

Analisis Sistem Konfigurasi Jaringan Distribusi Penyulang 20 KV di PT.PLN (Persero) ULP Pakam Kota Untuk Kehandalan Jaringan Tenaga Listrik

Zulkarnain Lubis, Abendanon Siagian

Program Studi Teknik Elektro UISU

lubisdrzulkarnain@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan mengetahui sistem konfigurasi jaringan 20kV di PT. PLN (Persero) ULP Pakam Kota yang memiliki total 15 sumber jaringan 20 kV (15 Penyulang 20kV) untuk mensuplai listrik di wilayah kerja PLN ULP Pakam Kota yang terdiri dari 5 Kecamatan yang berada di Kabupaten Deli Serdang yakni Kecamatan Lubuk Pakam, Kecamatan Pagar Merbau, Kecamatan Beringin, Kecamatan Pantai Labu, dan Kecamatan Batang Kuis. Selain mengaliri listrik untuk masyarakat umum wilayah kerja ULP Pakam kota juga memiliki banyak pelanggan-pelanggan objek vital seperti Bandara Kuala Namu, Kantor Bupati Deli Serdang, POLRESTA Deli Serdang, RSU Medistra, RSUD H. Amri Tambunan, RSU Sari Mutiara, Kejaksaan Negeri Deli Serdang. KODIM 0204 Deli Serdang, Kantor DPRD Deli Serdang, BNN Deli Serdang & Lapas Kelas IIB Lubuk Pakam. Dengan demikian kesediaan pasokan tenaga listrik yang handal menjadi poin utama untuk menjamin kepuasan terhadap pelanggan. Kehandalan sistem tenaga listrik dapat dinilai saat keadaan beroperasi normal, pasca gangguan & saat pemeliharaan jaringan. Dengan adanya analisis sistem konfigurasi jaringan, akan dapat diketahui kualitas dari sistem jaringan distribusi total 15 penyulang 20 kV dan dapat menyelamatkan Energy Not Supplied yang diakibatkan oleh gangguan dengan cara manuver jaringan.

Kata Kunci: Konfigurasi, Energy Not Supplied, Penyulang,

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kinerja sistem distribusi merupakan tingkat keberhasilan sebuah sistem atau bagian dari sebuah sistem, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada waktudan kondisi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat kinerja dari sebuah sistem, perlu dilakukan kajian berupa perhitungan dan analisa terhadap tingkat keberhasilan pada sistem yang ditinjau pada periode tertentu, untuk kemudian dibandingkan dengan standar yang sudah ditetapkan sebelumnya. Kontinuitas pelayanan merupakan salah satu unsur dari kualitas pelayanan, dan kesemuanya tergantung pada jenis dan tipe penyalur dan peralatan pengaman yang digunakan. Jaringan distribusi sebagai sarana penyalur energi listrik mempunyai tingkat kontinuitas pelayanan secara terus menerus. Kehandalan sistem jaringan tenaga listrik menjadi poin utama dalam pelayanan terhadap seluruh pelanggan PLN yang ada khususnya di wilayah kerja ULP Pakam Kota. Tingkat kehandalan harus diperhatikan mulai dari sistem beroperasi secara normal, pasca gangguan, maupun saat akan dilakukan pemeliharaan. Dengan mengetahui sistem konfigurasi jaringan penyulang 20 kV PT.PLN (Persero) ULP Pakam Kota dengan total 15 sumber penyulang yakni, penyulang TW.01, PC.03, PU.02, KL.01, KL.02, KU.01, KU.02, KU.03, KA.01, KA.02, KA.04, ST.01, ST.02, SR.03 & SN.01 yang di suplai dari 4 gardu induk yakni Gardu Induk Tanjung

