

Analisa Perbaikan Tegangan Ujung Pada Jaringan Distribusi 20 kV Di GH Tangse ULP Beureunuen

Subhan¹, Fauzi², Teuku Murisal Asyadi^{3*}, Muliadi⁴, Syukri⁵, Febriza Masrurha⁶

^{1,2} Politeknik Negeri Lhokseumawe

^{3,4,5,6} Universitas Iskandar Muda

*Email: teukumurisal@gmail.com

Abstract

The electric power distribution network is a component of the electric power system that functions to distribute electricity from the substation to the customer's location. As population growth increases, users or customers of electrical energy also increase so that it can have an impact on a decrease in voltage or voltage drop which results in the quality of electric power from the point of source to the load experiencing a decrease in voltage. The purpose of this study was to analyze the feeder load for Tangse City and Geumpang feeders from incoming SG-11. This calculation is done using E-tap software to get current and voltage values. Furthermore, the calculation of the load from the incoming SG-11 before repairs were carried out on the Tangse City feeder obtained a voltage of 17.96 kV and the voltage on the Geumpang feeder was 17.93 kV. After repairs were made by adding SG-14 input for the Geumpang feeder it increased, at SG-11 for the Tangse City feeder a voltage of 19.76 kV was obtained and SG-14 the Geumpang feeder voltage produced 20.36 kV. The voltage difference that occurred was 1.794 kV because the SG-11 was only able to supply the feeders for Tangse City. And the difference in SG-14 is 2,427 kV which is used to help supply the needs of the Geumpang feeders.

Keywords : Distribution network, Voltage drop, Incoming, Feeder, E-tap

Abstrak

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan komponen sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk menuju ke lokasi pelanggan. Bertambahnya pertumbuhan penduduk maka pengguna atau pelanggan energi listrik juga bertambah sehingga dapat berdampak terhadap drop tegangan atau jatuh tegangan yang berakibat pada kualitas daya listrik dari titik sumber ke beban mengalami penurunan tegangan. Tujuan penelitian ini yaitu melakukan analisa beban pada penyulang Kota Tangse dan penyulang Geumpang dari incoming SG-11. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan software E-tap untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan beban dari incoming SG-11 sebelum dilakukan perbaikan pada penyulang Kota Tangse tegangan yang didapatkan sebesar 17,96 kV dan tegangan pada penyulang Geumpang sebesar 17,93 kV. Setelah dilakukan perbaikan dengan penambahan dari incoming SG-14 tegangan pada penyulang mengalami peningkatan, pada SG-11 penyulang Kota Tangse tegangan yang didapatkan sebesar 19,76 kV dan pada SG-14 penyulang Geumpang tegangan yang didapatkan sebesar 20,36 kV. Selisih tegangan yang terjadi sebesar 1,794 kV karena SG-11 hanya mampu menyuplai untuk kebutuhan penyulang Kota Tangse. Dan selisih SG-14 sebesar 2.427 kV yang digunakan untuk membantu menyuplai kebutuhan penyulang Geumpang.

Kata kunci : Jaringan distribusi, Jatuh tegangan, Incoming, Penyulang, E-tap

1. Pendahuluan

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan komponen sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk menuju ke lokasi pelanggan [1]. Pada sistem tersebut terdapat transformator distribusi yang mengkonversi tegangan menengah 20 kV ke tegangan rendah antar fasa 380 V – 400 V dan fasa netral 220 V yang selanjutnya digunakan untuk kebutuhan industri kecil, perkantoran dan kebutuhan rumah tangga [2]. Oleh sebab itu, pada *drop* tegangan atau jatuh tegangan perlu dilakukan perbaikan agar kualitas daya listrik dari titik sumber ke titik beban tidak terjadi penurunan tegangan [3].

