

Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dengan Metode FMEA pada Penyulang Akasia dan Lele PT PLN (Persero) ULP Kota Barat

Citra Afri Lestari^{1✉}, Zulfahri², Usaha Situmeang³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: citrapln2012@gmail.com^{1✉}, zulfahri@unilak.ac.id², usaha.situmeang@unilak.ac.id³

Submitted : 20 September 2021, Accepted: 28 Desember 2021

DOI: 10.31849/sainetin.v6i1.7408

ABSTRAK

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan hal yang sangat penting untuk menjamin kontinuitas suplai tenaga listrik ke konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung indeks keandalan dengan menggunakan *Metode Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA). Penelitian ini dilakukan pada Penyulang Akasia dan Penyulang Lele di PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat Pekanbaru. Kondisi *eksisting* Penyulang Akasia Tahun 2019 didapatkan hasil SAIFI sebesar 6,419 gangguan/pelanggan dan di Tahun 2020 sebesar 2,814 gangguan/pelanggan. Sementara pada Penyulang Lele Tahun 2019 didapatkan hasil SAIFI sebesar 5,005 gangguan/plg dan di Tahun 2020 sebesar 2,196 gangguan/pelanggan. Sedangkan hasil SAIDI Penyulang Akasia Tahun 2019 sebesar 353,329 menit/pelanggan dan di Tahun 2020 sebesar 105,080 menit/pelanggan. Sementara pada Penyulang Lele Tahun 2019 didapatkan hasil SAIDI sebesar 270,191 menit/pelanggan dan di Tahun 2020 sebesar 111,424 menit/pelanggan. Penghematan yang cukup besar setelah dilakukan pemeliharaan di Penyulang Akasia dan Penyulang Lele. Dari perhitungan didapat penghematan sebesar Rp. 41.215.943,94 pada Penyulang Akasia dan Rp. 10.806.099,21 pada Penyulang Lele selama satu tahun. Hasil yang diperoleh setelah upaya perbaikan dengan melakukan perampalan pohon sampai jarak yang aman bagi jaringan melakukan infeksi jaringan secara rutin, sehingga bisa lebih cepat memetakan gangguan pada penyulang. Membatasi jumlah pelanggan yang padam dengan cara memasang *recloser*, LBS dan *sectionalizers*. Berdasarkan hasil evaluasi kedua penyulang ini terkategori handal, karena berada dibawah standar nilai yang telah ditentukan.

Kata Kunci: Keandalan, FMEA, Penyulang, PSS Sincal , Sistem Distribusi

ABSTRACT

The electric power distribution system is very important to ensure the continuity of electricity supply to consumers. This final project aims to calculate the reliability index using the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) method. This research was conducted on Akasia Feeders and Lele Feeders at PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat Pekanbaru. The existing condition of the Akasia Feeder in 2019 obtained SAIFI results of 6,419 disturbances/customers and in 2020 it was 2,814 disturbances/customers. While the 2019 Lele Feeder obtained SAIFI results of 5,005 disturbances/customers and in 2020 it was 2,196 disturbances/customers. While the SAIDI Akasia Feeder results in 2019 were 353,329 minutes/customer and in 2020 it was 105,080 minutes/customer. While the 2019 Lele Feeder obtained SAIDI results of 270,191 minutes/customer in 2020 of 111.424 minutes/customer. Considerable savings after maintenance at the Akasia Feeder and Lele Feeder. From the calculation obtained savings of Rp. 41,215,943.94 on Akasia Feeder and Rp. 10,806,099.21 on Lele Feeder for one year. The results obtained after repair efforts by scrounging trees to a safe distance for the network carry out routine network infections, so that they can more quickly map out disturbances to feeders. Limiting the number of customer outages by installing reclosers, LBS and sectionalizers. Based on the evaluation results, these two feeders are categorized as reliable, because they are below the standard value that has been determined

Keywords: Reliability, FMEA, Feeders, PSS Sincal, Distribution System

1. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Kota Barat (ULP Kobar) adalah bagian sub unit dari PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan

Pelanggan Pekanbaru (UP3 Pekanbaru) terletak di Jalan Labuh Baru Timur Kecamatan Payung Sekaki. PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat disuplai oleh dua Gardu Induk (GI) yang berkapasitas 3 x 60 MVA yaitu Gardu Induk Teluk Lembu (GITL) dan Gardu

Induk Garuda Sakti (GIGS). GITL terletak di Jalan Sungai Duku mempunyai penyulang yang mensuplai ke ULP Kota Barat sebanyak lima belas Penyulang. Sedangkan dari GIGS mensuplai sebanyak enam penyulang.

