

## **ANALISA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PADA GARDU INDUK PT. PLN (Persero) ULP SINTANG**

**Anjas Suarga<sup>1</sup>, M. Iqbal Arsyad<sup>2</sup>, Rudy Gianto<sup>3</sup>**

[anjassuarga7@student.untan.ac.id](mailto:anjassuarga7@student.untan.ac.id)<sup>1</sup>, [iqbal.arsyad@ee.untan.ac.id](mailto:iqbal.arsyad@ee.untan.ac.id)<sup>2</sup>, [rudy.gianto@ee.untan.ac.id](mailto:rudy.gianto@ee.untan.ac.id)<sup>3</sup>

**Universitas Tanjungpura**

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik pada lima penyulang di Gardu Induk Sintang, yaitu MT. Haryono, Lintas Melawi, Martiguna, Kedabang, dan Tebelian. Analisis dilakukan menggunakan tiga parameter utama, yakni System Average Interruption Frequency Index (SAIFI), System Average Interruption Duration Index (SAIDI), dan Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI). Hasil perhitungan dibandingkan dengan standar SPLN 68:2:1986 untuk wilayah Kalimantan serta target keandalan nasional tahun 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai SAIFI seluruh penyulang jauh lebih baik dibanding standar SPLN 68:2:1986 sebesar 35,1 kali/tahun maupun target tahun 2024 sebesar 6,50 kali/tahun, dengan tingkat keunggulan antara 74% hingga 99%. Kondisi serupa juga ditunjukkan oleh nilai SAIDI, di mana hasil pengukuran semua penyulang jauh di bawah standar SPLN 68:2:1986 sebesar 230,1 jam/tahun maupun target tahun 2024 sebesar 8,33 jam/tahun. Nilai perbaikan mencapai lebih dari 98%, yang menunjukkan keandalan sistem sangat baik dalam frekuensi serta durasi total gangguan. Sebaliknya, parameter CAIDI memperlihatkan hasil yang kurang sesuai target. Jika dibandingkan SPLN 68:2:1986 sebesar 6,55 jam/gangguan, semua penyulang masih lebih baik dengan keunggulan 50–70%. Namun, terhadap target tahun 2024 sebesar 1,28 jam/gangguan, seluruh penyulang justru lebih buruk, dengan nilai terendah 1,93 jam/gangguan hingga tertinggi 3,78 jam/gangguan. Secara keseluruhan, sistem distribusi tenaga listrik di Gardu Induk Sintang dapat dikategorikan sangat andal berdasarkan indikator SAIFI dan SAIDI, tetapi masih perlu peningkatan pada aspek CAIDI agar kecepatan pemulihan gangguan dapat memenuhi target keandalan nasional tahun 2024.

**Kata Kunci:** Keandalan Sistem Distribusi, Gardu Induk Sintang, Saifi, Saidi, Caidi, Penyulang, Splt 68:2:1986, Target Keandalan 2024.

### **PENDAHULUAN**

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu komponen penting dalam penyediaan energi listrik kepada konsumen. Sistem ini bertanggung jawab untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke pelanggan melalui jaringan tegangan menengah, seperti penyulang 20 kV. Keandalan sistem distribusi sangat menentukan kontinuitas pasokan listrik yang memengaruhi produktivitas masyarakat dan kegiatan ekonomi. Namun, permasalahan dalam keandalan sistem distribusi sering kali muncul akibat berbagai faktor, seperti gangguan teknis, kondisi cuaca, beban berlebih, dan kegagalan peralatan.

PT.PLN (Persero) ULP Sintang merupakan salah satu unit layanan dalam lingkup area PT.PLN (Persero) UP3 Sanggau yang mengatur pendistribusian energi listrik pada wilayah Kabupaten Sintang. Berdasarkan data yang telah didapat, PT.PLN (Persero) ULP Sintang ini mengatur 5 penyulang pada Gardu Induk dan 6 penyulang pada Gardu Hubung. Pada gardu Induk terdapat Penyulang MT. Haryono, Lintas Melawi, Martiguna, Kedabang, dan Tebelian. Dan pada Gardu Hubung terdapat Penyulang Oevang Oeray, Binjai, Dara Juanti, Cut Nyak Dhien, Tugu BI, dan Kelam.

Penyulang MT. Haryono melayani sebanyak 8.261 pelanggan dengan panjang saluran mencapai 33,781 km dan jumlah gardu distribusi sebanyak 44 unit. Lintas Melawi memiliki 1.981 pelanggan, dengan panjang saluran 12,176 km dan 21 gardu distribusi. Penyulang

Martiguna melayani 1.584 pelanggan dengan panjang jaringan distribusi sebesar 23,254 km dan memiliki 27 gardu distribusi. Sementara itu, penyulang Kedabang melayani 2.427 pelanggan, memiliki 36 gardu distribusi dengan panjang saluran mencapai 23,711 km. Penyulang Tebelian menjadi salah satu penyulang terbesar dengan jumlah pelanggan mencapai 5.605, jumlah gardu distribusi sebanyak 149 unit, dan panjang saluran yang sangat signifikan yaitu 275,576 km.

Dalam upaya meningkatkan keandalan sistem distribusi di Gardu Induk Sintang, dilakukan analisa menggunakan metode perhitungan indeks keandalan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index). SAIFI memberikan gambaran seberapa sering rata-rata gangguan terjadi pada pelanggan selama periode yang ditentukan, dan SAIDI menunjukkan lamanya rata-rata gangguan yang dialami oleh pelanggan sedangkan CAIDI digunakan untuk mengukur rata-rata lama waktu pemulihan atau durasi gangguan yang dialami pelanggan setiap kali terjadi gangguan. Dengan menganalisis ketiga parameter ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran menyeluruh mengenai performa keandalan masing-masing penyulang serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan strategis terkait peningkatan mutu layanan distribusi tenaga listrik di wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Sintang.

