

REKONFIGURASI SALURAN UDARA PADA PENYULANG JARINGAN TEGANGAN MENENGAH UNTUK MENGURANGI *DROP* TEGANGAN DI PT. PLN (PERSERO) ULP PACET

Irma Rizky Aprillia^{1*}, Irfan Fikri Akmalia², Diyah Ayu Wulandari³, Sujito⁴

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang; Jln. Semarang 5, Kota Malang; 65145

Riwayat artikel:

Received: 22 November 2022

Accepted: 29 Desember 2023

Published: 1 Januari 2024

Keywords:

Feeder Reconfiguration;

Voltage Drop;

Technical loss.

Correspondent Email:

sujito.ft@um.ac.id

Abstrak. Peningkatan jumlah pelanggan pada Jaringan Tegangan Menengah di wilayah Penyulang Gading telah mendekati batas standar yang diizinkan. Dalam rangka mengatasi permasalahan ini, rekonfigurasi penyulang Gading menjadi suatu langkah yang diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai losses dan drop tegangan terkecil pada titik pemindahan beban rekonfigurasi penyulang, khususnya dengan memindahkan sebagian beban dari Penyulang Gading ke Penyulang Sumber Glagah. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi lonjakan tegangan yang mungkin terjadi akibat penambahan pelanggan baru di kawasan Penyulang Gading. Metode yang digunakan mencakup studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, dan langkah-langkah sistematis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rekonfigurasi menyebabkan pengurangan drop tegangan pada penyulang Sumber Glagah dan Gading, dengan nilai drop tegangan penyulang Sumber Glagah berkurang dari 0,264% menjadi 0,208%. Implikasinya, rekonfigurasi tersebut dapat dianggap sebagai solusi efektif untuk meningkatkan kinerja jaringan distribusi listrik di wilayah tersebut.

Abstract. The number of customers in the Medium Voltage Network in the Gading Substation area has been steadily increasing, approaching the allowed standards. In response to this issue, the reconfiguration of the Gading Substation becomes necessary. This study aims to determine the minimum values of losses and voltage drops at the load transfer point of the Gading Substation reconfiguration, specifically by transferring a portion of the load from the Gading Substation to the Glagah Source Substation. The objective is to anticipate potential voltage surges due to the addition of new customers in the Gading Substation area. The methods employed include literature review, data collection, data processing, and systematic steps. The research results indicate a reduction in voltage drop at both the Glagah Source and Gading substations after the reconfiguration. The drop in voltage at the Glagah Source Substation decreased from 0.264% to 0.208%. Consequently, the reconfiguration is deemed an effective solution to enhance the performance of the electrical distribution network in the area..

1. PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan yang dapat diandalkan dan penyediaan energi listrik dengan standar kualitas yang tinggi memiliki dampak yang signifikan terhadap kelangsungan hidup masyarakat modern. Banyak orang saat ini menggunakan perangkat elektronik yang memerlukan sumber daya listrik [1]. Dengan meningkatnya penggunaan peralatan elektronik, hal ini akan menyebabkan peningkatan kebutuhan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan akan dialirkan melalui sistem transmisi dan distribusi sebelum mencapai konsumen, baik itu rumah tangga maupun industri [1].

Drop tegangan menjadi parameter yang sangat menentukan dalam menilai keberhasilan operasional sistem tenaga listrik. Istilah "*drop* tegangan" mengacu pada besaran dari kehilangan tegangan yang terjadi pada suatu penghantar dalam struktur sistem tersebut. Pengukuran ini menjadi penting untuk mengevaluasi efisiensi dan keandalan operasional, serta merupakan aspek yang sangat signifikan dalam analisis kualitas sistem tenaga listrik [2].

Terkadang, dalam sistem distribusi listrik, *drop* tegangan dapat terjadi pada ujung penyulang. Salah satu cara untuk mengurangi *drop* tegangan adalah dengan melakukan rekonfigurasi jaringan. Rekonfigurasi jaringan dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti merubah diameter penghantar, memasang transformator sisip, dan memasang kapasitor bank [3].

