

Efektivitas Penggantian Ukuran Luas Penampang Kabel pada Gardu KJ 233 PT. PLN UP3 Kebon Jeruk untuk Perbaikan Tegangan Jatuh

Agusutrisno¹, W. Prabowo², B.A. Sukarno¹, A. Shulhany¹, D.E.T. Lufianawati¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

²PT PLN Unit Pelaksanaan Pelayanan Pelanggan (UP3) Bintaro, Tangerang-Banten 15524, Indonesia

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 15 Nopember 2021

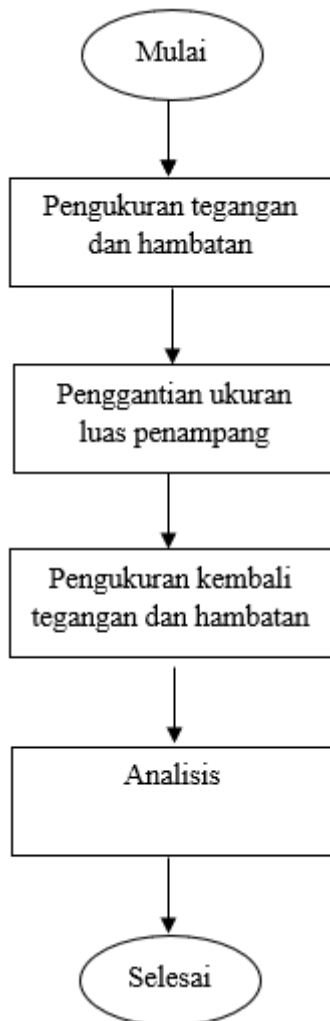
Direvisi : 17 Nopember 2021

Disetujui : 17 Nopember 2021

doi: 10.36055/setrum.v10i2.13055

*Korespondensi Penulis :
agusutrisno@untirta.ac.id

Graphical abstract



Abstract

An Electrical distribution system over a considerable distance and overloaded can result in a significant decrease in the amount of voltage supplied to the received voltage or what is commonly called the voltage drop. This study succeeded in analyzing and repairing the drop voltage in the distribution substation owned by PT. PLN UP3 Bintaro, namely at the KJ233 substation. The repair of the drop voltage is done using the load breaking method. Before being repaired, the measurement results and the calculation of the voltage drop in each phase at the KJ233 substation were quite large, in range 14% - 20%. After being repaired by the load breaking method. After changing the size of the cable channel from $(3 \times 50 \text{ mm}^2 + 1 \times 50) \text{ mm}^2$ to $(3 \times 70 + 1 \times 70) \text{ mm}^2$, the measurement results and the calculation of the voltage drop decreased to below 3%. The results of the voltage drop measurement after repair show that the voltage is in the proper category because it is within the PLN standard (+ 5%, -10% of 220V).

Keywords: distribution of electric, drop voltage, cross section area

Abstrak

Sistem distribusi listrik pada jarak jauh dan kelebihan beban dapat menyebabkan jumlah tegangan yang disalurkan mengalami penurunan signifikan dengan tegangan yang diterima atau biasa disebut tegangan jatuh. Studi ini berhasil menganalisis dan melakukan perbaikan tegangan jatuh pada gardu distribusi milik PT. PLN UP3 Bintaro yaitu di gardu KJ233. Salah satu metode perbaikan tegangan jatuh adalah dengan menggunakan metode penggantian ukuran luas penampang dari saluran kabel. Sebelum diperbaiki, hasil pengukuran dan perhitungan tegangan jatuh pada setiap fasa pada gardu KJ233 cukup besar yakni berada pada rentang 14% - 20%. Setelah dilakukan penggantian ukuran saluran kabel dari $(3 \times 50 \text{ mm}^2 + 1 \times 50) \text{ mm}^2$ menjadi $(3 \times 70 + 1 \times 70) \text{ mm}^2$, hasil pengukuran dan perhitungan tegangan jatuh menurun menjadi di bawah 3%. Hasil pengukuran tegangan jatuh setelah perbaikan menunjukkan bahwa tegangan berada dalam kategori layak, karena berada dalam standar PLN (+5%, -10% dari 220V).

