adalah sebagai berikut:

- Diperlukan topologi/konfigurasi jaringan distribusi 20 kV. Konfigurasi jaringan dapat didefinisikan di cabang, komponen yang ada dalam sistem sebagai titik sumber, titik beban.
- Untuk setiap LP, data keandalan dirinci seperti tingkat kegagalan, waktu perbaikan, dan waktu *switching*.
- Jumlah efek kegagalan pada setiap titik beban, baik tingkat kegagalan maupun waktu perbaikan :
- Frekuensi kegagalan (*failure rate*) untuk tiap LP adalah tingkat kegagalan total semua perangkat yang memengaruhi LP.
- Lama atau durasi gangguan tahunan rata-rata untuk LP.

Langka-langkah untuk menentukan indeks keandalan sistem distribusi tenaga listrik dengan mengaplikasikan metode FMEA adalah sebagai berikut:

- Menentukan letak LP,
- Menentukan nilai laju kegagalan sesuai dengan komponen peralatan,
- Menghitung laju kegagalan penyulang dengan (4),
- Menghitung SAIFI, SAIDI dan CAIDI menggunakan (1), (2) dan (3).

### C. Penentuan LP dan Mode Kegagalan

LP merupakan semua peralatan yang bekerja pada sistem distribusi tegangan rendah yang dapat memberi kontribusi terhadap kemungkinan terjadinya kegagalan pada suatu penyulang. Pada sebuah penyulang komponen peralatan yang dapat dijadikan sebuah LP adalah transformator, penghantar, *sectionanalyzer*/LBS dan FCO. Pada penelitian ini LP yang dipilih adalah transformator.

Agar dapat menyelesaikan indeks keandalan dengan menggunakan metode *section technic* dan FMEA, maka perlu adanya mode kegagalan dan efek pada sistem distribusi untuk subjek yang diteliti dalam hal ini yaitu penyulang Malili.. Berdasarkan Gambar 4 mode kegagalan dan pengaruh terhadap sistem distribusi penyulang Malili dapat dilihat pada lampiran.

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Indeks keandalan untuk menghitung performa keandalan sistem distribusi 20 KV Penyulang Malili didapatkan berdasarkan data penyulang. Data penyulang tersebut meliputi mode kegagalan dan pengaruh terhadap sistem, kapasitas trafo, jumlah pelanggan dan panjang saluran. Sebelum menghitung indeks keandalan sistem distribusi yang menggambarkan performa keandalan, terlebih dahulu menentukan laju kegagalan dengan (4). Setelah

menentukan laju kegagalan komponen tersebut, maka dapat dihitung SAIFI, SAIDI dan CAIDI masing-masing dengan (1), (2) dan (3).

Indeks keandalan sistem distribusi 20 KV Penyulang Malili berupa SAIFI, SAIDI dan CAIDI dengan menggunakan metode *section technique* disajikan pada Tabel 4 untuk *section 1* dan Tabel 5 untuk *section 2*. Indeks keandalan yang terbaik pada *section 1* baik SAIFI, SAIDI maupun CAIDI terletak pada LP4. Nilai masing-masing dari indeks tersebut adalah 0.00103 gangguan/tahun, 0.00341 jam/tahun dan 3.32683 jam/tahun/pelanggan. Pada LP ini hanya terdapat 1 pelanggan dengan kapasitas trafo 25 kVA dan panjang saluran yang menuju LP ini adalah 0.42 kms. Sedangkan indeks keandalan terendah ada pada LP11. LP11 ini merupakan saluran dengan trafo yang berkapasitas 200 kVA dan jumlah pelanggan sebanyak 331. Panjang saluran yang menuju LP ini adalah 0.42 km.

Pada *section 2* LP yang memiliki indeks keandalan terbaik yaitu LP28. LP ini melayani beban dengan kapasitas trafo sebesar 160 kVA dengan jumlah

Tabel 4. Hasil perhitungan keandalan Penyulang Malili menggunakan metode *section technic* untuk *section 1*.

