

ANALISIS RUGI TEGANGAN JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PADA PENYULANG KOMPI C PT.PLN (Persero) UP3 MERAUKE

Paulus Mangera¹⁾, Jayadi jayadi^{*2)}, Muhamad Rusdi³⁾, Adi Pria Fridana⁴⁾
^{1,2,3,4)}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik– Universitas Musamus
e-mail : jayadi@unmus.ac.id

Abstrak

Sistem Distribusi merupakan salah satu bagian penting dalam penyaluran energi listrik. Dalam penyalurannya, energi listrik yang disalurkan tidak seluruhnya diterima oleh konsumen. Hal ini disebabkan karena terdapatnya rugi – rugi tegangan sepanjang saluran distribusi. Rugi tegangan yang terjadi pada Jaringan distribusi dipengaruhi oleh besar arus, luas penampang dan panjang saluran. Penelitian ini bertujuan menganalisis rugi tegangan yang terjadi pada jaringan distribusi 20 kV atau Jaringan distribusi Primer. Metode kuantitatif digunakan untuk menganalisis rugi tegangan pada Jaringan Distribusi Primer dengan mengambil data arus beban puncak siang dan arus beban puncak malam, pada Penyulang atau Feeder Kompil C1 dan Kompil C2 yang terpasang pada PLTD Kelapa Lima Merauke. Hasil analisis menunjukkan bahwa rugi tegangan yang terjadi pada pada penghantar A3CS A= 150 mm² Feeder Kompil C1 rugi tegangan pada kondisi beban puncak siang dan malam berturut-turut 276,85 Volt (1,38 %) dan 309,91 Volt (1,55 %). Pada Feeder Kompil C2 rugi tegangan yang terjadi pada kondisi beban puncak siang dan malam berturut-turut 80,44 Volt (0,40 %) dan 105,26 Volt (0,53 %). Sedang penghantar A3CS A= 70 mm² Feeder Kompil C1 rugi tegangan pada kondisi beban puncak siang dan malam berturut-turut 1657,46 Volt (8,29 %) dan 1855,36 Volt (9,28 %). Pada Feeder Kompil C2 rugi tegangan yang terjadi pada kondisi beban puncak siang dan malam berturut-turut 123,14 Volt (0,62 %) dan (161,03) Volt (0,81 %). Dengan ini pada Feeder Kompil C1 untuk penampang penghantar A3CS 70 mm², sudah melebihi standar 5% dari Persyaratan Umum Instalasi Listrik.

Kata Kunci: Penyulang, Rugi tegangan, Sistem distribusi.

Abstract

Distribution system is one important part in the distribution of electrical energy. In its distribution, not all of the electrical energy that is distributed is received by consumers. This is due to the existence of voltage losses along the distribution line. The voltage loss that occurs in the distribution network is affected by the amount of current, the cross-sectional area and the length of the channel. This study aims to analyze the voltage loss that occurs in the 20 kV distribution network or primary distribution network. Analyze the voltage loss in the Primary Distribution Network by taking data on the peak load current during the day and the peak load current at night, on the Feeders or Company C1 and C2 Feeders installed at the Kelapa Lima Merauke PLTD. The results of the analysis show that the voltage loss that occurs in the conductor A3CS A = 150 mm² Feeder Company C1 voltage loss at peak load conditions day and night are 276.85 Volts (1.38%) and 309.91 Volts (1.55%), respectively. In Feeder Company C2, the voltage loss that occurs during peak load conditions day and night is 80.44 Volts (0.40%) and 105.26 Volts (0.53%), respectively. While the conductor A3CS A = 70 mm² Feeder Company C1, the voltage loss at peak load conditions day and night is 1657.46 Volts (8.29%) and 1855.36 Volts (9.28%). In Feeder Company C2, the voltage loss that occurs during peak load conditions day and night is 123.14 Volts (0.62%) and (161.03) Volts (0.81%), respectively. With this, the C1 Company Feeder for the 70 mm² A3CS conductor cross-section has exceeded the 5% standard of the General Electrical Installation Requirements.

