

Evaluasi Kontinuitas Penyaluran Tenaga Listrik pada Penyulang Lateri 1

Marselin Jamlaay¹, Sefnath J. Wattimena², Halomoan M. Muskita³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon

¹marselin90@gmail.com, ²ephynaulu@gmail.com, ³41011.msmt@gmail.com

Abstract - The reliability of an electrical distribution system is an important aspect of ensuring the continuity of electricity supply to customers. Disturbances in a distribution network may interrupt the electricity supply, thereby affecting service quality and overall system reliability. This study aims to analyze the reliability of the 20 kV distribution network at the Lateri 1 Feeder based on the *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), and *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI). The analysis was conducted using outage data from January to September, including interruption duration, number of affected customers, number of disturbances, and causes of disturbances. The Lateri 1 Feeder serves 10,508 customers, and during the observation period, nine disturbance events were recorded, resulting in 15,235 customer interruptions. The results indicate a SAIFI value of 1.45 interruptions/customer, a SAIDI value of 0.676 hours/customer, and a CAIDI value of 0.466 hours/interruption, equivalent to approximately 28 minutes per interruption. Compared with the reference values of SPLN 68-2:1986, namely 3.2 interruptions/customer/year for SAIFI and 21.09 hours/customer/year for SAIDI, the observed SAIFI and SAIDI values remain below the corresponding reference values.

Keywords: reliability; distribution system; Lateri 1 Feeder

Abstrak - Keandalan sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu aspek penting dalam menjamin kontinuitas penyaluran energi listrik kepada pelanggan. Gangguan pada jaringan distribusi dapat menyebabkan terputusnya pasokan tenaga listrik sehingga memengaruhi kualitas pelayanan dan tingkat keandalan sistem. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV pada Penyulang Lateri 1 berdasarkan indeks *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI). Analisis dilakukan menggunakan data gangguan periode Januari sampai September yang meliputi durasi gangguan, jumlah pelanggan padam, jumlah kejadian gangguan, dan penyebab gangguan. Penyulang Lateri 1 melayani 10.508 pelanggan dan selama periode pengamatan tercatat 9 kejadian gangguan dengan 15.235 interupsi pelanggan. Hasil perhitungan menunjukkan nilai SAIFI sebesar 1,45 kali/pelanggan, SAIDI sebesar 0,676 jam/pelanggan, dan CAIDI sebesar 0,466 jam/interupsi atau sekitar 28 menit/interupsi. Jika dibandingkan dengan nilai acuan SPLN 68-2:1986, yaitu SAIFI sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 21,09 jam/pelanggan/tahun, hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai SAIFI dan SAIDI masih berada di bawah nilai acuan tersebut.

Kata kunci: keandalan; jaringan distribusi; Penyulang Lateri 1

I. PENDAHULUAN

Energi listrik Adalah kebutuhan utama yang mendukung aktivitas Masyarakat, termasuk pada sektor ekonomi, pelayanan publik, pendidikan, industri dan berbagai sektor produktif lainnya. Dengan bertambahnya kebutuhan listrik menyebabkan keberlangsungan penyaluran tenaga listrik merupakan faktor penting pada sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik terdiri atas sistem pembangkit, transmisi dan distribusi yang terkoneksi untuk menyalurkan energi listrik. Sistem distribusi merupakan bagian yang paling dekat dengan pengguna dan merupakan bagian akhir penyaluran energi listrik. Pada sistem distribusi tegangan menengah 20 kV diperoleh dari gardu induk sebagai sumber menuju ke gardu distribusi untuk tegangan diturunkan menjadi 380 Volt menuju ke konsumen.

Pada proses penyaluran tenaga listrik tentu saja tidak terlepas dari gangguan yang menyebabkan terputusnya tenaga listrik ke pengguna. Gangguan dapat berasal dari internal sistem seperti kerusakan

isolator, kerusakan gardu, atau terputusnya saluran dan kondisi teknis lainnya. Gangguan juga dapat berasal dari eksternal seperti cuaca, pohon tumbang, hewan, dan kondisi lingkungan. Tingkat keandalan sistem distribusi menunjukkan kemampuan sistem dalam menyediakan energi listrik kepada pelanggan dan gangguan pada sistem distribusi dapat menyebabkan pemadaman dan mempengaruhi kehandalan sistem [1]. Sehingga sistem distribusi dikatakan handal tidak hanya dapat menyalurkan energi listrik ke pelanggan tetapi juga mempertahankan kontinuitas pelayanan dengan frekuensi dan durasi gangguan yang rendah.