Jatuh tegangan dapat terjadi karena penghantar yang digunakan mempunyai tahanan. Oleh karena itu, penyaluran jarak jauh sangat memungkinkan terjadinya jatuh tegangan, sehingga tegangan dan arus listrik banyak yang hilang [4]. Persyaratan penting dalam merencanakan suatu jaringan harus diperhatikan masalah kualitas saluran, dan kontinuitas pelayanan yang baik terhadap konsumen. Untuk menjaga kualitas pasokan listrik dengan batasan sesuai tegangan yang diizinkan maka perlu perbaikan kedepannya [5].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbaikan jaringan distribusi di daerah kerja UP3 Sigli ULP Beureunuen. Adapun metode yang digunakan yaitu dengan menganalisa menggunakan simulasi E-tap. Selanjutnya dilakukan perhitungan pembebanan jaringan distribusi di GH Tangse ULP Beureunuen.

Manfaat penelitian ini yaitu agar dapat mengetahui perbaikan jatuh tegangan pada jaringan distribusi 20 kV sehingga dapat mengurangi terjadinya kekurangan beban pada UP3 Sigli ULP Beureunuen.

2. Metoda Penelitian

Analisa pembebanan jatuh tegangan pada jaringan distribusi 20 kV bertempat di GH Tangse ULP Beureunuen UP3 Sigli. Adapun untuk mendapatkan hasil penelitian, maka digunakan metode pengukuran langsung ke lapangan. Pengukuran dilakukan dengan menganalisa menggunakan simulasi E-tap. Dari hasil pengukuran tersebut selanjutnya

dilakukan perhitungan beberapa parameter beban R, S, T dan beban arus rata-rata pada penyulang SG-11 di GH Tangse.

2.1. Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

Jaringan Tegangan Menengah (JTM) atau sering disebut jaringan distribusi primer adalah suatu bagian daripada sistem tenaga listrik antara gardu induk dan gardu distribusi [6]. Dalam penyaluran tenaga listrik pada jaringan distribusi primer menggunakan 3 sistem saluran diantaranya Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) dan Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM). Adapun standar Tegangan Menengah sebagai tegangan operasi yang digunakan di Indonesia adalah 20 kV [7].

Ada beberapa penyebab utama yang dapat mempengaruhi besarnya nilai jatuh tegangan [8],

1. Nilai arus (I) yang mengalir pada saluran semakin besar nilai arus yang mengalir pada saluran maka akan semakin besar juga jatuh tegangannya, sehingga pada ujung penerimaan akan menjadi rendah [9].
2. Nilai impedansi (Z) akan terjadi apabila semakin panjang saluran maka nilai impedansi akan berakibat pada semakin besar jatuh tegangan [10].
3. Jauhnya jaringan, jauhnya jarak beban (trafo distribusi) dari Gardu Induk (GI).
4. Faktor daya beban ($\cos \phi$).
5. Rendahnya tegangan yang disuplai dari Gardu Induk (GI) [11].

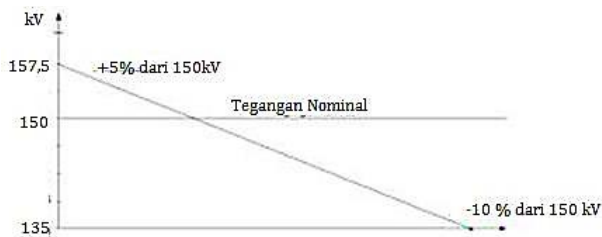
2.2. Perbaikan Jatuh Tegangan Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Perhitungan jatuh tegangan yang terjadi pada jaringan tegangan menengah masih mempertimbangkan masalah induktansi dan kapasitansinya [12].

Didalam jaringan distribusi, persoalan tegangan sangat penting, baik dalam keadaan operasi maupun dalam perencanaan sehingga

harus selalu diperhatikan tegangan pada setiap titik saluran. Pemilihan penampang penghantar harus benar-benar diperhatikan. Besarnya jatuh tegangan pada saluran distribusi tersebut, diukur pada titik yang paling jauh (ujung) [13].

Jatuh tegangan (V) pada penghantar semakin besar jika arus (I) didalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar ($R\ell$) semakin besar, maka akan terjadi kerugian penghantar karena menurunnya tegangan pada beban sehingga berada dibawah tegangan normal yang dibutuhkan [14].