Kata kunci: distribusi listrik, tegangan jatuh, luas penampang

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan primer dalam segala aspek kehidupan, sehingga penyediaan energi listrik serta sistem pendistribusiannya merupakan hal yang utama dalam rangka kemajuan dan peningkatan kualitas taraf hidup masyarakat. Penambahan penduduk mengakibatkan permintaan energi listrik dari tahun ke tahun juga terus meningkat sehingga dapat mengakibatkan rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan juga bertambah besar[1]. Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (bulk power source) sampai ke konsumen. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik dengan tegangan 11kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya pada gardu induk melalui transformator step up menjadi 70 kV, 150kV, 275kV, atau 500kV dan kemudian akan disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan tegangan dinaikkan adalah untuk memperkecil kerugian akibat hantaran pada saluran transmisi. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20kV dengan transformator step down pada gardu distribusi yang kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh sistem distribusi primer. Dari saluran distribusi inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah yaitu sebesar 220/380 V dan merupakan sistem distribusi sekunder. Selanjutnya oleh gardu distribusi tegangan akan disalurkan kepada konsumen-konsumen. [2].

Salah satu gangguan yang sering terjadi pada saluran distribusi listrik adalah tegangan jatuh atau drop voltage [1][2]. Tegangan jatuh adalah besarnya tegangan yang hilang pada suatu penyulang atau saluran distribusi. Terjadinya tegangan jatuh ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain jauhnya daerah penyalur tenaga listrik dari sumber atau supply, ketidakseimbangan beban, umur peralatan, diameter penghantar dan konfigurasi distribusi jaringan. Gangguan yang paling sering terjadi diakibatkan panjangnya suatu penghantar pada saluran jaringan tegangan menengah sampai jaringan tegangan rendah hingga konsumen. Tegangan jatuh tidak bisa dihilangkan tapi bisa direduksi. Pembiaran gangguan tegangan jatuh dapat mengakibatkan penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan kualitas tenaga listrik serta menyebabkan rusaknya peralatan elektronik[3]. Oleh karena itu diperlukan analisa tegangan jatuh untuk mengetahui besar kecilnya tegangan jatuh pada saluran distribusi yang terjadi pada PT. PLN, khususnya pada UP3 Kebon Jeruk. Jika terjadi tegangan jatuh di atas 10% maka diperlukan perbaikan dengan berbagai metode yang umum, diantaranya pengubahan tap changing pada trafo, penggantian ukuran luas kabel, dan metode pecah beban.

Prinsip metode pengubahan tap changing pada trafo adalah menaikkan nilai tegangan yang dikirim pada saluran Jaringan Tegangan Menengah (JTM) ataupun pada saluran Jaringan Tegangan Rendah (JTR), sehingga tegangan yang hilang akan meminimalisir penyebab terjadinya fenomena drop tegangan [4]. Metode lainnya adalah penggantian ukuran luas penampang saluran penghantar kabel. Penggantian ukuran luas kabel saluran udara distribusi sekunder ini berguna untuk memperkecil nilai hambatan yang terjadi pada saluran kabel, karena semakin besar ukuran kabel yang digunakan maka akan semakin kecil nilai hambatannya dan akan terjadi juga jika sebaliknya[5]. Sedangkan metode pecah beban adalah tegangan dari konsumen atau pelanggan yang mengalami tegangan jatuh akan dipindahkan pada tegangan yang didapat dari suatu gardu distribusi ke gardu distribusi lainnya, dengan syarat tegangan pada gardu distribusi yang akan dipindahkan masih dalam kondisi baik dan tegangan masih pada standar PLN (220/380 V, dalam range -10% dan +5%)[6].

Studi tentang analisa dan perbaikan tegangan jatuh telah banyak dilakukan oleh para peneliti diantaranya perbaikan tegangan jatuh pada feeder B KB 31P Setia Budi, Jakarta. Penggunaan metode pecah beban menunjukkan persentase tegangan yang hilang menurun hingga sesuai standar batas toleransi yang berlaku[7]. Perbaikan tegangan jatuh juga dilakukan pada gardu CD125 PT. PLN UP3 Bintaro, Jakarta. Setelah diperbaiki dengan metode pecah beban hasil pengukuran dan perhitungan tegangan jatuh mengalami penurunan yang sebelumnya 15% menjadi 9% [8].