Keandalan sistem kelistrikan adalah tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem tenaga listrik, agar dapat memberikan hasil yang baik pada periode waktu tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan dengan cara perhitungan serta analisis terhadap tingkat keberhasilan kinerja dari sistem yang ditinjau, pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan. [6]

Indeks-indeks keandalan yang sering dipakai dalam suatu sistem distribusi adalah SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index), CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index).

a. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

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 [2]. Indeks ini dapat dihitung dengan cara sebagai berikut: [17]

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Yang Mengalami Pemadaman}}{\text{Jumlah Pelanggan Yang Dilayani}} \quad (1)$$

b. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

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[2]. Indeks ini dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:[17]

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Dari Lamanya Pemadaman Pelanggan}}{\text{Jumlah Pelanggan Yang Dilayani}} \quad (2)$$

c. Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

CAIDI merupakan suatu indeks yang menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata konsumen untuk setiap gangguan yang terjadi [2]. Untuk menghitung indeks ini digunakan persamaan:[17]

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (3)$$

**Parameter Indeks Keandalan**

Tabel 1 Parameter Indeks Keandalan SPLN 68-2:1986 (Area Kalimantan).

Indeks keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	35,1	Kali/Tahun
SAIDI	230,1	Jam/Tahun

*Sumber. SPLN 68-2:1986*

**Taraget Indeks Keandalan Nasional**

Tabel 2 Target Indeks Keandalan Nasional

Indikator / Parameter	Target	Satuan
SAIFI	6,50	Kali/Tahun
SAIDI	8,33	Jam/Tahun

*Sumber: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan 2024. Laporan Kinerja Tahun 2024.*

**METODE**

**LOKASI PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan pada kantor PLN Persero (ULP) Sintang yang berlokasi di jalan Cut Nyak Dien, Kecamatan Sintang, Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat, 78616. (Lihat Gambar 3.1 dan Gambar 3.2)



Gambar 3. 1 PT. PLN Persero (ULP) Sintang.



Gambar 3. 2 PT. PLN Persero (ULP) Sintang dari Google Map

## **Alat dan Bahan**

Sebagai kelengkapan dari penelitian dan bahan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

Laptop (Acer aspire E5-421)

1 buah HP Tecno spark 20c

## **Metodologi Penelitian**

### **1. Studi Literatur**

Studi literatur adalah metode penelitian yang dilakukan melalui mengumpulkan data atau karya tulis ilmiah yang bertujuan dengan objek penelitian atau pengumpulan data yang bersifat kepustakaan, atau telaah yang dilaksanakan untuk memecahkan suatu masalah yang pada dasarnya bertumpu pada penelaahan kritis dan mendalam terhadap bahan-bahan pustaka yang relevan. Yang mana pada penelitian ini mengumpulkan bahan-bahan pustaka yang berhubungan dengan teori dan penyelesaian penelitian untuk menunjang hasil penelitian ini.

### **2. Oveservasi Lapangan**

Metode observasi lapangan merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan untuk mengamati dan meninjau secara cermat dan langsung di lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi dari sistem distribusi 20 kV yang sudah terpasang. Pada penelitian ini dimulai dari pengumpulan data terkait konfigurasi fisik dari jaringan distribusi 20 kV, termasuk lokasi transformator, switchgear, pemutus sirkuit, dan peralatan lainnya.

## **Prosedur Penelitian**

Adapun prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **1. Tahap Persiapan**

- a. Mengumpulkan materi yang berhubungan dengan sistem tenaga listrik, sitem distribusi tenaga listrik, keandalan sistem distribui, melalui buku-buku, penelitian terdahulu dan jurnal-jurnal di internet.
- b. Mengumpulkan data kelistrikan ULP Sintang, SLD Penylang MT. Haryono, Lintas Melawi, Martiguna, Kedabang dan tebelian data pelanggan dan data gangguan pada setiap trafo yang ada pada penylang.

### **2. Tahap Perhitungan**

- a. Melakukan Perhitungan SAIFI, SAIDI penyulang MT. Haryono untuk mendapatkan hasil CAIDI.
- b. Melakukan Perhitungan SAIFI, SAIDI penyulang Lintas Melawi untuk mendapatkan hasil CAIDI.
- c. Melakukan Perhitungan SAIFI, SAIDI penyulang Martiguna untuk mendapatkan hasil CAIDI.
- d. Melakukan Perhitungan SAIFI, SAIDI penyulang Kedabang untuk mendapatkan hasil CAIDI.
- e. Melakukan Perhitungan SAIFI, SAIDI penyulang Tebelian untuk mendapatkan hasil CAIDI.
- f. Melakukan Perbandingan Indeks Keandalan Antara kelima Penyulang Tersebut dengan SPLN 68-2:1986.
- g. Melakukan Perbandingan Indeks Keandalan Antara kelima Penyulang Tersebut Target Indeks Keandalan Maksimal Tahun 2024.

### **3. Tahap Analisa dan Kesimpulan**

- a. Melakukan analisis perhitungan berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh
- b. Mengetahui nilai indeks keandalan dari kelima penyulang tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Indeks Keandalan Penyulang MT. Haryono.

Analisa keandalan sistem distribusi pada penyulang MT. Haryono yaitu menentukan SAIFI, SAIDI dan CAIDI dengan memperhitungkan jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman, jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan dari setiap trafo yang ada pada penyulang MT. Haryono secara keseluruhan. Tabel 4. 1 dibuat untuk memudahkan perhitungan indeks keandalan.

Tabel 1 Penyulang MT. Haryono Tahun 2024.