Morawa, Gardu Induk Perbaungan, Gardu Induk Kuala Namu & Gardu Induk Sei Rotan yang masing-masing penyulang memiliki sistem yang berbeda-beda dalam hal pendistribusiannya. Sistem konfigurasi itu meliputi sistem konfigurasi jaringan distribusi radial, sistem konfigurasi jaringan distribusi loop, sistem konfigurasi jaringan distribusi spindle & sistem konfigurasi jaringan distribusi gugus.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sistem konfigurasi jaringan penyulang 20kV di PT. PLN (Persero) ULP Pakam Kota?
2. Bagaimana sistem jaringan tenaga listrik di PT. PLN (Persero) ULP Pakam Kota jika ada penyulang yang mengalami Gangguan ataupun akan dilakukan pemeliharaan jaringan sehingga wilayah terdampak gangguan tidak meluas

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sistem konfigurasi jaringan ditribusi penyulang 20kV di wilayah kerja PT.PLN (Persero) ULP Pakam Kota
2. Menegetahui skema manuver penyulang 20 kV apabila terjadi gangguan maupun pelaksanaan pemeliharaan jaringan

1.4 Manfaat

1. Jika terjadi gangguan dapat mengurangi wilayah terdampak pada akibat gangguan yang ditimbulkan
2. Jika dilakukan pemeliharaan jaringan listrik yang membutuhkan pada jaringan dapat memperkecil wilayah terdampak padam dengan manuver jaringan

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Fungsi utama sistem distribusi ialah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk distribusi (*distribution substation*) kepada pelanggan listrik dengan mutu pelayanan yang memadai. Salah satu unsur dari mutu pelayanan adalah kontinuitas pelayanan yang tergantung pada topologi dan konstruksi jaringan serta peralatan tegangan menengah. Masalah utama dalam menjalankan fungsi jaringan distribusi tersebut adalah mengatasi gangguan dengan cepat mengingat gangguan yang terbanyak dalam sistem tenaga listrik terdapat dalam jaringan distribusi, khususnya jaringan tegangan menengah. Pada sistem distribusi tenaga listrik, tingkat kehandalan adalah hal yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem tersebut. Kehandalan ini dapat ditinjau dari sejauh mana suplai tenaga listrik dapat mensuplai secara kontinu ke konsumen. Permasalahan yang paling mendasar pada sistem distribusi tenaga listrik adalah terletak pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan. Prakiraan kehandalan didasarkan pada sejumlah faktor diantaranya adalah karakteristik operasinya, kondisi operasi dan distribusi keagalannya. Jadi, langkah pertama untuk memperkirakan kehandalan sistem distribusi adalah menentukan karakteristik operasi dari komponen-komponennya.

2.2 Jenis-Jenis Konfigurasi Jaringan Distribusi

a. Konfigurasi Jaringan Distribusi Radial

Jaringan distribusi radial merupakan jaringan bentuk dasar, paling sederhana dan paling banyak digunakan. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu, dan dicabang-cabang ketitik-titik beban yang dilayani seperti jaringan distribusi radial.

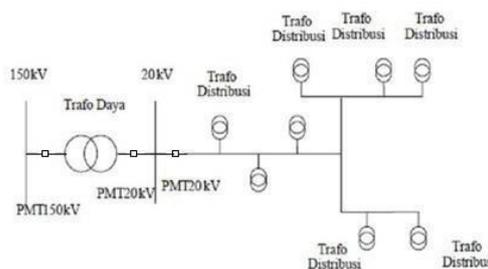
Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya pencabangan-pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi tidak sama besar. Oleh karena kerapatan arus (beban) pada setiap titik sepanjang saluran tidak sama besar, maka luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak harus sama. Maksudnya, saluran utama (dekat sumber) yang menanggung arus beban besar, ukuran penampangnya relatif besar, dan saluran cabang-cabangnya makin keujung dengan arus beban yang lebih kecil, ukurannya lebih kecil pula.

Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah: Kelebihan:

1. Bentuknya sederhana.
2. Biaya investasinya relatif murah.

Kelemahan:

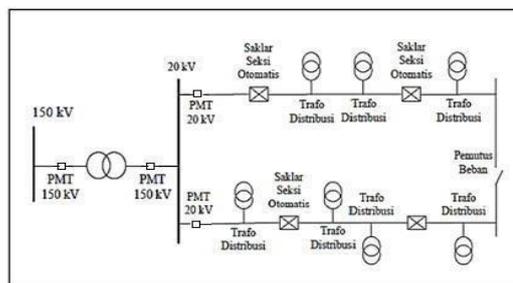
1. Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
2. Kontinuitas pelayanan daya tidak terjamin, sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan, maka seluruh rangkaian sesudah titik gangguan akan mengalami *blackout* secara total



Gambar 1. Konfigurasi Jaringan Radial

b. Konfigurasi Jaringan Distribusi Lingkaran (Loop)

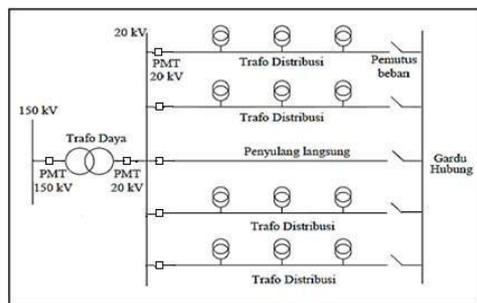
Pada jaringan tegangan menengah struktur lingkaran (*Loop*) dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relatif lebih baik. Keuntungan lain dari sistem *loop* ini diantaranya dapat menyalurkan daya listrik melalui satu atau dua saluran *feeder* yang saling berhubungan, bila terjadi gangguan pada saluran maka saluran yang lain dapat menggantikan untuk menyalurkan daya listrik, bila digunakan dua sumber pembangkit, kapasitas tegangan lebih baik dan regulasi tegangan cenderung kecil. Sama halnya dengan konfigurasi jaringan yang lain, selain memiliki keuntungan-keuntungan di atas, jaringan *loop* ini juga memiliki kekurangan, antara lain drop tegangan yang semakin besar dan bila beban yang dilayani bertambah, maka kapasitas pelayanan akan lebih jelek.



Gambar 2. Konfigurasi jaringan Loop

c. Konfigurasi Jaringan Distribusi Spindel

Sistem spindel adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola radial dan *loop*. Pada jaringan spindel biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (*express feeder*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Keuntungan dan kerugian dalam sistem ini antara lain dari segi teknis lebih handal karena memiliki penyulang langsung (*expressfeeder*), pada kondisi normal *express feeder* tidak menampung beban sama sekali, jika *express feeder* lebih besar dari pada *feeder* atau penyulang lain yang beroperasi akan lebih maksimal, dan lebih mudah bila jumlah *feeder* dalam satu spindel kurang dari empat *feeder*.

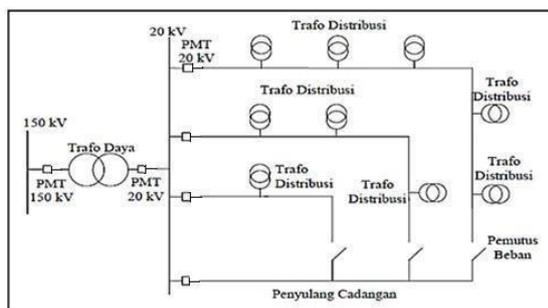


Gambar 3. Konfigurasi Jaringan Spindel

d. Konfigurasi Jaringan Distribusi Gugus

Konfigurasi gugus banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat saklar pemutus beban dan penyulang cadangan. Dimana penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai ke konsumen.

Sistem ini memiliki keuntungan sistem operasi yang lebih mudah disbanding dengan system spindle, tidak memerlukan tempat *switching* atau gardu hubung dalam satu tempat, panjang jaringan bisa lebih pendek untuk kawasan yang sama.



Gambar 4. Konfigurasi Jaringan Gugus

2.3 Gangguan Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem distribusi adalah terganggunya sistem tenaga listrik yang menyebabkan bekerjanya rele pengaman penyulang untuk membuka circuit breaker di gardu induk yang menyebabkan terputusnya suplai tenaga listrik. Hal ini untuk mengamankan peralatan yang dilalui arus gangguan tersebut dari kerusakan. Sehingga fungsi dari peralatan pengaman adalah untuk mencegah kerusakan peralatan. Sumber gangguan pada jaringan distribusi dapat berasal dari dalam sistem maupun dari luar sistem.