Selanjutnya studi perbaikan tegangan jatuh juga dilakukan dengan metode pengubahan tap changing pada trafo dengan metode Quantum Differential Evolution (QDE). Metode perbaikan ini mampu meminimalisir tegangan jatuh berupa penurunan kerugian daya dari 21.76 kW menjadi 19.16 kW[9]. Penggantian ukuran luas sebagai salah satu perbaikan tegangan jatuh juga telah dilaporkan[10]. Simulasi ETAP 12.6.0 menunjukkan dengan metode ini penggantian luas penampang penghantar yang semula 70 mm² menjadi 150 mm² dengan panjang saluran yang sama menghasilkan penurunan tegangan jatuh 0,345% dari tegangan jatuh sebelumnya.

Pada studi ini berfokus pada analisa serta perbaikan tegangan jatuh menggunakan metode penggantian ukuran luas penampang kabel saluran pada gardu KJ233, khususnya pada pelanggan PT. PLN Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Kebon Jeruk. Tujuan utama studi ini adalah menurunkan tegangan jatuh untuk memenuhi standar toleransi yang telah ditetapkan, sehingga pelayanan PT. PLN sebagai penyalur tegangan listrik menjadi lebih efektif dan efisien. Sedangkan masyarakat sebagai konsumen mendapatkan manfaat tingkat durability pemakaian peralatan elektronik. Selain itu, diperlukan proteksi lainnya untuk mengamankan atau melindungi dari gangguan tersebut salah satunya optimalisasi penempatan circuit breaker outgoing (CBO) pada penyulang[11].

2. METODE PENELITIAN

Pada studi ini metode yang digunakan dalam pengolahan data atau metode analisis data adalah analisis deskriptif dan perhitungan dengan berdasarkan teori. Penggunaan metode tersebut untuk mengetahui besar dari tegangan jatuh atau drop tegangan yang terjadi pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) PT. PLN UP3 Kebon Jeruk.

Objek penelitian adalah Gardu KJ233 yang terindikasi terjadi tegangan jatuh yang melampaui batas toleransi. Gardu KJ233 merupakan salah satu gardu PT. PLN UP3 Kebon Jeruk yang berlokasi di Puri Botanical, Joglo, Jakarta Barat. Gardu ini mendapatkan *supply* energi listrik dari Gardu Induk (GI) Petukangan dengan nama penyulang Kucur. Gardu KJ233 merupakan jenis gardu distribusi beton dan menggunakan transformator *step down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi tegangan 220/380 V. Untuk mengetahui seberapa besar tegangan yang jatuh pada gardu KJ233 maka dilakukan pengukuran tegangan ujung pengirim dan ujung penerima untuk selanjutnya dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$|\Delta V| = |\Delta V_s| - |\Delta V_r| \quad (1)$$

Dengan :

$|\Delta V|$: Besar selisih tegangan yang dikirim dengan tegangan yang diterima

$|\Delta V_s|$: Besar tegangan kirim

ΔV_r : Besar tegangan terima

$$\%V = \frac{\Delta V}{\Delta V_s} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

$\% V$: Besar persentase jatuh tegangan

ΔV : Hasil selisih dari besar tegangan kirim dengan tegangan yang diterima

V_s : Besar tegangan yang dikirim

Persamaan (1) digunakan untuk mengetahui tegangan yang hilang yakni selisih antara tegangan ujung pengirim dengan tegangan ujung yang diterima. Sedangkan persamaan (2) adalah perbandingan selisih dari besar tegangan kirim dengan tegangan yang diterima dengan besar tegangan yang dikirim sehingga bisa ditentukan besar persentase tegangan jatuh. Berdasarkan SPLN Nomor 1 tahun 1995 mengenai tegangan-tegangan standar, batas toleransi tegangan yang diperbolehkan yaitu minimal 5% dan maksimal 10% terhadap tegangan normalnya [6]. Jika hasilnya melebihi standar tersebut maka diperlukan perbaikan untuk mereduksi tegangan jatuh yang terjadi.

