

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/361883048>

SAIFI untuk Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik pada Jaringan Transmisi Menengah 20 KV

Article in *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro* · July 2022

DOI: 10.24843/MITE.2022.v21i01.P01

CITATIONS

4

READS

1,099

2 authors, including:



Subuh Pramono

Sebelas Maret University

134 PUBLICATIONS 433 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

SAIFI untuk Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik pada Jaringan Transmisi Menengah 20 KV

Annisa Larasati Febrianingrum¹, Subuh Pramono²

[Submission: 26-07-2021, Accepted: 27-12-2021]

Abstract—The Medium Voltage Network is an electrical power system between main substations and distribution substations with the scope from the out-going terminal of the power breaker to the in-coming separation / protection equipment for 20 KV distribution transformer. The Medium Voltage Network distributes electricity and deals with customers must pay attention for the level of reliability which is able to supply electric power to consumers on a continuous basis. The reliability level of the distribution system can be determined by calculating SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), which is the reliability index of the number of blackout frequencies. Based on the results of the calculation and analysis of the system-based reliability index that the obtained results of 10.89 times/customer/year with total energy not served was 57772 KWh which were considered unreliable distribution system according to the SPLN 68-2: 1986 index standard. Furthermore, it is necessary to analyze, evaluate the causes of trips and budget policies as an effort to reduce the value of SAIFI. Preventive activities include: routine inspections, installation of wire insulation, as well as utilizing IoT technology, databases and GPS for system digitization for distribution system reliability.

Keyword: Medium voltage network, feeder, trip, reliability, SAIFI.

Intisari—Jaringan Tegangan Menengah (JTM) merupakan sistem tenaga listrik antar gardu induk dan gardu distribusi dengan lingkup dari terminal keluar (out-going) pemutus tenaga hingga peralatan pemisah/proteksi sisi masuk (in-coming) tranformator distribusi 20 KV. JTM sebagai sistem distribusi yang menyalurkan listrik dan berhubungan dengan pelanggan harus memperhatikan tingkat keandalannya yaitu dapat menyuplai tenaga listrik ke konsumen secara continue. Tingkat keandalan sistem distribusi dapat ditentukan dengan menghitung SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) yaitu indeks keandalan dari banyaknya frekuensi pemadaman. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis indeks keandalan berbasis sistem diperoleh hasil 10,89 kali/pelanggan/tahun dengan total energy not served (ENS) sebesar 57772 KWh, nilai ini menunjukkan keandalan sistem distribusi masih dibawah standar indeks SPLN 68-2:1986. Selanjutnya, diperlukan adanya analisis, evaluasi penyebab trip serta kebijakan anggaran sebagai upaya untuk menekan nilai SAIFI. Kegiatan preventif meliputi : inspeksi rutin, pemasangan isolasi kawat, serta memanfaatkan teknologi IoT, database dan GPS untuk digitalisasi sistem untuk keandalan sistem distribusi.

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No.36, Ketingan, Kec. Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57126; e-mail : annisalarasati@student.uns.ac.id

²Dosen, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No.36, Ketingan, Kec. Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57126; e-mail : subuhpramono@staff.uns.ac.id

Kata Kunci: Jaringan tegangan menengah, Feeder, Trip, Keandalan, SAIFI.

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bentuk dari penyaluran listrik yang dekat dan berhubungan secara langsung dengan pelanggan. Oleh karena dekat dengan konsumen, maka kinerja dari sistem distribusi tenaga listrik akan mempengaruhi kepuasan konsumen secara langsung. Berdasarkan hal tersebut, maka sistem distribusi tenaga listrik harus memiliki keandalan yang tinggi, diantaranya ketersediaan pasokan listrik, berapa kali pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi pada sistem, serta tingkat kestabilan frekuensi dan tegangan sebagai bentuk dari kualitas energi listrik yang dihasilkan.[1][2][3].

Keandalan pada sistem distribusi tenaga listrik memiliki peran penting dalam pemenuhan pasokan listrik untuk konsumen. Oleh karena itu, supply listrik dari PT.PLN harus continue dan tidak boleh terputus. Apabila PT. PLN gagal dalam memasok listrik dapat menyebabkan kerugian, baik dari sisi PT.PLN, maupun dari konsumen sendiri.