1. Gangguan dari dalam sistem antara lain:
 - a. Tegangan lebih atau arus lebih
 - b. Pemasangan yang kurang tepat
 - c. Usia peralatan atau komponen
2. Gangguan dari luar sistem antara lain:
 - a. Dahan/ranting pohon yang mengenai SUTM
 - b. Sambaran petir
 - c. Cuaca ekstrim
 - d. Kerusakan peralatan
 - e. Gangguan binatang
 - f. Gangguan papan reklame
 - g. Gangguan pembangunan/renovasi gedung

Berdasarkan sifatnya, gangguan sistem distribusi dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Gangguan Temporer

Gangguan yang bersifat sementara karena dapat hilang dengan sendirinya dengan cara memutuskan bagian yang terganggu sesaat, kemudian menutup balik kembali, baik secara otomatis maupun secara manual oleh operator.
2. Gangguan Permanen

Gangguan bersifat tetap, sehingga untuk membebaskannya perlu tindakan perbaikan atau penghilangan penyebab gangguan. Hal ini ditandai dengan

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

- a. Metode literature

Yaitu suatu teknik pengumpulan data dengan jalan membaca dan menelusuri literatur yang berkaitan dengan permasalahan. Seperti buku-buku, beberapa jurnal karya ilmiah maupun situs-situs internet
- b. Metode Observasi

Yaitu suatu teknik pengumpulan data terhadap sistem konfigurasi jaringan distribusi listrik, dengan melakukan pengamatan langsung terhadap sistem konfigurasi jaringan pada distribusi listrik

c. Metode Diskusi

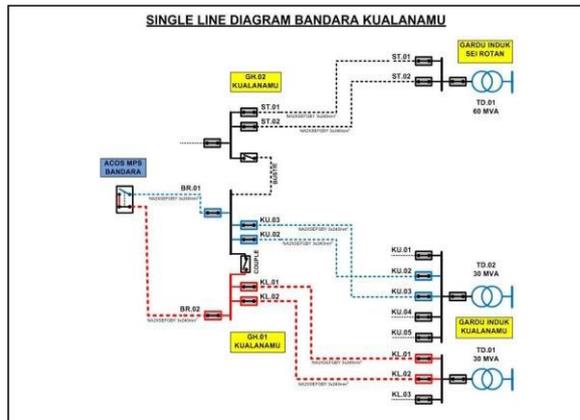
Yaitu teknik pengambilan data dengan cara melakukan interview atau wawancara langsung dengan ahli bidang kelistrikan.

3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah data terupdate bulan Juni 2023 pada penyulang 20 kV di PT.PLN (Persero) UID Sumatera Utara, UP3 Lubuk Pakam, ULP Pakam Kota terupdate pada tiap masing-masing penyulang,yang yakni:

- a. Data Penyulang 20 kV beserta sumbernya
- b. Single Line Diagram penyulang 20kV PT.PLN (Persero) ULP Pakam Kota
- c. Data beban perpenyulang 20kV PTPLN (Persero) ULP Pakam Kota
- d. Data Switching terpasang pada penyulang 20kV PT.PLN (Persero) ULP Pakam Kota

4.3 Single Line Diagram Penyulang Bandara Kualanamu (KL01, KL.02, KU02,KU03,ST.01 & ST.02)



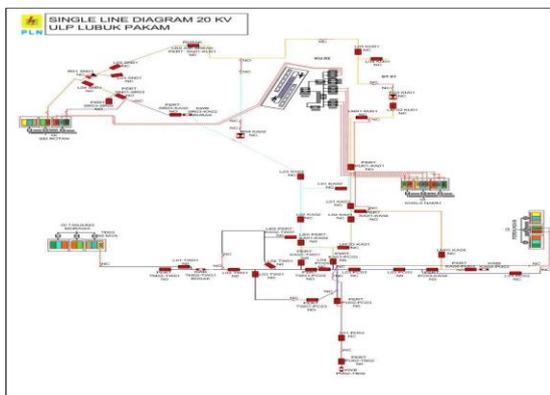
Gambar 6. Single Line Diagram Penyulang Bandara Kualanamu

