

Analisis Pengaruh Penggantian Konduktor pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20kV terhadap Drop Tegangan di PT. PLN (Persero) UP3 Bangkinang

Renaldi Bayu Pratama^{*1}, Pristisal Wibowo², Siti Anisah³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi Medan, Indonesia

Email: ¹renaldi36764@gmail.com, ²pristisawibowo@dosen.pancabudi.ac.id,

³sitianisah@dosen.pancabudi.ac.id

Abstrak

Permasalahan yang dihadapi oleh PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang pada sistem distribusi tenaga listrik adalah penurunan kualitas tegangan dan efisiensi energi pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) 20 kV. Hal ini disebabkan oleh tingginya rugi daya akibat resistansi konduktor yang lebih besar, yang berujung pada drop tegangan yang signifikan di ujung saluran serta gangguan pada kualitas listrik yang diterima oleh konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggantian konduktor pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) 20 kV milik PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang. Penelitian ini menggunakan metodologi kualitatif dengan studi literatur dan studi lapangan, penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Setelah penggantian konduktor dengan resistansi yang lebih rendah (0.135 Ω /km), drop tegangan berkurang menjadi 0.81 kV, yang meningkatkan tegangan pada titik ujung saluran menjadi 19.19 kV, serta rugi daya turun menjadi 810 kW atau 4.05% yang menunjukkan bahwa penggantian konduktor memberikan dampak positif yang signifikan terhadap perbaikan kualitas tegangan, efisiensi energi, dan Pembukuan sistem distribusi tenaga listrik di PT. PLN (Persero) UP3 Bangkinang.

Kata Kunci: *Distribusi Listrik, Efisiensi Energi, Penggunaan Konduktor, Saluran Udara, Tegangan*

Abstract

The problem faced by PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang in the power distribution system is a decrease in voltage quality and energy efficiency on the 20 kV medium voltage overhead line (SUTM). This is caused by high power losses due to greater conductor resistance, which leads to a significant voltage drop at the end of the line as well as interference with the quality of electricity received by consumers. This study aims to analyze the effect of conductor replacement on the 20 kV medium voltage overhead line (SUTM) owned by PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang. This research uses qualitative methodology with literature studies and field studies, this research uses primary data and secondary data. The results showed that after replacing the conductor with a lower resistance (0.135 Ω /km), the voltage drop was reduced to 0.81 kV, which increased the voltage at the end point of the line to 19.19 kV, and the power loss dropped to 810 kW or 4.05% which indicates that the conductor replacement has a significant positive impact on improving the quality of voltage, energy efficiency, and bookkeeping of the power distribution system at PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang.

Keywords: *Aerial Lines, Conductor Usage, Electricity Distribution, Energy Efficiency, Voltage*

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem distribusi tenaga listrik, konduktor memiliki peranan penting dalam penghantaran energi listrik dari sumber ke konsumen. Konduktor dengan resistansi tinggi menyebabkan rugi daya yang lebih besar, mengakibatkan penurunan tegangan (drop tegangan) pada titik ujung saluran, yang pada gilirannya mempengaruhi kualitas listrik yang diterima oleh konsumen dan efisiensi sistem distribusi (Sumiyati et al., 2024). Sistem distribusi sendiri terbagi atas dua yaitu, saluran distribusi tegangan menengah yang menggunakan tegangan 20 kV dan sistem distribusi tegangan rendah yang menggunakan tegangan 220/380 V (Mampori et al., 2023).

