

# Studi Keandalan Sistem Distribusi Wilayah PT. PLN ULP Stabat Selama Masa Pandemi Covid-19 Menggunakan Metode *Failure Mode Effect Analysis*

**Raja Harahap, Bungaran Rio Bimantoro**

Departemen Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara Medan, Indonesia

[harahaprij@yahoo.com](mailto:harahaprij@yahoo.com); [bima.ds45@gmail.com](mailto:bima.ds45@gmail.com)

## Abstrak

Pada akhir tahun 2019, *Coronavirus SARS-CoV-2* muncul di Wuhan, sebuah kota di provinsi Hubei China. Virus ini mewabah di kota Wuhan, Tiongkok, dan dengan cepat menyebar pada setiap negara diseluruh dunia. Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama di masa pandemi Covid-19, masyarakat lebih sering berada di rumah, sekolah dilaksanakan secara daring (dalam jaringan) atau online dan para karyawan bekerja dari rumah (*Work From Home*) yang tentunya sangat membutuhkan energi listrik, oleh karena itu PLN harus memperhatikan kualitas energi listrik yang disalurkan kepada masyarakat melalui jaringan distribusi. Suatu sistem distribusi tenaga listrik dikatakan andal apabila gangguan dan pemadaman yang terjadi dalam periode waktu tertentu di bawah angka indeks keandalan yang ditetapkan yaitu SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*). Selama masa pandemi Covid-19 yaitu tahun 2019 – 2020, nilai kumulatif indeks keandalan SAIFI yaitu sebesar 0,2576, SAIDI sebesar 0,7731, CAIDI sebesar 3,0024, ASAI sebesar 0,00797585, dan ASUI sebesar 0,99202415. Untuk nilai indeks keandalan SAIFI dibawah nilai standar SPLN 68-2:1986 dan IEEE std 1366-2003 yang berarti sesuai dengan standar dan tidak melampaui standar. Nilai indeks keandalan SAIDI dibawah nilai standar SPLN 68-2:1986 dan IEEE std 1366-2003 yang berarti sesuai dengan standar dan tidak melampaui standar, sedangkan nilai indeks keandalan CAIDI dibawah nilai standar SPLN 68-2:1986 yang berarti sesuai dengan standar dan tidak melampaui standar dan diatas nilai standar IEEE std 1366-2003 yang berarti tidak sesuai dengan standar dan melampaui standar.

**Kata Kunci:** *Coronavirus-19, Keandalan, FMEA.*

## I. PENDAHULUAN

Pada akhir tahun 2019, *Coronavirus SARS-CoV-2* muncul di Wuhan, sebuah kota di provinsi Hubei China. Virus ini mewabah di kota Wuhan, Tiongkok, dan dengan cepat menyebar pada setiap negara diseluruh dunia. Sementara, pandemi virus Corona atau yang biasa disebut juga dengan *Covid-19* mulai mewabahi Indonesia pada 2 Maret 2020 [1].

Pandemi *Covid-19* telah mempengaruhi setiap aspek kehidupan dan sangat mengubah gaya hidup masyarakat. Banyak negara di dunia telah memberlakukan berbagai pembatasan untuk memperlambat penyebaran *Covid-19*[2]. Pemerintah terus berupaya untuk menekan penyebaran *Covid-19*, salah satunya melalui penerapan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No.21 Tahun 2020 [3]. Penerapan kebijakan tersebut memberlakukan pembatasan pada kegiatan masyarakat, termasuk penutupan sekolah dan universitas, jam malam nasional, dan bekerja dari rumah untuk karyawan kantor, sementara pabrik dapat beroperasi dengan jumlah staf yang terbatas [2].

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama di masa pandemi *Covid-19*, setelah diberlakukan PSBB, dalam situasi meresahkan

seperti ini dengan adanya *social distancing* untuk mencegah penyebaran *Covid-19* masyarakat lebih sering berada di rumah, sekolah dilaksanakan secara online dan para karyawan bekerja dari rumah (*Work From Home*) yang tentunya sangat membutuhkan energi listrik, oleh karena itu PLN harus memperhatikan kualitas energi listrik yang disalurkan kepada masyarakat melalui jaringan distribusi [3]. Covid 19 mengakibatkan penggunaan listrik yang sangat signifikan dikarenakan diberlakukannya PSBB sedangkan peralatan penunjang distribusi listrik tidak mengalami pembaharuan/pengembangan.