Gardu Induk dibangun untuk meningkatkan pelayanan kepada pelanggan, dan dari sisi penjualan listrik, ULP Kota Barat merupakan kawasan yang berpotensi dengan perkembangan industri besar. Selama proses distribusi, banyak terjadi gangguan di PLN ULP Kota Barat. Gangguan tersebut antara lain PMT terbuka (sekring tegangan putus karena binatang, pohon dan ranting, hujan atau petir, komponen SUTM terbakar, konektor rusak, SUTM putus, *jumper* rusak, *Fuse Cut Out* rusak, isolator rusak dan penangkal petir rusak. Dari data banyaknya gangguan dan durasi gangguan pada PLN ULP Kota Barat pada Tahun 2019 Penyulang Akasia terdapat 86 kali gangguan dan lama gangguan 4.734 jam sedangkan Penyulang Lele terdapat 50 kali gangguan dan lama gangguan 2.699 jam. Pemadaman listrik yang terjadi perlu segera ditanggulangi karena menyulitkan penyaluran listrik secara lancar ke konsumen. Hal ini menyebabkan terganggunya distribusi daya karena terputusnya pasokan listrik ke konsumen. Gangguan jaringan distribusi mempengaruhi nilai keandalan sistem, yang berpengaruh untuk memenuhi kebutuhan listrik bagi seluruh konsumen.

Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi tingkat keandalan sistem distribusi [1]–[5]. Oleh karena itu diperlukan perhitungan indikator keandalan sistem seperti *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), *Customer Average Interruption Frequency Index* (CAIFI), *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI), *Service Availability Index* (SAI), *Average Service Unavailability Index* (ASUI) dan *Momentary Average Interruption Frequency Index* (MAIFI) agar bisa diketahui dan diperhitungkan tingkat keandalannya. Guna meningkatkan nilai keandalan suatu sistem tenaga listrik digunakan *Metode Failure Mode Impact Analysis* (FMEA) yang terlebih dahulu memecah sebuah sistem menjadi menjadi lebih kompleks untuk meminimalkan kesalahan

2. METODE PENELITIAN

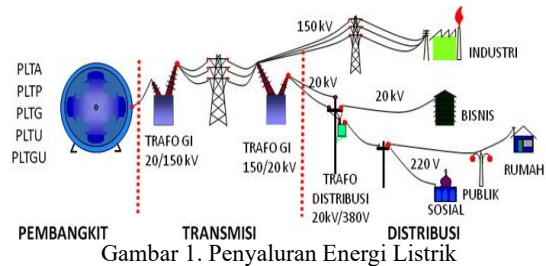
2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sebuah sistem tenaga listrik meliputi pembangkitan, transmisi (penyaluran) dan pendistribusian. Listrik dibangkitkan oleh pusat tenaga listrik dengan berbagai sumber energinya seperti: Tenaga Uap (PLTU), Tenaga Air (PLTA), Tenaga Gas (PLTG), Tenaga Gas Uap (PLTGU),

Tenaga Diesel (PLTD) dan Tenaga Panas Bumi (PLTP).

Transmisi berfungsi sebagai penyalur tenaga listrik dari GI ke GI lainnya dalam jarak tertentu. Karena tegangan keluaran dari generator sebesar 6 kV menjadi 24 kV, tegangan ini ditransformasikan ke tingkat tegangan yang lebih tinggi dari 150 kV hingga 500 kV [6]. Tingkat tegangan yang lebih tinggi ini, selain meningkatkan konduktivitas saluran, juga meminimalkan kehilangan daya dan penurunan tegangan saluran [7].