Berbagai permasalahan tentang menjaga keandalan dalam memasok listrik juga banyak terjadi di PT. PLN sebagai penyedia utama listrik nasional. Penelitian ini dilaksanakan di salah satu Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) PT. PLN. Gangguan pada feeder menjadi salah satu factor yang menyebabkan turunnya keandalan sistem distribusi. Feeder LYN XX dipilih sebagai objek penelitian dikarenakan berdasarkan data pada APKT (Aplikasi Pengaduan dan Keluhan Terpadu) banyak terjadi trip. Selain itu, pemilihan feeder LYN XX dikarenakan menyuplai area perkotaan dengan asumsi padat penduduk dengan beban tinggi.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Sistem Tenaga Listrik

Secara garis besar, sistem tenaga listrik memiliki empat unsur yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dengan gardu induk, saluran distribusi, dan utilitas. Pembangkit tenaga listrik merupakan pusat dari tenaga listrik. Karena pusat listrik jauh dengan beban, maka diperlukan sistem transmisi dengan gardu untuk dapat memasok listrik ke beban agar tegangan dan frekuensinya stabil. Lalu, disalurkan oleh saluran distribusi baik primer maupun sekunder hingga akhirnya sampai ke instalasi pemakaian listrik baik industri maupun rumah tangga. [4][5].

B. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan proses dalam penyaluran listrik dari transmisi menuju ke konsumen. Sistem



ini merupakan tahap akhir dalam memasok listrik. Umumnya, sistem ini memiliki trafo pada gardu distribusi yang dapat menurunkan tegangan dari sistem transmisi sehingga listrik dapat dipasok menuju ke konsumen.

C. Jaringan Tegangan Menengah

JTM merupakan salahsatu bagian dari sistem distribusi listrik sisi primer trafo hingga ke peralatan pemisah atau proteksi terminal masuk. Jaringan tegangan menengah ada di rentang 231/400 V hingga 20 KV.

D. Feeder

Feeder biasa disebut dengan penyulang merupakan bagian dari sistem distribusi tenaga listrik yang menjadi penghubung antara keluaran gardu induk dengan gardu hubung yang membawa pasokan listrik untuk supply ke pelanggan.

E. Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Keandalan sistem tenaga listrik merupakan tolok ukur penyaluran tenaga listrik dalam keberhasilannya memasok energi listrik. Keandalan tenaga listrik juga dapat diartikan sebagai proses dalam menjaga kontinuitas listrik agar tidak terputus. Karena peranannya yang sangat penting, struktur dari jaringan listrik ini harus dapat melakukan manuver tegangan dengan memberi perintah untuk memindahkan bagian yang terjadi gangguan menuju ke bagian lainnya. Untuk menemukan tingkat keandalan sistem listrik, maka diperlukan pemeriksaan guna menemukan perhitungan dan analisa terkait kinerja dan operasi sistem pada waktu dan periode tertentu. Setelah melakukan pemeriksaan, maka dapat dibandingkan dengan standar yang menjadi pedoman dalam penyaluran energi listrik, [6].

F. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Indeks Keandalan

Tingkat keandalan memegang peranan penting saat memasok energi listrik. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman mengenai faktor yang mempengaruhi indeks keandalan sistem listrik, dalam hal ini adalah indeks keandalan sistem distribusi yang dijelaskan pada IEEE 1366 diantaranya : [4][7]:

- Pemadaman/interruption of supply yaitu adanya pasokan listrik yang terhenti karena gangguan pada komponen.
- Keluar/outage yaitu kegagalan komponen untuk menjalankan fungsinya.
- Lama keluar/outage duration yaitu waktu reparasi kegagalan komponen untuk dapat bekerja kembali.
- Lama pemadaman/interruption duration yaitu waktu yang diperlukan dari keadaan gagal untuk kembali ke keadaan normal.
- Jumlah total konsumen terlayani/total number of costumer served yaitu total pelanggan yang mendapat pelayanan pasokan listrik.
- Periode laporan, diasumsikan dalam satu tahun.

G. Indeks Keandalan

Keandalan suatu sistem tenaga listrik dapat dilihat melalui beberapa indeks, diantaranya [4][8][9]:

1. SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

Indeks ini merupakan rata - rata dari banyaknya kegagalan yang terjadi pada setiap konsumen yang dilayani.

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i N_i}{N_t} \quad (1)$$

Dimana:

N_i = pelanggan padam/gangguan

λ_i = pemadaman/gangguan

N_t = total pelanggan yang dilayani

2. SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Indeks ini merupakan rata - rata dari lamanya kegagalan yang terjadi pada setiap konsumen yang dilayani.