Gambar 1. Toleransi Tegangan yang Diizinkan

Persamaan untuk menghitung nilai impedansi adalah,

$$\Delta V = I (R \cos \phi + X_L \sin \phi) \quad (1)$$

Dari persamaan 1 diatas dapat diperoleh bahwa untuk menghitung selisih jatuh tegangan (ΔV), dapat menggunakan persamaan [15].

$$\Delta V = (V_k) - (V_t) \quad (2)$$

Keterangan :

V_k = Tegangan kirim

V_t = Tegangan terima

Karena adanya resistansi pada penghantar maka tegangan yang diterima konsumen (V_r) akan lebih dari tegangan kirim (V_s), sehingga jatuh tegangan relatif atau disebut sebagai tegangan regulasi V_R dapat menggunakan persamaan [16],

$$V_R = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (3)$$

Perhitungan faktor daya dapat dilakukan sebagai berikut,

$$\Delta V = I (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)L \quad (4)$$

Keterangan :

I : Arus beban (A)

R : Tahanan rangkaian (Ohm)

X : Reaktansi rangkaian (Ohm)

L : Panjang penghantar (m)

2.3. ETAP (Electrical Transient Analysis Program)

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) *Power Station* adalah software yang bekerja berdasarkan perencanaan (*plant/project*). Setiap *plant* harus menyediakan *modelling* peralatan dan alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisis yang akan dilakukan. Seperti generator, data motor dan data kabel. Sebuah *plant* terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektrik yang khusus dan saling berhubungan. Dalam *Power Station* setiap perencanaan harus menyediakan data base untuk keperluan itu [17].

ETAP *Power Station* dapat melakukan penggambaran *single line* diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisis yakni *load flow* (aliran daya), *short circuit* (hubung singkat), *motor starting*, *harmonics power systems*, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating* [18]. ETAP *Power Station* juga menyediakan fasilitas *Library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan yang dapat diedit atau ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu [19].

Beberapa hal yang diperlukan dalam menjalankan software [20]:

1. *One Line Diagram* menunjukkan hubungan antara peralatan atau komponen listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
2. *Library* merupakan informasi mengenai semua peralatan yang akan digunakan dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail yang dapat memudahkan dan memperbaiki hasil simulasi [17].
3. Standar yang digunakan sesuai dengan standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode-metode yang dipakai [20].
4. *Study Case* sebagai parameter yang berhubungan dengan metode studi yang

akan dilakukan berdasarkan format hasil analisa.

3. Hasil Dan Pembahasan

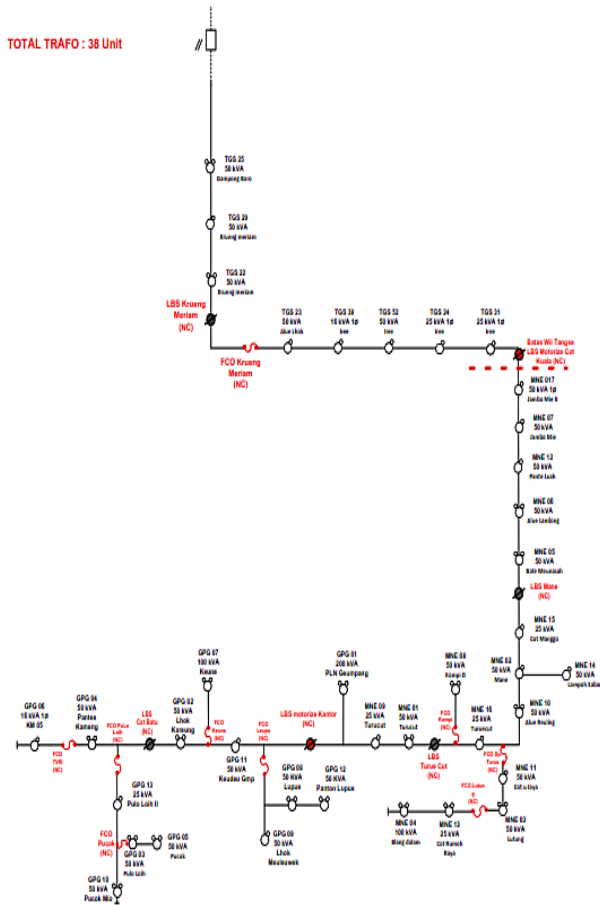
3.1. Sistem Distribusi 20 kV di Beureunuen

Pada penelitian ini, dilakukan dengan menggunakan ETAP yaitu menghitung jatuh tegangan yang terjadi pada SG-11 dengan dilakukan penambahan menggunakan SG-14.