Evaluasi keandalan sistem distribusi penting karena dapat menyatakan bagaimana kinerja sistem sekaligus menjadi dasar dilakukannya kegiatan pemeliharaan. Keandalan sistem distribusi dapat dievaluasi menggunakan indeks keandalan yang menggambarkan frekuensi dan durasi pemadaman dalam periode tertentu. Pada penelitian ini digunakan tiga indeks keandalan untuk mengevaluasi keandalan sistem distribusi diantaranya *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI). Perhitungan SAIDI, SAIFI DAN CAIDI dapat memberikan ukuran dari kualitas pelayanan listrik pada suatu penyulang. Penyulang lateri 1 merupakan salah satu penyulang yang ada di Kota Ambon yang melayani wilayah Desa Lateri dan sekitarnya. Penelitian akan dilakukan pada penyulang untuk mengevaluasi kehandalan sistem distribusi dan mengidentifikasi gangguan selama beberapa periode. Setian gangguan yang menyebabkan pelanggan kehilangan pasokan listrik akan mempengaruhi nilai indeks kehandalan, sehingga jumlah pelanggan terdampak, frekuensi dan durasi gangguan menjadi komponen penting untuk mengevaluasi kehandalan.

Jaringan tegangan menengah merupakan bagian penting pada sistem distribusi sehingga wajib untuk memperhatikan pelayanan listrik secara kontinu kepada konsumen [2]. Pada penelitian lainnya, SAIDI, SAIFI dan CAIDI digunakan sebagai dasar analisis gangguan yang memberikan gambaran efektifitas pemulihan pasca pemadaman [3].

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit menuju konsumen. Pada proses penyaluran energi listrik sistem distribusi berada pada bagian akhir sehingga berhubungan langsung dengan pelanggan. Gangguan yang terjadi pada sistem distribusi dapat menyebabkan terputusnya penyaluran energi listrik dan berdampak pada keberlangsungan pelayanan. Sehingga selain mempertimbangkan kemampuan sistem dalam menyalurkan daya ke pelanggan, pengoperasian sistem distribusi juga harus memperhatikan kehandalan.

Keandalan sistem distribusi menggambarkan Tingkat pelayanan penyaluran tenaga listrik dari sistem distribusi ke pelanggan [1]. Gangguan yang terjadi pada jaringan akibat peralatan atau lingkungan dapat meningkatkan frekuensi dan durasi pemadaman sehingga menurunkan tingkat keandalan sistem. Oleh karena itu, sistem distribusi harus dirancang, dioperasikan dan dipelihara sehingga mampu mempertahankan keberlanjutan penyaluran tenaga listrik karena Tingkat gangguan yang rendah.

Sistem distribusi tenaga listrik terdiri atas distribusi primer dan distribusi sekunder. Jaringan distribusi primer menyalurkan tenaga listrik pada tegangan menengah dari gardu induk menuju ke gardu distribusi. Sedangkan jaringan distribusi sekunder menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke pelanggan pada tegangan rendah. Keandalan kedua bagian tersebut sangat menentukan kualitas pelayanan tenaga listrik karena kegagalan pada suatu bagian jaringan menyebabkan sejumlah pelanggan kehilangan pasokan tenaga listrik.