Studi terdahulu mengenai keandalan sistem distribusi telah diteliti dengan berbagai metode beserta evaluasi yang beragam. Peneliti melakukan penelitian dengan metode *Failures Mode Effect Analysis* (FMEA). *Failures Mode Effect Analysis* (FMEA) adalah salah satu cara untuk dapat mengetahui indeks keandalan sistem distribusi . FMEA mengimplementasikan suatu metode berbentuk Tabel dengan menentukan mode kegagalan, penyebab kegagalan, dan efek dari kegagalan. Hal ini dapat membantuk untuk mengidentifikasi risiko yang terdeteksi pada proses, mode kegagalan potensial dan efeknya. Dalam penggunaan metode FMEA sebagai analisis keandalan sistem distribusi tenaga listrik didasarkan dari kegagalan yang terjadi dari

peralatan listrik yang akan mempengaruhi operasi sistem.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hasbie Farizi berjudul “*Analisis Indeks Keandalan Pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang KA.1 , KU.1 dan TW.1 di PT. PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam*” menggunakan indeks keandalan SAIDI, SAIFI, CAIDI, dan MAIFI dengan metode RIA dan FMEA. Dan juga, penelitian lain yang dilakukan Syarqawi A. Siregar berjudul “*Analisis Sistem Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang SB.02 Pada PT. PLN (Persero) ULP Sibolga Kota Menggunakan Metode Section Technique dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*” hanya menggunakan indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI dengan metode *section technique*. Adapun perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah penelitian ini membahas perbandingan nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI sebelum dan sesudah pandemic Covid-19 dan penyebab pemadaman. Dan menggunakan indeks keandalan SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI dan ASUI menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Indeks Keandalan Sistem Disribusi

Indeks dasar yang digunakan untuk menghitung tingkat keandalan sistem tenaga listrik adalah laju kegagalan rata-rata/ angka keluar peralatan ( $\lambda$ ), waktu keluaran rata-rata ( $r$ ), dan ketidakterersediaan tahunan rata-rata atau waktu keluar tahunan rata-rata ( $U$ ) [10].

#### 1. Laju kegagalan/Failure Rate ( $\lambda$ )

Kegagalan komponen adalah suatu keadaan dimana komponen atau sistem yang tidak dapat melaksanakan fungsinya akibat satu atau beberapa kejadian yang berhubungan secara langsung dengan komponen atau sistem tersebut. Banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu  $t_1$  sampai  $t_2$  disebut laju kegagalan (failure rate). Dapat disimpulkan bahwa laju kegagalan ( $\lambda$ ) adalah harga rata-rata dari jumlah kegagalan persatuan waktu pada suatu selang waktu pengamatan ( $T$ ). Laju kegagalan ini dihitung dengan satuan kegagalan per tahun. Untuk selang waktu pengamatan diperoleh dari [5] :

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Total operasi unit}} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{f}{T} (\text{Gangguan / Tahun}) \quad (2)$$

Dimana :

$\lambda$  : angka/laju kegagalan konstan (*Failure Rate*) (Tahun)

$f$  : jumlah kegagalan selama selang waktu (*Total Number of Failure*)

$T$  : jumlah selang waktu pengamatan (Tahun) tertinggal oleh tegangan listrik pada grafik sinusoidal arus dan tegangan AC.

#### 2. Durasi Perbaikan Rata-rata / *Outage Time* ( $r$ )

Durasi keluaran rata-rata ( $r$ ) adalah waktu rata-rata yang diperlukan oleh sistem untuk melakukan perbaikan selama terjadinya gangguan. Secara matematis dituliskan sebagai berikut [5] :

$$r = \frac{\text{Jumlah gangguan (jam) dalam periode tertentu}}{\text{Jumlah gangguan dalam periode tertentu}} (\text{jam/tahun}) \quad (3)$$

#### 3. Durasi Gangguan Tahunan / *Annual Outage Duration* ( $U$ )

Durasi gangguan tahunan merupakan waktu kegagalan rata-rata yang terjadi pada sistem atau peralatan yang terjadi selama periode tertentu (satu tahun). Secara matematis dituliskan sebagai berikut [5]:

$$U = \lambda_i r_i (\text{jam/tahun}) \quad (4)$$

Dimana :

$U$  : Durasi Gangguan Tahunan (jam/tahun)

$\lambda_i$  : Laju kegagalan pada titik tertentu (frekuensi/tahun)

$r_i$  : Waktu rata-rata perbaikan selama terjadi gangguan (jam)