NO	PENYULANG MT HARYONO			
	Waktu Padam	Jumlah Pelanggan Padam	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam x Lama Padam (Jam)
1	08/01/2024	1	0,63	1 x 0,63 = 0,63
2	14/01/2024	1	2,92	1 x 2,92 = 2,92
3	15/01/2024	281	2,97	281 x 2,97 = 834,57
4	17/01/2024	281	5,83	281 x 5,83 = 1638,23
5	18/01/2024	1	1,87	1 x 1,87 = 1,87
6	23/01/2024	351	2,55	351 x 2,55 = 895,05
7	23/01/2024	1	5,43	1 x 5,43 = 5,43
8	24/01/2024	1	13,38	1 x 13,38 = 13,38
9	03/02/2024	351	1,73	351 x 1,73 = 607,23
10	12/02/2024	1	0,48	1 x 0,48 = 0,48
11	14/02/2024	120	3,52	120 x 3,52 = 422,4
12	14/02/2024	357	0,9	357 x 0,9 = 321,3
13	15/02/2024	1	6,42	1 x 6,42 = 6,42
14	18/02/2024	1	4,55	1 x 4,55 = 4,55
15	25/02/2024	1	2,5	1 x 2,5 = 2,5
16	28/02/2024	1	2,73	1 x 2,73 = 2,73
17	28/02/2024	250	12,03	1 x 12,03 = 12,03
18	03/03/2024	357	2,52	357 x 2,52 = 899,64
19	05/03/2024	179	4,65	179 x 4,65 = 832,35
20	06/03/2024	250	3,45	250 x 3,45 = 862,5
21	19/03/2024	250	5,92	250 x 5,92 = 1480
22	08/04/2024	1	14,53	1 x 14,53 = 14,53
23	08/04/2024	1	1,32	1 x 1,32 = 1,32
24	16/04/2024	1	2,85	1 x 2,85 = 2,85
25	18/04/2024	1	3,03	1 x 3,03 = 3,03
26	23/04/2024	1	19,37	1 x 19,37 = 19,37
27	26/04/2024	1	1,82	1 x 1,82 = 1,82

(Tabel lanjutan)

NO	PENYULANG MT HARYONO			
	Waktu Padam	Jumlah Pelanggan Padam	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam X Lama Padam (Jam)
28	29/04/2024	357	1,4	357 x 1,4 = 499,8
29	29/04/2024	357	1,82	357 x 1,82 = 649,74

30	05/05/2024	1	19,17	1 x 19,17 = 19,17
31	07/05/2024	179	3,28	179 x 3,28 = 587,12
32	28/05/2024	286	3,17	286 x 3,17 = 906,62
33	31/05/2024	1	0,88	1 x 0,88 = 0,88
34	08/06/2024	1	2,07	1 x 2,07 = 2,07
35	20/06/2024	1	1,48	1 x 1,48 = 1,48
36	29/06/2024	1	1,48	1 x 1,48 = 1,48
37	30/06/2024	364	3,73	364 x 3,73 = 1357,72
38	09/07/2024	294	0,85	294 x 0,85 = 249,9
39	16/07/2024	1	15,32	1 x 15,32 = 15,32
40	16/07/2024	1	5,7	1 x 5,7 = 5,7
41	22/07/2024	1	0,47	1 x 0,47 = 0,47
42	23/07/2024	1	0,9	1 x 0,9 = 0,9
43	23/07/2024	1	0,75	1 x 0,75 = 0,75
44	24/07/2024	1	4,7	1 x 4,7 = 4,7
45	27/07/2024	1	3,62	1 x 3,62 = 3,62
46	27/07/2024	147	3	147 x 3 = 441
47	02/09/2024	299	3,38	299 x 3,38 = 1010,62
48	06/09/2024	1	1,38	1 x 1,38 = 1,38
Jumlah		5339		17645,04

Langkah berikutnya adalah menghitung jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman, jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan pada penyulang MT. Haryono. Berdasarkan perhitungan diperoleh jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman sebanyak 5339 dan jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan pada penyulang MT. Haryono sebesar 17645,04 jam/tahun. Selanjutnya melakukan perhitungan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI.

- Perhitungan SAIFI

$$SAIFI = \frac{5339}{8261} = 0,6462 \text{Kali/Tahun} \quad (1)$$

- Perhitungan SAIDI

$$SAIDI = \frac{7266,05}{1981} = 3,6678 \text{Jam/Tahun} \quad (2)$$

- Perhitungan CAIDI

$$CAIDI = \frac{2,1359}{0,6462} = 3,3049 \text{Jam/Gangguan} \quad (3)$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat dijelaskan bahwa diperoleh nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang MT. Haryono yaitu SAIFI 0,6462 Kali/Tahun sedangkan untuk SAIDI 2,1359 Jam/Tahun dan untuk indeks CAIDI merupakan perbandingan antara hasil indeks SAIDI dan SAIFI sehingga diperoleh nilai CAIDI sebesar 3,3049 Jam/Gangguan.

### **Perhitungan Indeks Keandalan Penyulang Lintas Melawi**

Analisa keandalan sistem distribusi pada penyulang Lintas Melawi yaitu menentukan SAIFI, SAIDI dan CAIDI dengan memperhitungkan jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman, jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan dari setiap trafo yang ada pada penyulang Lintas Melawi secara keseluruhan. Tabel 4. 2 dibuat untuk memudahkan perhitungan indeks keandalan.

Tabel 2 Data Gangguan Penyulang Lintas Melawi Tahun 2024.

