SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika

https://ejurnal.itats.ac.id/snestik dan https://snestik.itats.ac.id

Informasi Pelaksanaan:
SNESTIK IV - Surabaya, 27 April 2024
Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel
DOI : 10.31284/p.snestik.2024.5543

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) UP3 Cempaka Putih Jakarta Pusat Menggunakan Metode FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*)

Rama Widi Pratama, Trisna Wati

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: widijunior11@gmail.com, trisnaw@itats.ac.id

ABSTRACT

The increasing need for electric power demands a higher level of reliability in the power supply and distribution. This research aims to calculate the reliability level of the 20kV distribution system at PLN Ltd., UP3 Cempaka Putih, Central Jakarta, especially at the wind feeder in 2021, by implementing FMEA (Failure Mode Effect Analysis). Before using the FMEA method, SAIFI 1.15 times per year and SAIDI 3.9 hours per year. After using this method, the wind feeder reliability index value got SAIFI 1.09 times/year; SAIDI 3.5 hours/year; CAIFI 0.33 times/outage; CAIDI 3 hours/year; ASAI 99.95%. The undistributed energy due to wind feeder outages in 2021 reached 55694.46 kWh. With an economic loss value of IDR 88,507,867.71, the highest RPN (Risk Priority Number) value occurred at the damaged cut-out of 162.

Keywords: *System Reliability, FMEA, Distribution System*

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan tenaga listrik, menuntut tingkat keandalan yang lebih tinggi dalam penyediaan dan penyaluran dayanya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung tingkat keandalan sistem distribusi 20kV pada PT.PLN (Persero) UP3 Cempaka Putih Jakarta pusat khususnya pada penyulang Angin pada tahun 2021. Nilai SAIFI sebelum menggunakan metode FMEA (*Failure Method Effect Analysis*) yaitu SAIFI 1,15 kali/tahun dan SAIDI 3,9 jam/tahun. Nilai SAIFI, dengan menggunakan metode FMEA SAIFI penyulang Angin yaitu 1,09 kali/tahun; nilai SAIDI sebesar 3,5 jam/tahun; CAIFI 0,33 kali/pemadaman; nilai CAIDI 3 jam/tahun; dan nilai ASAI 99,95%. ENS (*Energy Not Supplied)* ENS akibat terjadinya pemadaman penyulang

Angin pada tahun 2021 sebesar 55694,46 kWh, kerugian ekonomis sebesar Rp.88.507.867,71. Dan nilai RPN (*Risk Priority Number*) tertinggi yaitu pada *Cut Out* yang rusak sebesar 162.

Kata kunci: Keandalan Sistem, *FMEA*, Sistem Distribusi

PENDAHULUAN

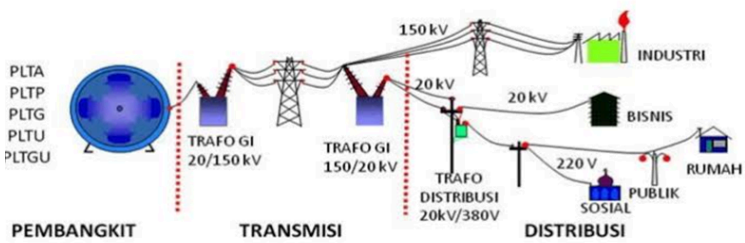
Distribusi tenaga listrik adalah suatu proses penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit menuju ke beban (pelanggan). Pada Gardu Induk Pulomas mengalami pemadaman listrik yang dapat mengganggu kegiatan sehari-hari masyarakat, bisnis, maupun industri. Pemadaman bisa terjadi dikarenakan ada beberapa gangguan infrastruktur, seperti gangguan pada kabel yang putus, transformator yang rusak atau peralatan yang mengalami kegagalan. Akibatnya pasokan listrik terputus di daerah yang terdampak. Maka dari itu diperlukannya analisis keandalan sistem distribusi untuk mengetahui penyebab dari kegagalan yang terjadi dan meminimalisir resiko[1].