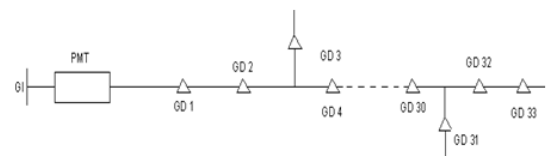
Bagian distribusi berfungsi untuk melakukan distribusi dan menyalurkan listrik dari GI sampai ke konsumen. Tegangan menengah 20 kV ditransformasikan melalui transformator distribusi menjadi 380/220 Volt. Distribusi tenaga listrik dari pembangkit hingga konsumen dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyaluran Energi Listrik

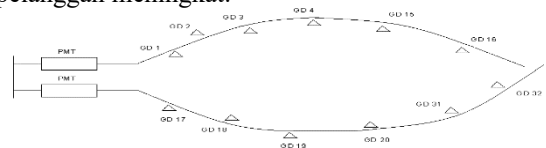
2.2. Jaringan Distribusi Primer

Distribusi *primer* merupakan jaringan distribusi daya listrik dengan tegangan 20 kV atau tegangan menengah. Listrik yang disalurkan secara *radial* melalui GI ke konsumen dilakukan secara terpisah satu sama lain. Saluran ini berjalan secara *radial* dari titik yang menjadi sumber jaringan dan bercabang ke titik beban yang dilayani, dapat dilihat pada Gambar 2 [8]–[10].



Gambar 2. Sistem Jaringan Radial

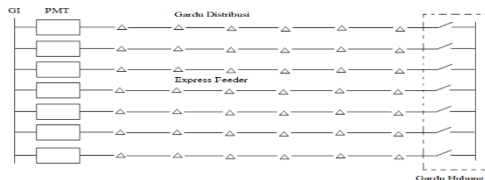
Sistem *loop* adalah sistem dengan bentuk yang tertutup. Rangkaian sistem saluran membentuk cincin yang memungkinkan beban dilayani oleh dua arah saluran, terjaminnya kontinuitas daya dan kepuasan pelanggan meningkat.



Gambar 3. Sistem Jaringan Loop

Sistem *spindel* adalah saluran kabel bawah tanah (SKTM) cocok digunakan di kota-kota besar.

Sistem *spindel* terdiri dari maksimal 6 penyulang (*feeder*) dalam keadaan berbeban dan satu penyulang (*feeder*) dalam keadaan tidak berbeban. Saluran penyulang yang beroperasi di bawah beban disebut *working feeder* dan saluran yang beroperasi tanpa beban disebut *express feeder* [2].



Gambar 4. Sistem Jaringan *Spindel*

2.3. Indeks Keandalan

Indeks keandalan adalah kemungkinan bahwa sistem bisa melakukan fungsinya dengan benar selama periode waktu tertentu dan di bawah kondisi operasi tertentu [11]

1. Untuk menghitung indeks keandalan dasar

$$\lambda_{\text{sys}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n \text{ (kali)}}{31 \text{ (hari)}} \dots\dots\dots (1)$$

$$r = \frac{\text{Jumlah Jam Padam}}{\text{Jumlah Gangguan}} \dots\dots\dots (2)$$

$$U = \lambda_{\text{sys}} \text{ (kali/hari)} * r \text{ (menit/kali)} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

λ_{sys} = Kegagalan (kali/hari)

r = Durasi padam rata-rata (menit/kali)

U = Durasi padam harian rata-rata

2. Menghitung indeks keandalan sistem dari indicator [12]

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

SAIFI adalah frekuensi banyaknya gangguan pelanggan rata-rata dalam satu area.

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{Jumlah Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Pelanggan}}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum \lambda_i \times N_i}{\sum N} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan : λ_i = Laju kegagalan unit

- b. *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*

SAIDI adalah durasi gangguan rata-rata tenaga listrik [13]

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Jumlah Durasi Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Pelanggan}}$$

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

N_i = Jumlah pelanggan pada satu titik

N = Jumlah total pelanggan

U_i = Lama gangguan rata-rata

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

CAIDI adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyalakan kembali daya listrik pada tiap gangguan.

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{Jumlah Durasi Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Pelanggan Terganggu}}$$

$$\text{CAIDI} = \frac{U_i \times N_i}{\lambda_i \times N_i} \dots\dots\dots (6)$$

- d. *Customer Average Interruption Frequency Index (CAIFI)*

CAIFI adalah frekuensi rata-rata gangguan pelanggan yang terkena gangguan pasokan daya.

$$\text{CAIFI} = \frac{\text{Jumlah Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Pelanggan Terganggu}}$$

$$\text{CAIFI} = \frac{\sum \lambda_i \times N_i}{\sum U_i \times N} \dots\dots\dots (7)$$

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

ASAI merupakan indeks tingkat ketersediaan energi listrik (suplai daya) yang diterima oleh pelanggan.

$$\text{ASAI} = \frac{\text{Jumlah Jam Pelanggan Terpenuhi}}{\text{Jumlah Jam Seharusnya}}$$

$$\text{ASAI} = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i \times N}{\sum N_i \times 8760} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan : Satuan jam selama 1 tahun