NO	PENYULANG LINTAS MELAWI			
	Waktu Padam	Jumlah Pelanggan Padam	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam X Lama Padam (Jam)
1	06/01/2024	1	0,8	1 x 0,8 = 0,8
2	30/01/2024	1	11,2	1 x 11,2 = 11,2
3	13/02/2024	357	1,6	357 x 1,6 = 571,2
4	19/02/2024	286	3,55	286 x 3,55 = 1015,3
5	20/02/2024	1	1,58	1 x 1,58 = 1,58
6	15/03/2024	1	1,57	1 x 1,57 = 1,57
7	27/03/2024	1	1,55	1 x 1,55 = 1,55
8	20/04/2024	357	3,73	357 x 3,73 = 1331,61
9	29/04/2024	357	2,2	357 x 2,2 = 785,4
10	18/05/2024	286	11,1	286 x 11,1 = 3174,6
11	19/05/2024	286	1,23	286 x 1,23 = 351,78
12	20/05/2024	1	0,68	1 x 0,68 = 0,68
13	21/05/2024	1	1,65	1 x 1,65 = 1,65
14	31/05/2024	1	9,5	1 x 9,5 = 9,5
15	28/09/2024	1	7,63	1 x 7,63 = 7,63
Jumlah		1938		7266,05

Langkah berikutnya adalah menghitung jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman, jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan pada penyulang Lintas Melawi. Berdasarkan perhitungan diperoleh jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman sebanyak 1938 dan jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan pada penyulang Lintas Melawi sebesar 7266,05 jam/tahun. Selanjutnya melakukan perhitungan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI.

Perhitungan SAIFI

$$SAIFI = \frac{1938}{1981} = 0,9782 \text{ Kali/Tahun} \quad (1)$$

Perhitungan SAIDI

$$SAIDI = \frac{7266,05}{1981} = 3,6678 \text{ Jam/Tahun} \quad (2)$$

Perhitungan CAIDI

$$CAIDI = \frac{3,6678}{0,9782} = 3,7492 \text{ Jam/Gangguan} \quad (3)$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat dijelaskan bahwa diperoleh nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang Lintas Melawi yaitu SAIFI 0,9782 Kali/Tahun sedangkan untuk SAIDI 3,6678 Jam/Tahun dan untuk indeks CAIDI merupakan perbandingan antara hasil indeks SAIDI dan SAIFI sehingga diperoleh nilai CAIDI sebesar 3,7492 Jam/Gangguan.

#### Perhitungan Indeks Keandalan Penyulang Martiguna

Analisa keandalan sistem distribusi pada penyulang Martiguna yaitu menentukan SAIFI, SAIDI dan CAIDI dengan memperhitungkan jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman, jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan dari setiap trafo yang ada pada penyulang Martiguna secara keseluruhan. Tabel 4. 3 dibuat untuk memudahkan perhitungan indeks keandalan.

Tabel 3 Data Gangguan Penyulang Martiguna Tahun 2024.

NO	PENYULANG MARTIGUNA			
	Waktu Padam	Jumlah Pelanggan Padam	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam X Lama Padam (Jam)
1	04/01/2024	1	0,67	$1 \times 0,67 = 0,67$
2	09/01/2024	1	0,5	$1 \times 0,5 = 0,5$
3	15/01/2024	175	3,5	$175 \times 3,5 = 612,5$
4	21/01/2024	1	0,82	$1 \times 0,82 = 0,82$
5	15/02/2024	1	1,55	$1 \times 1,55 = 1,55$
6	25/02/2024	50	7,17	$50 \times 7,17 = 358,5$
7	28/02/2024	1	0,75	$1 \times 0,75 = 0,75$
8	29/02/2024	1	1,32	$1 \times 1,32 = 1,32$
9	17/03/2024	1	6,7	$1 \times 6,7 = 6,7$
10	26/03/2024	1	1,08	$1 \times 1,08 = 1,08$
11	27/03/2024	1	1,12	$1 \times 1,12 = 1,12$
12	21/04/2024	1	0,77	$1 \times 0,77 = 0,77$
13	02/05/2024	1	2,93	$1 \times 2,93 = 2,93$
14	03/05/2024	1	2,92	$1 \times 2,92 = 2,92$
15	05/05/2024	1	1,68	$1 \times 1,68 = 1,68$
16	07/05/2024	1	3,53	$1 \times 3,53 = 3,53$
17	08/05/2024	45	1,47	$1 \times 1,47 = 66,15$
18	15/05/2024	1	0,72	$1 \times 0,72 = 0,72$
19	20/05/2024	1	1,45	$1 \times 1,45 = 1,45$
20	21/05/2024	1	1,07	$1 \times 1,07 = 1,07$
21	03/06/2024	1	0,88	$1 \times 0,88 = 0,88$
22	10/06/2024	1	2,23	$1 \times 2,23 = 0,88$
23	11/06/2024	1	0,78	$1 \times 0,78 = 0,78$
24	22/07/2024	147	1,32	$147 \times 1,32 = 194,04$
25	27/07/2024	1	0,62	$1 \times 0,62 = 0,62$

(Tabel Lanjutan)

NO	PENYULANG MARTIGUNA			
	Waktu Padam	Jumlah Pelanggan Padam	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam X Lama Padam (Jam)
26	31/08/2024	1	3,35	$1 \times 3,35 = 3,35$
27	01/09/2024	1	0,4	$1 \times 0,4 = 0,4$
28	05/10/2024	1	4,6	$1 \times 4,6 = 4,6$
29	23/10/2024	1	2,55	$1 \times 2,55 = 2,55$
30	29/11/2024	1	13,78	$1 \times 13,78 = 13,78$
Jumlah		443		1289,96

Langkah berikutnya adalah menghitung jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman, jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan pada penyulang Martiguna. Berdasarkan perhitungan diperoleh jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman

sebanyak 443 dan jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan pada penyulang Martiguna sebesar 1289,96 jam/tahun. Selanjutnya melakukan perhitungan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI.