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n U_i N_i}{N_t} \quad (2)$$

Dimana:

N_i = pelanggan padam/gangguan

U_i = lama padam/gangguan

N_t = total pelanggan yang dilayani

3. CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

Indeks ini merupakan durasi gangguan konsumen rata-rata tiap tahun.

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

H. Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)

Standar yang digunakan PT.PLN untuk memberikan analisis dari hasil perhitungan yaitu adalah SPLN 68-2 1986.

TABEL I
STANDAR NILAI SAIFI DAN SAIDI

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,2	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	21,09	jam/pelanggan/tahun

I. Gangguan Jaringan Tegangan Menengah

Gangguan yang biasanya terjadi pada sistem distribusi 20 KV adalah kegagalan pada komponen tenaga listrik yang mengharuskan relai untuk melakukan pengamanan dalam membuka pemutus tenaga di gardu induk sehingga pasokan listrik menjadi terhenti. Gangguan ini umumnya terjadi pada saluran udara dibandingkan dengan saluran kabel, dikarenakan tidak adanya isolasi ganda pada saluran udara.

1. Penyebab dari faktor dalam (internal), disebabkan oleh perubahan sifat hambatan yang ada :

a. Peralatan JTM seperti recloser tidak berfungsi.

b. Material seperti isolator flash karena usia pakai atau kena petir (BIL-basic insulation level) petir 125 KV, apabila lama kelamaan terkena petir, nantinya usia BIL turun terus menerus dan arus tembus dapat menghasilkan short.

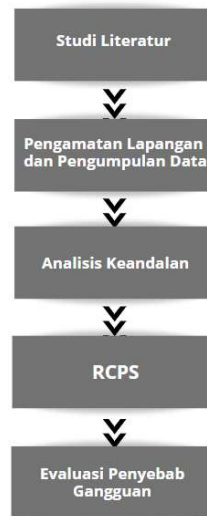
2. Penyebab dari faktor luar (eksternal)

Penyebab eksternal/faktor luar biasanya timbul karena alam seperti adanya petir, dahan, pohon, debu, hujan, dan lainnya.

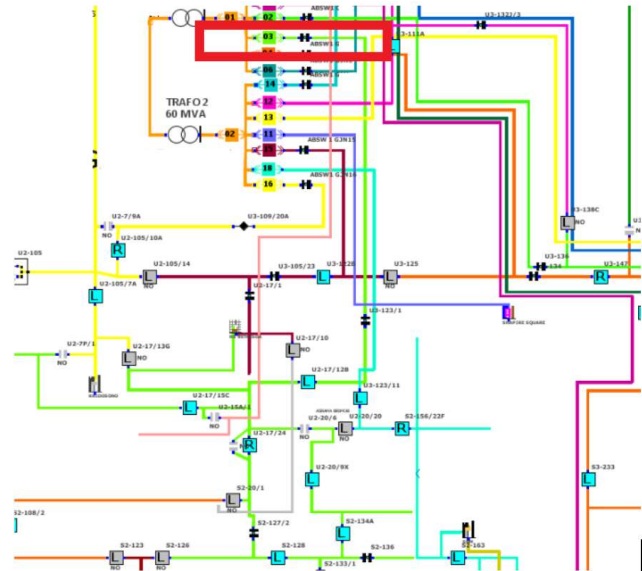
III. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan studi literatur, dilanjutkan dengan pengamatan lapangan sekaligus pengumpulan data mengenai feeder LYN XX. Setelah data sudah lengkap terkumpul, maka dilakukan perhitungan untuk menganalisis keandalan dari feeder LYN XX. Lalu dengan metode RCPS (*Root Cost*

2. *Feeder* LYN XX menyuplai area perkotaan (kotak merah), dimana pada daerah tersebut padat penduduk sehingga beban pada penyulang LYN XX tinggi.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. SLD Saluran transmisi dan distribusi di sekitar LYN XX

B. Rekap data PMT trip feeder LYN XX

PMT TRIP

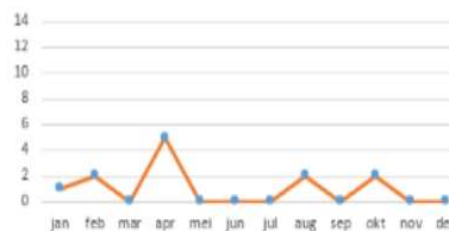


Gambar 3. Grafik PMT trip tahun 2020

Banyaknya frekuensi PMT trip pada feeder LYN XX di tahun 2020 yaitu sebanyak 38 kali trip, dimana bulan terbanyak mengalami PMT trip adalah bulan Agustus yaitu sebanyak 13 kali trip. Sedangkan kondisi nihil terjadi pada bulan Januari, April, Mei, Juni, Juli, dan Desember.