Adapun standar dari indeks keandalan Nasional dan Internasional yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1. Indeks Keandalan SPLN 68-2 : 1986 [5]**

Indeks Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,2	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	21,09	Jam/Pelanggan/Tahun
CAIDI	6,56	Jam/Pelanggan/Tahun

**Tabel 2. Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003 [5]**

Indeks Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1,45	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	2,30	Jam/Pelanggan/Tahun
CAIDI	1,47	Jam/Pelanggan/Tahun

Indeks keandalan sebuah sistem distribusi dipakai berguna untuk menghitung tingkat keandalan pada masing-masing titik beban/load point. Indeks-indeks yang dipakai seperti dibawah ini :

#### a. SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

SAIDI merupakan indeks yang biasanya digunakan untuk mengetahui menit/waktu pemadaman pada pelanggan dan dibuat untuk memberikan informasi mengenai

waktu rata-rata konsumen yang mengalami pemadaman [11].

Indeks ini dapat dihitung dengan cara :

$$SAIDI = \frac{\sum \text{Durasi pemadaman pelanggan}}{\text{Total jumlah pelanggan yang dilayani}} \quad (5)$$

$$SAIDI = \frac{\sum(U_i N_i)}{\sum N_i} \quad (6)$$

Keterangan :

$U_i$ : Waktu pemadaman pelanggan dalam satu periode (jam/tahun)

$N_i$ : Jumlah pelanggan yang dilayani pada titik beban

$\sum N_i$  : Total jumlah pelanggan yang dilayani

- b. SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

SAIFI merupakan indeks yang dibuat untuk memberikan informasi mengenai frekuensi rata-rata dari pemadaman bertahan atau *sustained interruption* setiap pelanggan pada area yang telah ditetapkan dalam satu tahun. Indeks ini dapat dihitung dengan cara sebagai berikut[11] :

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

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

Keterangan :

$\lambda_i$ : Laju kegagalan untuk peralatan  $i$

$N_i$ : Jumlah pelanggan yang dilayani pada titik beban

$\sum N_i$  : Total jumlah pelanggan yang dilayani

- c. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)

*Customer Average Interruption Duration Index* merupakan indeks yang digunakan untuk menginformasikan durasi pemadaman rata-rata konsumen untuk setiap gangguan yang terjadi. Indeks ini menghitung nilai SAIDI dibagi dengan nilai SAIFI. Indeks ini dapat dihitung dengan cara sebagai berikut[11] :

$$CAIDI = \frac{\sum \text{Durasi pelanggan mengalami gangguan pemadaman}}{\text{Total jumlah pelanggan yang terkena gangguan pemadaman}} \quad (9)$$

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \text{ (hours /year + customer)} \quad (10)$$

- d. ASAI (*Average Service Availability Index*)

ASAI merupakan suatu indeks yang menyatakan kemampuan suatu sistem untuk menyediakan/menyuplai suatu sistem dalam jangka waktu 1 tahun.

Indeks ini dapat dihitung dengan cara sebagai berikut[20] :

$$ASAI = \frac{\text{Jumlah jam pelanggan terpenuhi}}{\text{Jumlah jam seharusnya}} = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} \quad (11)$$

- e. ASUI (*Average Service Unavailability Index*)

SUI merupakan suatu indeks yang menyatakan ketidakmampuan suatu sistem untuk menyediakan/menyuplai suatu sistem dalam jangka waktu 1 tahun. Indeks ini dapat dihitung dengan cara sebagai berikut[20] :

$$ASUI = 1 - ASAI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} \quad (12)$$

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada akhir Juni 2023 dengan memulai mencari topik dan bahan bacaan terkait. Penelitian dilaksanakan selama 1 bulan setelah proposal penelitian selesai disetujui. Penelitian dilakukan dengan mengambil data di PT.PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Stabat.

#### 3.2 Data dan Peralatan yang Dibutuhkan

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. *Single line diagram* wilayah PT. PLN (Persero) ULP Stabat
2. Data pelanggan yang mengalami gangguan, frekuensi gangguan, dan lamanya gangguan pada wilayah PT. PLN (Persero) ULP Stabat dari tahun 2019 dan 2020.
3. Penyebab gangguan pada wilayah PT. PLN (Persero) ULP Stabat dari tahun 2019 dan 2020.
4. *Microsoft Excel*

