

Analisis Perbandingan SAIDI-SAIFI Pada Penyulang 20 Kv Sebelum dan Setelah Pemeliharaan di PT PLN (Persero) ULP Meulaboh Kota

Ramadan Agung^{1*}, Hermansyah Alam², Amani Darma Tarigan³

^{1,2,3}Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan, Sumatera Utara, Indonesia

*Koresponden email: ramadanagung07@gmail.com

Diterima: 2 April 2024

Disetujui: 11 April 2024

Abstract

The population is growing at a slightly faster rate every year. The significant demand for electricity, supplied by electricity companies such as PT PLN (Persero), is also in line with this population growth. To ensure that the needs of the population are met, the reliability of the electricity distribution system is a priority. Performance indicators such as the System Average Interruption Duration Index (SAIDI) and the System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) are available for PT PLN (Persero). The lower the SAIDI, the higher the efficiency and reliability of the distribution system. The comparative study of SAIDI and SAIFI on the 20 kV ULP Meulaboh City feeder is included in this study. According to the SAIDI-SAIFI reliability index of this study, SAIDI = 0.97177 hours/customer/year and SAIFI = 3.01215 outages/customer/year were achieved. Based on the SPLN 59:1985 standard for the 20 kV ULP Meulaboh City feeder in 2023 for January to June, this technology is considered reliable.

Keywords : *Distribution System, SAIDI, SAIFI*

Abstrak

Pertumbuhan penduduk setiap tahunnya mengalami peningkatan yang signifikan. Pertumbuhan penduduk ini adalah juga sejalan dengan kebutuhan listrik yang cukup besar yang didistribusikan oleh penyedia listrik seperti PT PLN (Persero). Oleh karena demikian, kehandalan pada sistem distribusi tenaga listrik menjadi prioritas yang harus diperhatikan agar semua kebutuhan masyarakat terpenuhi secara memadai. PT PLN (Persero) memiliki kinerja seperti SAIDI (Indeks Durasi Interupsi Rata-Rata Sistem) dan SAIFI (Interupsi Rata-Rata Sistem Indeks Frekuensi). Semakin kecil nilai tersebut, maka sistem semakin tinggi tingkat kehandalan dan semakin tinggi efisiensi yang dapat diperoleh dalam sistem distribusi. Didalam penelitian ini akan membahas mengenai analisis perbandingan SAIDI dan SAIFI pada penyulang 20 kV ULP Meulaboh Kota. Indeks kehandalan SAIDI SAIFI pada penelitian ini diperoleh SAIDI = 0.97177 jam/ pelanggan/ tahun dan SAIFI = 3.01215 pemadaman/ pelanggan/ tahun. Metode ini dapat diandalkan berdasarkan SPLN standar 59:1985 untuk penyulang 20 kV ULP Meulaboh Kota tahun 2023 untuk bulan Januari sampai Juni.

Kata Kunci : *Sistem Distribusi, SAIDI, SAIFI*

1. Pendahuluan

Dalam melayani masyarakat yang tersebar di Indonesia, PLN memiliki banyak kantor unit Pelaksanaan Pelayanan Pelanggan (UP3) pada setiap wilayah seperti UP3 Meulaboh yang menaungi beberapa Unit Layanan Pelanggan atau (ULP) antara lain adalah ULP Jeuram, ULP Calang, ULP Sinabang, ULP Teunom dan ULP Meulaboh kota. ULP Meulaboh kota merupakan ULP yang memiliki panjang jaringan yaitu 421.7 kms. Kemudian juga terdapat 28 penyulang aktif pada ULP Meulaboh kota dan terdapat 15 penyulang yang sering terjadinya gangguan yaitu Penyulang Suak Raya, Manekroe, Lapang, Exp Keramat, Keude Tanjung, Exp Keramat, Nasional, Sungai Mas, Peunaga, Kota Meulaboh, Imam Bonjol, Exp Seunebok, Sm Raja, Exp Pltd Seunebok dan Peunaga.