Metode penyelesaian/perbaikan drop tegangan yang dilakukan pada KJ233 adalah dengan mengganti ukuran luas penampang dari kabel. Penggantian ukuran luas penampang kabel pada gardu KJ233 dilakukan dengan kondisi karena letak gardu yang berbeda UP3 PLN dengan tegangan ujungnya. Gardu KJ233 dimiliki oleh UP3 Kebon Jeruk, sedangkan tegangan ujung yang ada dipelanggan merupakan pelanggan dari UP3 Bintaro. Selain alasan tersebut, kondisi kabel penghantar yang terpasang belum standar yang digunakan PLN. Luas penampang kabel penghantar yang menjadi standar PLN memiliki standar $(3 \times 70 \text{ mm}^2 + 1 \times 70 \text{ mm}^2)$, sedangkan kabel yang terpasang pada tiang memiliki ukuran kabel $(3 \times 50 \text{ mm}^2 + 1 \times 50 \text{ mm}^2)$ sehingga perbaikan yang dilakukan adalah dengan mengganti

ukuran luas penampang kabel menjadi ukuran yang standar dari PLN sekarang. Tegangan yang diterima oleh pelanggan berada dibawah standar, dan tegangan ujung terendahnya adalah sebesar 179 V.

Pada studi ini juga dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai hambatan yang dihasilkan antara kabel saluran sebelum dengan sesudah dilakukan penggantian dengan persamaan sebagai berikut;

$$R = \rho \frac{l}{A} \tag{3}$$

Dimana

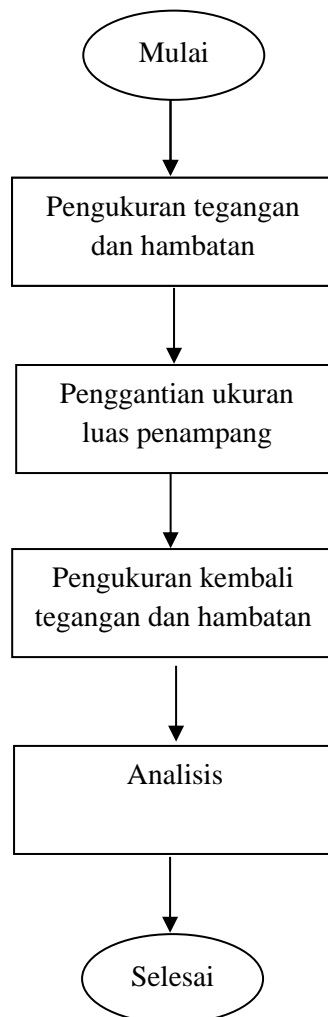
R = Hambatan (Ω)

ρ = Massa Jenis (Kg/m^3)

l = Panjang kabel (m)

A = Luas penampang (mm^2)

Berdasarkan perhitungan nilai resistansi tersebut selanjutnya akan dibandingkan antara nilai resistensi dari sebelum penggantian ukuran kabel dengan sesudah penggantian kabel. Selanjutnya dari perbandingan tersebut, akan diketahui efektifitas penggantian ukuran luas penampang pada saluran kabel untuk menyelesaikan permasalahan tegangan jatuh pada gardu KJ233.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis tegangan jatuh dilakukan dengan mengukur antara tegangan ujung yang dikirim dan yang diterima. Selanjutnya hasil pengukuran tersebut dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (1), sehingga didapat selisih dan penurunan tegangan jatuhnya diketahui. Untuk mengetahui seberapa besar persentase tegangan jatuhnya maka dilanjutkan perhitungan dengan menggunakan persamaan (2). Hasil pengukuran dan perhitungan tersebut disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Selisih dan persentase tegangan jatuh sebelum penggantian

Kode Gardu	Phase	Tegangan TR (V)	Tegangan Ujung (V)	Selisih Tegangan (V)	Tegangan Jatuh (%)
CD125	R –	226	179	47	20.8
	N				
	S – N	227	193	34	14.9
	T – N	226	194	32	14.2

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran dan perhitungan tegangan pada gardu KJ233 ke konsumen pada dengan ukuran saluran kabel ($3 \times 50 \text{ mm}^2 + 1 \times 50 \text{ mm}^2$). Berdasarkan tabel tersebut mengindikasikan bahwa antara tegangan pada rak TR (Tegangan Rendah) dengan tegangan ujung atau pada penerima mengalami penurunan dengan selisih yang cukup signifikan yakni di atas 14 %. Besarnya tegangan jatuh di atas 14 % pada setiap fasa di gardu KJ233 menunjukkan bahwa nilai tegangan yang diterima oleh pelanggan dibawah standar PLN, yaitu dibawah 198 V (-10%, 220V). Tegangan jatuh ini melampaui batas toleransi standar yang telah ditetapkan, sehingga perlu dilakukan perbaikan tegangan jatuh yang dalam penelitian ini menggunakan metode penggantian ukuran luas penampang pada saluran kabel. Hasil pengukuran juga menunjukkan bahwa tegangan yang diterima oleh penerima mengalami tegangan jatuh yang diakibatkan salah satunya oleh banyaknya atau tidak meratanya konsumen pengguna listrik di sekitar yang merupakan pelanggan ujung dari gardu KJ233[12].