Perhitungan SAIFI

$$SAIFI = \frac{443}{1584} = 0,2796 \text{ Kali/Tahun} \quad (1)$$

Perhitungan SAIDI

$$SAIDI = \frac{1289,96}{1584} = 0,8143 \text{ Jam/Tahun} \quad (2)$$

Perhitungan CAIDI

$$CAIDI = \frac{0,8143}{0,2796} = 2,9118 \text{ Jam/Gangguan} \quad (3)$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat dijelaskan bahwa diperoleh nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang Martiguna yaitu SAIFI 0,2796 Kali/Tahun sedangkan untuk SAIDI 0,8143 Jam/Tahun dan untuk indeks CAIDI merupakan perbandingan antara hasil indeks SAIDI dan SAIFI sehingga diperoleh nilai CAIDI sebesar 2,9118 Jam/Gangguan.

### Perhitungan Indeks Keandalan Penyulang Kedabang

Analisa keandalan sistem distribusi pada penyulang Kedabang yaitu menentukan SAIFI, SAIDI dan CAIDI dengan memperhitungkan jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman, jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan dari setiap trafo yang ada pada penyulang Kedabang secara keseluruhan. Tabel 4. 4 dibuat untuk memudahkan perhitungan indeks keandalan.

Tabel 4 Data Gangguan Penyulang Kedabang Tahun 2024.

NO	PENYULANG KEDABANG			
	Waktu Padam	Jumlah Pelanggan Padam	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam X Lama Padam (Jam)
1	04/01/2024	351	2,72	351 x 2,72 = 954,72
2	15/01/2024	439	3,08	439 x 3,08 = 1352,12
3	17/01/2024	351	5,48	351 x 5,48 = 1923,48
4	25/01/2024	1	0,48	1 x 0,48 = 0,48
5	20/02/2024	286	0,75	286 x 0,75 = 214,5
6	27/02/2024	446	0,68	446 x 0,68 = 303,28
7	28/02/2024	179	3,2	179 x 3,2 = 572,8
8	03/04/2024	1	0,58	1 x 0,58 = 0,58
9	08/04/2024	1	1,32	1 x 1,32 = 1,32
10	28/04/2024	1	0,95	1 x 0,95 = 0,95
11	04/07/2024	1	1,75	1 x 1,75 = 1,75
12	13/07/2024	1	0,52	1 x 0,52 = 0,52
13	18/07/2024	294	0,83	294 x 0,83 = 244,02
14	19/07/2024	294	0,9	294 x 0,9 = 264,6
15	05/09/2024	1	1,42	1 x 1,42 = 1,42
16	06/09/2024	239	1,02	239 x 1,02 = 243,78
17	29/09/2024	379	0,58	379 x 0,58 = 219,82
18	14/11/2024	1	1,25	1 x 1,25 = 1,25
19	06/12/2024	1	1,62	1 x 1,62 = 1,62
20	06/12/2024	1	2,58	1 x 2,58 = 2,58

21	31/12/2024	1	8,83	1 x 8,83 = 8,83
Jumlah		3269		6314,42

Langkah berikutnya adalah menghitung jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman, jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan pada penyulang Kedabang. Berdasarkan perhitungan diperoleh jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman sebanyak 3269 dan jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan pada penyulang Kedabang sebesar 6314,42 jam/tahun. Selanjutnya melakukan perhitungan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI.

Perhitungan SAIFI

$$\text{SAIFI} = \frac{3269}{2427} = 1,3469 \text{ Kali/Tahun} \quad (1)$$

Perhitungan SAIDI

$$\text{SAIDI} = \frac{6314,42}{2427} = 2,6017 \text{ Jam/Tahun} \quad (2)$$

Perhitungan CAIDI

$$\text{CAIDI} = \frac{2,6017}{1,3469} = 1,9316 \text{ Jam/Gangguan} \quad (3)$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat dijelaskan bahwa diperoleh nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang Kedabang yaitu SAIFI 1,3469 Kali/Tahun sedangkan untuk SAIDI 2,6017 Jam/Tahun dan untuk indeks CAIDI merupakan perbandingan antara hasil indeks SAIDI dan SAIFI sehingga diperoleh nilai CAIDI sebesar 1,9316 Jam/Gangguan.

#### Perhitungan Indeks Keandalan Penyulang Tebelian

Analisa keandalan sistem distribusi pada penyulang Tebelian yaitu menentukan SAIFI, SAIDI dan CAIDI dengan memperhitungkan jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman, jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan dari setiap trafo yang ada pada penyulang Tebelian secara keseluruhan. Tabel 4. 5 dibuat untuk memudahkan perhitungan indeks keandalan.

Tabel 5 Data Gangguan Penyulang Tebelian Tahun 2024.

NO	PENYULANG TEBELIAN			
	Waktu Padam	Jumlah Pelanggan Padam	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam X Lama Padam (Jam)
1	02/01/2024	281	2,57	281 x 2,57 = 722,17
2	19/01/2024	1	2,98	1 x 2,98 = 2,98
3	24/01/2024	1	6,12	1 x 6,12 = 6,12
4	01/02/2024	1	3,5	1 x 3,5 = 3,5
5	02/02/2024	1	3,02	1 x 3,02 = 3,02
6	22/02/2024	1	1,67	1 x 1,67 = 1,67
7	08/03/2024	1	1,25	1 x 1,25 = 1,25
8	20/03/2024	179	6,2	179 x 6,2 = 1109,8
9	25/03/2024	1	2,48	1 x 2,48 = 2,48
10	30/03/2024	89	4,33	89 x 4,33 = 385,37
11	05/04/2024	20	6,12	20 x 6,12 = 122,4
12	10/04/2024	1	1,52	1 x 1,52 = 1,52
13	17/04/2024	1	2,23	1 x 2,23 = 2,23
14	10/05/2024	1	0,57	1 x 0,57 = 0,57
15	14/05/2024	89	2,83	89 x 2,83 = 251,87