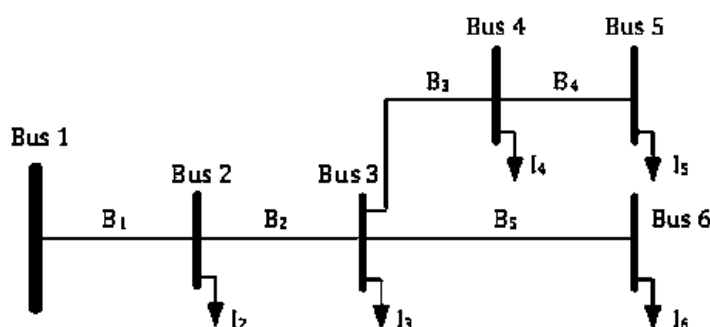
2.2. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Jaringan menengah 20 kV merupakan bagian dari sistem distribusi primer yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke gardu distribusi. Jaringan tegangan menengah dapat berupa Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), maupun kombinasi keduanya. Jaringan distribusi 20 kV terbagi menjadi beberapa penyulang atau *feeder* untuk melayani kelompok beban tertentu.

Penyulang merupakan jaringan yang menyalurkan tenaga listrik dari bus tegangan menengah

pada gardu induk menuju sejumlah titik beban. Kontinuitas pelayanan listrik kepada pelanggan dipengaruhi oleh kondisi penyulang. Analisis kehandalan sistem distribusi diperlukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam memasok energi listrik kepada pelanggan [4]. Tingkat keandalan penyulang dapat dievaluasi menggunakan indeks keandalan yang mempertimbangkan kemungkinan kegagalan komponen, durasi gangguan dan pelanggan yang terdampak.

Konfigurasi yang banyak digunakan pada jaringan distribusi adalah konfigurasi radial. Pada konfigurasi radial, energi listrik disalurkan melalui satu sumber menuju beban dengan jalur tertentu. Dalam pengoperasian dan koordinasi proteksi struktur ini sederhana, tetapi apabila terjadi gangguan pada bagian tertentu dapat menyebabkan terputusnya pelayanan terhadap pelanggan di sisi gangguan hingga titik ujung. Sehingga konfigurasi jaringan, Lokasi peralatan pemisah, sistem proteksi dapat mempengaruhi Tingkat keandalan suatu penyulang.



Gambar 1. Jaringan Distribusi Radial [5]

2.3 Indeks Keandalan Sistem Distribusi

Indeks keandalan merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan kinerja sistem distribusi berdasarkan gangguan dan pemadaman yang dialami pelanggan. Tiga indeks utama untuk mengukur keandalan sistem distribusi adalah *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI). SAIDI, SAIFI dan CAIDI pada evaluasi keandalan jaringan distribusi 20 kV memungkinkan kondisi keandalan jaringan dari aspek frekuensi dan durasi gangguan [6]. Terdapat juga metode yang diterapkan untuk mengukur tingkat keandalan untuk memberikan Gambaran yang lebih lengkap mengenai kontinuitas pelayanan sistem distribusi [7].

SPLN 68-2 Tahun 1986 menyebutkan standar indeks keandalan jaringan 20 kV yaitu Angka SAIFI 3,2 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI 21,09 Jam/pelanggan/tahun [8].

2.3.1 System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) merupakan indeks menunjukkan rata-rata frekuensi pemadaman yang dialami oleh pelanggan selama periode tertentu. Nilai SAIFI diperoleh dengan membandingkan total jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman dan jumlah keseluruhan pelanggan menggunakan persamaan:

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_t} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

N_i = jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman pada kejadian ke-i

N_t = jumlah total pelanggan yang dilayani

2.3.2 System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

System Average Interruption Duration Index (SAIDI) merupakan indeks menunjukkan rata-rata total durasi pemadaman yang dialami pelanggan selama periode tertentu. Nilai SAIDI diperoleh dengan membandingkan durasi waktu pelanggan tidak mendapatkan pasokan tenaga listrik dengan jumlah pelanggan terdampak akibat pemadaman dan jumlah keseluruhan pelanggan dengan persamaan:

$$SAIDI = \frac{\sum(U_i \times N_i)}{N_t} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

U_i = durasi pemadaman pada kejadian ke- i

N_i = jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman pada kejadian ke- i

N_t = jumlah total pelanggan yang dilayani

2.3.3 Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI) merupakan indeks menunjukkan rata-rata durasi pemadaman untuk setiap gangguan yang dialami pelanggan. Nilai CAIDI diperoleh untuk memberikan gambaran mengenai rata-rata waktu yang diperlukan hingga pelayanan tenaga listrik kembali tersedia setelah pemadaman

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \dots \dots \dots (2)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Keandalan sistem distribusi menunjukkan kemampuan jaringan mempertahankan keberlangsungan penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan pada periode tertentu. Sistem distribusi yang handala tidak hanya dinilai dari jumlah gangguan yang terjadi, melainkan juga dilihat jumlah pelanggan yang terdampak dan lamanya pasokan terputus di pelanggan. Pada penelitian ini, keandalan jaringan distribusi 20 kV penyulang lateri 1 dianalisis menggunakan tiga indeks yaitu: *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI).