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

ASUI merupakan indeks ketidaktersediaan energi listrik yang diterima konsumen.

$$\text{ASUI} = \frac{\sum U_i \times N}{\sum N_i \times 8760}$$

$$\text{ASUI} = 1 - \text{ASAI} \dots\dots\dots (9)$$

- g. *Momentary Average Interruption Frequency Index (MAIFI)*

MAIFI merupakan frekuensi pemadaman untuk tiap pelanggan dalam jangka waktu satu tahun yang disebabkan oleh gangguan sesaat.

$$\text{MAIFI} = \frac{\text{Jumlah Durasi Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Pelanggan}}$$

$$\text{MAIFI} = \frac{\sum \lambda_i \times N_i}{\sum N} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

λ_i = Laju Gagal unit

N_i = Jumlah pelanggan terdampak

N = Jumlah seluruh pelanggan

- h. Perhitungan Nilai Ekonomis Akibat Nilai Keandalan
Kerugian ekonomis sistem distribusi dapat diketahui berdasarkan keandalan sistem yakni indeks SAIDI.

P penyulang = $\sqrt{3} \times V \times I \times \cos$

ENS = SAIDI x Daya Penyulang

kerugian = $ENS \times Rp/kWh$ (11)

Keterangan :

V = Tegangan Penyulang (V)

I = Beban Penyulang (A)

2.4. Gangguan Pada Sistem Distribusi

Gangguan sebuah sistem distribusi yaitu terjadinya gangguan sistem tenaga listrik sehingga mengakibatkan *rele* pengaman bekerja dengan membuka *circuit breaker* di GI sehingga menyebabkan terputusnya tenaga listrik [14].

Gangguan *Temporer* merupakan gangguan yang terjadi sesaat kemudian sistem kembali bekerja normal. Gangguan *Permanen* merupakan gangguan yang disebabkan dengan adanya gangguan pada peralatan listrik sehingga gangguan bisa diatasi apabila kerusakan diperbaiki.

2.5. Pengaman Atau Proteksi SUTM

Faktor teknis yang diperlukan untuk penyaluran dan penyediaan daya listrik meliputi keandalan pengaman, stabilitas tegangan, kontinuitas pelayanan dan kapasitas daya [15]. *Fuse Cut Out (FCO)* merupakan alat yang berfungsi sebagai pelebur tegangan menengah juga sebagai pemutus (*switch*) tegangan atau arus. Load Breaker Switch Remote (LBS) merupakan sebuah peralatan yang untuk memisah dan menghubungkan jaringan listrik tegangan menengah atau antara penyulang satu dengan penyulang lainnya. *Disconnecting Switch (DS)* merupakan sebuah peralatan yang terpasang pada sisi sumber *Circuit Breaker* dengan fungsi untuk meyakinkan terisolasinya *Circuit Breaker* dari bagian bertegangan pada saat dilakukan pemeliharaan.

Lightning Arrester (LA) berfungsi sebagai pelindungi terhadap tegangan surja atau tegangan lebih yang diakibatkan oleh induksi. *Recloser Control* adalah peralatan yang bisa membuka dan menutup kembali pada saat setelah terjadi gangguan sementara/*temporer*. *Transformator Distribusi* adalah komponen dalam penyaluran tenaga listrik yang mentransformasikan tegangan menengah menjadi tegangan rendah dan kemudian dialirkan ke konsumen [14].

2.6. Istilah Pada Keandalan Distribusi Tenaga Listrik

Dalam hal keandalan distribusi, ada banyak istilah yang perlu diketahui dan diperhatikan [16]. *Outage* adalah suatu keadaan komponen pada jaringan distribusi tidak bisa melakukan fungsinya karena beberapa hal yang berhubungan dengan komponen yang ada pada distribusi tenaga listrik. *Forced outage* adalah suatu keadaan darurat yang berhubungan dengan sebuah komponen, diperlu melepas komponen tersebut dari sistem dengan segera mungkin karena kesalahan operasi atau kelalaian manusia. *Scheduled outage* adalah suatu keadaan ketika komponen listrik atau peralatan listrik yang disengaja untuk dilepaskan dari sistem pada waktu tertentu yang telah terjadwal untuk pemeliharaan dan perbaikan berkala. *Interruption* ialah putusnya suplai pada satu konsumen atau lebih akibat *outage* pada sebuah komponen. *Forced interruption*, suatu akibat padam pada penyaluran energi listrik yang disebabkan dari kondisi *forced outage*. *Scheduled interruption* merupakan suatu akibat pemadaman pada penyaluran energi listrik yang disebabkan dari kondisi *scheduled outage*. *Faiulur rate* adalah jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi. *Outage time* adalah waktu yang dipakai untuk memperbaiki peralatan listrik yang diakibatkan oleh gagalnya peralatan dari waktu gagal hingga dioperasikan kembali. *Annual outage time* merupakan lama waktu terputusnya energi listrik dalam periode waktu tertentu dinyatakan dalam *hours/year*.