Sistem distribusi tenaga listrik mencakup semua Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV dan semua Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt, hingga mencapai meter pelanggan. Proses pendistribusian daya listrik melibatkan penggunaan kawat distribusi yang dipasang di udara dan penggunaan penghantar bawah tanah dari gardu induk hingga pusat-pusat beban. Sementara itu, tenaga listrik dengan tegangan menengah (20 KV) dan tinggi (150 KV) difokuskan pada fungsi penyaluran (distribusi dan transmisi) untuk meningkatkan keandalan sistem dengan mengurangi kerugian daya dan meningkatkan tingkat keandalan penyaluran [4].

Hal yang perlu diperhatikan dalam pendistribusian tenaga listrik adalah rugi-rugi daya atau susut energi. Rugi-rugi daya merujuk

pada kerugian energi yang timbul karena adanya kehilangan daya dalam jaringan, termasuk kehilangan daya aktif dan reaktif [5]. Rugi daya atau susut daya listrik mengacu pada penurunan daya listrik yang terjadi selama perjalanan distribusi dari unit pembangkit ke beban. Fenomena ini disebabkan oleh resistansi penghantar yang dipengaruhi oleh arus dan tegangan selama proses penyaluran energi listrik [6].

Untuk mengurangi terjadinya *drop* tegangan maka salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan rekonfigurasi penyulang pada saluran tersebut. Rekonfigurasi jaringan distribusi adalah suatu proses yang melibatkan penyesuaian nilai arus dan impedansi pada penyulang, serta pemindahan sumber daya dari suatu titik beban trafo distribusi ke penyulang yang berbeda [3]. Rekonfigurasi jaringan dilaksanakan dengan dua tujuan utama, yaitu mengurangi kehilangan daya dalam sistem (*reduction of losses*) dan mencapai distribusi beban yang seimbang untuk mencegah beban yang berlebihan pada jaringan (*load balancing*) [7].

Pada Penyulang Gading nilai *drop* tegangan sudah hampir mencapai standar yang diperbolehkan. Pelanggan Jaringan Tegangan Menengah pada wilayah Penyulang Gading terus mengalami peningkatan.

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan rekonfigurasi penyulang Gading dengan mengidentifikasi nilai *losses* dan *drop* tegangan minimal pada titik pemindahan beban saat rekonfigurasi penyulang. Penyulang Gading akan dipindahkan sebagian bebannya ke Penyulang Sumber Glagah yang bertujuan untuk mengantisipasi adanya pelanggan baru jaringan tegangan menengah 20 kV di kawasan Penyulang Gading sehingga tidak akan mengalami lonjakan tegangan yang cukup besar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Drop* Tegangan

Selisih antara tegangan di ujung pengirim dengan tegangan di ujung penerima, atau dikenal sebagai tegangan *drop*, merupakan besaran tegangan yang hilang pada penghantar listrik selama proses pengiriman energi [8]. Arus yang mengalir melalui tahanan kawat

merupakan penyebab dari terjadinya penurunan tegangan dalam jaringan [9].

2.2. Susut energi

Losses atau yang sering disebut susut energi merupakan suatu fenomena yang tidak dapat dihindari dalam setiap proses distribusi energi listrik [10]. Rugi daya atau susut daya listrik merujuk pada daya yang hilang selama proses pengiriman daya listrik dari sumber daya utama ke suatu beban [3].

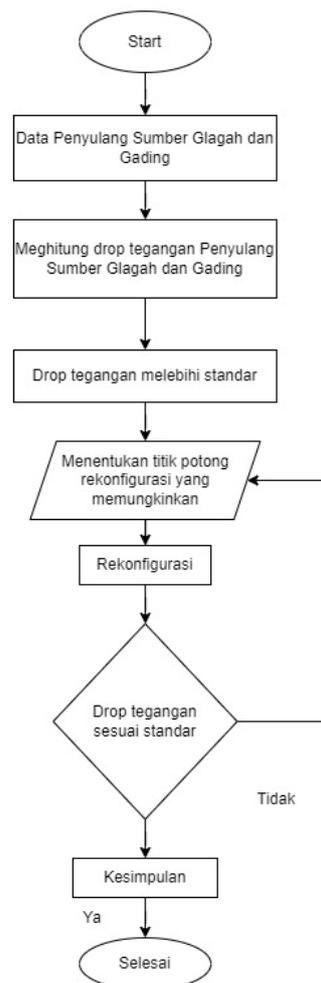
2.3. Rekonfigurasi Saluran

Rekonfigurasi jaringan adalah suatu proses di mana struktur topologi dari penyulang distribusi dibentuk ulang dengan mengubah status saklar [2]. Proses mengatur ulang konfigurasi jaringan distribusi dengan melakukan penambahan switch yang terdapat pada jaringan distribusi dengan pensaklaran