Keywords: Feeder, Voltage loss, Distribution system.

PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan hidup, yang digunakan untuk menunjang aktivitas kehidupan sehari – hari. Energi listrik itu sendiri dihasilkan oleh unit-unit pembangkitan. Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga

listrik. Pada saluran distribusi, energi listrik kemudian disalurkan ke konsumen seperti pelanggan rumah tangga, sosial, industri, bisnis pada tingkat tegangan distribusi sekunder yang sebelumnya diturunkan dari tingkat tegangan distribusi primer.

Tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 20 kV. Pada penyaluran energi listrik, mulai dari unit pembangkit sampai ke konsumen, energi listrik yang disalurkan tidak seluruhnya diterima oleh konsumen. Hal ini disebabkan karena terdapatnya rugi – rugi tegangan atau *losses* adanya energi yang hilang baik secara teknis maupun nonteknis sepanjang saluran distribusi [1], [2]. Untuk sistem penyampaian tenaga listrik diperlukan saluran daya yang efektif, ekonomis, stabil, efisien dan kualitas yang baik. Secara umum, baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama adalah ditinjau dari kualitas daya yang diterima oleh konsumen [3], [4] faktor yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan keandalan dan mutu yang tinggi dalam sistem distribusi tenaga listrik yaitu tegangan pelayanan sesuai dengan standar regulasi tegangan, Keandalan kontinuitas pelayanan, dan menekan serendah mungkin rugi-rugi teknis dan non teknis [5]–[7].

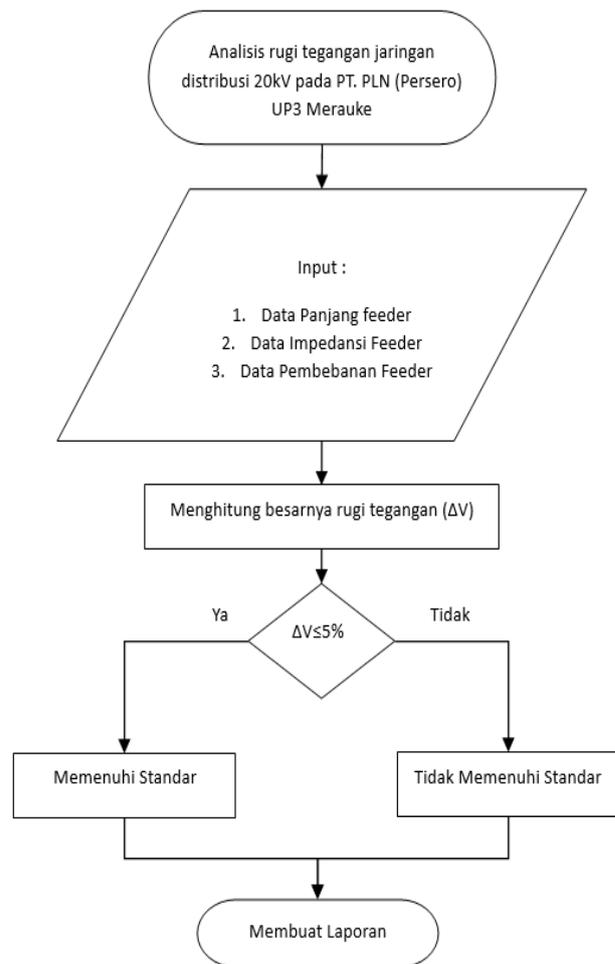
Konsumen dalam kawasan pelayanan PLN Cabang Merauke dilayani oleh Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Sistem kelistrikan di Merauke menggunakan jaringan distribusi tipe radial. Dengan Jarak penyaluran yang cukup jauh, di atas 7 km, yang didalam penyalurannya terdapat rugi – rugi tegangan. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis rugi-rugi daya listrik pada penyulang.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah kuantitatif dengan mengumpulkan data di lapangan dan dianalisis untuk memperoleh besaran rugi daya pada penyulang. Sesuai dengan bentuknya, penelitian ini bertujuan untuk mencoba melakukan pengkajian terhadap data-data teknis yang ada pada PT. PLN (Persero) UP3 Merauke jaringan distribusi 20 KV.