Listrik adalah kebutuhan yang cukup penting, maka dari itu untuk menjaga keandalannya perlu diperhatikan beberapa hal. Memang ada beberapa daerah yang masih belum menggunakan listrik yang cukup, tetapi di beberapa kota besar listrik dengan kualitas yang baik cukup dibutuhkan untuk kemajuan produksi. Ada beberapa metode yang tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing sehingga belum tentu suatu metode lebih baik dari yang lain. Salah satunya adalah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), dengan menggunakan metode ini kita bisa menghitung kegagalan yang dialami oleh sistem dan bagaimana pengaruhnya[2].

Gangguan yang sering terjadi pada GI.Pulomas dikarenakan beberapa alat pengaman yang berada di dalam gardu induk telah usang, seperti MCB pembatas yang rusak, *Cut* Out, rele yang bekerja tidak semestinya, dan juga gangguan terhadap pohon atau dahan, dan tingkat perbaikannya cukup lama. Dikarenakan target keandalan dari PLN UP3 Cempaka Putih yakni SAIDI kurang dari 150 jam/tahun, SAIFI kurang dari 8 sampai 12 gangguan/tahun dan CAIDI kurang lebih 10 sampai 20 jam/tahun. Data historis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data dari tahun 2021 pada PT.PLN UP3 Cempaka Putih.

TINJAUAN PUSTAKA

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat berperan penting terhadap kenyamanan dan keamanan bagi konsumen. Indeks keandalan merupakan suatu peralatan distribusi tenaga listrik terhadap keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan. Indeks ini antara lain adalah penelitian mengenai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI sudah ada yang membahas diantaranya. Sistem penyaluran tenaga listrik yang dihasilkan dan dikirimkan ke konsumen melalui Pusat Pembangkit Tenaga Listrik, Gardu Induk, Saluran Transmisi, Gardu Induk, Saluran Distribusi, dan kemudian ke beban (konsumen tenaga listrik)[3].



Gambar 1. Sistem Tenaga Listrik

Keandalan Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi merupakan komponen yang paling dekat dan langsung berhubungan dengan pelanggan. Dengan demikian kualitas jaringan distribusi sangat berpengaruh terhadap kualitas energi listrik yang sampai ke pelanggan. Keandalan sistem distribusi merupakan standar pelayanan energi listrik yang dikaitkan dengan seberapa sering terjadi pemadaman atau pemutusan aliran listrik yang sampai ke pelanggan.

Indeks keandalan suatu sistem distribusi digunakan untuk mengukur tingkat keandalan dari tiap-tiap titik beban/load point. Yang merupakan indeks-indeks keandalan dasar antara lain:

λ = frekuensi kegagalan tahunan rata-rata(*fault/year*).

r = lama terputusnya pasokan listrik rata-rata(*hours/fault*).

U = lama/durasi terputusnya pasokan listrik tahunan rata-rata (*hours/year*).

$\lambda=\lambda$ (SPLN) × panjang saluran (1)

$$r = \frac{U}{\lambda} \quad (2)$$

$Ul = \lambda \times r$ (3)

Indeks Gangguan Tetap

Dalam penelitian ini, indeks gangguan tetap yang dihitung adalah nilai dari SAIFI, SAIDI, CAIFI, CAIDI, ASAI, ASUI, ENS dan AENS yaitu [4]

1. *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*

SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) adalah jumlah rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani persatuan waktu (umumnya tahunan). Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua kegagalan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani oleh sistem tersebut. Persamaan untuk SAIFI dapat dilihat pada persamaan berikut ini :

$$\text{SAIFI}= \frac{\Sigma \lambda i x Ni}{\Sigma n} \quad (5)$$

Keterangan :

λi = Laju kegagalan pertahun (*failure/year*)

Ni = Jumlah konsumen padam

N = Jumlah total konsumen

2. *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*

SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) adalah nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap pelanggan selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dan lamanya kegagalan secara terus menerus untuk selama pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama setahun. Persamaan SAIDI dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum Ui \; x \; Ni}{\sum N} \quad (6)$$

Keterangan :

Ui = Lama gangguan rata-rata pertahun (*hours/year*)

Ni =Jumlah konsumen padam

N =Jumlah total konsumen

3. *Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)*

CAIDI (*Customer Average Interruption Duration*) adalah indeks durasi gangguan konsumen rata-rata tiap tahun, menginformasikan waktu rata-rata untuk penormalan kembali gangguan tiap-tiap pelanggan dalam satu tahun.