yang terkontrol secara jarak jauh dengan tujuan menurunkan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi dan untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi disebut dengan rekonfigurasi jaringan [11]. Proses rekonfigurasi dapat melibatkan tindakan seperti pengaturan ulang saklar pemisah, penggantian penghantar, atau pembuatan saluran baru [12].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di wilayah kerja PT.PLN (Persero) ULP Pacet yang mana fokus utama pada penelitian ini terletak pada penyulang Sumber Glagah dan penyulang Gading. Penelitian ini bertujuan untuk menilai dampak rekonfigurasi jaringan terhadap penurunan tegangan di Penyulang Sumber Glagah dan Penyulang Gading, sesuai dengan standar yang telah ditetapkan setelah proses rekonfigurasi dilakukan.

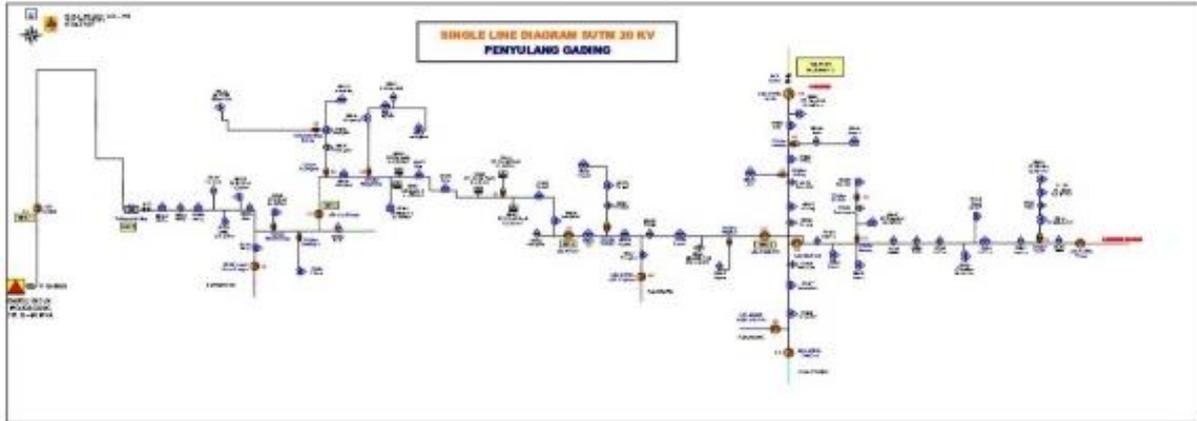


Gambar 3. 1 Alur analisis penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Single line diagram penyulang Gading sebelum dilakukan rekonfigurasi

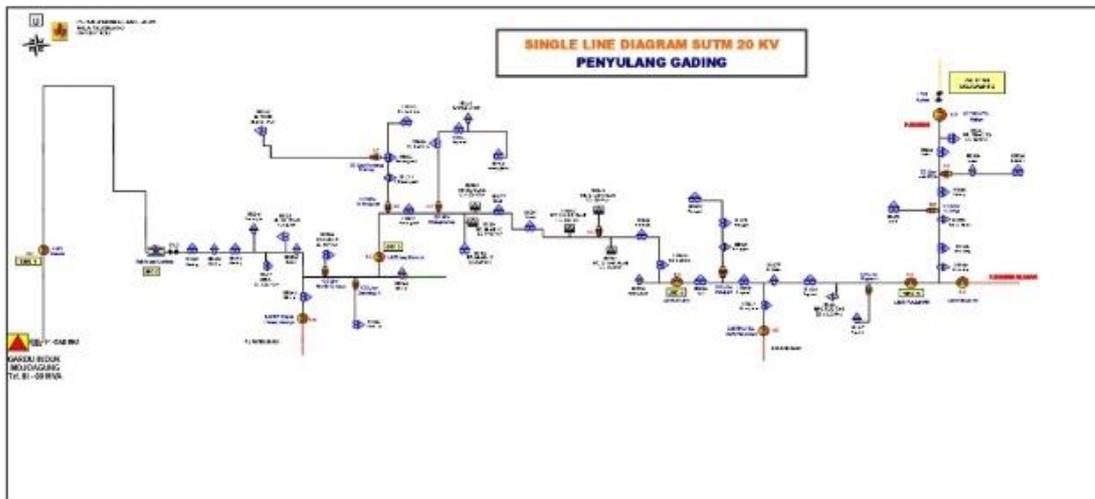
4.1. Data Penyulang Gading



Gambar 4. 1 SLD penyulang Gading sebelum rekonfigurasi
Sumber PT. PLN (Persero) ULP Pacet

Sebelum dilakukan rekonfigurasi, penyulang Gading menyalurkan energi sampai LBS Kopel Wates dan LBS Kopel Kemasantani.