PT. PLN (Persero) UP3 Sigli memiliki 5 Gardu Hubung yaitu Gardu Hubung Sigli Kota, Gardu Hubung Beureunuen, Gardu Hubung Tangse, Gardu Hubung Trienggadeng dan Gardu Hubung Ule Gle. Pada Gardu Hubung Tangse terdapat 2 penyulang yaitu Penyulang Geumpang dan Penyulang Kota Tangse.

Tabel 1. Data Transformator Penyulang Geumpang.

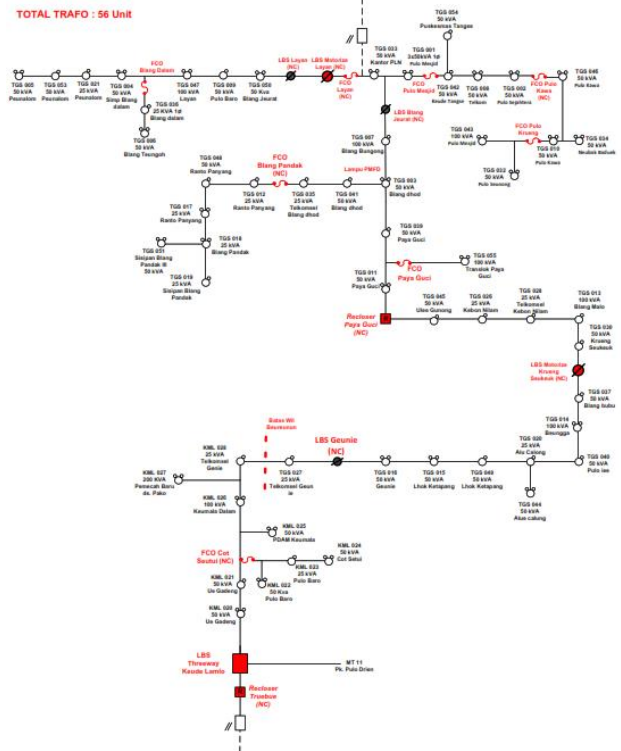
Kapasitas Trafo (kVA)	Jumlah Trafo (Unit)	Jumlah Total (kVA)
25	7	175
50	25	1.250
100	6	600



Gambar 2. Sistem Penyulang Geumpang

Tabel 2. Data Transformator Penyulang Kota Tangse.

Kapasitas Trafo (kVA)	Jumlah Trafo (Unit)	Jumlah Total (kVA)
25	9	225
50	40	2.000
100	7	700



Gambar 3. Sistem Penyulang Kota Tangse

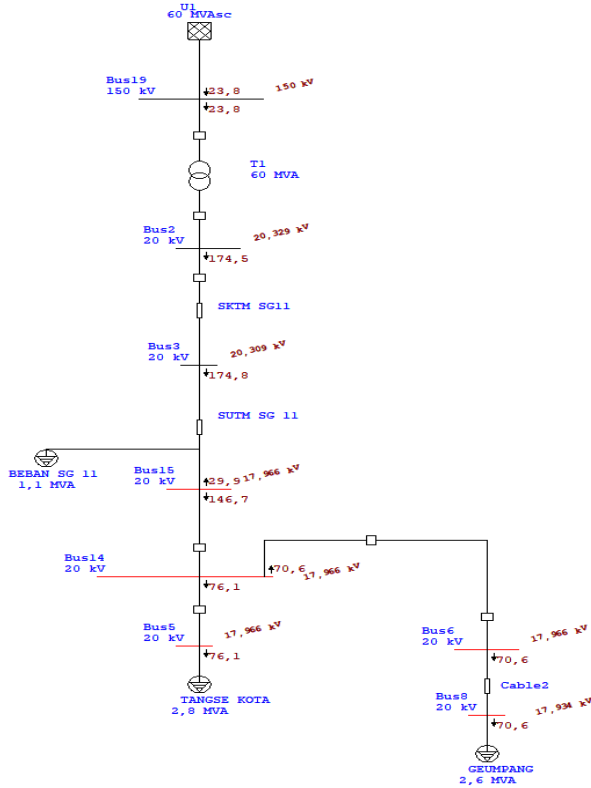
3.2. Jatuh Tegangan GH Tangse Sebelum Perbaikan