$$\text{CAIDI} = \frac{Ui \; x \; Ni}{\lambda i x Ni} \quad (7)$$

Ui = Lama gangguan rata-rata pertahun (*hours/year*)

Ni =Jumlah konsumen padam

λi = Laju Kegagalan

N =Jumlah total konsumen

4. *Customers Average Interruption Frequency Index (CAIFI)*

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

$$\text{CAIFI} = \frac{\Sigma \lambda i x Ni}{\Sigma Ui x N} \quad (8)$$

Keterangan :

Ui = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (*hours/year*)

Ni =Jumlah konsumen padam

λi = Jumlah kegagalan rata-rata

N = Jumlah total pelanggan

5. Average Service Availability Index (ASAI)

ASAI merupakan indeks yang merepresentasikan waktu ketersediaan daya untuk pelanggan dalam satu tahun. Untuk mendapatkan nilai ASAI ini dilakukan perhitungan dengan persamaan.

$$\text{ASAI} = \frac{Jumlah\ Jam\ Pelanggan\ Terpenuhi}{Jumlah\ Jam\ Seharusnya} \quad (8)$$

$$\text{ASAI} = \frac{\Sigma(Ni\ x\ 8760) x\ \Sigma UlixN}{\Sigma(Ni\ x\ 8760)}$$

Keterangan :

8760 (Satuan jam selama 1 tahun)

Ui = Durasi pemadaman rata - rata

Ni = Jumlah konsumen padam

N = Jumlah total pelanggan

6. Average Service Unavailability Index (ASUI)

ASUI merupakan indeks yang merepresentasikan waktu ketidaktersediaan daya untuk pelanggan dalam satu tahun. Untuk mendapatkan nilai ASUI ini dilakukan perhitungan dengan persamaan.

$$ASUI = 1 - (ASAI) \quad (9)$$

Indeks Gangguan Tetap

Keandalan adalah suatu sistem yang berpengaruh kepada baik buruknya pasokan listrik dari PT.PLN ke konsumen (pelanggan), indeks keandalan adalah suatu perhitungan untuk mengukur dan mengetahui rugi biaya yang dialami oleh PT.PLN dalam jangka waktu tertentu. Produk yang dihasilkan diperiksa lebih lanjut untuk proses dan implementasi pelayanan bagi masyarakat. Adapun persamaan yang digunakan dalam perhitungan keandalan secara ekonomis, yaitu [4]

1. Daya Aktif Penyulang

Daya aktif Penyulang adalah daya yang ditarik ketika adanya gangguan, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Daya Aktif} = \sqrt{3} x\ V\ x\ I\ x\ cos\varphi \quad (10)$$

Keterangan :

V = Tegangan (kV)

I = Kuat Arus

$cos\varphi$ = 0,8 (rata-rata $cos\varphi$ pada masing-masing penyulang)

$\sqrt{3}$ Akar tiga digunakan dalam perhitungan daya aktif pada sistem 3 fasa, seperti sistem distribusi listrik 3 fasa. Penggunaan $\sqrt{3}$ terkait dengan sifat sinusoidal dari tegangan dan arus dalam sistem tiga fasa.

2. ElNS (*Energy Not Supplied*)

ENS adalah jumlah energi yang tidak tersalurkan, oleh sistem selama gangguan, atau listrik padam. Ini juga termasuk kWh yang hilang karena tidak tersalurkannya pasokan listrik selama periode tertentu.

$$\text{ElNS} = \Sigma Gangguan\ (kW)\ x\ Durasi\ (Jam) \quad (11)$$

3. AENS (*Averages Energy Not Supplied*)

AENS merupakan energi rata-rata yang tidak tersalurkan selama pemadaman berlangsung, indikator AENS adalah perbandingan dari pelanggan yang padam dengan pelanggan yang masih memiliki daya.

$$AEINS = \frac{ENS}{Nt} \quad (12)$$

Keterangan :