C. Rekap data recloser trip feeder LYN XX

Recloser trip



Gambar 4. Grafik recloser trip tahun 2020

TABEL III
HEALTY INDEX PADA FEEDER LYN XX

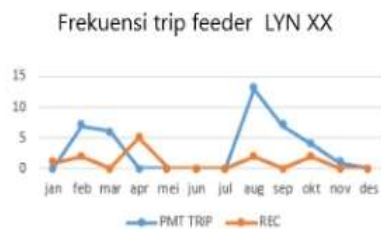
Penyulang	Kali Trip	Healthy Index	BEBAN PENYULANG				Kelas Asset	Frequency Multiplier	Pemeliharaan Periode
			PHASA R	PHASA R	PHASA R	RATA2			
	3	SAKIT	168	124	160	150,9	KELAS 2	0,5	2
	5	KRONIS	197	208	197	200,8	KELAS 1	0,1	10
	3	SAKIT	187	215	204	202,0	KELAS 1	0,25	4
	3	SAKIT	22	18	18	19,3	KELAS 3	0,75	1
	2	SEHAT	7	7	7	7,0	KELAS 1	0,5	2
	1	SEHAT	149	159	150	152,7	KELAS 1	0,5	2
LYN XX	6	KRONIS	210	221	212	214,3	KELAS 1	0,1	10
	0	SEMPURNA	203	203	194	200,0	KELAS 1	0,75	1
	1	SEHAT	22	21	21	21,3	KELAS 3	1	1

Annisa Larasati F: SAIFI untuk Evaluasi Keandalan...



Banyaknya frekuensi Recloser trip pada feeder LYN XX di tahun 2020 yaitu sebanyak 12 kali trip, dimana bulan terbanyak mengalami PMT trip adalah bulan April yaitu sebanyak 5 kali trip. Sedangkan kondisi nihil terjadi pada bulan Maret, Mei, Juni, Juli, September, November, dan Desember.

D. Frekuensi PMT dan recloser trip feeder LYN XX



Gambar 5. Grafik PMT trip dan recloser trip tahun 2020

Banyaknya frekuensi PMT dan Recloser trip pada feeder LYN XX di tahun 2020 apabila digabungkan, maka bulan terbanyak mengalami PMT dan Recloser trip adalah bulan Agustus yaitu sebanyak 15 kali trip. Sedangkan kondisi nihil terjadi pada bulan Maret, Mei, Juni, Juli, dan Desember.

E. Pelanggan feeder LYN XX

Berdasarkan data pada APKT, feeder LYN XX memiliki total jumlah pelanggan sebanyak 20.009 pelanggan.

F. Perhitungan SAIFI dan ENS LYN XX

TABEL IIIII

SAIFI DAN ENS PMT

PMT					(f x jml pelanggan)/total pelanggan GINO3
NO	F	D	JML PELANGGAN PADAM	ENS	
1	1	0,17	13834	813	0,691388875
2	1	0,17	2013	174	0,100604728
3	1	4,57	2201	7888	0,11000005
4	1	4,57	506	667	0,02528862
5	1	0,16	4214	440	0,210605228
6	1	0,16	14228	783	0,711080014
7	1	4,27	112	139	0,005597481
8	1	0,12	13833	567	0,691338897
9	1	0,12	2006	125	0,100254885
10	1	0,02	14383	97	0,718826528
11	1	0,02	4197	56	0,20975961
12	1	0,8	2191	1990	0,109502725
13	1	0,8	500	162	0,024988755
14	1	0,07	13939	277	0,696636514
15	1	0,07	2006	54	0,100254885
16	1	0,77	278	51	0,013893748
17	1	0,77	2324	1045	0,116147734
18	1	0,1	10025	294	0,501024539
19	1	0,1	2006	77	0,100254885
20	1	2,17	3912	2192	0,19551202
21	1	0,95	278	63	0,013893748
22	1	0,95	2324	1280	0,116147734
23	1	2	13939	7894	0,696636514
24	1	2	2006	1541	0,100254885
25	1	0,32	14217	2408	0,710530261
26	1	0,35	4130	1271	0,216402610
27	1	0,17	365	12	0,018241791
28	1	1,71	267	577	0,013343995
29	1	0,17	368	4	0,008396222
30	1	0,17	1101	57	0,055025239
31	1	0,17	3628	154	0,181318407
32	1	0,45	1412	262	0,070568244
33	1	0,48	3428	378	0,171522905
34	1	1,12	365	448	0,029741116
35	1	0,4	838	128	0,048881153
36	1	0,1	1812	72	0,090559248
37	1	0,1	4606	105	0,230196412
38	1	0,12	1428	14	0,008396222
				SAIFI (PMT)	8,20
				ENS	34559