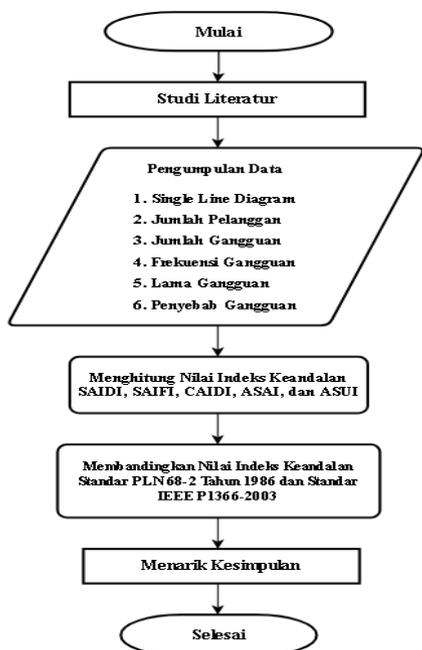
#### 3.3 Variabel yang Diamati

Adapun variabel-variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah :

1. Hasil perhitungan SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI dan ASUI yang didapat dari tahun 2019 dan 2020.
2. Nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI dengan standar PLN 68-2 tahun 1986 dan standar IEEE 1366-2003.
3. Penyebab terjadinya gangguan dari tahun 2019 dan 2020.

#### 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penyulang PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Stabat

Berdasarkan data yang diperoleh di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Stabat memiliki 7 penyulang dengan total 84.594 pelanggan. Jumlah pelanggan pada penyulang MG.02 Tahun 2019 adalah sebanyak 14.729 pelanggan dan pada Tahun 2020 adalah sebanyak 15.309 pelanggan. Panjang saluran keseluruhan penyulang ULP Stabat Tahun 2019 adalah 410,71 kms dan pada Tahun 2020 adalah 423,85 kms. Panjang saluran penyulang MG.02 ULP Stabat pada Tahun 2019 adalah sepanjang 157,65 kms dan pada Tahun 2020 adalah sepanjang 161,62 kms.

Tabel 3. Data Penyulang ULP Stabat Tahun 2019

No	Nama Penyulang	Panjang Saluran (kms)
1	BN.02	16
2	BN.06	61.2
3	MG.02	157.65
4	MG.07	50.9
5	BJ.01	19.4
6	BJ.04	91.32
7	BJ.05	14.24

Tabel 4. Data Penyulang ULP Stabat Tahun 2020

No	Nama Penyulang	Panjang Saluran (kms)
1	BN.02	17
2	BN.06	63.67
3	MG.02	161.62
4	MG.07	52.7
5	BJ.01	19.8
6	BJ.04	93.86
7	BJ.05	15.2

4.2 Analisis Gangguan Sistem Distribusi

Berikut data jenis gangguan yang diidentifikasi pada penyulang MG.02 Tahun 2019 dan 2020 dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Gangguan yang Terjadi pada Penyulang MG.02 Tahun 2019

Bulan	Gangguan		Pemadaman Terencana		Total
	Penyulang	Recloser	Emergency	Pemeliharaan	
Januari	0	0	0	0	0
Februari	0	0	0	0	0
Maret	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0
Mei	0	0	0	0	0
Juni	1	0	1	1	3
Juli	1	1	0	0	2
Agustus	2	0	0	0	2
September	1	0	2	1	4
Oktober	1	0	1	0	2
November	1	0	0	0	1
Desember	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>14</b>

Tabel 6. Gangguan yang Terjadi pada Penyulang MG.02 Tahun 2020

Bulan	Gangguan		Pemadaman Terencana		Total
	Penyulang	Recloser	Emergency	Pemeliharaan	
Januari	1	10	0	1	12
Februari	4	2	1	0	7
Maret	4	0	0	2	6
April	0	0	0	0	0
Mei	1	0	0	0	0
Juni	1	0	0	0	1
Juli	0	0	0	0	0
Agustus	2	0	1	0	3
September	1	0	0	0	1
Oktober	1	0	0	0	1
November	0	0	1	0	1
Desember	2	0	0	0	2
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>34</b>

Berdasarkan Tabel 5 dan 6 jenis gangguan pada penyulang MG.02 selama tahun 2019 dan 2020 dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Jenis Gangguan Penyulang MG.02 Tahun 2019

Bulan	Jenis Gangguan Penyulang				Total
	OCI	GFI	OCTD	GFTD	
Januari	0	0	0	0	0
Februari	0	0	0	0	0
Maret	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0
Mei	0	0	0	0	0
Juni	0	0	1	0	1
Juli	0	0	1	0	1