Jatuh tegangan (*voltage drop*) merupakan selisih antara tegangan yang dikirim dengan tegangan yang diterima. Perhitungan jatuh tegangan berdasarkan data pengukuran yang dihitung dari titik sumber sampai ke titik yang dihitung (titik beban) sesuai dengan panjang dengan menggunakan simulasi E-tap dengan total arus beban saluran pada Tabel 3.

Tabel 3. Total Daya dan Tegangan pada Incoming SG-11 Sebelum Perbaikan.

Incoming	Penyulang	Arus (A)	Tegangan (kV)	Daya (MVA)
SG-11	Kota Tangse	76,1	17,96	2,8
	Geumpang	70,6	17,93	2,6

Dari SG-11 pada Tabel 3 didapatkan hasilnya sebelum dilakukan perbaikan pada masing-masing penyulang, tegangan yang dihasilkan Kota Tangse sebesar 17,96 kV dan daya sebesar 2,8 MVA. Selanjutnya untuk penyulang Geumpang tegangan yang didapatkan sebesar 17,93 kV dan daya sebesar 2,6 MVA.



Gambar 4. Hasil simulasi *load flow* pada *single line diagram* incoming SG-11

Dari hasil *load flow* pada software E-tap arus beban yang diterima pada penyulang kota Tangse sebesar 76,1 A, dan arus beban pada penyulang Geumpang adalah sebesar 70,6 A.

Perhitungan jatuh tegangan pada SG-11 penyulang Kota Tangse,

$$\Delta V = V_{\text{ kirim }} - V_{\text{ terima }}$$

$$\Delta V = 20.000 - 17.966 = 2.034 V$$

Persentase jatuh tegangan pada SG-11 penyulang Kota Tangse,

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{\text{ kirim }}} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = \frac{2.034 V}{20.000 \text{ kV}} \times 100\% = 10,17\%$$

Perhitungan jatuh tegangan pada SG-11 penyulang Geumpang,

$$\Delta V = V_{\text{ kirim }} - V_{\text{ terima }}$$

$$\Delta V = 20.000 - 17.934 = 2.066 V$$

Persentase jatuh tegangan pada SG-11 penyulang Geumpang,

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{\text{ kirim }}} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = \frac{2.066 V}{20.000 \text{ kV}} \times 100\% = 10,33\%$$

Persentase jatuh tegangan pada SG-11 penyulang Kota Tangse sebesar 10,17% dan penyulang Geumpang sebesar 10,33%.

3.3. Jatuh Tegangan GH Tangse Setelah Perbaikan

Cara perbaikan tegangan ujung GH Tangse sebagai berikut:

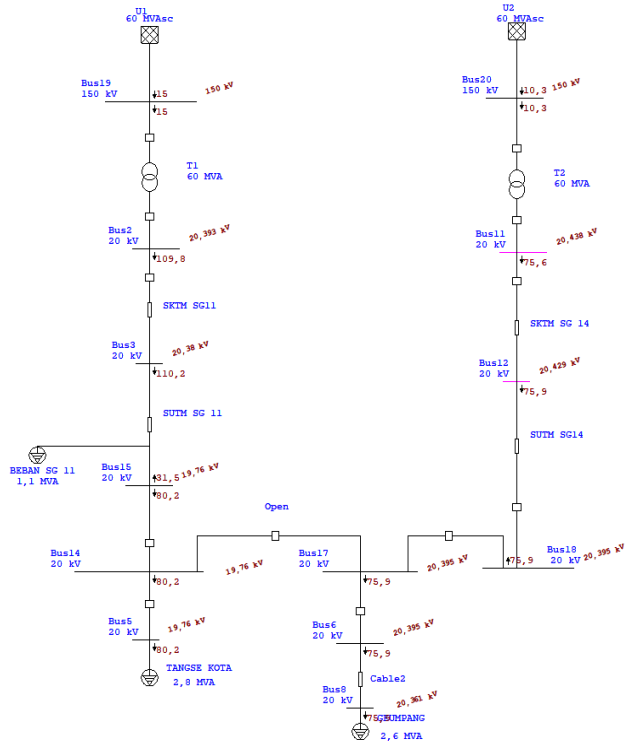
1. Melakukan penambahan *Incoming* (SG-14) pada GH Tangse.
2. Mengalihkan beberapa beban penyulang untuk *disupply* melalui *Incoming* Baru (SG-14) yaitu Penyulang Geumpang.
3. *Incoming* Geumpang (SG-14) *disupply* langsung dari trafo daya (TD).

Tabel 4. Total Daya dan Tegangan pada *Incoming* SG-11 dan SG-14 Setelah Perbaikan

Incoming	Penyulang	Arus (A)	Tegangan (kV)	Daya (MVA)
SG-11	Kota Tangse	80,2	19,76	2,8
SG-14	Geumpang	75,9	20,36	2,6

Pada Tabel 4 didapatkan bahwa SG-11 untuk penyulang Kota Tangse tegangan yang dihasilkan mengalami peningkatan seperti sebelum dilakukan perbaikan sebesar 19,76 kV, kemudian pada SG-14 untuk penyulang Geumpang tegangan yang dihasilkan mengalami peningkatan sebesar 20,36 kV.

Peningkatan perbaikan arus dan tegangan hanya dilakukan pada penyulang Geumpang karena pada penyulang tersebut daya yang dihasilkan masih rendah jika dibandingkan dengan penyulang pada Kota Tangse.



Gambar 5. Hasil simulasi load flow pada single line diagram incoming SG-11 dan SG-14

Dari hasil Gambar 5 disimpulkan bahwa SG-11 arus beban yang diterima pada penyulang kota Tangse mengalami peningkatan sebesar 80,2 A, dan tegangan tetap sama sebesar 19,76 kV.

Perhitungan jatuh tegangan pada SG-11 penyulang Kota Tangse,

$$\Delta V = V_{\text{ kirim }} - V_{\text{ terima }}$$

$$\Delta V = 21.000 - 19.760 = 1.240 \text{ V}$$

Persentase jatuh tegangan pada SG-11 penyulang Kota Tangse,

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{\text{ kirim }}} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = \frac{240 \text{ V}}{21.000 \text{ kV}} \times 100\% = 5,9\%$$

Pada SG-14 untuk penyulang Geumpang didapatkan arus beban sebesar 75,9 V, sehingga tegangan mengalami peningkatan sebesar 20,36 kV.

Perhitungan jatuh tegangan pada SG-14 penyulang Geumpang,

$$\Delta V = V_{\text{ kirim }} - V_{\text{ terima }}$$

$$\Delta V = 21.000 \text{ V} - 20.361 \text{ V} = 639 \text{ V}$$

Persentase jatuh tegangan pada SG-14 penyulang Geumpang,

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{\text{ kirim }}} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = \frac{639 \text{ V}}{21.000 \text{ kV}} \times 100\% = 3 \%$$

Persentase jatuh tegangan pada SG-11 penyulang Kota Tangse sebesar 5,9% dan SG-14 penyulang Geumpang sebesar 3%.

Tabel 5. Persentase Tegangan Setelah Perbaikan.