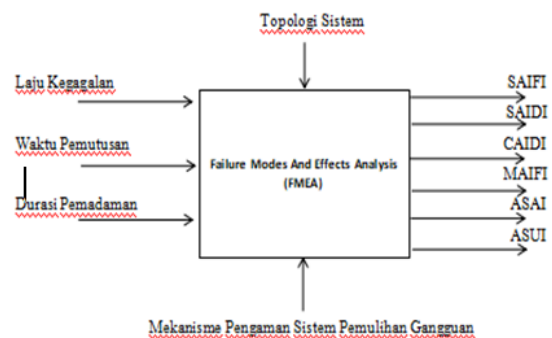
2.7. Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)

A. Definisi Dan Konsep Dasar Keandalan

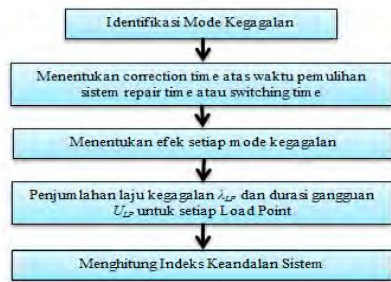
Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) adalah sebuah pendekatan yang mengikutsertakan analisa *bottom-up* untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan dan dampak kegagalan yang timbul pada setiap komponen terhadap sebuah sistem [17].

B. Prosedur Metode FMEA

Flowchart metode FMEA terlihat pada gambar 6 dan 7 [11], [18].



Gambar 6. Skema FMEA



Gambar 7. Flowchart FMEA

2.9 Software PSS Sincal Platform 16

Software PSS Sincal merupakan perangkat lunak (software) yang digunakan untuk menganalisa system sebuah tenaga listrik. Software digunakan dalam kondisi *offline* untuk melakukan simulasi tenaga listrik maupun dalam kondisi *online* untuk mengolah data secara *real time* [19].

Spesifikasi *hardware* dan *software* yang diperlukan untuk mengoperasikan aplikasi PSS Sincal : Rekomendasi *Hardware*, PC atau *Notebook*, CPU $\geq$ 2GHz (*Multicore*), RAM : 8 GB, *Harddisk* $\geq$ 20 GB, *Graphics card* $\geq$ 1920 x 1200 *True Color*. Rekomendasi *Operating System Windows* 7, *Windows* 8, *Windows* 10.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data gangguan kedua penyulang pada tahun 2019 dan 2020 adalah seperti Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data Gangguan Penyulang Akasia dan Penyulang Lele Bulan Desember Tahun 2019

Nama Penyulang	Total Pelanggan	Lama Padam (Menit)	Jumlah Gangguan (kali)
Akasia	8689	4734	86
Lele	7896	2699	50

Sumber : Data Gangguan Penyulang Akasia dan Penyulang Lele PT. PLN (Persero) ULP Pekanbaru Kota Barat

Tabel 2. Data Gangguan Penyulang Akasia dan Penyulang Lele Bulan Desember Tahun 2020

Nama Penyulang	Total Pelanggan	Lama Padam (menit)	Jumlah Gangguan (kali)
Akasia	8831	642	52
Lele	7986	622	30

Sumber : Data Gangguan Penyulang Akasia dan Penyulang Lele PT. PLN (Persero) ULP Pekanbaru Kota Barat