Gambar 1 menunjukkan kerangka pikir dalam proses pelaksanaan penelitian. Data-

data yang telah didapatkan selanjutnya dihitung untuk mendapatkan nilai-nilai yang diinginkan, yaitu data pembebanan penyulang Kompil C1 dan C2 dan dihitung untuk mengetahui rugi-rugi tegangan pada jaringan atau saluran distribusi tegangan 20 kV di PT. PLN (Persero) UP3 Merauke.



Gambar 1. Kerangka Pikir

Saluran Distribusi

Energi listrik 20 kV di busbar gardu induk, disalurkan melalui feeder – feeder (penyulang) distribusi ke gardu hubung atau dapat langsung dihubungkan ke konsumen. Dari gardu hubung, energi listrik disalurkan ke gardu – gardu distribusi.

Gardu Distribusi adalah gardu tempat mengubah tegangan primer menjadi tegangan sekunder dan selanjutnya disalurkan ke setiap

titik pelanggan. Gardu Distribusi berfungsi melayani konsumen dimana tegangan 20 kV diturunkan tegangannya menjadi 380/220 volt pada trafo – trafo distribusi, untuk kemudian disalurkan pada konsumen melalui jaringan tegangan rendah (jaringan distribusi sekunder) [8].

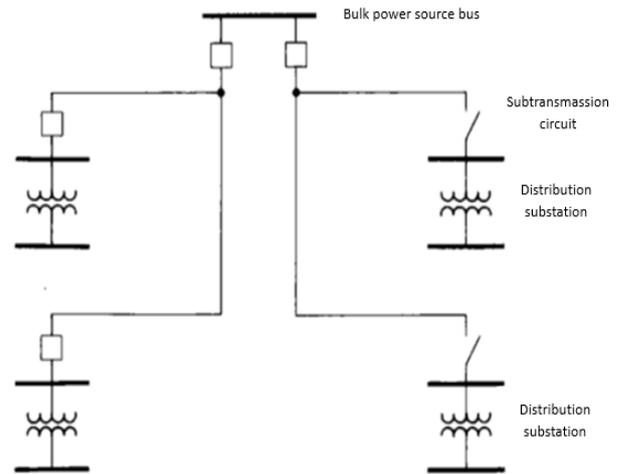
Tipe Jaringan Distribusi Primer

Dalam pelayanannya jaringan distribusi primer ini memiliki beberapa variasi bentuk, dimana masing – masing bentuk jaringan memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan tersendiri. Pada umumnya terdapat empat bentuk dasar dari sistem jaringan distribusi primer, tetapi yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu Sistem jaringan distribusi primer radial, Sistem jaringan distribusi ring (loop) dan Jaringan distribusi Spindel.

1. Jaringan Distribusi Radial

Jaringan distribusi primer radial merupakan 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 ke titik-titik beban yang dilayani.

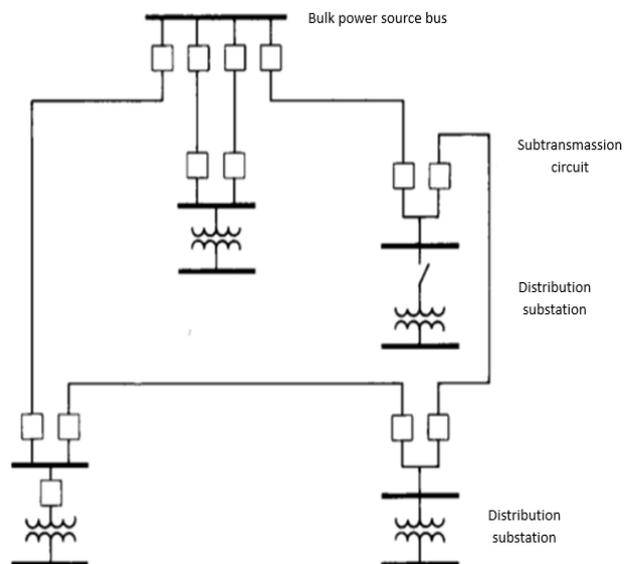
Jaringan ini mempunyai satu jalur daya ke beban, maka semua beban pada saluran itu akan kehilangan daya apabila suatu saluran mengalami gangguan. Keuntungan utama dari sistem radial ini adalah bentuk sederhana dan biaya investasinya relatif murah. Salah satu kelemahan sistem ini adalah kontinuitas pelayanan kurang baik dan keandalannya rendah serta jatuh tegangan yang terjadi besar, terutama untuk beban yang terdapat pada ujung saluran. Sesuai dengan tingkat kerapatan arusnya maka besar penampang penghantar tersebut dapat berbeda-beda [8].