Penyulang lateri 1 merupakan penyulang yang melayani area Halong hingga Passo dengan Panjang jaringan 12 kms. Berdasarkan data yang diperoleh per akhir bulan September tahun 2024 penyulang lateri 1 melayani 10.508 pelanggan yang terhubung pada 70 gradu distribusi. Berikut ini adalah data gangguan penyulang lateri 1 dari bulan Januari 2024 sampai dengan bulan September 2024.

Tabel 1. Data laporan gangguan penyulang Lateri 1
Bulan Januari-September Tahun 2024

BULAN	DURASI GANGGUAN (JAM)	JUMLAH PELANGGAN PADAM	JUMLAH GANGGUAN	PENYEBAB GANGGUAN
Januari	0,35	2.101	1	Dahan kering di isolator
Februari	0,1	1.751	1	Gangguan sesaat
Maret	-	-	-	-
April	0,93	5.254	4	CO trafo 1 fasa putus, pohon tumbang, gangguan sesaat
Mei	0,15	2.627	1	Gangguan sesaat
Juni	-	-	-	-
Juli	-	-	-	-
Agustus	-	-	-	-
September	0,26	3.502	2	Gangguan sesaat

Pada Bulan Januari sampai dengan bulan September tahun 2024 terdapat 9 kejadian gangguan yang menyebabkan pemadaman dengan durasi pemadaman U_i 1,79 jam. Apabila dilakukan perhitungan maka total pelanggan yang dilayani N_t adalah 10.508 pelanggan, maka berdasarkan data, jumlah pelanggan terdampak adalah:

$$\begin{aligned}\sum N_i &= 2.101 + 1.751 + 5254 + 2627 + 3502 \\ &= 15.235 \text{ pelanggan}\end{aligned}$$

4.2 Pembahasan

SAIFI menggambarkan aspek frekuensi dari keberlangsungan pelayanan energi listrik. Semakin kecil nilai SAIFI, semakin jarang kejadian pemadaman pada pelanggan sehingga apabila dinilai dari sisi frekuensi maka kontinuitas pelayanan listrik dikatakan semakin baik. Sebaliknya jika semakin besar nilai SAIFI maka rata-rata pelanggan mengalami gangguan yang semakin sering maka kontinuitas pelayanan listrik dikatakan tidak handal.

Nilai SAIFI pada Penyulang Lateri 1 dihitung menggunakan perbandingan jumlah pelanggan terdampak pemadaman dengan total pelanggan yang dilayani. Berdasarkan data tahun 2024 bulan januari hingga desember 2024 terdapat 15.235 pelanggan yang mengalami interupsi atau pemadaman dengan total pelanggan N_t adalah 10.508 pelanggan yang dilayani. Sehingga dapat diperoleh nilai SAIFI sebagai berikut:

$$\begin{aligned}SAIFI &= \frac{\sum N_i}{N_t} \\ &= \frac{15.235}{10.508} \\ &= 1,45 \text{ kali/pelanggan}\end{aligned}$$

Nilai SAIFI sebesar 1,45 kali/pelanggan menunjukkan bahwa selama periode bulan januari sampai September setiap pelanggan pada Penyulang Lateri 1 mengalami pemadaman sekitar 1,45 kali. Nilai tersebut merupakan nilai rata-rata sehingga secara individual pelanggan mengalami pemadaman yaitu 1,45 kejadian pemadaman. Jika dibandingkan dengan SPLN 68-2 Tahun 1986, standar SAIFI Adalah 3,2 kali/pelanggan/tahun, maka nilai SAIFI Penyulang Lateri 1 masih berada dibawah batas maksimum standar. Sehingga dari sisi frekuensi pemadaman, hasil perhitungan menunjukkan penyulang memiliki kinerja yang baik meskipun data belum mencapai satu tahun.