1. Analisis perhitungan FMEA Penyulang Akasia dan Penyulang Lele

Tabel 3. Analisis Perhitungan FMEA Penyulang Akasia dan Penyulang Lele

Tahun	PENYULANG	FMEA WORK SHEET									
		Indeks Keandalan Dasar			Indeks Keandalan Sistem						
		λ_{sys}	r	$n = \lambda_{sys} \cdot r$	SAIFI	SAIDI	CAIDI	CAIFI	ASAI	ASDI	MAIFI
		(kali/hari)	(menit/kali)	(menit/hari)	(gangguan/plg)	(menit/plg)	(menit/plg)	(kali/plg)	%	%	(kali/plg)
2019	AKASIA	2,774	55,047	152,710	6,419	353,329	55,047	2,314	99,98%	0,02%	5,186
	LELE	1,613	53,980	87,065	5,005	270,191	53,980	3,103	99,97%	0,03%	2,256
2020	AKASIA	1,677	37,346	62,645	2,814	105,080	37,346	1,677	99,99%	0,01%	4,173
	LELE	0,968	50,733	49,097	2,196	111,424	50,733	2,269	99,98%	0,02%	1,763

2. Perbandingan Nilai SAIFI Dengan IEEE P1366-2003

Tabel 4. Perbandingan Nilai SAIFI Dengan IEEE P1366-2003

Tahun Penyulang	2019 kali/plg	2020 kali/plg	IEEE kali/plg
Akasia	6,419	2,814	1,26
Lele	5,005	2,196	1,26

Penyulang Akasia dan Penyulang Lele terkategori Handal. Nilai SAIFI masing-masing yang ditetapkan oleh IEEE ialah 1,26 kali/plg dan pada Penyulang Akasia ditahun 2020 ialah 2,814 kali/plg sedangkan Penyulang Lele 2,196 kali/plg.

3. Perbandingan Nilai SAIDI Dengan IEEE P1366-2003

Tabel 5. Perbandingan Nilai SAIDI Dengan IEEE P1366-2003

Tahun Penyulang	2019 jam/plg	2020 jam/plg	IEEE jam/plg
Akasia	353,329	105,080	1,9
Lele	270,191	111,424	1,9

ULP Kota Barat dapat meningkatkan kehandalan pada Penyulang Akasia dan Penyulang Lele di Tahun 2020. Nilai keandalan berdasarkan dari penyebab pemadaman, dilihat dari frekuensi pada Tahun 2020 pada Penyulang Akasia dan Penyulang Lele dinyatakan handal karena nilai SAIDI lebih kecil dari ketentuan yang di tetapkan di Unit Layanan Pelanggan Kota Barat.

4. Perbandingan CAIDI dan CAIFI

Tabel 6. Perbandingan Nilai CAIDI dan CAIFI

Tahun Penyulang	2019		2020	
	CAIDI	CAIFI	CAIDI	CAIFI
Akasia	55,047	2,314	37,346	1,677
Lele	53,980	3,103	50,733	2,269

Nilai CAIDI dan CAIFI pada Penyulang Akasia dan Penyulang Lele pada Tahun 2019 mengalami penurunan di Tahun 2020.

5. Perbandingan Nilai ASAI dan ASUI

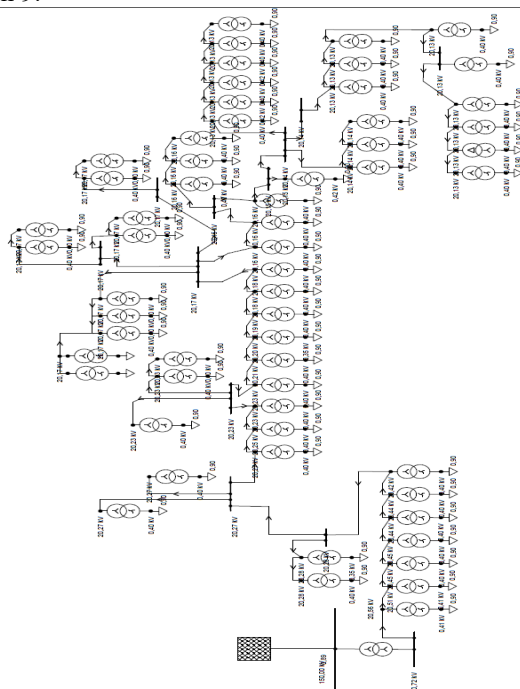
Tabel 7. Perbandingan Nilai ASAI dan ASUI

Tahun Penyulang	2019		2020	
	ASAI	ASUI	ASAI	ASUI
Akasia	99,98%	0,02%	99,99%	0,01%
Lele	99,97%	0,03%	99,98%	0,02%

Nilai ASAI rata-rata lebih dari 0,99 atau 99 % untuk tiap-tiap penyulang. Menandakan bahwa Penyulang Akasia dan Penyulang Lele sudah mencapai pelayanan yang baik.