Sistem jaringan ULP Meulaboh kota menggunakan sistem radial, sehingga masih sering terjadi pemadaman listrik yang terencana maupun tidak terencana, Pemadaman tidak terencana sering terjadi dikarenakan gangguan anomali jaringan, gangguan jaringan SUTM (isolator pecah, SUTM putus, kawat rantas dan sebagainya) dan juga dikarenakan hewan ataupun pohon.

Pada periode semester I Triwulan 1 Januari dan Februari tahun 2023 ULP Meulaboh kota mengalami peningkatan jumlah gangguan penyulang dan pada bulan Maret sampai dengan bulan Juni mengalami penurunan jumlah gangguan penyulang yang sangat signifikan. Penurunan jumlah gangguan penyulang ini tidak lepas dari adanya usaha ULP Meulaboh kota dengan melakukan pemeliharaan terhadap penyulang-penyulang tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan analisa lebih lanjut terkait perbandingan kondisi sebelum dan setelah pemeliharaan penyulang 20 KV yang berada di PT. PLN (Persero) ULP Meulaboh kota sehingga di kemudian hari tingkat gangguan yang terjadi akan berkurang dan tidak mengganggu kegiatan masyarakat yang membutuhkan energi listrik dalam kesehariannya.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan termasuk bagian dalam sistem tenaga listrik yang menyalurkan tenaga listrik dari sumber tenaga listrik sampai ke pelanggan[13]. Distribusi tenaga listrik juga sebagai pembagian atau penyaluran dari tenaga listrik ke beberapa konsumen, juga turunan dari sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat beban (pelanggan-pelanggan) dialiri langsung melalui jaringan distribusi. Pembangkit listrik besar menghasilkan listrik pada tegangan antara 11kV dan 24 kV. Gardu induk yang dilengkapi trafo penambah tegangan selanjutnya menaikkan tegangan menjadi 70, 154, 220, 500 kV dan seterusnya, yang kemudian disalurkan melalui saluran transmisi tegangan tinggi dan ekstra tinggi [1].

Jalur distribusi primer menyalurkan tenaga listrik dengan sistem tegangan ini setelah tegangan diturunkan dari saluran transmisi menjadi 20 kV di gardu distribusi dengan menggunakan trafo *step down* atau peredam tegangan. Gardu distribusi menggunakan trafo distribusi untuk menurunkan tegangan dari saluran distribusi 20 kilo Volt ke tegangan rendah 220/380 volt. Setelah itu, konsumen menerimanya melalui saluran distribusi sekunder [2].



Gambar 1. Sistem Tenaga Listrik

Sumber : pdkb.id.2020

2.2 Komponen Jaringan Distribusi

Beberapa komponen yang digunakan pada jaringan distribusi adalah sebagai berikut:

1. Gardu induk

Gardu induk adalah sekumpulan peralatan listrik dimana nantinya gardu induk ini menerima energi dari tegangan tinggi dan akan mentransformasikan ke tegangan yang lebih rendah yaitu tegangan menengah menggunakan trafo daya [4].

2. Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

JTM merupakan peralatan listrik yang berupa kabel baik itu kabel udara maupun bawah tanah yang berfungsi mengalirkan energi dari gardu induk ke trafo distribusi [16] sebelum digunakan pelanggan [5].

3. Gardu Distribusi

Gardu distribusi adalah suatu peralatan listrik yang menerima energi dari tegangan menengah dan kemudian mengubah tegangan tersebut ke tegangan rendah [18]. Tegangan dari gardu distribusi ini

nantinya akan disalurkan ke alat pembatas dan pengukuran (APP) di pelanggan yang selanjutnya energi listrik dapat digunakan oleh pelanggan [6].