Agustus	1	1	0	0	2
September	0	0	0	1	1
Oktober	0	1	0	0	1
November	0	1	0	0	1
Desember	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>7</b>

**Tabel 8. Jenis Gangguan Penyulang MG.02 Tahun 2020**

Bulan	Jenis Gangguan Penyulang				Total
	OCI	GFI	OCTD	GFTD	
Januari	0	0	0	1	1
Februari	0	2	0	2	4
Maret	0	2	0	2	4
April	0	0	0	0	0
Mei	0	1	0	0	1
Juni	0	0	0	1	1
Juli	0	0	0	0	0
Agustus	1	0	1	0	2
September	0	0	1	0	1
Oktober	0	0	0	1	1
November	0	0	0	0	0
Desember	0	1	1	0	2
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>17</b>

Berdasarkan Tabel 5 dan 6 durasi gangguan pemadaman pada Penyulang MG.02 selama tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

**Tabel 9. Durasi Pemadaman Penyulang MG.02 Tahun 2019**

Bulan	Durasi Pemadaman (Jam)
Januari	00:00:00
Februari	00:00:00
Maret	00:00:00
April	00:00:00
Mei	00:00:00
Juni	07:06:00
Juli	05:07:00
Agustus	00:57:00
September	03:53:00
Oktober	00:34:00
November	00:05:00
Desember	00:00:00
<b>TOTAL</b>	<b>17:42:00</b>

**Tabel 6. Durasi Pemadaman Penyulang MG.02 Tahun 2020**

Bulan	Durasi Pemadaman (Jam)
Januari	05:05:55
Februari	00:18:09
Maret	15:14:00
April	00:00:00
Mei	00:05:00
Juni	00:05:00
Juli	00:00:00
Agustus	00:57:00
September	04:12:00
Oktober	00:03:00
November	00:23:00
Desember	00:09:00
<b>TOTAL</b>	<b>26:32:04</b>

#### 4.2 Analisis Keandalan Sistem Distribusi dengan Menggunakan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Analisis keandalan dengan menggunakan metode FMEA pada penyulang MG.02 yaitu dengan menentukan indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI.

Langkah pertama yaitu dengan menghitung jarak antar transformator (line) dari penyulang MG.02 pada Tahun 2019 dan Tahun 2020. Jarak antar transformator dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5 dari Panjang saluran Penyulang MG.02 Tahun 2019 dan 2020.

Langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai  $\lambda$  (laju kegagalan) yang didapat dari hasil perkalian antara panjang saluran dan laju kegagalan tiap saluran perkomponen sesuai dengan SPLN 68-2:1986. Diambil salah satu contoh perhitungan pada Line 1 maka diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda_{\text{Line1}} = \text{Failure Rate Peralatan SPLN} \times \text{Panjang Saluran}$$

$$\lambda_{\text{Line1}} = 0,2 \times 27.42$$

$$\lambda_{\text{Line1}} = 5.484$$

Kemudian menghitung nilai  $\mu$  (durasi kegagalan) didapatkan dengan perkalian hasil laju kegagalan ( $\lambda$ ) per titik beban dengan nilai waktu perbaikan sesuai dengan SPLN 68-2:1986. Diambil salah satu contoh perhitungan pada Line 1 maka diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Line1}} = \text{Laju Kegagalan Line 1} \times \text{Repair Time SPLN}$$

$$\mu_{\text{Line1}} = 5.484 \times 3$$

$$\mu_{\text{Line1}} = 16,452$$

Berdasarkan Lampiran 4 diperoleh hasil dari nilai laju kegagalan ( $\lambda$ ) untuk setiap titik beban sebesar 32,333 dan durasi kegagalan ( $\mu$ )

sebesar 97,06 pada Tahun 2020.

Selanjutnya melakukan perhitungan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) yaitu diperoleh dari perhitungan perkalian antara failure rate ( $\lambda$ ) dengan jumlah pelanggan per titik beban (N) dibagi dengan jumlah pelanggan per penyulang.

SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) yaitu diperoleh dengan perhitungan perkalian antara durasi kegagalan ( $\mu$ ) dengan jumlah pelanggan per titik beban dibagi total pelanggan per penyulang. CAIFI (*Customer Average Interruption Frequency Index*) diperoleh dari perhitungan antara perkalian failurerate ( $\lambda$ ) dengan jumlah pelanggan pada titik beban dibagi dengan perkalian antardurasi kegagalan ( $\mu$ ) dengan jumlah pelanggan per penyulang. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) merupakan hasil perbandingan antara nilai SAIDI dan SAIFI.