Nt = Jumlah Pelanggan yang dilayani

Kerugian Ekonomis

Setelah dilakukannya perhitungan terhadap energi yang tidak tersalurkan, selanjutnya menghitung kerugian ekonomis, perhitungan ini ditujukan agar PT.PLN (Persero) bisa lebih memperhatikan berapa banyak kerugian yang diperoleh selama periode satu tahun, adapun rumus dari menghitung kerugian ini adalah sebagai berikut :

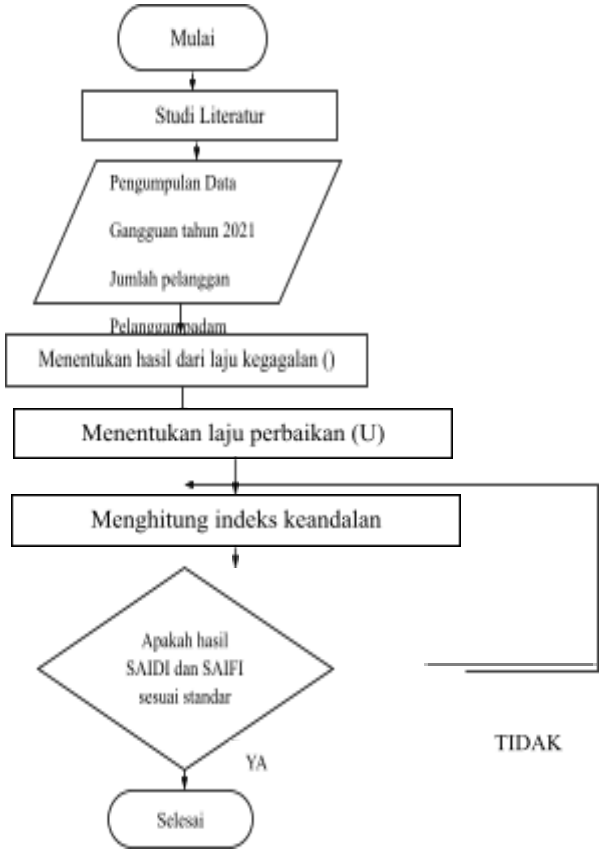
Kerugian Ekonomis = $ENS\ x\ TDL$ (13)

Keterangan :

ENS : Energi yang tidak tersalurkan

TDL : Tarif Dasar Listrik (Rp.1.440,70)

METODE



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

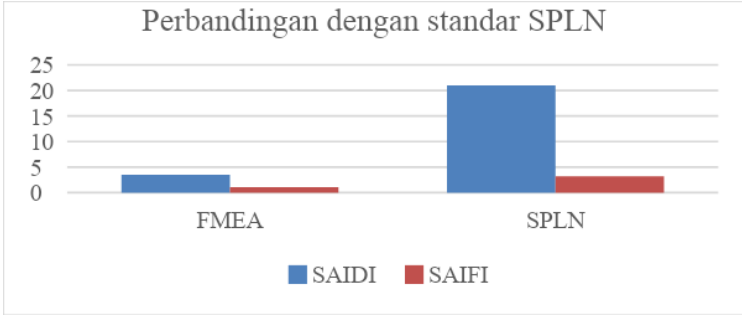
Melakukan pengamatan pada objek penelitian serta mengumpulkan data di Gardu Induk Pulomas PT.PLN (Persero) dengan pengambilan data Single Line Diagram, jumlah gangguan, lama durasi gangguan, jenis gangguan, untuk dianalisis. Langkah selanjutnya adalah penentuan proses analisa dengan menggunakan metode FMEA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan dengan SPLN