4. Jaringan Tegangan Rendah (JTR)

JTR memiliki fungsi untuk mengalirkan energi listrik dari sisi sekunder transformator distribusi [7] yaitu tegangan 220/380 V sampai dengan Alat Pengukur dan Pembatas (APP) pelanggan yang selanjutnya dapat digunakan oleh pelanggan [17].

5. Saluran Pelayanan dan Alat Pengukur dan Pembatas (APP)

Alat pembatas dan pengukur (APP) merupakan alat listrik yang fungsinya sama dengan timbangan yaitu alat ini mengukur besarnya energi listrik yang dipakai oleh pelanggan [8].

2.3 Konfigurasi Jaringan Sitem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik pada Tegangan Menengah (TM) 20 KV memiliki beberapa jenis konfigurasi yang digunakan, diantaranya sebagai berikut :

1. Jaringan Radial

Sistem jaringan distribusi yang menggunakan bentuk jaringan radial memiliki desain yang sangat mudah, biaya rendah, dan merupakan jenis sistem jaringan distribusi yang paling sering digunakan. Menggambar saluran dari sumber jaringan, yang bercabang ke beban yang akan disuplai, adalah bagaimana jaringan radial terbentuk. Jaringan distribusi radial berbentuk jaringan dengan beberapa penyulang yang menyuplai tenaga listrik ke berbagai gardu distribusi konsumen.

2. Jaringan Loop

Dibandingkan dengan struktur radial jaringan tegangan menengah, struktur tertutup adalah sistem yang dirancang untuk meningkatkan kontinuitas pasokan dan keandalan sistem. Ketika jaringan tegangan menengah berstruktur tertutup mengalami kesulitan, pasokan dapat dengan cepat dialihkan dari sumber ujung yang lain untuk mencegah gangguan pasokan. Hal ini dicapai dengan menyediakan dua sumber listrik untuk setiap ujung jaringan.

3. Jaringan Spindel

Jaringan spindel adalah jaringan yang menggunakan kabel JTM Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM). Jaringan spindel banyak di terapkan di kota-kota besar [9].

2.4 Jenis Pemadaman Listrik

Pada penghentian aliran listrik atau disebut pemadaman dapat terjadi dikarenakan beberapa hal antara lain :

1. Pemadaman Terencana

Pemadaman terencana merupakan pemadaman yang dilakukan oleh PLN yang direncanakan untuk melakukan sebuah pekerjaan di suatu lokasi seperti pekerjaan konstruksi (pembangunan baru) ataupun Pemeliharaan. Pekerjaan konstruksi dapat berupa pembangunan gardu baru, penarikan jaringan SUTM baru yang bertujuan untuk memperbaiki suatu keandalan ataupun untuk memecah beban penyulang dengan melakukan pembangunan jaringan baru. Pemadaman pemeliharaan adalah salah satu kegiatan untuk memelihara aset PLN dengan melakukan perbaikan untuk memperbaiki keandalan suatu sistem jaringan Distribusi pada unit tersebut [15].

2. Pemadaman Tidak Terencana / Gangguan

Gangguan ini dapat terjadi pada sistem tenaga listrik di jaringan, gardu induk, atau pusat tenaga listrik, dimana besar kecilnya gangguan ditentukan oleh hubungan langsung antar fasa (fasa R-S, fasa R-T, fasa T-S atau R-S-T yang terhubung langsung) atau fase - tanah. Besar kecilnya sumber listrik (transformator atau generator), impedansinya, dan impedansi jaringan yang dilalui arus gangguan hubung singkat semuanya mempengaruhi arus gangguan hubung singkat. Gangguan fasa-fasa , fasa-tanah dapat disebabkan karena petir, pepohonan, binatang atau tembusnya isolasi [10].

3. Metode Penelitian

3.1 SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

SAIDI merupakan indeks yang digunakan oleh PT. PLN (Persero) berdasarkan durasi atau lamanya waktu pemadaman rata – rata per tahun yang di dapatkan dari hasil perkalian waktu lamanya pemadaman listrik dan jumlah pelanggan yang terkena dampak pemadaman listrik dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani.