Gambar 2. Sistem Jaringan Radial

2. Jaringan distribusi ring (loop)

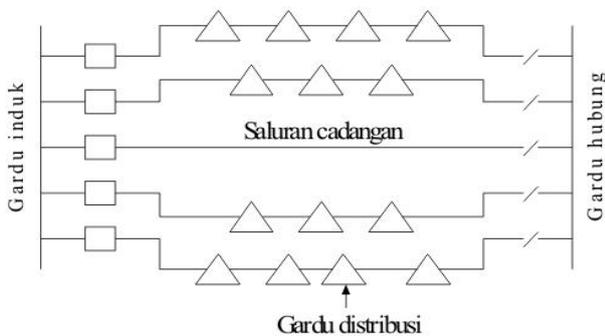
Jaringan distribusi primer tipe ring ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan loop [8]. Jaringan ini biasanya digunakan untuk melayani beban yang membutuhkan kontinuitas pelayanan yang baik seperti : bangunan – bangunan komersial atau pabrik – pabrik yang mempunyai beban sedang dan besar. Pada prinsipnya jaringan distribusi primer tipe loop adalah suatu jaringan yang dimulai dari satu titik sumber atau rel daya keliling ke daerah beban, kemudian kembali ke titik sumber rel atau daya semula [9].



Gambar 3. Sistem Loop

3. Jaringan distribusi Spindel

Jaringan primer pola spindel merupakan pengembangan dari pola radial dan loop terpisah. Beberapa saluran yang keluar dari gardu induk diarahkan menuju suatu tempat yang disebut gardu hubung (GH), kemudian antara GI dan GH tersebut dihubungkan dengan satu saluran yang disebut *express feeder*. Sistem gardu distribusi ini terdapat sepanjang saluran kerja dan terhubung secara seri. Saluran kerja yang masuk ke gardu dihubungkan oleh saklar pemisah, sedangkan saluran yang keluar dari gardu dihubungkan oleh sebuah saklar beban. Jadi sistem ini dalam keadaan normal bekerja secara radial dan dalam keadaan darurat bekerja secara loop melalui saluran cadangan dan GH. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut:



Gambar 4. Sistem Spindel

Konstanta – Konstanta Saluran

Pada saluran transmisi, subtransmisi dan distribusi mempunyai empat parameter yang mempengaruhi kemampuannya untuk berfungsi sebagai bagian dari suatu sistem tenaga yaitu resistansi, induktansi, kapasitansi dan konduktansi [10].

1. Resistansi (R)

Resistansi adalah tahanan pada suatu penghantar pada saluran distribusi yang menyebabkan kerugian daya. Besarnya kerugian daya yang terjadi pada saluran tersebut tergantung pada besarnya tahanan dari panjang saluran, luas penampang kawat serta jenis kawat yang digunakan.

Jika tahanan searah suatu penghantar diketahui pada temperatur tertentu, maka

tahanan searah dapat ditentukan dengan persamaan [11].