Incoming	Sebelum perbaikan (kV)	Setelah perbaikan (kV)
SG-11	17,966	19,760
SG-14	17,934	20,361

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa hasil yang didapatkan menunjukkan tingkat perubahan yang sangat baik, dimana dengan dilakukan pengalihan incoming pada SG-11 tegangan yang dihasilkan mengalami peningkatan dari tegangan awal sebesar 17,96 kV menjadi sebesar 19,76 kV.

Dengan adanya penambahan SG-14 tegangan yang dihasilkan menjadi lebih besar, sebelum dilakukan perbaikan tegangan sebesar 17,93 kV dan setelah dilakukan perbaikan tegangan mengalami peningkatan sebesar 20,36 kV.

Selisih tegangan yang terjadi sebesar 1,794 kV karena SG-11 hanya mampu menyuplai untuk kebutuhan penyulang Kota Tangse. Dan selisih SG-14 sebesar 2.427 kV yang digunakan untuk membantu menyuplai kebutuhan penyulang Geumpang.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan perhitungan analisa arus beban yang terjadi pada GH Tangse yang berada pada penyulang Kota Tangse dan penyulang Geumpang, tegangan sebelum dilakukan

perbaikan dimana dari SG-11 didapatkan hasil terhadap penyulang Kota Tangse arus beban sebesar 76,1 A, tegangan sebesar 17,96 kV dan daya sebesar 2,8 MVA. Dan penyulang Geumpang arus beban sebesar 70,6 A, tegangan sebesar 17,93 kV, dan daya sebesar 2,6 MVA.

Dengan dilakukan perbaikan penambahan SG-14 maka arus dan tegangan akan mengalami peningkatan yang lebih baik, dimana SG-11 tetap digunakan untuk penyulang Kota Tangse arus beban yang dihasilkan sebesar 80,2 A, tegangan sebesar 19,76 kV dan daya sebesar 2,8 MV. Sedangkan SG-14 digunakan untuk penyulang Geumpang yang menghasilkan arus beban sebesar 75,9 A, tegangan sebesar 20,36 kV, dan daya sebesar 2,6 MVA.

5. Saran

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut agar penambahan *incoming* express tangse (SG-14) dapat diusulkan untuk perbaikan tegangan terima pada *incoming* gardu hubung (GH) tangse.

6. Daftar Pustaka

- [1] P. Gultom, I. Danial, and M. Rajagukguk, "Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 kV Akibat Pembebanan Lebih Di PT. PLN (Persero) Kota Pontianak," *Jurnal Teknik Elektro*, Universitas Tanjungpura, 2018.
- [2] Syukri, Teuku Murisal Asyadi, Muliadi, and F. Moesnadi, "Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249," *Jambura Jurnal Electrical and Electronics Engineering (JJEED)*, vol. 4, pp. 202–206, 2022. doi: 10.37905/jjeed.v4i2.14500.
- [3] M. Sidik Kalosa, S. Setiawidayat, and M. Mukhsim, "Pengaruh Sistem Pentanahan Terhadap Arus Gangguan Tanah Pada Sistem Distribusi 20 kV," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro (CIRCUIT)*, vol. 4, no. 2, pp. 138-148, 2020. doi: 10.22373/crc.v4i2.7067.
- [4] Subianto, R. Ahmad Yani, "Analisa Pentanahan Gardu Distribusi 20 kV Dari Penyulang Air Saleh (PT . PLN (Persero) Sub Ranting Air Saleh)," *Jurnal Teknik Elektro (JTE)*, vol. 9, no. 2, pp. 38–47, 2019.
- [5] B. Santoso, A. Gifson, D. Pratama, "Perbaikan Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana Sumatera Selatan," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, pp. 34–40, 2018. doi: 10.33322/energi.v9i1.57.
- [6] L. Budiman, "Perencanaan Rekonfigurasi di PT. PLN (Persero) Rayon Sekadau." *Teknik Elektro*, Universitas Tanjungpura, vol. 1, pp. 1–8, 2019.
- [7] R. Syahputra and I. Soesanti, "Optimisasi Multi-objektif pada Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dengan Integrasi Pembangkit Terdistribusi Menggunakan Metode Sistem Kekebalan Buatan," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 12, no. 2, pp. 57–71, 2020. doi: 10.15294/jte.v12i2.26353.
- [8] Muliadi, Syukuri, and T. M. Asyadi, "Pengaruh Tingkat Kelembaban Terhadap Kinerja Pemisah (PMS) 150 kV Pada Gardu Induk," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEED)*, vol. 4, no. 1, pp. 92–98, 2022. doi: 10.37905/jjeed.v4i1.12201.
- [9] R. B. Laginda, H. Tumaliang, and S. Silimang, "Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 kV Di Kota Tahuna," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 2, pp. 93–102, 2018.
- [10] T. Teguh Setiawan, A. Asni, and B. Sugeng, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dari GI Industri Penyulang I.5 sampai dengan Gardu Hubung Rapak," *Jurnal Teknologi Terpadu (JTT)*, vol. 6, no. 2, pp. 147–156, 2018.
- [11] A. Indra, A. Tanjung, and U. Situmeang, "Analisis Profil Tegangan Dan Rugi Daya Jaringan Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) Rayon Siak Sri Indrapura Dengan Beroperasinya PLTMG Rawa Minyak," *Jurnal Sain, Energi, Teknologi*