Sistem distribusi tenaga listrik adalah elemen penting yang menghubungkan sumber pembangkit dengan konsumen akhir, yang berarti kualitas listrik yang diterima oleh pelanggan sangat dipengaruhi oleh kondisi dan kinerja jaringan distribusi itu sendiri. Salah satu tantangan utama dalam distribusi listrik adalah terjadinya drop tegangan dan rugi daya yang disebabkan oleh tahanan pada penghantar atau konduktor. Besar kecilnya drop tegangan dan rugi daya ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya adalah panjang saluran distribusi, jenis konduktor yang digunakan, kapasitas transformator (trafo), tipe beban yang terhubung ke jaringan, serta faktor daya dan jumlah daya yang terpasang pada sistem (Affandy et al., 2021). Selain itu, penggunaan beban induktif, seperti motor listrik, juga dapat meningkatkan kebutuhan akan beban reaktif, yang berujung pada peningkatan rugi daya dan penurunan kualitas tegangan. Oleh karena itu, kondisi teknis jaringan distribusi, termasuk pemilihan jenis konduktor dan pengelolaan beban, memainkan peranan penting dalam memastikan bahwa tegangan yang diterima oleh pelanggan tetap stabil dan efisien (Sajayasa et al., 2022).

Meningkatnya usaha di bidang industri yang banyak menggunakan beban yang bersifat induktif menyebabkan kebutuhan daya reaktif meningkat. Peningkatan kebutuhan daya reaktif menyebabkan terjadinya drop tegangan yang akan menyebabkan kurang efektif suatu sistem distribusi. Buruknya pendistribusian daya listrik pada suatu sistem distribusi ditinjau dari kualitas tegangan yang diterima konsumen. Batas toleransi yang diperbolehkan untuk nilai drop suatu tegangan menurut Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi adalah -10% dan +5% dari nilai nominal (Adil & Sonni, 2022)

Konduktor yang digunakan pada saluran udara tegangan menengah biasanya terbuat dari bahan seperti aluminium atau paduan tembaga, yang memiliki resistansi tertentu. Resistansi konduktor ini berpengaruh langsung terhadap besarnya rugi daya yang terjadi selama distribusi tenaga listrik (Simbolon et al., 2022). Semakin tinggi resistansi konduktor, semakin besar rugi daya yang terjadi, dan semakin besar penurunan tegangan yang terjadi sepanjang jalur distribusi. Ini menyebabkan kualitas tegangan di titik konsumen menjadi tidak stabil, yang berisiko merusak peralatan listrik dan mengurangi efisiensi penggunaan energy (Eksandy, 2024).

Untuk menjaga pasokan listrik, sistem distribusi tenaga listrik sangatlah penting dan kualitas suplai energi listrik kepada pelanggan. Sebagai salah satu elemen utama dalam sistem tenaga listrik, Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) menjadi jalur penghubung antara gardu induk dan beban pelanggan (Agung et al., 2024). Namun, seiring dengan peningkatan kebutuhan energi listrik dan pertumbuhan beban, tantangan terhadap stabilitas dan keandalan sistem distribusi terus meningkat (Funan & Utama, 2020). Sistem ketenagalistrikan memiliki fungsi untuk menghasilkan, mentransfer, dan menyebarkan listrik dari pembangkit ke konsumen (Nantan et al., 2023). Tergantung kebutuhan, jaringan distribusi tenaga listrik mendistribusikan energi listrik pada tegangan rendah 380V atau 220V dan tegangan menengah 20 kV pelanggan (Hajar & Hasbi, 2019). Jaringan distribusi sebagaimana besar masih menggunakan saluran udara, yang membuatnya lebih rentan terhadap gangguan yang bisa datang dari faktor internal maupun eksternal (Kurniadi et al., 2021). Secara umum, sistem ini terdiri dari berbagai unit pembangkit yang terhubung dengan saluran untuk memenuhi kebutuhan beban. Pada sistem dengan banyak mesin, daya dialirkan ke beban melalui saluran yang terhubung dalam penyaluran (Husna & Pelawi, 2018). Sistem penyaluran listrik yang baik sistem transmisi, sub-transmisi, dan distribusi. Sistem ini digunakan karena memiliki potensi besar untuk mengurangi penurunan tegangan (Nugraha & Arfianto, 2024). Penurunan tegangan ini dapat terjadi karena konduktor yang digunakan memiliki resistansi. Sehingga, penyaluran energi listrik jarak jauh sangat rentan terhadap penurunan tegangan, yang mengakibatkan banyaknya kehilangan tegangan dan arus listrik (Sajayasa et al., 2022). Salah satu elemen penting yang perlu diperhitungkan saat merencanakan jaringan adalah memastikan kualitas saluran yang baik serta kontinuitas pelayanan yang optimal bagi konsumen (Joko et al., 2018).