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T+t_2}{T+t_1} \quad (1)$$

Dengan :

R_1 = Tahanan searah penghantar pada temperatur t_1

R_2 = Tahanan searah penghantar pada temperatur t_2

T = Konstanta untuk suatu penghantar tertentu yang nilainya ditentukan dalam konstanta t tersebut (234,5 untuk tembaga 100%, 241 untuk tembaga 97,3 %, 228 untuk tembaga 61 %)

2. Induktansi (L)

Induktansi kawat pada umumnya untuk mengetahui masing – masing kawat saluran tergantung dari besarnya fluks yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir pada saluran penghantar tersebut.

3. Kapasitansi (C)

Kapasitansi adalah akibat selisih potensial antara penghantar, sehingga menyebabkan penghantar tersebut bermuatan misalnya terjadi pada plat kapasitor, sedangkan untuk saluran daya yang mempunyai panjang dibawah 80 km maka kapasitansinya sangat kecil sehingga dapat diabaikan, sedangkan pada saluran yang lebih panjang dengan tegangan cukup tinggi (di atas 30 kV) maka kapasitansinya harus diperhitungkan [11].

4. Konduktansi

Konduktansi antar penghantar atau antara penghantar dengan tanah akan menyebabkan terjadinya arus bocor pada isolator dari saluran tersebut. Adapun penghantar yang sering digunakan pada sistem tenaga listrik yaitu *AAC (All Aluminium Conductor)* seluruhnya terbuat dari aluminium, *AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)* seluruhnya terbuat dari campuran

aluminium, *ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced)* Penghantar aluminium yang diperkuat dengan baja, *ACAR (Aluminium Conductor Alloy Reinforced)* Penghantar aluminium yang diperkuat dengan campuran logam [11].

Parameter saluran

Pada saluran distribusi dipergunakan kawat udara ataupun kabel tanah sebagai penghantar untuk penyaluran daya listrik. Penghantar tersebut mempunyai impedansi yang terdiri dari resistansi. Besarnya resistansi tergantung dari jenis penghantar, panjang dan luas penampang atau yang dapat dinyatakan sebagai berikut [11] :

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2)$$

Dengan:

R = Resistansi kawat penghantar

A = Luas penampang kawat penghantar (mm^2)

ρ = Tahanan jenis kawat penghantar ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

l = Panjang kawat penghantar (m)

Dimana:

$$A = \pi r^2 \quad (3)$$

Dengan r adalah *radius*, selanjutnya induktansi penghantar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$L = 2.10^{-7} \cdot \ln \frac{D_m}{D_s} \text{ Henry/m} \quad (4)$$

Dimana D_m adalah jarak rata-rata geometrik (geometric mean distance/GMD) dengan persamaan :

$$D_m = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{23} \cdot d_{13}} \quad (5)$$

D_s adalah *radius* (r) rata-rata geometrik (geometric mean radius/GMR).

Sedangkan besarnya reaktansi induktif ditentukan oleh induktansi dari kawat dan frekuensi arus bolak – balik yaitu [11] :

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad (6)$$

Dengan :

X_L = Reaktansi kawat penghantar (Ohm)

f = frekuensi arus bolak- balik (Hz)

2π = Sudut arus bolak – balik

L = Induktansi kawat penghantar (Henry)

Jadi impedansi per-km dari setiap feeder adalah :

$$Z = R + jX_L \quad (7)$$

Menghitung Rugi Tegangan Pada Penghantar

Setiap penyaluran energi listrik dari sumber tenaga listrik ke konsumen yang letaknya berjauhan selalu terjadi kerugian – kerugian. Adapun salah satu kerugian – kerugian tersebut adalah rugi tegangan. Hal ini disebabkan setiap saluran distribusi mempunyai hambatan, induktansi dan kapasitansi. Untuk nilai kapasitansi salurandistribusi biasanya kecil sehingga diabaikan. Dengan demikian berdasarkan dari penjelasan diatas, rumus yang digunakan untuk menghitung rugi tegangan adalah [12]:

$$\Delta V = (I_s R_s \cos \phi) + (I_s R_s \sin \phi) \quad (8)$$

Maka besar nilai persentase (%) rugi tegangan adalah:

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad (9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyaluran Daya Listrik

Pusat pembangkit Tenaga listrik yang ada PT. PLN (Persero) UP3 Merauke di suplai dari dua pusat pembangkit yaitu PLTD Kelapa Lima Merauke dan PLTG Noari Merauke, untuk penyaluran tenaga listrik ke pusat beban atau pelanggan semua feeder terpusat pada PLTD Kelapa Lima Merauke. Dari 7 Feeder yang terpasang di PLTD Kelapa Lima merauke yang akan diteliti adalah Penyulang Kompi C1 dan Penyulang Kompi C2.