Single Line diagram penyulang Gading setelah dilakukan rekonfigurasi



Gambar 4. 2 SLD penyulang Gading setelah rekonfigurasi
Sumber PT. PLN (Persero) ULP Pacet

Setelah dilakukan rekonfigurasi. Penyulang Gading hanya menyalurkan sampai ke LBS Mbak Sri.

Data nilai arus penyulang Gading sebelum dilakukan rekonfigurasi

Penyulang	Siang		Malam	
	Arus	MW	Arus	MW
Gading	155	5,38	157	5,44

Tabel 4. 1 Data nilai arus penyulang Gading sebelum rekonfigurasi

Data nilai arus penyulang Gading setelah dilakukan rekonfigurasi

Penyulang	Siang		Malam	
	Arus	MW	Arus	MW
Gading	140	4,86	130	4,51

Tabel 4. 2 Data nilai arus penyulang Gading setelah rekonfigurasi

4.2. Perhitungan Drop Tegangan Penyulang Gading

Sebelum dilakukan rekonfigurasi Drop tegangan pada penyulang Gading siang hari

$$Vr = \frac{\sqrt{3} \times 2,65 \times 10^{-8} \times 135 \times 155 \times 0,80}{150 \times 10^{-6}} [2]$$

$$Vr = \frac{7,683 \times 10^{-4}}{150 \times 10^{-6}}$$

$$Vr = 5,122 V$$

Drop tegangan pada penyulang Gading malam hari

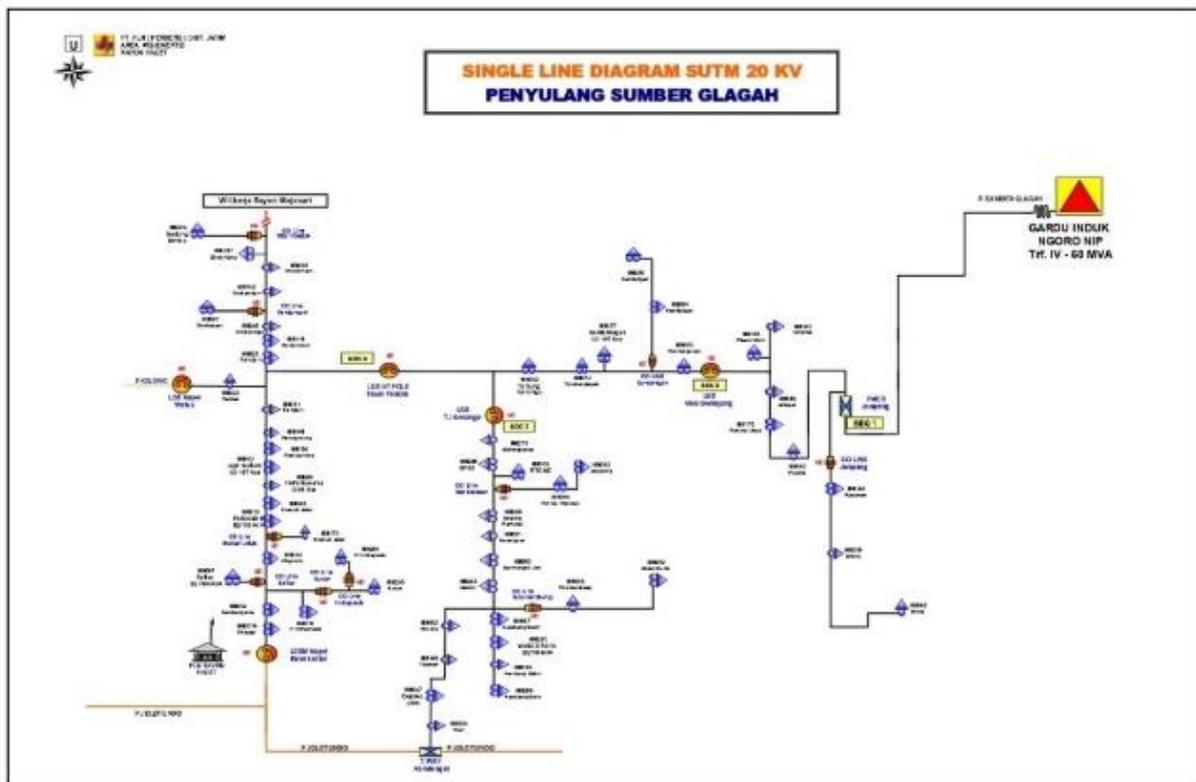
$$Vr = \frac{\sqrt{3} \times 2,65 \times 10^{-8} \times 135 \times 157 \times 0,80}{150 \times 10^{-6}} [2]$$