Berdasarkan pemaparan diatas maka dapat dirumuskan indeks SAIDI sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{\text{lama padam} \times \text{pelanggan padam}}{\text{Total jumlah pelanggan}}$$

Beberapa penyebab yang mempengaruhi indeks lamanya pemadaman rata – rata (SAIDI) diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Konfigurasi jaringan radial dan spindel
2. Komponen system otomatisasi yang cara kerjanya untuk memulihkan keadaan dari gangguan menjadi normal seperti: Automatic Sectionalizer, Recloser, Circuit Breaker.

3.2 SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

Metode SAIFI di rumuskan dengan memperhatikan frekuensi pemadaman rata-rata per tahun yang dapat dirumuskan dengan hasil penjumlahan dari perkalian frekuensi padam dan pelanggan padam yang dibagikan dengan jumlah keseluruhan pelanggan yang mendapat pelayanan.

Metode SAIFI dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\text{frekuensi padam} \times \text{pelanggan padam}}{\text{Total jumlah pelanggan}}$$

Faktor – faktor yang menjadi pengukuran rata-rata frekuensi pemadaman adalah sebagai berikut:

1. Jadwal pemeliharaan instalasi tenaga listrik
2. Mutu material yang digunakan[14].

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan survey lapangan yang telah dilakukan pada periode Januari hingga Juni 2023, didapatkan beberapa data padam karena gangguan yang terjadi pada penyulang 20 kV yang ada di ULP Meulaboh Kota.

Tabel 1. Data Padam Penyulang 20 KV ULP Meulaboh Kota

TANGGAL	PENYULANG	PELANGGAN PADAM (menit)	FGTM
02/01/2023	MB 06 / EXP KR 02	23	POHON
04/01/2023	MB 08 / SUAK RAYA	5	TIDAK DITEMUKAN
05/01/2023	MB 08 / SUAK RAYA	30	PIHAK KE 3 / BINATANG
18/01/2023	MK 06 / LAPANG	5	POHON
19/01/2023	MK 09 / MANEKROE	30	MATERIAL SUTM
22/01/2023	MK 09 / MANEKROE	5	PIHAK KE 3 / BINATANG
29/01/2023	MB 06 / EXP KR 02	5	TIDAK DITEMUKAN
29/01/2023	MB 09 / SUAK SEGADING	5	TIDAK DITEMUKAN
30/01/2023	MB 06 / EXP KR 02	5	POHON
01/02/2023	MK 06 / LAPANG	2	POHON
04/02/2023	MB 06 / EXP KR 02	5	BENCANA ALAM