Tabel 1. Data Penyulang atau Feeder Kompi C1 dan Kompi C2 Penghantar 150 mm² A3CS & 70 mm² A3CS.

Jenis Kabel (mm ²)	Nama Penyulang (Feeder)	Panjang Saluran (Km)	Arus Beban Puncak (A)	
			Siang	Malam
150	Kompi C1	30	67	75
	Kompi C2	45	13	17
70	Kompi C1	47	67	75
	Kompi C2	18	13	17

Pada penyulang (*Feeder*) Kompi C1 dan C2 menggunakan dua jenis penghantar yang digunakan yaitu A3CS 3 x 150 mm² dan A3CS 3 x 70 mm² untuk penghantar A3CS 3 x 150 mm² kemampuan arus maksimumnya adalah 425 A sedang jenis penghantar A3CS 3 x 70 mm² kemampuan arus maksimumnya adalah 155 A (Puil 2000, h.350). Saluran tegangan menengah pada PT. PLN (Persero) UP3 Merauke beroperasi pada tegangan 20 kV.

Maka dari data tersebut dapat dihitung besarnya kapasitas penyaluran daya semu untuk jenis penghantar A3CS 3 x 150 mm² adalah :

$$S = \sqrt{3} \times V \times I = 14722431,86 \text{ VA}$$

Maka besar daya yang disalurkan adalah :

$$P = S \cos \varphi = 13250188,67 \text{ Watt}$$

Untuk kapasitas penyaluran daya semu untuk jenis penghantar A3CS 3 x 70 mm² adalah :

$$S = \sqrt{3} \times V \times I = 5369357.503 \text{ VA}$$

Maka besar daya yang disalurkan adalah :

$$P = S \cos \varphi = 4832421.753 \text{ Watt}$$

Menghitung Parameter Saluran

Resistansi penghantar untuk feeder per-meter dapat diperoleh dengan persamaan (1). Dimana pada suhu 20⁰C diasumsikan suhu dengan beban normal. Selanjutnya, diasumsikan bahwa saluran beroperasi pada beban penuh dimana temperatur maksimum pada kondisi beban penuh tersebut tidak lebih dari 50⁰C sehingga resistansi dengan menggunakan koreksi pada suhu 50⁰C (R2).

Sedangkan besarnya reaktansi induktif diperoleh dengan persamaan (6) ditentukan oleh induktansi dari kawat dan frekuensi arus bolak – balik. Sehingga diperoleh besaran impedansi pada penghantar 150 mm² dan 70 mm² berdasarkan persamaan (7) yang ditunjukkan pada tabel 2.

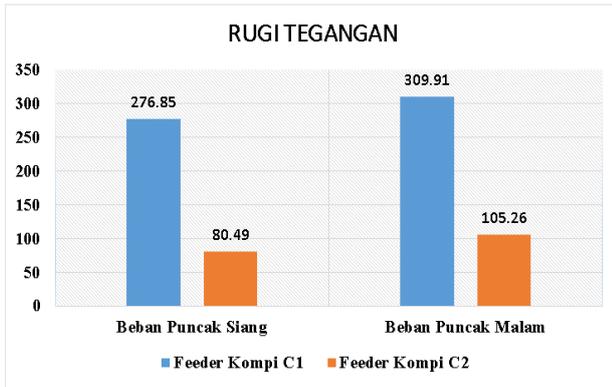
Tabel 2 Data Impedansi feeder Kompi C1 dan Kompi C2