Dalam konteks PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang, penggantian konduktor yang lebih efisien dan memiliki resistansi lebih rendah bertujuan untuk mengurangi rugi daya dan memperbaiki kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen. Dengan penggantian konduktor yang memiliki resistansi lebih rendah, penurunan tegangan yang terjadi di sepanjang saluran dapat diminimalkan, sehingga tegangan yang diterima di titik ujung saluran lebih mendekati nilai yang diinginkan, yaitu sekitar 20 kV.

Penggantian konduktor dengan resistansi lebih rendah mengurangi drop tegangan, meningkatkan kualitas tegangan yang diterima di titik ujung saluran, dan memastikan bahwa konsumen menerima tegangan yang stabil dan sesuai dengan standar yang ditetapkan (Saragih et al., 2024). Dengan pengurangan rugi daya, sistem distribusi menjadi lebih efisien, mengurangi pemborosan energi dan mengurangi beban pada sistem pembangkit listrik. Hal ini juga berdampak pada pengurangan biaya operasional dan pemeliharaan sistem distribusi tenaga listrik (Ashabullah & Yadie, 2024)

Salah satu tantangan utama dalam sistem distribusi adalah tingginya resistansi konduktor pada saluran udara tegangan menengah yang menyebabkan rugi-rugi daya dan menurunnya tegangan di ujung saluran (Kurniadi et al., 2021). Kondisi ini tidak hanya memengaruhi stabilitas sistem, tetapi juga berdampak pada kualitas layanan pelanggan, seperti seringnya terjadi gangguan, tegangan rendah, dan pemadaman listrik secara berkala (Ramdhani et al., 2020). Sehingga, perlu untuk melakukan penggantian konduktor sebagai upaya meningkatkan performa saluran distribusi (Nantan et al., 2023). Konduktor merupakan media penghantar arus listrik yang dirancang untuk meminimalkan rugi-rugi daya dan menjamin kualitas tegangan. Konduktor pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) yang mengamai masalah dalam resistansi, kapasistas arus dan daya tahan menarik harus mengalami pergantian (Iqbal & Armono, 2023)

Penggantian konduktor dengan spesifikasi yang lebih baik, seperti menggunakan material Kinerja saluran yang stabil dapat ditingkatkan dengan ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) atau AAAC (All Aluminium Alloy Conductor) (Maria, 2021). Kapasitas sistem distribusi untuk mempertahankan tegangan dalam batas tertentu disebut stabilitas tegangan ditentukan selama operasi normal dan gangguan (Ramdhani et al., 2020). Penggantian konduktor dengan jenis yang lebih baik, seperti yang memiliki kapasitas arus lebih tinggi, resistansi lebih rendah, dan kemampuan mekanik yang lebih kuat, dapat memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi dan keandalan sistem distribusi (Manopo et al., 2020). Hal ini mencakup peningkatan stabilitas tegangan, pengurangan rugi-rugi daya, dan kemampuan menahan kondisi operasional yang ekstrem, termasuk gangguan akibat cuaca atau beban berlebih (Hajar & Hasbi, 2019). Rugi daya yang muncul akibat resistansi pada konduktor. Rumus rugi-rugi daya (I^2R) menunjukkan bahwa semakin kecil resistansi konduktor, semakin kecil pula rugi-rugi daya. Oleh karena itu, konduktor dengan resistansi rendah, seperti konduktor berbahan aluminium alloy, memiliki keunggulan dibandingkan konduktor berbahan konvensional (AHMAD, 2024).