Diambil satu contoh perhitungan SAIFI pada titik beban 1, dengan mengalikan  $\lambda$  titik beban dengan jumlah konsumen pada titik beban tersebut, kemudian dibagi dengan jumlah pelanggan seluruh sistem.

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

$$SAIFI = \frac{31,539 \times 36}{14729}$$

$$SAIFI = 0,0771 \text{ kali/tahun}$$

Sedangkan untuk indeks keandalan SAIDI titik beban 1 dapat diperoleh dari mengalikan UTB dengan jumlah pelanggan NTB1 yang ada pada titik beban tersebut, kemudian dibagi dengan jumlah pelanggan seluruh sistem. Berikut contoh perhitungan indeks keandalan SAIDI pada titik beban 1.

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

$$SAIDI = \frac{94,68 \times 36}{14729}$$

$$SAIDI = 0,2314 \text{ jam/tahun}$$

Kemudian didapatkan nilai CAIDI dengan membandingkan nilai SAIDI dengan SAIFI. Berikut contoh perhitungan indeks keandalan CAIDI pada titik beban 1.

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

$$CAIDI = \frac{0,2314}{0,0771}$$

$$CAIDI = 3,0013$$

### 4.3 Perbandingan Nilai Indeks Keandalan FMEA (Failure Mode Effect Analysis) dengan Standar PLN dan IEEE

Dari hasil analisis indeks keandalan menggunakan metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis) maka hasil dari indeks nilai SAIFI, SAIDI, CAIFI dan CAIDI dibandingkan dengan Standar PLN No. 68-2:1986 dan IEEE Std.136-2003.

**Tabel 7. Perbandingan Indeks Keandalan dengan SPLN dan IEEE Pada Tahun 2019 dan Tahun 2020**

IndeksKeandalan	FMEA	FMEA	SPLN68-	IEEEStd
	Tahun 2019	Tahun 2020	2:1986	136-2003
SAIFI	0,2544	0,2608	3,2	1,45
SAIDI	0,7635	0,7827	21,09	2,3
CAIDI	3,0027	3,0021	6,59	1,47

Berdasarkan Tabel 17 didapatkan hasil nilai SAIFI dan SAIDI menggunakan FMEA sudah sesuai dengan Standar PLN 68-2:1986 dan IEEE Std 136-2003. Untuk nilai CAIDI sudah sesuai dengan Standar PLN 68-2:1986 tetapi belum sesuai standar IEEE Std 136-2003.

Pada tahun 2019, nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI sudah sesuai dengan nilai standar PLN 68-2:1986 dan IEEE Std 136-2003, tetapi untuk nilai indeks keandalan CAIDI belum sesuai dengan nilai standar PLN 68-2:1986 dan IEEE Std 136-2003 hal tersebut dikarenakan pada tahun 2019 pandemi *Covid-19* belum menyebar terlalu luas, sehingga Masyarakat masih beraktivitas seperti biasa.

Pada tahun 2020, nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI sudah sesuai dengan nilai standar PLN 68-2:1986 dan IEEE Std 136-2003, dan untuk nilai indeks keandalan CAIDI belum sesuai dengan nilai standar PLN 68-2:1986 dan IEEE Std 136-2003, akan tetapi sudah mengalami peningkatan dibanding dengan nilai indeks keandalan pada tahun 2019, hal tersebut dikarenakan pada tahun 2020 Pemerintah Kota Medan mulai menerapkan PSBB (Pembatasan Sosial Berskala Besar) dan WFH (Work From Home) yang berdampak kepada penggunaan listrik pada konsumen rumah tangga sangat tinggi sedangkan komponen dan peralatan jaringan distribusi kurang memadai.

Selama masa pandemi *Covid-19* yaitu pada tahun 2019 – 2020, nilai kumulatif indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI tidak mengalami perubahan yang signifikan. Untuk nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI sudah sesuai dengan nilai standar SPLN 68-2:1986 dan nilai standar IEEE std 1366-2003. Sedangkan nilai indeks keandalan CAIDI sudah sesuai dengan nilai standar SPLN 68-2:1986, akan tetapi belum sesuai dengan nilai standar IEEE std 1366-2003. Oleh karena itu, keandalan sistem distribusi PT. PLN

(Persero) ULP Stabat dapat dikategorikan belum andal.