Jenis Kabel (mm ²)	Nama Penyulang (Feeder)	Panjang Saluran (Km)	Impedansi Per-km		Impedansi Panjang saluran	
			(Rs)	(Xs)	(Rs)	(Xs)
150	Kompi C1	30	0,0212	0,2757	0,64	8,27
	Kompi C2	45			0,95	12,41
70	Kompi C1	47	0,4529	0,2759	21,29	12,97
	Kompi C2	18			8,15	4,97

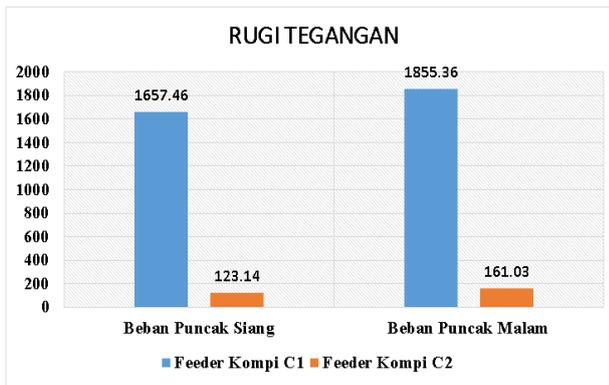
Rugi Tegangan Pada Saluran

Berdasarkan hasil perhitungan parameter saluran maka dapat diketahui besar rugi tegangan pada masing-masing saluran dengan menggunakan persamaan (8) dan persamaan (9), dimana waktu yang ditentukan yaitu pada saat beban puncak siang dan malam seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Gambar 4 menunjukkan pada penyulang kompi C1 dan Kompi C2 dapat dianalisa bahwa

terjadinya rugi – rugi tegangan pada jaringan atau saluran distribusi karena pengaruh dari panjang saluran, diameter penghantar dan arus yang terdapat pada masing – masing penyulang atau feeder. Nilai impedansi juga mempengaruhi besarnya rugi – rugi tegangan yang terjadi pada setiap penyulang atau feeder (lihat tabel 2).



(a)



(b)

Gambar 4. Rugi tegangan *feeder* Kompi C1 dan Kompi C2 pada saat kondisi beban puncak siang dan malam, (a) Penghantar A3CS 150 mm² (b) Penghantar A3CS 70 mm².

Dimana impedansi dipengaruhi oleh nilai resistansi saluran dan reaktansi saluran. Semakin besar nilai resistansi dan reaktansi dari saluran maka rugi – rugi tegangan yang terjadi pada penyulang atau feeder 20 kV pada penyulang Kompi C1 dan Kompi C2 akan semakin besar. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 terdapat selisih rugi – rugi tegangan pada penghantar A3CS (A) = 150 mm² beban siang hari dan beban malam hari yaitu pada Feeder Kompi C1 0.19 %, Feeder Kompi C2 0.12 % (lihat tabel 6) dan selisih rugi – rugitegangan pada penghantar A3CS (A) = 70 mm² beban siang hari dan beban malamhari yaitu pada Feeder Kompi C1 0.99 %, Feeder Kompi C2 0.19 % (lihat tabel 8). Pada perhitungan yang telah dilakukan didapatkan besarnya rugi – rugi tegangan untuk penghantar jenis A3CS (A) = 70 mm² dimana feeder Kompi C1 terjadi rugi – rugi tegangan yang cukup besar yaitu pada beban puncak siang hari sebesar 8,29 % sedangkan pada beban puncak malam hari sebesar 9,28 % (lihat tabel 3). Rugi – rugi tegangan yang terjadi pada Feeder Kompi C1 telah melebihi batas ketentuan PLN yaitu melebihi 5 %. Hal ini terjadi karena panjang saluran pada Feeder Kompi C1 ini dibanding Feeder Kompi C2.

Tabel 3. Hasil perhitungan dan persentase rugi-rugi tegangan pada feeder.