16	16/05/2024	1	9,13	1 x 9,13 = 9,13
17	01/06/2024	1	1,55	1 x 1,55 = 1,55
18	20/06/2024	1	0,45	1 x 0,45 = 0,45
19	26/06/2024	182	3,18	182 x 3,18 = 578,76
20	11/07/2024	1	11,6	1 x 11,6 = 11,6
21	24/07/2024	1	6,95	1 x 6,95 = 6,95
22	28/11/2024	1	1,12	1 x 1,12 = 1,12
23	29/11/2024	1	16,05	1 x 16,05 = 16,05
Jumlah		857		3242,56

Langkah berikutnya adalah menghitung jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman, jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan pada penyulang Tebelian. Berdasarkan perhitungan diperoleh jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman sebanyak 857 dan jumlah dari lamanya pemadaman pelanggan pada penyulang Tebelian sebesar 3242,56 jam/tahun. Selanjutnya melakukan perhitungan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI.

Perhitungan SAIFI

$$\text{SAIFI} = \frac{857}{5605} = 0,1528 \text{ Kali/Tahun} \quad (1)$$

Perhitungan SAIDI

$$\text{SAIDI} = \frac{3242,56}{5605} = 0,5785 \text{ Jam/Tahun} \quad (2)$$

Perhitungan CAIDI

$$\text{CAIDI} = \frac{0,5785}{0,1528} = 3,7836 \text{ Jam/Gangguan} \quad (3)$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat dijelaskan bahwa diperoleh nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang tebelian yaitu SAIFI 0,1528 Kali/Tahun sedangkan untuk SAIDI 0,5785 Jam/Tahun dan untuk indeks CAIDI merupakan perbandingan antara hasil indeks SAIDI dan SAIFI sehingga diperoleh nilai CAIDI sebesar 3,7836 Jam/Gangguan.

#### **Perbandingan Indeks Keandalan Penyulang Dengan SPLN 68:2:1986 (Area Kalimantan).**

Dari hasil analisis dan perhitungan keandalan yang telah dilakukan maka dapat dibandingkan hasil indeks SAIFI, SAIDI dan CAIDI yang dapat dilihat pada Tabel 4. 6.

Tabel 6 Perbandingan Nilai Indeks Keandalan Penyulang Dengan SPLN 68:2:1986 ( Area Kalimantan).

Indeks Keandalan	PENYULANG					SPLN 68:2:1986 (kalimantan)
	MT. Hayono	Lintas Melawi	Martiguna	Kedabang	Tebelian	
SAIFI (Kali/Tahun)	0,64	0,97	0,27	1,34	0,15	35,1
SAIDI (jam/Tahun)	2,13	3,66	0,81	2,60	0,57	230,1
CAIDI (Jam/Gangguan)	3,30	3,74	2,91	1,93	3,78	6,55

Berdasarkan Tabel 4. 6 yang memuat perbandingan nilai indeks keandalan antara lima penyulang dengan SPLN 68:2:1986 wilayah Kalimantan, diperoleh hasil bahwa seluruh penyulang menunjukkan performa keandalan yang jauh lebih baik dibandingkan standar yang telah ditetapkan. Untuk SAIFI, standar SPLN adalah 35,1 kali per tahun. Nilai SAIFI pada seluruh penyulang berada jauh di bawah standar tersebut, yakni MT. Haryono sebesar 0,64 kali/tahun, lebih baik 98,18%, Lintas Melawi sebesar 0,97 kali/tahun, lebih baik 97,24%, Martiguna sebesar 0,27 kali/tahun, lebih baik 99,23%, Kedabang sebesar 1,34

kali/tahun, lebih baik 96,18%, dan Tebelian sebesar 0,15 kali/tahun, lebih baik 99,57%. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi gangguan pada semua penyulang sangat rendah dan berada dalam kategori sangat andal.

Untuk SAIDI (System Average Interruption Duration Index), SPLN 68:2:1986 berada pada angka 230,1 jam per tahun. Lima penyulang kembali menunjukkan performa unggul dengan nilai yang sangat kecil. MT. Haryono sebesar 2,13 jam/tahun, lebih baik 99,07%, Lintas Melawi 3,66 jam/tahun, lebih baik 98,41%, Martiguna 0,81 jam/tahun, lebih baik 99,65%, Kedabang 2,60 jam/tahun, lebih baik 98,87%, dan Tebelian hanya 0,57 jam/tahun lebih baik 99,75%). Ini menandakan bahwa durasi gangguan pada masing-masing penyulang berlangsung sangat singkat.

Sementara itu, untuk CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) yang menunjukkan rata-rata durasi per gangguan, SPLN menetapkan standar sebesar 6,55 jam/gangguan. Seluruh penyulang kembali menunjukkan nilai yang jauh lebih rendah, yaitu MT. Haryono sebesar 3,30 jam lebih baik 49,62%, Lintas Melawi 3,74 jam lebih baik 42,75%, Martiguna 2,91 jam lebih baik 55,57%, Kedabang 1,93 jam lebih baik 70,53%, dan Tebelian 3,78 jam lebih baik 42,14%. Meskipun nilai CAIDI tidak setinggi perbedaan pada SAIFI dan SAIDI, hasil ini tetap menunjukkan bahwa gangguan yang terjadi dapat dipulihkan dengan cepat. Penyulang Tebelian dan Martiguna menjadi dua penyulang terbaik dengan nilai indeks keandalan paling rendah, baik dari segi frekuensi maupun durasi gangguan, yang mencerminkan efisiensi tinggi dan minimnya dampak gangguan terhadap pelanggan.

#### **Perbandingan Indeks Keandalan Penyulang dengan Target Indeks keandalan Nasional Tahun 2024**

Dari hasil analisis dan perhitungan keandalan yang telah dilakukan maka dapat dibandingkan hasil indeks SAIFI, SAIDI dan CAIDI yang dapat dilihat pada Tabel 4. 7.