Tingkat kebisingan pada sistem distribusi tenaga listrik merupakan komponen yang krusial memastikan kualitas, kontinuitas, dan ketersediaan pasokan daya listrik kepada pelanggan sepanjang tahun (Syafar, n.d.). Evaluasi mengenai tingkat keandalan dalam sistem distribusi dapat dilihat melalui perhitungan terhadap three general indices are used, namely the System Average Duration Index (SAIDI), the System Average Interruption Frequency Index (SAIFI), and the Customer Average Interruption Frequency Index (CAIDI) (Muliadi & Jamal, 2022). Di sisi lain, pemilihan konduktor yang tepat membutuhkan analisis mendalam terkait kondisi eksisting saluran, potensi peningkatan beban di masa depan, serta dampaknya terhadap parameter teknis seperti profil tegangan, rugi-rugi daya, dan indeks keandalan sistem, seperti SAIDI, SAIFI, atau Indeks Frekuensi Interupsi Rata-Rata Sistem, dan SAIFI, atau Indeks Durasi Interupsi Rata-Rata Sistem (Iqbal & Armono, 2023).

Penurunan tegangan pada jaringan distribusi menjadi salah satu penyebab utama ketidakpuasan pelanggan terhadap layanan listrik. Masalah ini semakin parah dengan pertumbuhan beban yang tidak diimbangi oleh peningkatan kapasitas saluran (Kurniadi et al., 2021). Meskipun PT. PLN (Persero) UP3 Bangkinang telah melakukan berbagai upaya, seperti peningkatan kapasitas gardu dan pemeliharaan saluran, tantangan utama seperti rugi-rugi daya akibat resistansi tinggi pada konduktor masih belum sepenuhnya teratasi (Chandra & Sari, 2022). Sehingga, di perlukannya dilakukan pengantian konduktor yang dilakukan dengan analisis berdasarkan perhitungan (Adolph, 2016). Oleh karena itu,

Penelitian yang dilakukan oleh Ismail Yasmid (2024) memperoleh hasil pengujian penggantian konduktor penghantar harus dilakukan dengan memperhitungkan ulang pada arus beban, drop kontak, resistansi dan rugi-rugi daya, apabila nilai dari setting tidak dilaksanakan perhitungan ulang dapat mengakibatkan relai jarak tidak selektif (Muliadi & Aswizar Jamal, 2022). Kemudian (AHMAD,

2024) menyatakan bahwa penggantian konduktor pada Penyulang Kerambitan dilakukan untuk mengatasi permasalahan penurunan kualitas tegangan yang lebih tinggi dari batas toleransi PT PLN (Persero). Selanjutnya penelitian (Sajayasa et al., 2022) hasil penelitian diketahui bahwa penggantian konduktor AAAC 150 mm² ke MVTIC 150 mm² dapat mempengaruhi tegangan drop di penyulang Kerambitan karena Impedansi penghantar MVTIC lebih baik dari penghantar AAAC.

Penelitian terdahulu telah banyak mengkaji pengaruh konduktor terhadap distribusi tenaga listrik, dengan fokus utama pada pemilihan material konduktor, pengaruh resistansi terhadap drop tegangan, serta rugi daya dalam sistem distribusi. Namun, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan dalam skala yang lebih umum atau di daerah dengan kondisi jaringan distribusi yang berbeda, sehingga belum memberikan solusi yang spesifik untuk masalah yang dihadapi di PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang. Selain itu, banyak penelitian yang hanya fokus pada aspek teknis penggantian konduktor tanpa melakukan evaluasi menyeluruh mengenai dampaknya terhadap kualitas tegangan, efisiensi energi, dan perbaikan sistem distribusi secara lebih luas, termasuk pada pemeliharaan dan pengurangan gangguan listrik.