Jenis Kabel (mm ²)	Nama Penyulang (Feeder)	Panjang Saluran (Km)	Arus Beban Puncak (A)		Rugi Tegangan (V)		Persentase Rugi Tegangan (%)		Selisih (%)
			Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam	
150	Kompi C1	30	67	75	276,85	309,91	1,38	1,55	0,19
	Kompi C2	45	13	17	80,49	105,26	0,4	0,53	0,12
70	Kompi C1	47	67	75	1657,5	1855,4	8,29	9,28	0,99
	Kompi C2	18	13	17	123,14	161,03	0,62	0,81	0,19

KESIMPULAN

Hasil perhitungan yang telah dilakukan mengenai rugi – rugi tegangan pada jaringan atau saluran distribusi tegangan 20 kV di PT. PLN (Persero) UP3 Merauke dapat diambil kesimpulan bahwa rugi tegangan yang terjadi pada pada penghantar A3CS A= 150 mm² *Feeder* Kompi C1 rugi tegangan pada kondisi

beban puncak siang sebesar 276,85 Volt dengan persentase sebesar 1,38 % dan pada kondisi beban puncak malam sebesar 309,91 Volt dengan persentase sebesar 1,55 %, *Feeder* Kompi C2 rugi tegangan yang terjadi pada kondisi beban puncak siang 80,44 Volt dengan persentase sebesar 0,40 % dan pada kondisi beban puncak malam sebesar 105,26 Volt dengan persentase sebesar 0,53 %. Sedang

penghantar A3CS A= 70 mm² Feeder Kompil C1 rugi tegangan pada kondisi beban puncak siang sebesar 1657,46 Volt dengan persentase sebesar 8,29 % dan pada kondisi beban puncak malam sebesar 1855,36 Volt dengan persentase sebesar 9,28 %, Feeder Kompil C2 rugi tegangan yang terjadi pada kondisi beban puncak siang 123,14 Volt dengan persentase sebesar 0,62 % dan pada kondisi beban puncak malam sebesar 161,03 Volt dengan persentase sebesar 0,81 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Muhtar, Iwan, Antarissubhi, and Suryani, "ANALISIS RUGI DAYA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER PT. PLN ULP SENGKANG SULAWESI," *Vertex Elektro*, vol. 13, no. 01, pp. 18–24, 2021.
- [2] H. L. Latupeirissa, H. M. Muskita, and C. Leihitu, "Jurnal simetrik vol.8, no.1, juni 2018," *J. SIMETRIK*, vol. 8, no. 1, pp. 46–51, 2018.
- [3] A. Jaya, "Analisis Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Penyulang POLDA Area Makassar Utara," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 51–54, 2020.
- [4] P. Mangera and D. Hardiantono, "ANALISIS RUGI TEGANGAN JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PADA PT. PLN (Persero) CABANG MERAUKE," *J. MJEME*, vol. 1, pp. 61–69, 2019, doi: 10.5281/zenodo.3516283.
- [5] 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," *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknol. Ind.)*, vol. 4, no. 1, pp. 25–31, 2019.
- [6] D. Medina and I. W. Ratnata, "Analisis Jatuh Tegangan Jaringan Distribusi 20 kV pada Penyulang CPK PT. PLN (Persero) UP3 Bandung," 2021, pp. 211–220.
- [7] Yuniarti, "ANALISA PERHITUNGAN DROP TEGANGAN MENENGAH 20 KV PADA PENYULANG MUTIARA DI PT. PLN (PERSERO) RAYON MUARADUA," vol. 10, no. 2, 2018.
- [8] Suhadi and Dkk, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik, Jilid 1*, vol. 7, no. 9. 2008.
- [9] Turan GONEN, *Electric power distribution system engineering*. New york: mcgraw hill book co, 1987.
- [10] Sulasno, *Teknik Konversi Energi Listrik Dan Sistem Pengaturan*. Yogyakarta: Graham Ilmu, 2009.
- [11] W. D. Stevenson and K. Idris, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Edisi 4. JAKARTA: ERLANGGA, 1994.
- [12] A. Kadir, *Distribusi dan Utilitasi Tenaga Listrik*. JAKARTA: Universitas Indonesia (UI-Press, 2006.