TABEL IVV

SAIFI DAN ENS RECLOSER

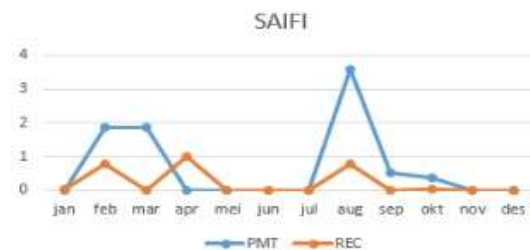
RECLOSER					(f x jml pelanggan)/total pelanggan GINO3
NO	F	D	JML PELANGGAN PADAM	ENS	
1	1	3,67	1047	1042	0,052326453
2	1	0,87	13838	4546	0,691388785
3	1	0,87	2013	946	0,100604728
4	1	0,93	966	376	0,048278275
5	1	0,93	3489	951	0,174371533
6	1	0,98	2013	930	0,100604728
7	1	0,98	10001	3289	0,499824099
8	1	1,02	3945	1183	0,197161277
9	1	2,15	2006	1656	0,100254885
10	1	2,15	13939	8486	0,696636514
11	1	0,07	362	5	0,018091859
12	1	0,07	281	3	0,01404368
				SAIFI (REC)	2,69
				ENS	23213

TABEL V

SAIFI DAN ENS PADA FEEDER LYN XX

TOTAL SAIFI LYN XX	10,89	Kali/pelanggan/tahun
TOTAL ENS LYN XX	57772	KWh
ENS per trip	1155,44	KWh

Setelah melakukan rekapan data pada APKT, diperoleh nilai SAIFI dari perhitungan banyaknya trip pada PMT LYN XX sebanyak 8,20 kali/pelanggan/tahun. Sedangkan nilai SAIFI dari perhitungan banyaknya trip pada Recloser LYN XX sebanyak 2,69 kali/pelanggan/tahun. Apabila di total, maka nilai SAIFI pada feeder LYN XX di tahun 2020 adalah sebanyak 10,89 kali/pelanggan/tahun. Dari nilai SAIFI tersebut dan memperhatikan standar index SPLN 68-2:2986 sesuai dengan tabel.1, maka feeder LYN XX dinyatakan tidak handal dalam memasok listrik karena melebihi standar. Nilai SAIFI tertinggi pada feeder LYN XX tahun 2020 ada di bulan agustus sesuai dengan gambar 6.



Gambar 6. Grafik nilai SAIFI pada PMT dan Recloser

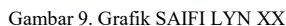
Setelah melakukan perhitungan *Energy Not Served* (ENS), diperoleh hasil sebanyak 57772 KWh energi tidak tersalurkan kepada pelanggan selama setahun atau rata – rata setara dengan 1155,44 KWh per trip. Dengan memperhatikan tarif *adjustment* sesuai dengan gambar 7. dan perhitungan :

Rugi rata – rata per trip = 1155,44 KWh x Rp. 1444,70 = Rp. 1.669.264,00

Maka dapat disimpulkan bahwa sekali *trip*, feeder LYN XX tidak dapat menyalurkan energi sebesar 1155,44 KWh kepada pelanggan dan mendapatkan rugi sebesar Rp. 1.669.264,00 per *trip*.

Gambar 7. Tarif *Adjustment*

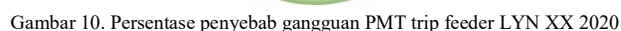
BANYAKNYA TRIP



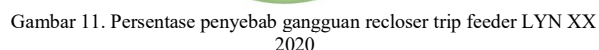
H. Analisis gangguan feeder LYN XX

- Pohon : Gangguan yang disebabkan oleh pohon ini diantaranya seperti ranting patah, daun pisang terkena 2 phase yang berbeda, dsb.
- Hewan : Gangguan yang disebabkan oleh hewan ini diantaranya seperti burung, tikus, dan ular.
- Peralatan : Gangguan karena peralatan terbagi menjadi 2, murni dari dalam peralatan dan dikarenakan faktor luar

yang menyebabkan peralatan rusak. Sebagai contoh, bushing pecah. Bushing pecah bisa diakibatkan karena 2 hal, dikarenakan bushing itu pecah karena beban lebih atau karena pohon yang jatuh, hewan maupun petir. Oleh karena itu, metode RCPS digunakan untuk menyeleksi apa masalah utamanya.