Tabel 7 Perbandingan Indeks Keandalan Penyulang dengan Target Indeks keandalan Nasional Tahun 2024

Indeks Keandalan	PENYULANG					Target Indeks Keandalan (2024)
	MT. Haryono	Lintas Melawi	Martiguna	Kedabang	Tebelian	
SAIFI (Kali/Tahun)	0,64	0,97	0,27	1,34	0,15	6,50
SAIDI (jam/Tahun)	2,13	3,66	0,81	2,60	0,57	8,33
CAIDI (Jam/Gangguan)	3,30	3,74	2,91	1,93	3,78	1,28

Berdasarkan Tabel 4. 7 yang memuat perbandingan nilai indeks keandalan antara lima penyulang dengan target indeks keandalan nasional tahun 2024, diperoleh hasil bahwa seluruh penyulang menunjukkan performa yang sangat baik. Untuk indeks SAIFI, target keandalan maksimal tahun 2024 ditetapkan sebesar 6,50 kali/tahun. Nilai SAIFI seluruh penyulang berada jauh di bawah standar tersebut, yakni MT. Haryono sebesar 0,64 kali/tahun lebih baik 90,15%, Lintas Melawi 0,97 kali/tahun lebih baik 85,08%, Martiguna 0,27 kali/tahun lebih baik 95,85%, Kedabang 1,34 kali/tahun lebih baik 79,38%, dan Tebelian hanya 0,15 kali/tahun lebih baik 97,69%. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi gangguan pada semua penyulang sangat rendah, menandakan sistem distribusi sangat andal.

Untuk indeks SAIDI System Average Interruption Duration Index, target yang ditetapkan adalah 8,33 jam/tahun. Hasil analisis memperlihatkan bahwa seluruh penyulang juga memiliki nilai yang sangat rendah dibandingkan standar tersebut. MT. Haryono sebesar 2,13 jam/tahun lebih baik 74,44%, Lintas Melawi 3,66 jam/tahun lebih baik 56,06%,

Martiguna 0,81 jam/tahun lebih baik 90,27%, Kedabang 2,60 jam/tahun lebih baik 68,80%, dan Tebelian hanya 0,57 jam/tahun lebih baik 93,16%. Dengan demikian, durasi rata-rata gangguan pada pelanggan sangat singkat dan tidak memberikan dampak signifikan.

Sementara itu, untuk indeks CAIDI, target keandalan maksimal adalah 1,28 jam/gangguan. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya variasi. Penyulang MT. Haryono memiliki nilai 3,30 jam/gangguan lebih buruk 157,81%, Lintas Melawi 3,74 jam/gangguan lebih buruk 192,19%, Martiguna 2,91 jam/gangguan lebih buruk 127,34%, Kedabang 1,93 jam/gangguan lebih buruk 50,78%, dan Tebelian 3,78 jam/gangguan lebih buruk 195,31%. Berbeda dengan SAIFI dan SAIDI, nilai CAIDI sebagian besar penyulang melebihi target standar. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun frekuensi dan total durasi gangguan sudah sangat baik, namun waktu pemulihan tiap gangguan masih relatif lebih lama dari standar yang diharapkan.

Secara keseluruhan, hasil analisis memperlihatkan bahwa keandalan sistem distribusi listrik dari sisi frekuensi (SAIFI) dan total durasi gangguan (SAIDI) sudah berada dalam kategori sangat baik dan jauh di bawah target 2024. Namun, dari sisi rata-rata durasi tiap gangguan (CAIDI), masih perlu dilakukan peningkatan khususnya pada penyulang Lintas Melawi, Tebelian, dan MT. Haryono yang menunjukkan nilai paling tinggi. Dengan demikian, prioritas peningkatan keandalan di masa mendatang lebih difokuskan pada percepatan pemulihan ketika gangguan terjadi.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis keandalan sistem distribusi tenaga listrik pada lima penyulang utama, yaitu MT. Haryono, Lintas Melawi, Martiguna, Kedabang, dan Tebelian, dapat disimpulkan bahwa tingkat keandalan secara umum sudah berada dalam kategori sangat baik. Hal ini ditunjukkan dari nilai indeks SAIFI yang seluruhnya berada jauh di bawah standar SPLN 68:2:1986 maupun target keandalan maksimal tahun 2024. Dengan nilai yang sangat rendah tersebut, dapat disimpulkan bahwa frekuensi gangguan yang dialami pelanggan pada semua penyulang relatif jarang terjadi sehingga sistem distribusi mampu memberikan kontinuitas penyaluran energi listrik yang optimal.

Selain itu, nilai SAIDI juga menunjukkan hasil yang sangat baik, di mana durasi rata-rata pemadaman tahunan pada setiap penyulang jauh lebih singkat dibandingkan standar yang berlaku. Kondisi ini menegaskan bahwa pelanggan tidak terlalu lama mengalami pemadaman listrik, sehingga tingkat kepuasan pelanggan terhadap layanan distribusi listrik dapat dikatakan cukup tinggi. Dengan kata lain, baik dari sisi jumlah maupun lamanya gangguan, sistem distribusi tenaga listrik yang dianalisis telah memenuhi standar keandalan yang sangat baik.

Namun demikian, hasil perhitungan pada indeks CAIDI memperlihatkan kondisi yang sedikit berbeda. Meskipun jika dibandingkan dengan standar SPLN nilainya masih tergolong baik, tetapi jika ditinjau terhadap target keandalan maksimal tahun 2024, sebagian besar penyulang justru memiliki nilai CAIDI yang lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun frekuensi dan total durasi gangguan sudah sangat rendah, namun waktu rata-rata pemulihan tiap gangguan masih relatif lebih lama dibandingkan dengan target yang ditetapkan. Penyulang Martiguna dan Tebelian tercatat memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan penyulang lainnya, sementara Lintas Melawi, MT. Haryono, dan Tebelian masih menunjukkan nilai CAIDI yang cukup tinggi.