$$Vr = \frac{7,782 \times 10^{-4}}{150 \times 10^{-6}}$$

$$Vr = 5,188 V$$

4.3. Data Penyulang Sumber Glagah

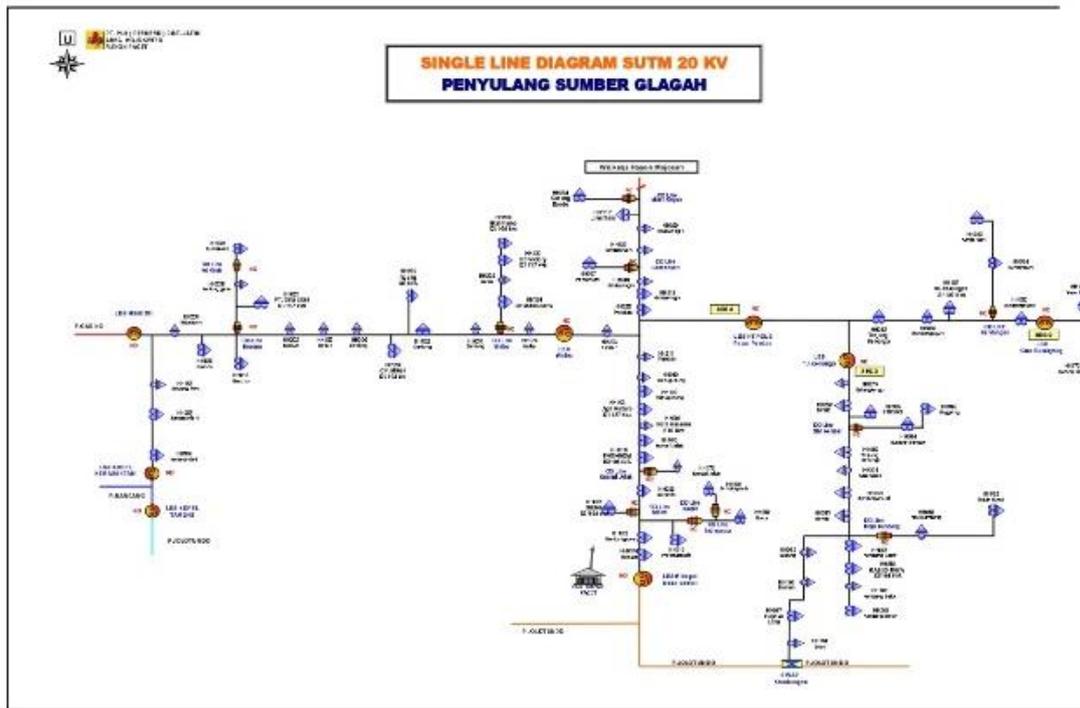
Single line diagram penyulang Sumber Glagah sebelum dilakukan rekonfigurasi



Gambar 4. 3 SLD penyulang Sumber Glagah sebelum rekonfigurasi Sumber PT. PLN (Persero) ULP Pacet

Sebelum dilakukan rekonfigurasi, penyulang Sumber Glagah hanya menyalurkan sampai LBS Kopel Wates.

Single Line diagram penyulang Gading setelah dilakukan rekonfigurasi



Gambar 4. 4 SLD penyulang Sumber Glagah sesudah rekonfigurasi Sumber PT. PLN (Persero) ULP Pacet

Setelah dilakukan rekonfigurasi, penyulang Sumber Glagah mendapat tambahan saluran dari penyulang Gading. Sehingga, penyulang Sumber Glagah LBS Mbak Sri dan LBS Kemasantani.