Selanjutnya untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dilakukan penggantian saluran kabel dengan ukuran luas penampang yang sesuai standar PLN yakni ($3 \times 70 \text{ mm}^2 + 1 \times 70 \text{ mm}^2$). Penggantian ukuran luas penampang kabel pada gardu KJ233 dilakukan dengan kondisi karena letak gardu yang berbeda UP3 PLN dengan tegangan ujungnya. Gardu KJ233 dimiliki oleh UP3 Kebon Jeruk, sedangkan tegangan ujung yang ada dipelanggan merupakan pelanggan dari UP3 Bintaro. Selain alasan tersebut, kondisi kabel penghantar yang terpasang belum standar yang digunakan PLN. Setelah tegangan jatuh diperbaiki dengan penggantian ukuran luas penampang yang lebih besar pada saluran kabel gardu KJ233, maka dilakukan kembali proses pengukuran serta perhitungan antara tegangan TR dan tegangan penerima dengan menggunakan kedua persamaan yang sama. Pengukuran dan perhitungan ulang ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas perbaikan dengan metode penggantian ukuran luas penampang pada saluran kabel ke gardu KJ233 berhasil mereduksi atau mengurangi tegangan yang jatuh hingga sesuai dengan standar batas toleransi yang telah ditentukan. Hasil pengukuran dan perhitungan setelah dilakukan penggantian kabel disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Selisih dan persentase tegangan jatuh setelah penggantian

Kode Gardu	Phase	Tegangan TR (V)	Tegangan Ujung (V)	Selisih Tegangan (V)	Tegangan Jatuh (%)
KJ233	R –	226	220	6	2.7
	N				

S – N	227	226	1	0.4
T – N	226	223	3	1.3

Berdasarkan tabel 2, setelah tegangan jatuh diperbaiki dengan metode penggantian ukuran luas saluran kabel pada gardu KJ233, tegangan ujung atau tegangan yang diterima oleh pelanggan mengalami penurunan yang signifikan. Tabel 2 juga menunjukkan bahwa tegangan jatuh pada setiap fasa gardu berada dibawah 3 % dengan tegangan ujung terendah ada pada 220 V atau selisih tertinggi sebesar 6 V. Dengan persentase tegangan jatuh tertinggi 2.7%, maka tegangan jatuh tersebut telah memenuhi rentang batas standar dari PLN yaitu -10% dan +5% dari 220 V. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa perbaikan tegangan jatuh dengan menggunakan metode penggantian ukuran luas penampang saluran kabel telah berhasil menurunkan tegangan jatuh secara signifikan dan memenuhi standar yang telah ditetapkan.

Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (3) untuk mengetahui besar hambatan antara sebelum dan sesudah penggantian ukuran luas permukaan saluran kabel pada gardu KJ233, sehingga efektivitas penurunan nilai hambatan dapat diketahui. Adapun hasilnya disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan persentase hambatan sebelum dan setelah penggantian ukuran luas penampang kabel saluran

Kode Gardu	Hambatan (Ω)		Persentase (%)
	Sebelum Penggantian	Setelah Penggantian	
KJ233	0.4081	0.2915	71.43

Dengan menggunakan pendekatan bahwa jarak hantaran ke konsumen sebesar 770 m, maka didapat besar hambatan dari kabel saluran sebelum diganti adalah sebesar 0.4081 Ω , sedangkan besar hambatan dari kabel saluran setelah dilakukan penggantian adalah 0.2915 Ω . Berdasarkan data tersebut terlihat dengan jelas bahwa dengan mengganti ukuran kabel yang lebih luas dapat mempengaruhi penurunan nilai hambatan secara signifikan, yakni dalam penelitian hingga mencapai 71.43 %. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya hambatan sangat mempengaruhi seberapa besar tegangan yang jatuh dalam suatu saluran tegangan.