Jika SAIFI menggambarkan seberapa sering pelanggan mengalami pemadaman, SAIDI menggambarkan berapa lama atau durasi rata-rata pelanggan kehilangan pasokan tenaga listrik. Dengan demikian SAIDI merupakan indikator dari aspek waktu untuk menilai kontinuitas pasokan energi listrik. Berdasarkan data Penyulang Lateri 1, total durasi iterupsi atau pemadaman dari bulan januari sampai dengan bulan desember Adalah 1,79 jam dengan total pelanggan N_t adalah 10.508 pelanggan, maka nilai SAIDI:

$$\begin{aligned}SAIDI &= \frac{\sum (U_i \times N_i)}{N_t} \\ &= \frac{(0,35 \times 2.101) + (0,1 \times 1.751) + (0,93 \times 5.254) + (0,15 \times 2.627) + (0,26 \times 3.502)}{10.508} \\ &= \frac{7.101,84}{10.508} \\ &= 0,676 \text{ jam/pelanggan}\end{aligned}$$

Nilai tersebut setara dengan:

$$0,676 \times 60 \text{ menit} = 40,56 \text{ menit/pelanggan}$$

Hasil menunjukkan bahwa pada periode Januari-September tahun 2024, rata-rata pelanggan pada Penyulang Lateri 1 mengalami kehilangan pasokan listrik selama 0,676 jam atau 40,56 menit. Jika dibandingkan dengan acuan SPLN 68-2 Tahun 1986 standar nilai indeks SAIDI Adalah 21,09 jam/pelanggan/tahun, maka hasil penelitian menunjukkan nilai SAIDI pada penyulang Lateri 1 sebesar 0,676 jam/pelanggan jauh dibawah nilai standar. Sehingga dari sisi durasi pemadaman, hasil perhitungan menunjukkan penyulang memiliki kinerja yang baik meskipun data belum mencapai satu tahun.

Nilai SAIDI dipengaruhi oleh dua komponen utama yaitu durasi pemadaman dan jumlah

pelanggan terdampak. Oleh karena itu, gangguan dengan durasi yang relative lebih lama belum tentu memiliki kontribusi besar apabila hanya sedikit pelanggan yang terdampak. Sebaliknya jika gangguan yang relative lebih singkat tetapi menyebabkan pemadaman pada area pelanggan yang besar dapat memberikan kontribusi pada nilai SAIDI.

CAIDI merupakan indeks yang menunjukkan durasi pemadaman setiap kali pelanggan mengalami iterupsi. CAIDI memiliki hubungan langsung dengan SAIDI dan SAIFI sehingga untuk menghitung nilai CAIDI pada Penyulang Lateri 1 dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} CAIDI &= \frac{SAIDI}{SAIFI} \\ &= \frac{0,676}{1,45} \\ &= 0,466 \text{ jam/pemadaman} \end{aligned}$$

Nilai tersebut setara dengan:

$$0,466 \times 60 \text{ menit} = 28 \text{ menit/pemadaman}$$

Dengan demikian setiap terjadi pemadaman pada penyulang Lateri 1, rata-rata durasi pemadaman Adalah 0,466 jam atau 28 menit. CAIDI berbeda dengan SAIDI. SAIDI sebesar 0,676 jam/pelanggan menunjukkan nilai rata-rata durasi pemadaman yang dialami tiap pelanggan selama periode waktu Januari-September Tahun 2024. Sedangkan CAIDI sebesar 0,466 jam/pemadaman menunjukkan nilai rata-rata durasi per pemadaman atau iterupsi. Dengan kata lain pelanggan mengalami rata-rata 1,45 kali pemadaman dengan durasi waktu rata-rata 28 menit atau 0,466 jam.