LP	$\lambda$	U	N	SAIFI	SAIDI	CAIDI
LP1	1.536	5.112	98	0.10042	0.33421	3.32813
LP2	1.536	5.112	36	0.03689	0.12277	3.32809
LP3	1.536	5.112	119	0.12194	0.40582	3.32814
LP4	1.536	5.112	1	0.00103	0.00341	3.32683
LP5	1.536	5.112	4	0.0041	0.01364	3.32788
LP6	1.536	5.112	188	0.19264	0.64113	3.32813
LP7	1.536	5.112	8	0.0082	0.02728	3.32829
LP8	1.536	5.112	118	0.12091	0.40241	3.32811
LP9	1.536	5.112	105	0.10759	0.35808	3.32812
LP10	1.536	5.112	21	0.02152	0.07162	3.32819
LP11	1.536	5.112	331	0.33917	1.1288	3.32813
LP12	1.536	5.112	2	0.00205	0.00682	3.32894
LP13	1.536	5.112	12	0.0123	0.04092	3.32816
LP14	1.536	5.112	180	0.18444	0.61385	3.32812
LP15	1.536	5.112	3	0.00307	0.01023	3.32824
LP16	1.536	5.112	273	0.27974	0.93101	3.32813
Total			1499	1.536	5.112	3.32813

Tabel 5. Hasil perhitungan keandalan Penyulang Malili menggunakan metode *section technic* untuk *section 2*

LP	$\lambda$	U	N	SAIFI	SAIDI	CAIDI
LP17	0.072	1.0871	266	0.00708	0.1069	15.09915
LP18	0.072	1.0871	218	0.0058	0.08761	15.09754
LP19	0.155	1.1651	328	0.0188	0.14128	7.51668
LP20	0.227	1.3703	126	0.01057	0.06383	6.03641
LP21	0.227	1.3703	58	0.00487	0.02938	6.03698
LP22	0.155	1.1651	106	0.00607	0.04566	7.51663
LP23	0.072	1.0871	93	0.00248	0.03738	15.10101
LP24	0.41	2.4608	62	0.0094	0.0564	6.00223
LP25	0.41	2.4608	402	0.06093	0.36571	6.00192
LP26	0.41	2.4608	260	0.03941	0.23653	6.00188
LP27	0.41	2.4608	183	0.02774	0.16648	6.00184
LP28	0.41	2.4608	1	0.00015	0.00091	5.98684
LP29	0.41	2.4608	144	0.02183	0.131	6.00202
LP30	0.41	2.4608	2	0.0003	0.00182	6.0033
LP31	0.41	2.4608	193	0.02925	0.17558	6.00198
LP32	0.41	2.4608	263	0.03986	0.23926	6.00198
LP33	0.41	2.4608	1	0.00015	0.00091	5.98684
Total			2705	0.28469	1.88662	6.62686

Penentuan Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Penyulang Malili dengan Metode *Section Technique* dan FMEA

Tabel 6. Hasil perhitungan keandalan Penyulang Malili dengan menggunakan metode FMEA.

LP	$\lambda$	U	N	SAIFI	SAIDI	CAIDI
LP1	1.536	5.9667	98	0.0358	0.13906	3.88436
LP2	1.536	5.9667	36	0.01315	0.05108	3.88441
LP3	1.536	5.9667	119	0.04347	0.16886	3.88452
LP4	1.536	5.9667	1	0.00037	0.00142	3.83784
LP5	1.536	5.9667	4	0.00146	0.00568	3.89041
LP6	1.536	5.9667	188	0.06867	0.26676	3.88467
LP7	1.536	5.9667	8	0.00292	0.01135	3.88699
LP8	1.536	5.9667	118	0.0431	0.16744	3.88492
LP9	1.536	5.9667	105	0.03835	0.14899	3.88501
LP10	1.536	5.9667	21	0.00767	0.0298	3.88527
LP11	1.536	5.9667	331	0.12091	0.46967	3.88446
LP12	1.536	5.9667	2	0.00073	0.00284	3.89041
LP13	1.536	5.9667	12	0.00438	0.01703	3.88813
LP14	1.536	5.9667	180	0.06575	0.25541	3.88456
LP15	1.536	5.9667	3	0.0011	0.00426	3.87273
LP16	1.536	5.9667	273	0.09972	0.38737	3.88458
LP17	1.603	5.9991	266	0.1014	0.37949	3.7425
LP18	1.603	5.9991	218	0.0831	0.31101	3.7426
LP19	1.686	6.0771	328	0.13151	0.47403	3.60452
LP20	1.758	6.2823	126	0.05268	0.18824	3.57327
LP21	1.758	6.2823	58	0.02425	0.08665	3.5732
LP22	1.686	6.0771	106	0.0425	0.15319	3.60447
LP23	1.603	5.9991	93	0.03545	0.13268	3.74274
LP24	2.085	7.3728	62	0.03074	0.10871	3.53643
LP25	2.085	7.3728	402	0.19933	0.70484	3.53605
LP26	2.085	7.3728	260	0.12892	0.45587	3.53607
LP27	2.085	7.3728	183	0.09074	0.32086	3.53604
LP28	2.085	7.3728	1	0.0005	0.00175	3.5
LP29	2.085	7.3728	144	0.0714	0.25248	3.53613
LP30	2.085	7.3728	2	0.00099	0.00351	3.54545
LP31	2.085	7.3728	193	0.0957	0.33839	3.53595
LP32	2.085	7.3728	263	0.13041	0.46113	3.536
LP33	2.085	7.3728	1	0.0005	0.00175	3.5
Total			4205	1.768	6.502	1.76767