Data nilai arus penyulang Sumber Glagah sebelum dilakukan rekonfigurasi

Penyulang	Siang		Malam	
	Arus	MW	Arus	MW
Sumber Glagah	65	2,25	160	5,55

Tabel 4. 3 Data nilai arus penyulang Sumber Glagah sebelum rekonfigurasi

Data nilai arus penyulang Sumber Glagah setelah dilakukan rekonfigurasi

Penyulang	Siang		Malam	
	Arus	MW	Arus	MW
Sumber Glagah	89	3,09	126	4,37

Tabel 4. 4 Data nilai arus penyulang Sumber Glagah setelah rekonfigurasi

4.4. Perhitungan Drop Tegangan Penyulang Gading

Drop tegangan pada penyulang Sumber Glagah siang hari

$$Vr = \frac{\sqrt{3} \times 2,65 \times 10^{-8} \times 135 \times 89 \times 0,80}{150 \times 10^{-6}} [2]$$

$$Vr = \frac{4,411 \times 10^{-4}}{150 \times 10^{-6}}$$

$$Vr = 2,941 V$$

Drop tegangan pada penyulang Sumber Glagah malam hari

$$Vr = \frac{\sqrt{3} \times 2,65 \times 10^{-8} \times 135 \times 126 \times 0,80}{150 \times 10^{-6}} [2]$$

$$Vr = \frac{6,245 \times 10^{-4}}{150 \times 10^{-6}}$$

$$Vr = 4,163 V$$

4.5. Analisa Hasil

Setelah dilakukan perhitungan drop tegangan pada setiap penyulang dalam kondisi siang dan malam hari di dapat hasil berikut:

Nama Penyulang	Sebelum	Sesudah
	Malam	Malam
Sumber Glagah	5,287 V	4,163 V
Gading	5,188 V	4,296 V

Tabel 4. 5 Analisa Hasil

Dari analisa di atas dapat dilihat terjadi pengurangan drop tegangan pada penyulang Sumber Glagah dan Gading setelah dilakukan rekonfigurasi. Hal ini

menunjukkan bahwa salah satu cara untuk melakukan pengurangan *drop* tegangan adalah dengan melakukan rekonfigurasi penyulang.

Besar *drop* tegangan sebelum dilakukan rekonfigurasi pada penyulang Sumber Glagah pada kondisi malam hari adalah sebesar

$$\% \Delta v = \frac{5,287}{20} \times 100\% [2]$$

$$\% \Delta v = 0.264\%$$

Besar *drop* tegangan setelah dilakukan rekonfigurasi pada penyulang Sumber Glagah pada kondisi malam hari adalah sebesar

$$\% \Delta v = \frac{4,163}{20} \times 100\% [2]$$

$$\% \Delta v = 0.208\%$$

Besar *drop* tegangan sebelum dilakukan rekonfigurasi pada penyulang Gading pada kondisi malam hari adalah sebesar

$$\% \Delta v = \frac{5,188}{20} \times 100\% [2]$$

$$\% \Delta v = 0.259\%$$

Besar *drop* tegangan setelah dilakukan rekonfigurasi pada penyulang Gading pada kondisi malam hari adalah sebesar

$$\% \Delta v = \frac{4,296}{20} \times 100\% [2]$$

$$\% \Delta v = 0.2148\%$$

5. KESIMPULAN

- Salah satu upaya pengurangan susut tegangan secara teknis yang dilakukan pada PT PLN (Persero) ULP Pacet adalah dengan melakukan rekonfigurasi penyulang.
- Berdasarkan analisa data, rekonfigurasi penyulang mampu mengurangi *drop* tegangan pada penyulang Gading.
- Sumber Glagah mengalami perubahan nilai *drop* tegangan setelah dilakukan rekonfigurasi, semula *drop* tegangan penyulang Sumber Glagah sebesar 0,264% berkurang menjadi 0,208%.
- Penyulang Gading mengalami perubahan nilai *drop* tegangan pada penyulang setelah dilakukan rekonfigurasi, semula *drop* tegangan penyulang Gading sebesar 0,259% berkurang menjadi 0,2148%

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas kesempatan untuk berkontribusi dalam penyusunan jurnal ini. Terima kasih kepada PT PLN (Persero) ULP Pacet dan semua pihak yang telah memberikan saran dan bimbingan, yang turut melahirkan hasil karya ini. Semangat kolaboratif dan dukungan yang diberikan dari berbagai pihak telah memainkan peran penting dalam keberhasilan penyelidikan ini. Harapannya, tulisan ini dapat memberikan sumbangan yang berarti pada bidang pengetahuan yang bersangkutan.