Tegangan Jatuh Pada Software PSS Sincal

Merupakan besar tegangan listrik yang hilang pada sebuah penyaluran energi listrik dan dinyatakan dalam persen atau volt. Panjang jaringan didesain dengan mempertimbangkan besaran jatuh tegangan. Dari hasil *running software* Sincal pada Penyulang Akasia didapatkan hasil tegangan ujung sebesar 20,13 kV. Disimpulkan bahwa kondisi tegangan masih sangat baik. Nilai Ekonomis Penyulang Tahun 2019 dan 2020 adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 8 dan 9.



Gambar 8. Hasil Tegangan Ujung Pada *Software PSS Sincal*

Tabel 8. Kerugian Ekonomis Penyulang Akasia dan Penyulang Lele Tahun 2019

Keterangan	2019	
	Akasia	Lele
ENS (kWh)	43.536,02	14.457,78
Kerugian Ekonomis (Rp)	55.632.593,23	18.474.902,32

Kerugian ekonomis di Tahun 2019 pada Penyulang Akasia sebesar 43.536,02 kWh atau setelah dikonversikan ke Rupiah sebesar

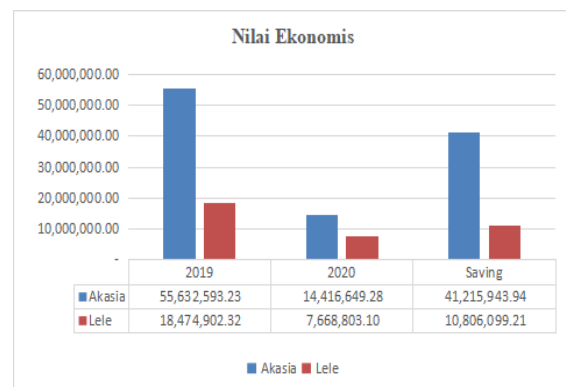
Rp.55.632.593,23 dan pada Penyulang Lele sebesar 14.457,78 kWh atau setelah dikonversikan ke Rupiah sebesar Rp.18.474.902,32.

Tabel 9. Kerugian Ekonomis Penyulang Akasia dan Penyulang Lele Tahun 2020

Keterangan	2020	
	Akasia	Lele
ENS (kWh)	11.654,84	6.199,15
Kerugian Ekonomis (Rp)	14.416.649,28	7.668.803,10

Kerugian ekonomis di Tahun 2020 pada Penyulang Akasia sebesar 11.653,84 kWh atau setelah dikonversikan ke Rupiah sebesar Rp.14.416.649,28 dan pada Penyulang Lele sebesar 6.199,15 kWh atau setelah dikonversikan ke Rupiah sebesar Rp7.668.803,10.

Hasil perhitungan sebagaimana terlihat pada Gambar 9, bahwa jumlah kerugian pada Penyulang Akasia sebesar Rp.55.632.593,23 dan Penyulang Lele sebesar Rp.18.474.902,32 selama satu periode (Januari-Desember 2019). Sedangkan jumlah kerugian pada Penyulang Akasia sebesar Rp.14.416.649,28 dan Penyulang Lele sebesar Rp.7.668.803,10 selama satu periode (Januari-Desember 2020).



Gambar 9. Nilai Ekonomis dari Penyulang Lele dan Akasia

Terjadi sebuah penghematan besar setelah di lakukan pemeliharaan di Penyulang Akasia dan Penyulang Lele. Dari perhitungan didapat penghematan sebesar Rp.41.215.943,94 pada Penyulang Akasia dan Rp.10.806.099,21 pada Penyulang Lele. Terjadi peningkatan keandalan sistem distribusi pada Penyulang Akasia dan Penyulang Lele dan menekan kerugian PLN sekitar 69,22 %.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Kondisi *eksisting* Penyulang Akasia tahun 2019 didapatkan hasil SAIFI sebesar 6,419 gangguan/pelanggan dan di Tahun 2020 sebesar

2,814 gangguan/ pelanggan. Sementara pada Penyulang Lele Tahun 2019 didapatkan hasil SAIFI sebesar 5,005 gangguan/pelanggan dan di Tahun 2020 sebesar 2,196 gangguan/pelanggan. Sedangkan hasil SAIDI Penyulang Akasia Tahun 2019 sebesar 353,329 menit/pelanggan dan di Tahun 2020 sebesar 105,080 menit/pelanggan. Sementara pada Penyulang Lele Tahun 2019 didapatkan hasil SAIDI sebesar 270,191 menit/pelanggan dan di Tahun 2020 sebesar 111,424 menit/pelanggan. Terjadi penghematan yang cukup besar setelah di lakukan pemeliharaan di Penyulang Akasia dan Penyulang Lele. Dimana dari perhitungan didapat penghematan sebesar Rp. 41.215.943,94 pada Penyulang Akasia dan Rp.10.806.099,21 pada Penyulang Lele selama satu tahun.