Nilai SAIFI dan SAIDI diatur pada SPLN 68-2 Tahun 1986, berbeda dengan CAIDI yang tidak ditetapkan batasnya berdasarkan standar. Namun apabila acuan SAIDI dan SAIFI berdasarkan standar yaitu SAIDI 21,09 Jam/pelanggan/tahun dibagi dengan SAIFI 3,2 kali/pelanggan/tahun maka akan diperoleh CAIDI sebesar 6,59 jam/pemadaman. Oleh karena itu berdasarkan hasil penelitian, nilai CAIDI pada Penyulang Lateri 1 masih tergolong kecil hanya sebesar 0,455 jam/pemadaman sehingga penyulang dikategorikan handal

IV. PENUTUP

Berdasarkan Evaluasi kehandalan Penyulang Lateri 1 dalam menjaga kontinuitas pelayanan energi listrik maka dapat disimpulkan:

1. Hasil penelitian menunjukkan indeks keandalan pada Penyulang Lateri 1 diantaranya nilai SAIFI sebesar 1,45 kali/pelanggan, SAIDI sebesar 0,676 jam/pelanggan dan CAIDI sebesar 0,466 jam/pemadaman. Hal tersebut menyatakan bahwa dalam periode waktu bulan Januari-September Tahun 2024, rata-rata pelanggan mengalami 1,45 kali pemadaman dengan durasi pemadaman 0,676 jam.
2. Nilai SAIDI dan SAIFI pada Penyulang Lateri 1 berada di bawah nilai standar SPLN 68-2 Tahun 1986. Dengan demikian kinerja Penyulang Lateri 1 dari aspek frekuensi gangguan dan durasi pemadaman relatif baik dan handal.
3. Nilai CAIDI menunjukan bahwa setiap kali pelanggan mengalami pemadaman rata-rata durasi per pemadaman Adalah 0,466 jam. CAIDI digunakan sebagai indikator pendukung untuk menggambarkan rata-rata durasi pemadaman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Pasra, Samsurizal, and M. Fajri, "Evaluasi tingkat keandalan sistem distribusi 20 kV menggunakan indeks SAIDI SAIFI," *SUTET*, vol. 12, no. 1, pp. 31–41, 2022, doi: 10.33322/sutet.v12i1.1644.
- [2] A. L. Febrianingrum and S. Pramono, "SAIFI untuk evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik pada jaringan transmisi menengah 20 kV," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no. 1, pp. 1–6, 2022, doi: 10.24843/MITE.2022.v21i01.P01.

- [3] Sukmawati and A. Budiman, "Analysis of the reliability of the 20kV distribution system of PT PLN (Persero) ULP Tarakan using root cause problem solving methods," *Journal of Emerging Supply Chain, Clean Energy, and Process Engineering*, vol. 2, no. 2, 2023, doi: 10.57102/jescee.v2i2.70.
- [4] L. I. Hidayat, A. R. Sultan, and A. Achmad, "Analisis keandalan sistem distribusi 20 kV ULP Sungguminasa Penyulang Pallangga menggunakan metode Section Technique dan Reliability Index Assessment (RIA)," *Jurnal Elektrik*, vol. 1, no. 2, pp. 51–60, 2022, doi: 10.65485/elektrik.v1i2.451.
- [5] A. Asri, A. Achmad, S. Thaha, and W. S. Alfira, "Perbaikan rugi energi dengan rekonfigurasi jaringan pada sistem distribusi radial," *Jurnal Teknologi Elekterika*, vol. 17, no. 1, pp. 7–12, 2020, doi: 10.31963/elekterika.v4i1.2117.
- [6] F. Nurfadillah and Liliana, "Analysis of reliability of 20 kV distribution network system in PT. PLN (Persero) ULP Panam with Reliability Index Assessment (RIA) method," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy (IJEERE)*, vol. 2, no. 2, pp. 104–112, 2022, doi: 10.57152/ijeere.v2i2.468.
- [7] U. K. Luthfiyani, A. Setiawan, and S. Arifin, "Analisis perbandingan indeks keandalan sistem jaringan distribusi dengan metode Section Technique dan Reliability Index Assessment (RIA): Studi kasus Gardu Induk Balaraja," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 250–264, 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i1.1782.
- [8] Perusahaan Umum Listrik Negara, *SPLN 68-2:1986: Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik, Bagian Dua: Sistem Distribusi*. Jakarta, Indonesia: Departemen Pertambangan dan Energi, 1986.