Agar dapat sesuai dengan standar PLN 68-2:1986 dan IEEE Std 136-2003 perlunya dilakukan pengecekan dan perawatan peralatan pengaman terhadap komponen dan peralatan pada jaringan distribusi agar dapat mencapai standar yang diinginkan. Untuk gangguan alam dapat dilakukan pengontrolan jalur yang dilalui oleh jaringan distribusi atau pemotongan pohon/dahan.

Dampak dari gangguan yang terjadi pada sistem distribusi yaitu terputusnya pasokan distribusi listrik. Keandalan sistem distribusi dapat dilihat dari kontinuitas dalam penyaluran listrik. Semakin sering dan lama durasi pemadaman maka keandalan yang didapatkan semakin buruk. Sebaliknya, semakin sedikit terjadinya pemadaman maka semakin baik keandalan sistem distribusi tenaga listrik tersebut.

## V. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis dari perhitungan indeks keandalan jaringan distribusi 20 kV Penyulang MG.02 menggunakan metode FMEA (failure modes effect analysis) diperoleh kesimpulan:
2. Gangguan terbanyak yang terjadi selama tahun 2019 disebabkan oleh gangguan penyulang selama 7 kali dengan persentase 50%. Gangguan terbanyak yang terjadi selama tahun 2020 disebabkan oleh gangguan penyulang selama 17 kali dengan persentase 50%. Dimana gangguan disebabkan oleh OCI (Over Current Instant), OCTD (Over Current Time Delay), GFI (Ground Fault Instant), dan GFTD (Ground Fault Time Delay). Durasi pemadaman terbesar pada tahun 2019 terjadi di bulan Juni dengan total pemadaman selama 7,1 jam dengan persentase sebesar 40%. Durasi pemadaman terbesar pada tahun 2020 terjadi di bulan Maret dengan total pemadaman selama 15,23 jam dengan persentase sebesar 57%
3. Pada Penyulang MG-02 dengan menggunakan metode FMEA pada tahun 2019 didapatkan hasil indeks keandalan untuk SAIFI sebesar 0,2544 kali/tahun, untuk SAIDI sebesar 0,7635 jam/tahun, CAIDI sebesar 3,0027 jam/gangguan, ASAI sebesar 0,0079765, ASUI sebesar 0,9920235. Pada Penyulang MG-02 dengan menggunakan metode FMEA pada tahun 2020 didapatkan hasil indeks keandalan untuk SAIFI sebesar 0,2608 kali/tahun, untuk SAIDI sebesar 0,7827 jam/tahun, CAIDI sebesar 3,0021 jam/gangguan, ASAI sebesar 0,0079752, ASUI sebesar 0,9920248

4. Hasil perhitungan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI sudah memenuhi standar PLN 68-2:1986 dan IEEE Std 136-2003 dan IEEE. Untuk nilai CAIDI sudah memenuhi standar 68-2:1986 tetapi belum sesuai standar IEEE Std 136-2003.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Bosisio, F. Soldan, A. Morotti, G. Iannarelli, E. Bionda, and S. Grillo, "Lessons learned from Milan electric power distribution networks data analysis during COVID-19 pandemic," *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol. 31, p. 100755, 2022, doi: 10.1016/j.segan.2022.100755.
- [2] A. Fatoni, 2017, *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, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16150.
- [3] N. Setiawan, Wawan Randi Adzin Murdiantoro, 2021, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Akibat Gangguan pada Masa Pandemi COVID-19 di PT. PLN (Persero) ULP Sidareja," *J. Electron. Electr. Power Appl.*, p. 1.
- [4] F. Funan and W. Utama, 2020, "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Indeks Keandalan SAIDI dan SAIFI pada PT PLN (PERSERO) Rayon Kefamenanu," *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 32–36, [Online]. Available: <http://journal.undiknas.ac.id/index.php/teknik/article/view/2888>
- [5] G. Sihombing, "Analisis Indeks Keandalan Secara Teknis Dan Ekonomis Jaringan Distribusi 20 Kv Dengan Menggunakan Metode Section Tehnique Pada Pt.Pln (Persero) Rayon Belawan," *E-Link J. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 17, no. 2, p. 55, 2022, doi: 10.30587/e-link.v17i2.4683.
- [6] Prakash T and Dr. K Thippeswamy, "Reliability Analysis of Power Distribution System: a Case Study," *Int. J. Eng. Res.*, vol. V6, no. 07, pp. 67–74, 2017, doi: 10.17577/ijertv6is070290.
- [7] U. Eminoglu and R. Uyan, 2016, "Reliability Analyses of Electrical Distribution System: A Case Study," *Int. Ref. J. Eng. Sci.*, vol. 5, no. 12, pp. 94–102, [Online]. Available: [www.irjes.com](http://www.irjes.com)
- [8] S. Suropto, "Sistem Tenaga Listrik," *ELTEK, Vol 11 Nomor 01*, pp. 1–293, 2017.
- [9] Suhadi, *Teknik distribusi tenaga listrik untuk sekolah menengah kejuruan jilid 1*. 2008. [Online]. Available: [https://mirror.unpad.ac.id/bse/Kurikulum\\_2006/10\\_SMK/Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1.pdf](https://mirror.unpad.ac.id/bse/Kurikulum_2006/10_SMK/Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1.pdf)