pelanggan 1 dan panjang saluran yang menuju ke LP ini adalah 0.39 km. Nilai SAIFI, SAIDI dan CAIDI untuk LP ini masing-masing adalah 0.000152 gangguan/tahun 0.00091 jam/tahun dan 5.98684 jam/tahun/pelanggan. Sedangkan indeks keandalan dengan kategori terendah terletak pada LP25. LP25 memiliki kapasitas trafo sebesar 100 kVA dengan jumlah pelanggan 402 dan panjang saluran yang menuju LP ini dari LP yang lain adalah sepanjang 0.37 km. Nilai SAIFI, SAIDI dan CAIDI pada LP ini adalah 0.060932 gangguan/tahun, 0.365709 jam/tahun dan 6.00192 jam/tahun/pelanggan. Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5 total SAIFI dan SAIDI untuk metode *section technique* masing-masing adalah sebesar 1.820692 gangguan/tahun, 6.998623 jam/tahun dan 3.84394 jam/tahun/pelanggan.

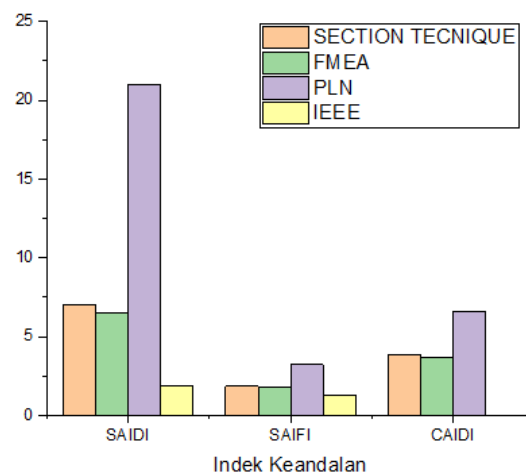
Indeks keandalan dengan menggunakan metode FMEA pada penyulang Malili disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan tabel tersebut didapatkan indeks keandalan terbaik pada penyulang tersebut terletak pada LP4. Sama halnya menggunakan metode *section technique*, LP ini juga merupakan LP yang memiliki indeks keandalan yang terbaik. Dengan menggunakan metode FMEA nilai SAIDI, SAIFI dan CAIDI LP4 ini adalah 0.00037 kali/tahun, 0.00142 jam/tahun dan 3.83784 jam/tahun/pelanggan. LP ini memiliki trafo 25 kVA dengan jumlah pelanggan 1 dan memiliki panjang

saluran 0.42 kms. Sedangkan LP dengan indeks keandalan terendah pada penyulang ini adalah LP25. Pada LP ini terdapat trafo dengan kapasitas 100 kVA dengan jumlah pelanggan 402 dan panjang penghantar 0.27 kms. Nilai SAIDI, SAIFI dan CAIDI pada LP ini berturut-turut 0.19933 gangguan/tahun, 0.70484 jam/tahun dan 3.53605 jam/tahun/pelanggan.

Panjang jaringan distribusi dan jumlah pelanggan akan mempengaruhi indeks SAIDI dan SAIFI maupun CAIDI. Semakin panjang saluran dan semakin besar jumlah pelanggan, semakin rendah indeks SAIDI dan SAIFI maupun CAIDI. Jaringan distribusi yang panjang memiliki konsekuensi untuk mengimbangi tingkat kegagalan, juga membutuhkan banyak *fuse*. Penggunaan *fuse* dapat digunakan untuk mengurangi nilai lamda per-LP. Sama dengan *sectionalizer*, mengingat panjang saluran, lebih banyak *switch* diperlukan untuk mengkompensasi interval perbaikan saat *repair time* berlangsung. Dengan *switch*, gangguan dapat dilokalisasi dengan memanipulasi arus.