Selanjutnya setelah tegangan jatuh berhasil diperbaiki, akan tetapi masih terjadi perbedaan tegangan dari rak TR dengan tegangan ujung yang diterima oleh pelanggan. Meskipun begitu besarnya tegangan jatuh yang terjadi masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan sebelum diperbaiki. Nilai persentase setelah tegangan ujung diperbaiki memiliki nilai persentase dibawah 3%, sehingga dapat diartikan bahwa tegangan ujung atau tegangan yang diterima oleh konsumen dalam keadaan baik. Masih adanya tegangan yang hilang disebabkan berbagai faktor diantaranya ketika tegangan dan arus dialirkan melalui kabel penghantar akan terjadi hambatan-hambatan pada kabel penghantar yang tentu sangat bergantung pula dari nilai luas penampang[13], massa jenis dan kualitas tahanan jenis penghantar[14][15].

Tabel 4. Persentase perbandingan tegangan jatuh sebelum dan setelah perbaikan

Kode Gardu	Phase	Persentase Selisih Tegangan Jatuh (%)	
		Sebelum Penggantian Kabel	Setelah Penggantian Kabel
KJ233	R –	20.8	2.7
	N		
	S – N	14.9	0.4
	T – N	14.2	1.3

Tabel 4 menunjukkan perbandingan persentase tegangan jatuh antara sebelum dan sesudah perbaikan dengan menggunakan metode penggantian ukuran luas permukaan kabel saluran. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa penggunaan metode perbaikan ini telah terbukti sangat signifikan menurunkan persentase tegangan jatuh pada gardu KJ233, sehingga dapat diperoleh kesimpulan bahwa penggantian ukuran luas penampang sangat efektif untuk mengurangi tegangan yang hilang atau tegangan jatuh sehingga mampu memenuhi standar toleransi tegangan jatuh yang diperbolehkan[16]. Oleh karena itu, metode perbaikan ini menjadi salah satu metode yang sangat direkomendasikan untuk menyelesaikan permasalahan tegangan jatuh khususnya terhadap gardu yang masih menggunakan saluran kabel dengan ukuran yang tidak sesuai dengan standar PLN yang telah ditetapkan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi analisis dan perbaikan tegangan jatuh dengan metode penggantian ukuran luas penampang pada saluran kabel di gardu KJ233 PT.PLN UP3 Kebon Jeruk, maka diperoleh kesimpulan diantaranya terdapat selisih yang cukup signifikan antara tegangan yang dikirim oleh gardu KJ233 dengan tegangan yang diterima konsumen setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan. Besar tegangan jatuh pada seluruh fasa adalah di bawah 195 V dan besar persentase penurunan tegangan yang diterima lebih dari 14% dari tegangan tegangan yang dikirim. Karena tegangan jatuh telah melampaui batas toleransi standar yang telah ditentukan, maka diperlukan suatu proses perbaikan tegangan jatuh dalam hal ini dengan menggunakan metode penggantian saluran kabel dengan ukuran yang lebih luas dari ukuran sebelumnya. Dari hasil penggantian ini, besar tegangan jatuh pada seluruh fasa adalah di atas 220 V dan besar persentase penurunan tegangan yang diterima kurang dari 3% dari tegangan tegangan yang dikirim. Selanjutnya berdasarkan perhitungan besar hambatan didapat disimpulkan bahwa semakin besar luas permukaan maka semakin menurunkan besar tegangan jatuh yang diterima oleh konsumen.

Berdasarkan besar persentase penurunan tegangan jatuh dapat disimpulkan bahwa metode penggantian ukuran luas permukaan kabel saluran merupakan salah satu metode yang sangat efektif untuk mengurangi tegangan yang hilang dan mampu memenuhi standar toleransi tegangan jatuh yang ditetapkan oleh standar PLN mengenai batas tegangan-tegangan.

4.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah membuat metode lain yang dapat digunakan untuk memperbaiki tegangan jatuh.