- [10] R. Harahap, H. Farizi, S. T. Kasim, and Syafruddin, “Analisis Indeks Keandalan Pada Jaringan,” *Semnastek*, pp. 140–150, 2022.
- [11] R. Harahap, S. A. Siregar, S. A. Siregar, and S. Hardi, “Analisis Sistem Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang SB.02 Pada PT. PLN (Persero) ULP Sibolga Kota Menggunakan Metode Section Technique dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA),” Cetak) *J. Electr. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 87–95, 2022.
- [12] B. A. B. Ii and L. Teori, “BAB II LANDASAN TEORI 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik,” pp. 7–62, [Online]. Available: <http://repository.unimus.ac.id>
- [13] Fathur Nureza Aksan and Samsurizal, “Studi Rekonfigurasi Sistem Distribusi Pada Jaringan 20 kV Dengan Metode Simple Branch Exchange Pada Penyulang Cempaka,” *Epsilon. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, vol. 19, no. 2, pp. 45–52, 2021, doi: 10.55893/epsilon.v19i2.64.
- [14] Dasman and Handayani, “Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Menggunakan Metode Saidi,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 6, no. 2, p. 173, 2017, [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/0a1c/0f36298394581d93136e7414f92c2ca6366d.pdf>
- [15] P. Pada, J. Distribusi, P. T. Pln, D. Juliana, E. Hamdani, and E. Ervianto, “Gardu Induk Garuda Sakti Menggunakan Anfis ( Adaptive Neural Fuzzy Inference System ),” vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2015.
- [16] E. Ervianto and N. L. Marpaung, “Analisa Identifikasi Kegagalan Peralatan Proteksi Pada Jaringan Distribusi Menggunakan ANFIS,” vol. 01, pp. 1–10.
- [17] R. T. Jurnal, “Analisa Nilai Saidi Saifi Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya Pt. Pln (Persero) Area Ciputat,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 70–77, 2019, doi: 10.33322/energi.v10i1.330.
- [18] M. Jufrizel and R. Hidayatullah, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20KV Menggunakan Metode Section Technique dan Ria – Section Technique pada Penyulang Adi Sucipto Pekanbaru,” *Semin. Nas. Teknol. Informasi, Komun. dan Ind.*, vol. 9, pp. 417–423, 2017.
- [19] N. Nurdiana, “Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Gardu Induk Talang Ratu Palembang,” *J. Ampere*, vol. 2, no. 1, 2017, doi: 10.31851/ampere.v2i1.1208.
- [20] W. H. Arifani Nur Indah, “Analisis Nilai Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 KV Pada Penyulang Pandean Lamper 1,5,8,9,10 Di GI Pandean Lamper,” vol. 17, no. 3, pp. 131–134, 2013.
- [21] M. Villacourt, “Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry,” *Sematech.Org*, p. 36, 1992, [Online]. Available: <http://www.sematech.org/docubase/document/0963beng.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/D6EFA3E1-8D84-4CFB-A745-6A9BDF84A381>
- [22] N. Badariah, D. Sugiarto, and C. Anugerah, “Penerapan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Dan Expert System (Sistem Pakar),” *Semin. Nas. Saints dan Teknol.*, vol. 1, no. 8, pp. 1–10, 2016.
- [23] C. Passarella, “Failure modes and effects analysis,” *Control*, vol. 31, no. 10, pp. 72–73, 2018, doi: 10.1108/02656719610118151.
- [24] A. Alijoyo, Q. B. Wijaya, and I. Jacob, “Failure Mode Effect Analysis Analisis Modus Kegagalan dan Dampak RISK EVALUATION RISK ANALYSIS: Consequences Probability Level of Risk,” *Crms*, p. 19, 2020, [Online]. Available: [www.lspmks.co.id](http://www.lspmks.co.id)