Perbandingan indeks keandalan penyulang Malili ditinjau dari nilai SAIDI, SAIFI dan CAIDI terhadap standar PLN dan IEEE dengan menggunakan metode *section technique* dan FMEA disajikan pada Gambar 5. Melihat grafik tersebut dapat dilihat bahwa indeks keandalan berdasarkan konfigurasi jaringannya masih berada dalam standar PLN kecuali CAIDI dengan menggunakan metode. SAIDI penyulang ini lebih kecil 43.1% dari standar PLN untuk metode *section technique*, lebih kecil 66.8% untuk SAIFI dan CAIDI lebih besar 51.1% dari standar PLN. Sedangkan untuk SAIDI, SAIFI dan CAIDI masing-masing lebih kecil 1.43%, 69.2% dan 44.2% dari standar PLN.

Jika dibandingkan dengan IEEE, indeks keandalan yang diwakili oleh SAIDI nilainya masih di bawah standar akan tetapi SAIFI nilainya di atas nilai standar dari IEEE. Secara keandalan penyulang malili ini dianggap belum andal jika yang menjadi tolak ukur adalah standar IEEE. Berdasarkan Gambar 5, dengan metode *section technique* didapatkan selisih 2.5% untuk SAIDI dan 69.2% untuk SAIFI. Sedangkan dengan metode FMEA nilai SAIDI berbeda 7.5% lebih kecil sedangkan SAIFI 24.9% besar terhadap standar IEEE.



Gambar 5. Perbandingan SAIDI dan SAIFI dengan menggunakan metode *section technique*, FMEA, standar PLN dan IEEE.

Secara umum, ada dua cara untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik, cara pertama adalah dengan mengurangi frekuensi gangguan dan cara kedua adalah dengan mengurangi waktu gangguan. Jika kita ingin mengurangi frekuensi gangguan maka kita dapat menggunakan fuse untuk melokalisasi gangguan. Penggunaan *fuse* dapat mengisolasi gangguan dan akan muncul *switching time* pada LP sekitar, sehingga dalam perhitungan masing-masing LP akan didapatkan lamda yang lebih kecil. Jika tingkat kegagalan menurun, frekuensi kegagalan juga akan berkurang. Jika kita mengacu pada waktu, kita dapat mengurangi waktu kegagalan akibat perbaikan komponen yang rusak dengan menambahkan *sectionalizer*, dengan menambahkan *sectionalizer* [15].

Jika tingkat kegagalan menurun, frekuensi kegagalan juga akan berkurang. Jika kita mengacu pada durasi, kita dapat mengurangi waktu yang diperlukan untuk memperbaiki komponen yang rusak dengan menambahkan *sectionalizer*/pemisah, dengan menambahkan *sectionalizer*/pemisah. Jika kita mengacu pada metode FMEA, dapat dilihat bahwa ketika gangguan terjadi pada segmen tertentu dan karena pemutusan sirkuit pada segmen tersebut, gangguan hanya dapat terjadi pada segmen tertentu. Karena pemutus arus beroperasi saat tidak ada beban, bagian lain hanya akan mengalami waktu *switching* karena pemutus arus dapat menutup kembali [16].