4.2 Saran

Agar Dapat meningkatkan keandalan suatu system distribusi menurut SPLN Tahun 1985 dan Standart IEEE P1366-2003 maka perlu dilakukan pemeliharaan secara berkala dan inspeksi gardu distribusi sehingga gangguan yang terjadi di PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat bisa diminimalisir.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Eteruddin, M. Mutamalikin, and A. Arlenny, "Perencanaan Sistem Distribusi 20 kV Di Sungai Guntung Kabupaten Indragiri Hilir-Riau," *Jurnal Inovasi Penelitian*, vol. 2, no. 6, pp. 1863–1872, 2021.
- [2] A. Van Anugrah, H. Eteruddin, and A. Arlenny, "Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 kV Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Sorek PT. PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerinci," *SainETIn*, vol. 4, no. 2, pp. 65–71, 2020.
- [3] H. Eteruddin, D. Setiawan, and P. P. P. Hutagalung, "Evaluasi Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Pada Feeder 7 Peranap PT. PLN Persero Rayon Taluk Kuantan," in *Seminar Nasional Pakar*, 2020, pp. 1.4.1-1.4.6.
- [4] L. L. Grigsby, *Power Systems*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.
- [5] T. D. D. Bobo, W. F. Galla, and E. R. Mauboy, "Analisis Keandalan Pada Jaringan Distribusi Penyulang Oesao, Camplong Dan Buraen," *J. Media Elektro*, vol. VIII, no. 1, pp. 63–71, 2019.
- [6] H. Asman, H. Eteruddin, and A. Arlenny, "Analisis Proteksi Rele Jarak Pada Saluran Transmisi 150 kV Garuda Sakti – Pasir Putih Menggunakan PSCAD," *SainETIn*, vol. 2, no. 1, pp. 27–36, 2018.
- [7] W. Octary, H. Eteruddin, and A. Tanjung, "Susut Tegangan pada Penghantar ACCC di Saluran Transmisi 150 kV di PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Pekanbaru," *SainETIn*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [8] Syufrijal and R. Monatun, *Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. 1*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2014.
- [9] H. Eteruddin and A. A. M. Zin, "Kompensasi Daya Reaktif pada Saluran Distribusi Kabel bawah Tanah," in *Seminar Nasional Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri*, 2012.
- [10] R. Berlianti, R. Fauzi, and M. Monice, "Analisis Penerapan Tindakan Pemeliharaan Sistem Distribusi 20 kV Dalam Pengoptimalan ENS dan FGTM," *SainETIn*, vol. 5, no. 2, pp. 44–50, 2021.
- [11] F. Li, "Distributed Processing of Reliability Index Assessment and Reliability-Based Network Reconfiguration in Power Distribution Systems," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 20, no. 1, pp. 230–238, 2005.
- [12] H. L. Willis, *Power Distribution Planning Reference Book*, 2nd ed. CRC Press, 2004.
- [13] SPLN-59, *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*. Indonesia, 1985.
- [14] I. Buyung and Syafriyudin, "Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20 kV di APJ Yogyakarta," *J. Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 88–95, 2011.
- [15] M. U. K. NM, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV di PT. PLN Rayon Blora dengan Metode FMEA," Skripsi Program Studi Teknik Elektro, ITS Surabaya, 2017.
- [16] A. Fatoni, R. S. Wibowo, and A. Soeprijanto, "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, 2016.
- [17] A. M. Syafar, *Penentuan Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20kV Dengan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis)*. Makassar: Rizky Artha Mulia, 2018.
- [18] R. Anshori, S. Tato, and A. AR, "Studi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Penyulang 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Daya Dengan Metode Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)," in *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2020, pp. 47–52.
- [19] P. S. S. Sincal and P. S. S. Netomac, "Release Information – PSS ® SINCAL Platform 10.0," no. October. Siemens, pp. 1–29, 2013.