Tabel 1. Hasil Perbandingan perhitungan FMEA dan SPLN

Indeks	FMEA	SPLN
SAIFI	1,9	3,2
SAIDI	3,55	21,0



Gambar 3. Perbandingan FMEA dengan SPLN

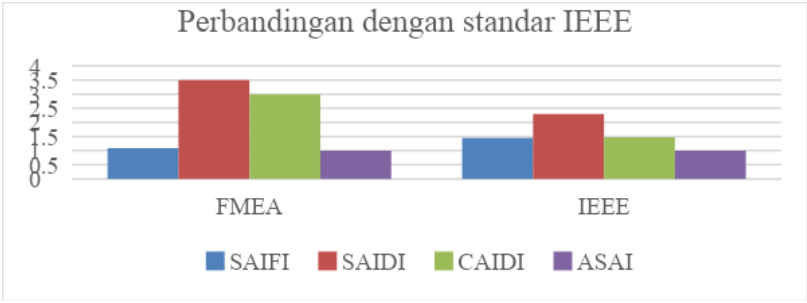
Dapat terlihat dari nilai SAIFI 1,95 dan nilai SAIDI 3,55. Dari hasil tersebut perbandingan antara metode FMEA dan SPLN bisa dikatakan handal karena hasil dari SAIFI dan SAIDI tidak melebihi batas dari standart SPLN

Perbandingan dengan IEEE

Tabel 2. Hasil Perbandingan perhitungan FMEA dan IEEE

Indikator Kinerja	FME|A	IE|E|E|
SAIFI	1,09	1,45
SAIDI	3,55	2,3

CAIDI	3	1,47
ASAI	0,9999	0,9992



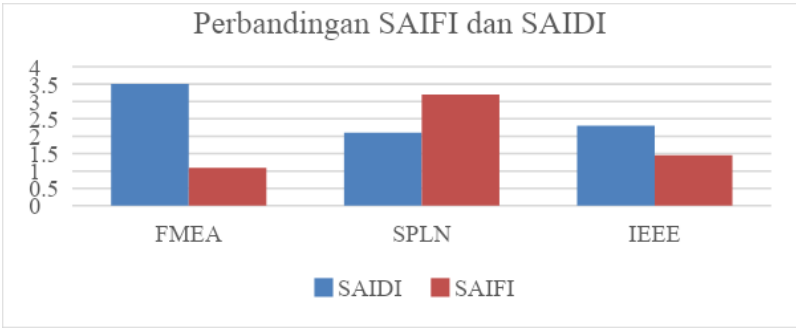
Gambar 4. Perbandingan FMEA dengan IEEE

Dari tabel diatas perbandingan nilai FMEA dengan standar IEEE, dan juga dari gambar dapat dilihat, bahwa nilai yang dijadikan perbandingan yaitu SAIFI, SAIDI, CAIDI, dan ASAI. Dari perbandingan diatas dapat dilihat bahwa SAIDI dan CAIDI tidak memenuhi standar dari IEEE. Karena nilai SAIDI 3,55 jam/pelanggan/tahun dan CAIDI 3 jam/pemadaman, jadi perlu diperhatikan untuk sistem selanjutnya, agar sistem dapat dikatakan handal.

Perbandingan SPLN dengan IEEE

Tabel 3. Hasil Perbandingan perhitungan FMEA SPLN dan IEEE

Indikator Klrja	FMEA	SPLN	IEEE
SAIFI	1,09	3,2	1,45
SAIDI	3,5	21	2,3



Gambar 5. Perbandingan FMEA SPLN dan IEEE

Hasil perbandingan dapat dianalisa bahwa hasil perbandingan antara FMEA, SPLN, IEEE, indikator yang dijadikan perbandingan yakni SAIDI dan SAIFI. Setelah dilakukannya perbandingan dapat ditarik kesimpulan, bahwa nilai dari SAIDI pada FMEA masih lebih tinggi

dari standar yang lain, tetapi nilai dari SAIFI FMEA masih di bawah standar yang lain. Dapat disimpulkan bahwa SAIDI masih perlu diperhatikan lagi, mengingat SAIDI adalah indikator untuk mengukur rata-rata durasi gangguan listrik yang dialami oleh pelanggan dalam periode waktu tertentu. Dan CAIDI adalah rata – rata waktu pemulihan pasokan listrik ke pelanggan setelah terjadinya pemadaman.