## VI. KESIMPULAN

Indeks keandalan penyulang Malili dengan menggunakan metode *section technique* dan FMEA untuk menghitung SAIDI dan SAIFI berdasarkan konfigurasi jaringan dan pola operasi didapatkan bahwa penyulang tersebut tergolong andal kecuali CAIDI dengan menggunakan *section technique*. Hal ini ditandai dengan nilai indeks yang umum digunakan oleh PT. PLN (Persero) untuk menentukan keandalan suatu jaringan distribusi adalah nilai SAIDI dan SAIFI. Dari kedua metode yang digunakan kedua nilai indeks keandalan tersebut masih di bawah standar PT. PLN (Persero).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Jufrizel dan R. Hidayatullah, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20KV Menggunakan Metode Section Technique dan Ria-Section Technique pada Penyulang Adi Sucipto Pekanbaru," dalam *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri*, 2017, hal. 417–423.
- [2] I. Hajar dan M. H. Pratama, "Analisa Nilai Saidi Saifi Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya PT. PLN (Persero) Area Ciputat," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, hal. 70–77, Feb. 2019, doi: 10.33322/energi.v10i1.330.
- [3] U. Situmeang, R. O. Rivandi, dan A. Tanjung, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Okura di PT. PLN (Persero) ULP Rumbai dengan Metode FMEA," *JURNAL TEKNIK*, vol. 16, no. 1, hal. 80–87, 2022.
- [4] S. Rizal, Z. Zulfahri, dan U. Situmeang, "Studi Optimalisasi Keandalan Jaringan Distribusi 13, 8 kV pada Bangko Substation PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI)," *JURNAL TEKNIK*, vol. 15, no. 1, hal. 56–65, 2021.
- [5] Y. T. K. Priyanto, M. Oton, dan Y. M. Safarudin, "Analisis Keandalan Menggunakan Metode Section Technique Pada Penyulang P6 Gardu Induk Petung PT PLN (Persero) Area Balikpapan," *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, vol. 1, no. 1, hal. B.423-B.429, Des. 2020, doi: 10.32497/nciet.v1i1.149.
- [6] R. Maulana, S. Suriadi, dan R. H. Siregar, "Analisa Sistem Keandalan Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Section Technique," *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 2021.
- [7] M. A. Teguh dan T. Rijanto, "Penentuan Kerugian Ekonomis Berdasarkan Nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI Menggunakan Metode Section Technique di PT. PLN Distribusi Area Gresik," *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 8, no. 2, 2019.
- [8] M. R. Hanif dan T. Suheta, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20kv di PT. PLN (Persero) Rayon Kudus Kota Menggunakan Metode Section Technique," *Jurnal Intake: Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapan*, vol. 11, no. 2, hal. 56–63, 2020.
- [9] R. Anshori, S. Tato, dan A. R. Ashar, "Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang 20 Kv Pada PT. PLN (Persero) Rayon Daya Dengan Metode Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)," dalam *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2020, hal. 47–52.
- [10] H. R. . M. Gozali, S. Prasetyono, dan D. O. Eka Kumala Putra, "Analisis Perbandingan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Berkonfigurasi Radial dan Loop Menggunakan Metode RIA (Reliability Index Assessment)," *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, vol. 6, no. 3, hal. 63, Des. 2020, doi: 10.19184/jaei.v6i3.19723.
- [11] I. C. Gunadin, H. Herianto, Z. A. Bahtiar, dan M. Al Izza Hizbullah, "Perancangan Sistem Online Monitoring Pembebanan Transformator Distribusi Menggunakan Mikrokontroler," *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, hal. 54–58, Mei 2021, doi: 10.33387/protk.v8i1.2414.
- [12] M. A. H. Sirad, "Keandalan Jaringan Distribusi Primer 20KV Pada PT. PLN (Persero) Wilayah Maluku Dan Maluku Utara Cabang Ternate," *Patria Artha Technol. J*, vol. 1, no. 1, hal. 37–42, 2017.
- [13] W. A. Oktaviani, E. R. Rianty, dan T. B. Barlian, "Metode FMEA untuk Penentuan Indeks Keandalan Distribusi 20 kV Penyulang Tenggara di GI Sei Kedukan," *JURNAL SURYA ENERGY*, vol. 4, no. 1, hal. 323, Okt. 2019, doi: 10.32502/jse.v4i1.1841.
- [14] G. P. B. Arigandi, R. S. Hartati, dan A. I. Weking, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi Penyulang Kampus dengan Menggunakan Penggabungan Metode Section Technique Dan RIA," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 14, no. 2, hal. 1, Des. 2015, doi: 10.24843/MITE.2015.v14i02p01.
- [15] R. Irfandi, B. Sirait, dan M. I. Arsyad, "Penentuan Indeks Keandalan Jaringan Sistem Distribusi 20 KV di PT. PLN (Persero) Area Singkawang dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [16] A. Fatoni, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Di PT. PLN Rayon Lumajang Dengan Metode FMEA (Failure Modes And Effects Analysis)." Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [17] R. Harahap, S. A. Siregar, S. Hardi, dan H. S. Syafruddin, "Analisis Sistem Jaringan Distribusi 20

## **Penentuan Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Penyulang Malili dengan Metode *Section Technique* dan FMEA**

KV Penyulang SB. 02 Pada PT. PLN (Persero) ULP Sibolga Kota Menggunakan Metode *Section Technique* dan *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*,” *JET (Journal of Electrical Technology)*, vol. 7, no. 2, hal. 87–95, 2022.