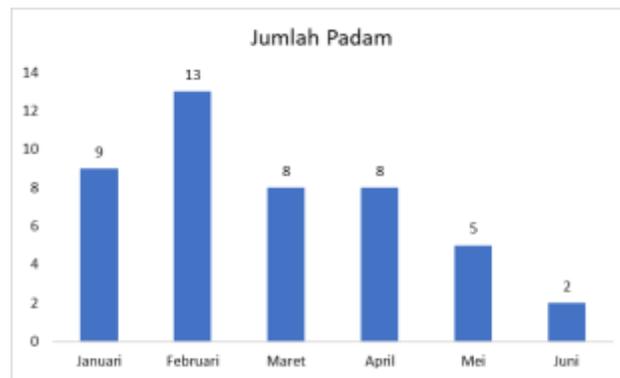
TANGGAL	PENYULANG	PELANGGAN PADAM (menit)	FGTM
06/02/2023	MB 08 / SUAK RAYA	4	TIDAK DITEMUKAN
08/02/2023	MB 08 / SUAK RAYA	4	POHON
11/02/2023	KR 04 / SUNGAI MAS	5	PIHAK KE 3 / BINATANG
15/02/2023	MB 05 / IMAM BONJOL	3	PIHAK KE 3 / BINATANG
17/02/2023	MB 08 / SUAK RAYA	10	PIHAK KE 3 / BINATANG
21/02/2023	MB 06 / EXP KR 02	5	POHON
22/02/2023	MB 06 / EXP KR 02	9	MATERIAL SUTM
22/02/2023	MB 11 / EXP MK 10	5	POHON
23/02/2023	MB 06 / EXP KR 02	5	POHON
26/02/2023	NG 02 / PEUNAGA	3	PIHAK KE 3 / BINATANG
28/02/2023	MK 09 / MANEKROE	5	MATERIAL SUTM
04/03/2023	MK 06 / LAPANG	2	PIHAK KE 3 / BINATANG
09/03/2023	NG 03 / EXP SN 03	5	POHON
10/03/2023	MK 09 / MANEKROE	4	MATERIAL SUTM
11/03/2023	MK 09 / MANEKROE	4	TIDAK DITEMUKAN
15/03/2023	MB 09 / SUAK SEGADING	4	POHON
17/03/2023	KR 04 / SUNGAI MAS	2	POHON
17/03/2023	MK 06 / LAPANG	5	POHON
29/03/2023	NG 02 / PEUNAGA	3	PIHAK KE 3 / BINATANG
14/04/2023	KR 03 / KEUDE TANJUNG	5	POHON
14/04/2023	MB 05 / IMAM BONJOL	3	POHON
15/04/2023	MK 07 / NASIONAL	3	POHON
16/04/2023	MK 07 / NASIONAL	5	TRAFO
24/04/2023	MK 05 / KOTA MEULABOH	16	TIDAK DITEMUKAN
24/04/2023	MK 02 / MEUREUBO	17	TIDAK DITEMUKAN
24/04/2023	MB 07 / EXP MK 08	5	POHON
25/04/2023	MK 06 / LAPANG	37	POHON
01/05/2023	KR 03 / KEUDE TANJUNG	4	BENCANA ALAM
01/05/2023	KR 03 / KEUDE TANJUNG	5	POHON
06/05/2023	MK 04 / SM RAJA	176	TIDAK DITEMUKAN
11/05/2023	MB 08 / SUAK RAYA	5	TIDAK DITEMUKAN
24/05/2023	MB 08 / SUAK RAYA	5	TIDAK DITEMUKAN
19/06/2023	MK 05 / KOTA MEULABOH	10	POHON
23/06/2023	MB 06 / EXP KR 02	61	POHON

Sumber: Aplikasi DARA PLN Aceh, 2023[11]

Tabel 2. Rekap Gangguan

BULAN/ PENYEBAB	BENCANA ALAM	MATERIAL SUTM	PIHAK KE 3/ BINATANG	POHON	TIDAK DITEMUKAN	TRAFO	JUMLAH
JANUARI	-	1	2	3	3	-	9
FEBRUARI	1	2	4	5	1	-	13
MARET	-	1	2	4	1	-	8
APRIL	-	-	-	5	2	1	8
MEI	1	-	-	1	3	-	5
JUNI	-	-	-	2	-	-	2

Sumber: Aplikasi DARA PLN Aceh, 2023[11]



Gambar 2. Jumlah Padam

Sumber: Aplikasi DARA PLN Aceh, 2023[11]

Berdasarkan jumlah padam dan rekap penyebab gangguan pada bulan Januari dan Februari mengalami kenaikan yang sangat signifikan yaitu 9 gangguan pada bulan Januari dan 13 gangguan pada bulan Februari. Dari data tersebut dilakukan evaluasi dan tindak lanjut dengan dilakukan pemeliharaan pada penyulang 20 kv ULP Meulaboh Kota. Adapun pemeliharaan yang dilakukan adalah rabas pohon, penggantian material SUTM, pemasangan anti hewan pada material SUTM dan gardu. Setelah dilakukan pemeliharaan pada bulan Februari, indeks gangguan penyulang 20 kv ULP Meulaboh Kota mulai mengalami penurunan hingga pada bulan Juni hanya mengalami 2 kali gangguan.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pelanggan Padam dan Lama Padam