Rekomendasi Perbaikan

Tabell 4. Hasil Nilai RPN dari resiko tertinggi

NO.	Jenis Gangguan	*Severity*	*Occurrence*	*Detection*	*RPN*
1.	*Cut Out rusak*	9	2	9	162
2.	MCB pembatas rusak	5	8	4	160
3.	Pelebur Tegangan Menengah putus	4	5	4	80
4.	Rele bekerja tanpa penyebab yang jelas	3	3	5	45
5.	Pelebur Tegangan Rendah Putus	3	3	5	45
6.	Pelebur tegangan menengah putus karena pohon/dahan	7	3	2	42

Tabel diatas merupakan beberapa jenis gangguan yang pernah dialami oleh Gardu Induk Pulomas Jakarta Pusat. Data peralatan pengaman masih di batas normal, dikarenakan tidak mencapai angka yang kritis yaitu 200. Apabila angka dari RPN mencapai 200, maka itu menandakan bahwa potensi kegagalan memiliki resiko yang sangat tinggi. Akan tetapi walau dikatakan masih aman karena belum mencapai angka 200, perlu dilakukan prioritas penanganan. Jika nilai RPN dapat ditekan maka secara otomatis pelayanan akan menjadi lebih baik.

Tabel 5. Hasil prioritas pemeliharaan dari resiko tertinggi

NO.	Jenis Gangguan	*Current Controls*
1.	*Cut Out rusak*	Perawatan serta pengecekan
2.	MCB pembatas rusak	Pengecekan dan perawatan berkala
3.	Pelebur Tegangan Menengah putus	Pengecekan peralatan pengaman atau proteksi
4.	Rele bekerja tanpa penyebab yang jelas	Uji batas sensitivitas rele respon kerja rele
5.	Pelebur Tegangan Rendah Putus	Kualitas peralatan listrik yang diinstal
6.	Pelebur tegangan menengah putus karena pohon/dahan	Pengontrolan jalur yang dilalui jaringan distribusi atau pemotongan dahan atau pohon.

Dampak dari gangguan peralatan pengaman listrik dengan terputusnya pasokan listrik, semakin sering dan semakin lama durasi pemadaman, maka keandalan juga akan memburuk. Maka dari itu keandalan distribusi listrik dilihat dari kontinuitas dalam penyaluran energi listrik kepada pelanggan/konsumen, jadi semakin sedikit pemadaman akan semakin membaik, begitu pula dengan lama durasi pemadaman, semakin sedikit durasi pemadaman, maka keandalan bisa dikatakan baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis nilai indeks keandalan di PT.PLN UlP 3 Cempaka Putih dapat disimpulkan, bahwa:

1. Nilai indeks keandalan Nilai SAIFI = 1,09 kali/tahun; SAIDI = 3,5 jam/tahun; CAIFI 0,33 kali/pemadaman; CAIDI = 3 jam/tahun; ASAI = 99,95%. Nilai SAIDI yang cukup tinggi dikarenakan sering terjadinya pemadaman untuk setiap pelanggan dalam satu tahun. CAIDI dikarenakan waktu pemulihan dari padam yang cukup lama setiap pelanggannya.
2. Solusi yang diharapkan yaitu lebih rutin untuk melakukan pemeliharaan, pengecekan, dan pembersihan secara berkala pada jaringan 20 kV sehingga berpengaruh terhadap memperkecilnya nilai SAIDI dan CAIDI. Mengingat dengan RPN terbesar yaitu 162 pada *Cut Out* yang rusak. Dengan perbaikan konfigurasi jaringan sehingga memudahkan operator langsung dalam mengatasi pemadaman tidak langsung ke lapangan namun hanya di pusat kontrol yang sehingga permasalahan pemadaman dengan cepat dapat diatasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. F. Setiawan and T. Suheta, “Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV di PT. PLN (PERSERO) UPJ Mojokerto Menggunakan Metode FMEA (FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS),” Surabaya, 2020.

[2] C. Afri Lestari and U. Situmeang, “Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dengan Metode FMEA pada Penyulang Akasia dan Lele PT PLN (Persero) ULP Kota Barat,” *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.31849/sainetin.v6i1.7408.

[3] M. R. Harjian, S. T. Supriyatna, and A. B. Muljono, “ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PADA GARDU INDUK KUTA PT. PLN UNIT LAYANAN PELANGGAN PRAYA MENGGUNAKAN METODE SECTION TECHNIQUE DAN FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS),” Mataram, 2021.

[4] K. G. Manopo, H. Tumaliang, and S. Silimang, “Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIFI dan SAIDI Pada PT. PLN (Persero) Area Minahasa Utara,” 2020.