Secara keseluruhan, keandalan sistem distribusi tenaga listrik pada wilayah penelitian ini sudah dapat dikategorikan sangat andal berdasarkan indikator SAIFI dan SAIDI. Namun, perlu ada perhatian khusus pada indikator CAIDI yang menunjukkan bahwa kecepatan pemulihan gangguan masih harus ditingkatkan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa

sistem distribusi listrik yang dianalisis sudah mampu memberikan pelayanan yang handal bagi pelanggan, meskipun masih terdapat ruang untuk perbaikan terutama dalam hal percepatan pemulihan ketika gangguan terjadi.

#### **SARAN**

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan yang diperoleh, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik di masa yang akan datang.

1. Perlu dilakukan peningkatan manajemen dalam penanganan gangguan dengan cara mempercepat proses pemulihan, misalnya melalui penambahan jumlah tim pemeliharaan yang siaga di lapangan serta pemanfaatan teknologi monitoring berbasis digital yang mampu mendeteksi gangguan secara lebih cepat dan akurat. Dengan adanya langkah tersebut, diharapkan nilai CAIDI dapat diturunkan sehingga target keandalan maksimal tahun 2024 dapat tercapai.
2. Pelaksanaan pemeliharaan preventif secara rutin dan terjadwal perlu terus ditingkatkan agar gangguan yang berpotensi menimbulkan pemadaman dapat dicegah sedini mungkin.
3. Modernisasi sistem distribusi perlu diprioritaskan dengan pemanfaatan peralatan otomatisasi jaringan seperti recloser dan sectionalizer digital. Dengan penerapan teknologi ini, sistem akan mampu mengisolasi daerah gangguan secara otomatis dan memulihkan pasokan listrik lebih cepat pada daerah yang tidak terdampak gangguan.
4. Selain itu, perlu ditetapkan prioritas peningkatan pada penyulang yang memiliki nilai CAIDI relatif tinggi, yaitu Lintas Melawi, MT. Haryono, dan Tebelian. Penyulang-penyulang tersebut memerlukan perhatian khusus karena waktu pemulihan gangguan yang masih lebih lama dibanding target.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Faruq, Muhammad Ammar, Muslimin Muslimin, And Restu Mukti Utomo. "Analisis Keandalan Sistem Distribusi Penyulang 20 Kv Pada PT. PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb Pada Tahun 2021 Dengan Menggunakan Metode Section Technique." *Prosiding Snitt Poltekba 6* (2023): 118-124.
- Gusmedi, Herri, Lukmanul Hakim, And Rizki Ramadan. "Evaluasi Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Stroberi 2 PT. PLN (Persero) ULP Kota Metro Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)." *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan 12.1* (2024).
- Harahap, Raja, et al. "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)." *J. Electr. Technol 7.2* (2022): 87-95.
- Noufanda, Yudo Farrel, and Puji Slamet. "Keandalan sistem jaringan distribusi 20KV di PT. PLN Rayon Ploso Menggunakan Metode FMEA." *Jurnal EL Sains P-ISSN 2527* (2021): 6336.
- Setiawan, Aang Fras, and Titiek Suheta. "Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 kv di PT. PLN (PERSERO) UPJ Mojokerto Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis)." *CYCLOTRON 3.1* (2020).
- Syahputra, Ramadoni. "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik." *LP3M UMY, Yogyakarta* (2016): 249-256.
- Mulianda, Aditya, Syahrizal Syahrizal, and Mansur Gapy. "Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Banda Aceh Menggunakan Metode Section Technique." *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro 2.4* (2017).
- Situmeang, Usaha, Rani Oktaviani Rivandi, and Abrar Tanjung. "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kv Penyulang Okura di PT. PLN (Persero) ULP Rumbai dengan Metode FMEA." *JURNAL TEKNIK 16.1*(2022): 8087.
- Doloksaribu, Parlindungan. "Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik." *Jurnal Teknik*

- Elektro Univ. Cendrawasih 1.1 (2010): 20-25.
- Rahim, Arsan Abdul. Analisis Keandalan Sistem Distribusi Pada Sistem Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Gardu Induk Maros. Diss. UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR, 2020.
- Jurnal, Redaksi Tim. "Analisa Nilai Saidi Saifi Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya PT. PLN (Persero) Area Ciputat: Ibnu Hajar; Muhammad Hasbi Pratama." *energi & kelistrikan* 10.1 (2018): 70-77.
- Jufrizel, Jufrizel, and Rahmat Hidayatullah. "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20kV Menggunakan Metode Section Technique dan Ria-Section Technique pada Penyulang Adi Sucipto Pekanbaru." Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri. 2017.
- Marsudi, Djiteng. "Operasi sistem tenaga listrik." Yogyakarta: Graha Ilmu 8 (2006).
- Machfudiah, Machfudiah (2019) Analisis Alir Daya Sistem Distribusi Radikal Dengan Metode Topology Network Berbasis Graphical User Interface (Gui) Matlab. Skripsi Thesis, Universitas Bhayangkara.
- Marsudi, Djiteng. "Operasi sistem tenaga listrik." Yogyakarta: Graha Ilmu 8 (2006).
- (SPLN 68-2:1986, 2013) Standar Tingkat Jaminan Menurut Konfigurasi Jaringan Pada Sistem Distribusi / HAL 13-14.
- (Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan 2024). Laporan Kinerja Tahun 2024. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- V. Lackovic, Basic Reliability Analysis of Electrical Power Systems. Woodcliff Lake, NJ: Continuing Education and Development, Inc., n.d