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penyulang 20 kV ULP PT. PLN (Persero) ULP Pakam Kota beserta Sumbernya

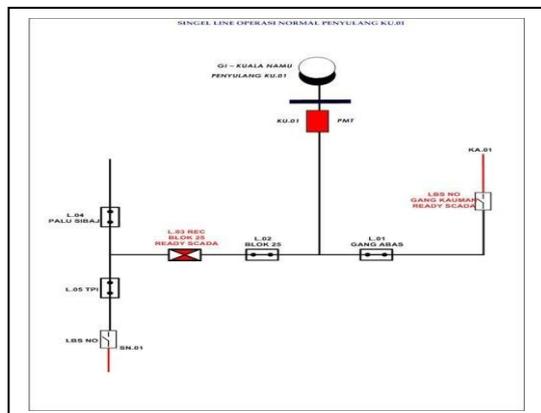
Gardu Induk	Nama Penyulang	Suplai Trafo Daya	Kapasitas Trafo Daya
Kualanamu	KL.01	TD01	30MVA
	KL.02		
	KU.01	TD02	30MVA
	KU.02		
	KU.03		
SeiRotan	KA.01	TD03	60MVA
	KA.02		
	KA.04		
	ST.01		
Perbaungan	SN01	TD02	60MVA
	PC.03		
	PU.02		
Tanjung Morawa	TW.01	TD03	60MVA

4.2 Single Line Diagram Keseluruhan Penyulang 20 kV PT. PLN (Persero) ULP Pakam Kota



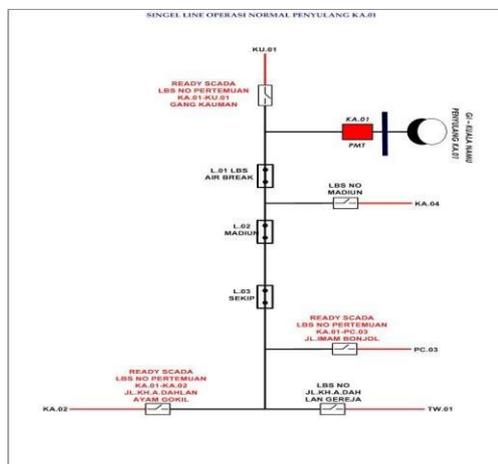
Gambar 5. Single line diagram

4.4 Single line diagram penyulang KU.01



Gambar 7. Single line diagram penyulang KU.01

4.5 Single line diagram penyulang KA.01



Gambar 8. Single line diagram penyulang KA.01

4.6 Data beban penyulang 20Kv PT.PLN (Persero) ULP Pakam Kota

Tabel 1. Data beban di penyulang 20 kV

Gardu Induk	Nama Penyulang	LWBP	WBP
Kualanamu	KL.01	73	83
	KL.02	73	83
	KU.01	197	213
	KU.02	7	7
	KU.03	7	7
	KA.01	146	206
	KA.02	104	150
Sei Rotan	KA.04	97	123
	ST.01	20	20
	ST.02	20	20
	SR.03	45	60
Perbaungan	SN01	105	155
	PC.03	48	69
	PU.02	46	83
Tanjung Morawa	TW.01	166	175

4.7 Perhitungan ENS (Energy Not Supplied)

ENS (*Energy Not Supplied*) merupakan penjumlahan dari daya yang tidak tersuplai kepada pelanggan selama periode tertentu. Ini didefinisikan sebagai penjumlahan energi tidak diberikan karena gangguan atau pemeliharaan pada jaringan.