REFERENSI

- [1] S. Samsurizal and B. Hadinoto, "Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di PT. PLN(Persero) Up3 Pondok Gede," *Kilat*, vol. 9, no. 1, pp. 136–142, 2020, doi: 10.33322/kilat.v9i1.784.
- [2] A. Kurniawan, "Analisa jatuh tegangan dan penanganan pada jaringan distribusi 20 kv rayon palur pt. pln (persero) menggunakan etap 12.6 publikasi ilmiah," p. 15, 2016, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/50011/>.
- [3] D. A. Maulana and D. Nugroho, "Analisa Susut Daya Dan Drop Tegangan Terhadap Jaringan Tegangan Menengah 20Kv Pada Gardu Induk Pandean Lamper Semarang," pp. 382–389, 2019.
- [4] A. S. Sampeallo, W. F. Galla, and D. M. K. Jala, "Analisis Pengaturan Posisi Tap on Load Tap Changer Pada Transformator Daya 30 Mva 70/20 Kv Di Gi Maulafa," *J. Media Elektro*, vol. VIII, no. 2, pp. 121–128, 2019, doi: 10.35508/jme.v0i0.1886.

- [5] H. L. Latupeirissa, H. Muskita, and C. Leihitu, "Analisis Kerugian Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah (Jtr) 380/220 Volt Gardu Distribusi Politeknik Negeri Ambon," *J. Simetrik*, vol. 8, no. 1, pp. 46–51, 2018, doi: 10.31959/js.v8i1.79.
- [6] A. B. Aziz et al., "Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik," PT. PLN, pp. 3–4, 2010.
- [7] I. Kasim, C. G. Irianto, and F. Fachrizal, "Perbaikan Jatuh Tegangan Pada Feeder B Kb 31p Setiabudi Jakarta Dengan Metode Pecah Beban," *Jetri*, vol. 11, no. 1, pp. 107–119, 2013.
- [8] A. Agusutrisno, W. Prabowo, B. B. Wicaksono, A. Shulhany, and M. Masjudin, "Study of analysis and repair of drop voltage with load breaking method at CD 125 PT. PLN UP3 Bintaro," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 17, no. 1, p. 78, 2021, doi: 10.36055/tjst.v17i1.11006.
- [9] A. A. Firdaus, "Optimasi On-Load Tap-Changing Menggunakan Quantum Differential Evolution Untuk Meminimalkan Kerugian Daya," *J. ELTIKOM*, vol. 2, no. 1, pp. 9–17, 2018, doi: 10.31961/eltikom.v2i1.43.
- [10] M. F. B. Lubis, "Analisa Alternatif Perbaikan Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Kota 20 Kv Di Rokan Hulu," *Jom FTEKNIK Vol.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–5, 2016.
- [11] A. Agusutrisno, W. Prabowo, and B. B. Wicaksono, "Studi penempatan Circuit Breaker Outgoing (CBO) dan perhitungan relay pada Penyulang Puma berdasarkan pembacaan arus maksimal di Gardu Induk PLN New Bintaro," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 16, no. 1, p. 61, 2020, doi: 10.36055/tjst.v16i1.7721.
- [12] I. W. Sudiartha, I. P. Sutawinaya, I. K. Ta, and A. Firman, "Manajemen Trafo Distribusi 20Kv Antar Gardu BI031 Dan BI033 Penyulang Liligundi Dengan Menggunakan Simulasi Program Etap," *J. Log.*, vol. 16, no. 3, pp. 166–171, 2016.
- [13] I. Hajar and T. D. Fernando, "Analisa Pengaruh Luas Penampang Penghantar dan Cuaca Terhadap Rugi Daya Akibat Korona Pada SUTT 150 kV (Studi Kasus: Gardu Induk Bangkalan – Gardu Induk Sampang)," *Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, pp. 149–159, 2019, doi: 10.33322/energi.v11i2.857.
- [14] T. Bini, R. L. A. Bakhtiar, and S. Syahyani, "Studi Perbaikan Jatuh Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Gtc (Global Trade Centre) Makassar," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 14, no. 2, p. 126, 2017, doi: 10.31963/elekterika.v14i2.1219.
- [15] I. Kartika, "Analisa Rugi-Rugi Daya Diakibatkan Arus Kapasitif," *J. Surya Energy*, vol. 1, no. 2, pp. 100–111, 2017.
- [16] Suprianto, "Pengaruh Distributed Generation Terhadap Tegangan Jatuh di Jaringan Distribusi 20 kV PT PLN Rayon Kuala Simpang," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 140–148, 2018.