BULAN	PELANGGAN PADAM	PELANGGAN ULP	LAMA PADAM
Januari	30,156	48,327	1.88
Februari	45,769	48,483	1.08
Maret	14,524	48,596	0.48
April	26,776	48,675	1.52
Mei	16,444	48,695	3.25
Juni	12,623	49,028	1.18

Sumber: Aplikasi DARA PLN Aceh, 2023[11]

Tabel 4. Hasil Perhitungan SAIDI dan SAIFI

BULAN	PELANGGAN PADAM	PELANGGAN ULP	LAMA PADAM	SAIDI	SAIFI
Januari	30,156	48,327	1.88	0.12164	0.62400
Februari	45,769	48,483	1.08	0.08327	0.94402
Maret	14,524	48,596	0.48	0.01624	0.29887
April	26,776	48,675	1.52	0.09385	0.55010
Mei	16,444	48,695	3.25	0.47986	0.33769
Juni	12,623	49,028	1.18	0.17691	0.25747
TOTAL				0.97177	3.01215

Sumber: Aplikasi DARA PLN Aceh, 2023[11]

Berdasarkan standar SAIFI SAIDI SPLN 59:1985 indikator tersebut dikatakan andal jika nilai indeks SAIFI ≤ 2.415 pemadaman/ pelanggan/ tahun dan SAIDI ≤ 12.842 jam/ pelanggan/ tahun. Sehingga berdasarkan data yang di dapatkan pada penyulang 20 kV ULP Meulaboh nilai SAIFI sebesar 3.01215 dinyatakan belum handal karena di dapatkan hasil lebih besar dari nilai standar indeks yang di tetapkan, sementara untuk nilai SAIDI pada penyulang 20 kV ULP Meulaboh berada pada nilai 0.97177. Berdasarkan hasil perhitungan indeks SAIDI penyulang 20 kV ULP Meulaboh nilai indeks tersebut dinyatakan belum handal karena nilai SAIFI berada diatas standar yang telah di tetapkan.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Standar SAIFI SAIDI dan Hasil Perhitungan SAIDI SAIFI Penyulang 20 kV ULP Meulaboh

	SAIDI	SAIFI
Standar IEEE 1366-2019	≤ 1.5	≤ 1.5
Hasil Perhitungan	0.97177	3.01215

Sumber: Aplikasi DARA PLN Aceh, 2023[11] & [12]

Berdasarkan hasil perhitungan indeks SAIDI SAIFI kendalan sistem distribusi pasokan listrik penyulang 20 kV ULP Meulaboh dapat dinyatakan bahwa pelayanan kehandalan sistemnya adalah belum handal. Selama periode Januari hingga Juni 2023 gangguan yang terjadi di penyulang 20 kV ULP Meulaboh sebanyak 45 kali yaitu sebanyak 2 kali gangguan terjadi karena gangguan bencana alam, 4 kali akibat material rusak, 8 kali akibat hewan, 20 kali akibat terkena pohon, 1 kali akibat trafo rusak dan 1 kali tidak ditemukan.