DAFTAR PUSTAKA

- I. G. Nadi Arta, I. N. Setiawan, and I. W. Arta Wijaya, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Pada Penyulang Rumah Sakit Bali Med (Rsbm)," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 4, p. 43, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i04.p7.
- I. Affandy, I. G. D. Arjana, and C. G. Indra Partha, "Pengaruh Rekonfigurasi Penyulang Terhadap Drop Tegangan Penyulang Penebel dan Penyulang Jatiluwih PT. PLN (Persero) ULP Tabanan," *J. Sos. Teknol.*, vol. 1, no. 7, pp. 724–734, 2021, doi: 10.59188/journalsostech.v1i7.137.
- N. M. Tana, F. Likadja, and W. F. Galla, "Rekonfigurasi Jaringan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 Kv Penyulang Naioni Pt. Pln (Persero) Ulp Kupang Menggunakan Perangkat Lunak Electrical Transient Analysis Program (Etap) 12.6," *J. Media Elektro*, vol. VIII, no. 1, pp. 41–52, 2019, doi: 10.35508/jme.v8i1.1441.
- I. G. N. Indra Wiguna, I. G. Dyana Arjana, and T. G. Indra P, "Analisa Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Pada Penyulang Berawa Untuk Menurunkan Losses dan Drop Tegangan Penyaluran Tenaga Listrik," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 2, p. 67, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i02.p10.
- A. Muhtar, Iwan, Antarissubhi, and Suryani, "Analisis Rugi Daya Jaringan Distribusi Primer PT. PLN ULP Sengkang Sulawesi Selatan," *Anal. Rugi Daya Jar. Distrib. Prim. PT. PLN ULP Sengkang Sulawesi Selatan*, vol. 33, no. 8.5.2017, pp. 1–85, 2022.
- D. Y. Nurzaman and Waluyo, "Analisis Perbandingan Susut Daya dan Jatuh Tegangan pada Saluran Distribusi Udara dan Kabel Tegangan Menengah 20 kV," *Pros. Disem. FTI*, pp. 1–11, 2021.
- R. A. Dewi, "Perencanaan Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Untuk Menurunkan Susut

- Energi Teknis Penyulang Durian 3 Dan 4 Ulp Rasau Jaya,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/30803%0Ahttps://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/viewFile/30803/75676579813>
- [8] N. P. Mas *et al.*, “Analisis Pengaruh Faktor Daya Terhadap Drop Tegangan Dan Rugi Daya Penyulang Puncak Mundi Menggunakan Etap 12.6 Di Pt Pln (Persero) Ulp Klungkung,” *Semin. Nas. Terap. Ris. Inov. Ke-8 ISAS Publ. Ser. Eng. Sci.*, vol. 8, no. 1, pp. 181–188, 2022.
- [9] Nurainun Septiani, “Analisis Drop Tegangan pada Jaringan Tegangan Rendah PT. PLN (Persero) ULP Pnakkukang,” *Sntei 2021*, vol. 2021, no. September, pp. 130–130, 2021, [Online]. Available: <https://eprints.pancabudi.ac.id/id/eprint/56/%0Ahttps://eprints.pancabudi.ac.id/id/eprint/56/1/ARIOLA.pdf>
- [10] Desmira and N. Khoirunnisa, “Pengaruh Susut Energi (Losses) Pada Jaringan Distribusi (Studi Kasus : di PT . Krakatau Daya listrik),” vol. 12, no. 2, pp. 80–89, 2020.
- [11] S. Ekanugraha and A. B. Pulungan, “Memperbaiki Drop Tegangan dengan Simulasi Rekonfigurasi Jaringan Sistem 20 kV,” *JTEIN- Jurnal Tek. Elektro Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 249–256, 2022.
- [12] A. Farich and T. Wrahatnolo, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20Kv Penyulang Bandilan Dengan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BpsO) Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig),” *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 3 SE-Articles, pp. 687–693, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/29392>