$$ENS = \sum [\text{Gangguan(kW)} \times \text{Durasi(h)}]$$

Pada tanggal 16 Mei 2023 dilakukan manuver jaringan tegangan menengah dari penyulang KU.01 ke penyulang KA.01 yang diakibatkan karena gangguan Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM) pada penyulang KU.01 kontak dengan beban penyulang 213 A, tegangan 20.000 V. Dalam keadaan normal untuk perbaikan kabel yang kontak tersebut membutuhkan waktu selama 1x24 Jam,

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \phi \times \sqrt{3} \\ &= 20.000V \times 213A \times 0,85 \times 1,732 \\ &= 6.271.570 \text{ W} \\ &= 6.271,57 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ENS &= \sum [6.271,57 \text{ kW} \times 24 \text{ Jam}] \\ &= 150.517,68 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Jadi energy yang tidak terjual pasca gangguan yang terjadi pada periode tersebut adalah:

$$\begin{aligned} \text{kWh} \times \text{Tarif Dasar Listrik} \\ &= 150.517,68 \text{ kWh} \times \text{Rp.1444,-} \\ &= \text{Rp. 217.347.529,92} \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Sistem konfigurasi jaringan di PT.PLN (Persero) ULP Pakam Kota cukup baik dengan sistem konfigurasi jaringan Ring sebanyak 9 penyulang (KU.01,KA.01, KA.02, KA.04, PC.03, PU.02, SN.01, SR.03) dan sistem konfigurasi Spindle sebanyak 9 penyulang (KL.01, KL.02,KU.02,KU.03, ST.01,ST.02)
2. Keseluruhan penyulang di PT.PLN (Persero) ULP Pakam Kota sudah memiliki penyulang cadangan apabila dibutuhkan untuk kegiatan manuver jaringan.
3. Berdasarkan perhitungan yang diperoleh dari kegiatan manuver di penyulang KU.01 akibat gangguan Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM) yang kontak diperoleh energi terselamatkan selama 1x24 Jam sebesar 150.517,68kWh atau sebesar Rp.225.776.520.

5.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan evaluasi berkala pada sistem konfigurasi jaringan PTPLN (Persero) ULP Pakam Kota setiap tahunnya menimbang peningkatan jumlah pelanggan yang sangat tinggi untuk dapat direncanakan penguatan sistem jaringan di masa yang akan datang.
2. Updating single line diagram penyulang 20kV harus dilakukan setiap bulannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. R. Harahap, H. Farizi, S. T. Kasim, and H. S. Syafruddin, 2022, *Analisis Indeks Keandalan Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Penyulang Ka. 1, KU. 1 DAN TW. 1 DI PT. PLN (Persero) UP3 LUBUK PAKAM,* in Seminar Nasional Teknik (SEMNASSTEK) UISU, pp. 140–150.
- [2]. O. Y. Bonat, P. E. Pambudi, and B. Firman, 2018, *Analisis Keandalan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 20 kv menggunakan Indeks Saidi & saifi pada pt. Pln (persero) apj Yogyakarta,* J. Elektr., vol. 5, no. 1, pp. 12–17.
- [3]. D. Candra, R. Gianto, and M. I.Arsyad, *Evaluasi Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 kv Penyulang Imbon di PT. PLN (persero) ULP kota,* J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura, vol. 2, no. 1.
- [4]. S. Salahuddin, R. Rolianda, and B. Badriana, *Konfigurasi Ulang Jaringan Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Newton Raphson,* J. Energi Elektr., vol. 9, no. 2, pp. 1–7, 2021.

- [5]. J. M. Siburian, T. Siahaan, and J. Sinaga, 2020, *Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20kv Dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (Persero) ULP Medan Baru,*” J.Tekno. Energi Uda J. Tek. Elektro, vol. 9, no. 1, pp. 8–19.
- [6]. E. Widodo, 2019, *Analisis Pengaruh Manuver Jaringan 20 kV GI Sragen terhadap Susut Daya.*” Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7]. H. N. QASTHARI, *Analisis Keandalan Sistem Jaringan Dsitribusi 20 Kv Menggunakan Sectionilizer Dengan Menggunakan Section Technique (Studi Kasus: PT. PLN (Persero) Rayon Rumbai feeder Rusa).*” Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2021.