GANGGUAN PMT TRIP TAHUN 2020

GANGGUAN RECLOSER TRIP TAHUN 2020



I. Evaluasi Keandalan LYN XX

Setelah dilakukan analisis, gangguan paling banyak dikarenakan pohon dan diikuti hewan, maka dari itu, volume rencana kerja paling banyak dianggarkan untuk potong pohon dan rabas – rabas dan untuk cover perlindungan dari hewan seperti pada gambar.12, 13 dan 14. Hal tersebut dinyatakan inline dengan penyebab utama gangguan trip, sehingga pihak PLN sendiri dapat bekerja dengan prinsip *low cost high impact*.



Gambar 12. Rabas – Rabas Pohon



Gambar 13. Cover Perlindungan Isolator



Gambar 14. Cover Pelindung FCO dan Bushing Trafo

Inspeksi dilakukan secara rutin dan fokus pada hal hal sebagai berikut :

- Anomali, yaitu menemukan hal yang aneh/ tidak normal : fokus ke konstruksi (isolator *flash*, isolator retak, konduktor terurai)
- Potensi gangguan (Pohon)
- ROW (right of way)

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa dari data yang diperoleh mengenai evaluasi keandalan dan penyebab gangguan pada feeder LYN XX, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Jaringan tegangan menengah ada di rentang 231/400V-20 KV yang terletak diantara sisi primer trafo hingga peralatan proteksi trafo 231/400 V.
2. Hasil perhitungan nilai SAIFI pada feeder LYN XX sebesar 10,89/kali/pelanggan per tahun sehingga dinyatakan tidak handal karena melebihi SPLN 68 – 2 :1986.
3. Korelasi banyaknya *trip* pada feeder LYN XX dengan nilai SAIFI adalah *inline*. Semakin banyak *trip*, maka semakin

tinggi pula nilai SAIFI yang dihasilkan. Oleh karena itu, untuk menekan nilai SAIFI maka harus dilakukan evaluasi penyebab gangguan *trip* yang nantinya diharapkan dapat menurunkan banyaknya frekuensi *trip* pada feeder LYN XX.

4. Dari adanya metode RCPS, bahwa penyebab *trip* karena gangguan paling banyak pada feeder LYN XX disebabkan oleh pohon,. Kebijakan penganggaran harus diarahkan pada usaha mengatasi gangguan pohon, meliputi : inspeksi rutin, pemasangan isolasi pada kawat di titik yang sering terjadi *trip*, kerjasama dinas lingkungan hidup serta memanfaatkan teknologi IoT, database dan GPS untuk digitalisasi sistem untuk keandalan sistem distribusi sehingga didapatkan *low cost high impact*.

REFERENSI

- [1] D. Dasman, H. Handayani, “Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode SAIDI dan SAIFI di PT. PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung Tahun 2015,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 2, pp.170-179, 2017.
- [2] R. S. Hartati, Penentuan Angka Keluar Peralatan Untuk Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Universitas Udayana, Denpasar, 2007.
- [3] Marsudi, Djiteng, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [4] A. S. Pabla, *Electric Power Distribution Systems*, McGraw-Hill, New Delhi, 1981.
- [5] F. Praditama, T. Utomo, M. Shidiq, “Analisis Keandalan Dan Nilai Ekonomis di Penyulang Pujon PT. PLN (PERSERO) Area Malang,” *Jurnal Mahasiswa TEUB*, vol. 2, no. 4, 2014.
- [6] Kelompok Kerja Standar Kontruksi Jaringan Disribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, *Kriteria Disain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. PT. PLN (Persero), Jakarta Selatan, 2010
- [7] C.H. Saputro, Keandalan Sistem Distribusi Jaringan SUTM Akibat Gangguan Pohon di PT. PLN (Persero) UP3 Semarang, Universitas negeri Semarang.,2019.
- [8] A.A. Rahim, Analisis Keandalan Sistem Distirbusi Pada Sistem Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Gardu Induk Maros, Universitas Negeri Makasar, 2020.
- [9] S.S. Wibowo, Analisa Sistem Tenaga: Analisa Sistem Tenaga, vol. 1, UPT Percetakan dan Penerbitan Polinema, 2018.