$$\% \text{ gangguan bencana alam} = \frac{2}{45} \times 100\% = 4.44\%$$

$$\% \text{ gangguan material rusak} = \frac{4}{45} \times 100\% = 8.89\%$$

$$\% \text{ gangguan hewan} = \frac{8}{45} \times 100\% = 17.78\%$$

$$\% \text{ gangguan pohon} = \frac{20}{45} \times 100\% = 44.44\%$$

$$\% \text{ gangguan tidak ditemukan} = \frac{10}{45} \times 100\% = 22.22\%$$

$$\% \text{ gangguan trafo rusak} = \frac{1}{45} \times 100\% = 2.22\%$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat dilihat bahwa sebesar 44,44 % penyebab gangguan yang terjadi di penyulang 20 kV ULP Meulaboh diakibatkan gangguan oleh pohon, 22,22% gangguan tidak ditemukan dan 17,78% diakibatkan oleh gangguan hewan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil dari pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa perhitungan SAIDI dan SAIFI pada penyulang 20 kV ULP Meulaboh adalah SAIDI = 0.97177 jam/ pelanggan/ tahun dan SAIFI = 3.01215 pemadaman/ pelanggan/ tahun. Setelah dilakukan pemeliharaan pada bulan Februari, nilai SAIFI mengalami penurunan hingga bulan Juni, sedangkan nilai SAIDI mengalami naik turun dikarenakan dipengaruhi oleh lamanya pemadaman pada saat gangguan. Dan Selama 6 (enam) bulan penyebab gangguan banyak didominasi yang oleh pohon dengan total 20 gangguan, lalu disusul 10 gangguan tidak ditemukan dan 8 diakibatkan oleh hewan.

6. Daftar Pustaka

- [1] Martawijaya, A. (2023). Nalisa Peningkatan Kemampuan Pemeliharaan Preventif Sistem Jaringan Sutm 20 Kv Terhadap Nilai Saidi Saifi Pada Jaringan PT.PLN (Persero) Ulp Pelabuhan Ratu
- [2] Suprianto. (2015). Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Jurnal Distribusi. <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/sistem-distribusi-tenaga-listrik>
- [3] Pdkb.id. (2020) Sistem Tenaga Listrik.
- [4] Gunawan, S. M. & Santosa, J. (2013). Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150kv di Tallsa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan
- [5] Wibowo, S. S. (2018). *Analisa Sistem Tenaga: Analisa Sistem Tenaga* (Vol. 1). UPT Percetakan dan Penerbitan Polinema.
- [6] Marniati, Y. (2022). Analisis Penambahan Jurusan Gardu Distribusi I. 598 Pada Penyulang Apel PT. PLN Rayon Rivai Palembang. *Jurnal Tekno*, 19(2).
- [7] Kati, O., & Khafabin, A. Suparno, "Studi Evaluasi Distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) pada Gardu JPR 047 Penyulang Merak," *Elsains J*.
- [8] Kurniadi, F. (2020). Redesain penampang kabel wiring APP pelanggan TM untuk perbaikan akurasi pengukuran kWh. *Energi & Kelistrikan*, 12(2), 165-169.
- [9] Fayyadl, M., Sukmadi, T., & Winardi, B. (2011). *Rekonfigurasi jaringan distribusi daya listrik dengan metode algoritma genetika* (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip).
- [10] Aji, A. B., & Siti Malikhatun Badriyah, A. (2016). Perlindungan Hukum Bagi Konsumen Terhadap Pemadaman Listrik Oleh PT. Pln (Persero) Wilayah Jawa Tengah Area Salatiga. *Diponegoro Law Journal*, 5(3), 1-12.
- [11] Aplikasi DARA PLN Aceh.(2023). Laporan Gangguan
- [12] Teixeira, J., & Grid, N. (2019). IEEE 1366-Reliability Indices Some Important Definitions.
- [13] Harnoko S, & Sri Lestari. (2022). *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Penerbit Andi.
- [14] Kurniawan, D. F., Anisah, S., Aryza, S. (2022) Analisis Kinerja Penyulang Kota Bakongan Pt Pln (Persero) UP3 Subulussalam Pada SAIDI dan SAIFI
- [15] Levitt, J. (2011). Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance. Industrial Press.
- [16] PT PLN (Persero). 2010. Buku 5 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik. Jakarta : PT PLN (Persero)
- [17] PT PLN (Persero). 2010. Buku 3 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah Tenaga Listrik. Jakarta : PT PLN (Persero)
- [18] PT PLN (Persero). 2010. Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi Dan Gardu Hubung Tenaga Listrik. Jakarta : PT PLN (Persero)