- & *Industri (SainETIn)*, vol. 4, no. 1, pp. 25–31, 2019.
- [12] E. Ediwan, M. Muliadi, M. Mahalla, N. Nazaruddin, and A. Mulkan, “The Reconfiguration Of Network At 20 kV Distribution System Nagan Raya Substation With The Addition Of The Krueng Isep Hydroelectric Power Plant,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro (JNTE)*, vol. 10, no. 2, pp. 62–70, 2021. doi: 10.25077/jnte.v10n2.888.2021.
- [13] E. H. Harun and M. T. Adam, “Perbaikan Kualitas Tegangan Distribusi 20 kV di Gardu Hubung Lemito Melalui Studi Aliran Daya,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEED)*, vol. 4, pp. 143–147, 2022.
- [14] A. A. Firdaus and E. R. Prasetyo, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Akibat Kontingensi Menggunakan Metode Binary Integer Programming (Studi Kasus: Sistem Distribusi 20 kV Surabaya),” *Jurnal Teknologi Terpadu (JTT)*, vol. 6, no. 2, 2018.
- [15] A. Tanjung, “Analisis Sistem Distribusi 20 kV untuk Memperbaiki Kinerja dan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analysis Program,” *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 4*, pp. 391–399, 2012.
- [16] P. Harahap, M. Adam, and A. Prabowo, “Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 kV Mengurangi Beban Overload Dan Jatuh Tegangan Pada Trafo Bl 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etap 12.6.0,” *Rekayasa Elektrikal dan Energi (RELE)*, vol. 1, no. 2, pp. 62–69, 2019. doi: 10.30596/rele.v1i2.3002.
- [17] I. K. Bayu Dwipayana, A. Y. Dewi Rachman, “Analisa Pengaruh Rekonfigurasi Jaringan 20 kV Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi Daya di Saluran Gardu Hubung Rao dengan Menggunakan Software ETAP 12.6.0,” *Prosiding Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi (SiNARINT)*, vol. 1, no. 1, pp. 138–148, 2022.
- [18] F. Pondri, Sukardi, “Analisis Perbaikan Tegangan Ujung Dan Susut Teknis Dengan Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Pada Penyulang Silago PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Sitiung,” *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, vol. 4, no. 4, pp. 18-26, 2022. doi: 10.31933/rrj.v4i4.510.
- [19] H. Eteruddin, D. Setiawan, and P. P. Prima Hutagalung, “Evaluasi Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Pada Feeder 7 Peranap PT. PLN (Persero) Rayon Taluk Kuantan,” *Prosiding Seminar Nasional Pakar ke 3*, pp. 1–6, 2020. doi:10.25105/pakar.v0i0.6778
- [20] M. F. Biya Lubis and Nurhalim, “Analisa Alternatif Perbaikan Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Kota 20 kV Di Rokan Hulu,” *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik (JOM FTEKNIK)*, vol. 3, no. 2, pp. 1–5, 2016.