Penelitian ini menawarkan kebaruan dengan mengkaji pengaruh penggantian konduktor dalam konteks lokal PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang, dengan memperhatikan karakteristik spesifik saluran distribusi di wilayah tersebut. Selain itu, penelitian ini memberikan pendekatan yang lebih komprehensif, dengan mengevaluasi dampak penggantian konduktor terhadap kualitas tegangan, rugi daya, dan efisiensi energi dalam jangka panjang, yang belum banyak dibahas dalam studi-studi sebelumnya. Urgensi penelitian ini sangat tinggi dalam konteks PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang, mengingat adanya masalah terkait drop tegangan yang mempengaruhi kualitas listrik yang diterima oleh konsumen dan potensi kerusakan peralatan. Selain itu, dengan meningkatnya kebutuhan akan efisiensi energi dan pengurangan pemborosan daya, penelitian ini dapat memberikan solusi yang signifikan untuk memperbaiki kinerja sistem distribusi dan mengurangi biaya operasional.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggantian konduktor dengan resistansi lebih rendah terhadap penurunan drop tegangan pada saluran udara tegangan menengah 20 kV, mengevaluasi dampaknya terhadap efisiensi energi dengan mengukur penurunan rugi daya, serta memberikan rekomendasi terkait langkah-langkah yang dapat diambil untuk meningkatkan kualitas distribusi tenaga listrik, efisiensi operasional, dan mengurangi gangguan pada sistem distribusi di PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggabungkan metodologi studi kasus dengan pendekatan kualitatif. Pendekatan penelitian kualitatif berkonsentrasi pada mengamati dan memahami secara dekat kejadian-kejadian yang dialami subjek Violita (Manopo et al., 2020). Penelitian ini berfokus pada pengamatan dan perhitungan yang dilakukan pada saluran udara tegangan menengah 20 kV di PT. PLN (Persero) UP3 Bangkinang. Adapun tahapan penelitian dilakukan dengan studi literatur dan studi lapangan, persiapan bahan materi, melakukan pengamatan, melakukan perhitungan dan analisis, serta mengambil kesimpulan. Data penelitian menggunakan data primer dan data sekunder. Adapun teknik pengumpulan data dilakukan dengan studi literatur dan observasi langsung pada jaringan SUTM 20 kV, termasuk kondisi fisik konduktor, titik sambung, dan peralatan pendukung. Data dianalisis secara kualitatif dengan bantuan rumus-rumus teknis untuk menghitung parameter seperti profil tegangan, rugi-rugi daya, dan indeks keandalan sistem. Drop tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Berikut dijelaskan dengan rumus :

$$R = \rho \times \frac{L}{A} \quad (1)$$

Menurut Watkins (2004), untuk menghitung persentase jatuh tegangan dapat menggunakan rumus:

$$\Delta V = \frac{VS - VR}{VS} \times 100\% \quad (2)$$

Perhitungan drop voltage 1 fasa :

$$V = I \times L \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (3)$$

Perhitungan losses

$$P = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I \times \cos \varphi \quad (4)$$

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I \cdot R \cdot L}{1000} \quad (5)$$

Ket:

Vdrop = Penurunan tegangan (Volt)

I = Arus beban (Ampere)

R = Reaktansi konduktor (Ω)

Θ = Sudut fasa beban

Kemudian Indeks Keandalan Sistem (SAIDI dan SAIFI)

$$SAIDI = \frac{\sum U_i - N_i}{N_{total}} \quad (6)$$

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_{total}} \quad (7)$$

Ket:

U_{ii} = Durasi gangguan pada wilayah iii (jam)

N_i = Jumlah pelanggan yang terkena gangguan di wilayah iii

N_{total} : Total jumlah pelanggan yang dilayani

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis pengaruh penggantian konduktor pada saluran udara tegangan menengah 20Kv terhadap drop tegangan di PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang memperoleh hasil data sebagai berikut:

3.1. Data Pengukuran Sebelum Pengganti Konduktor

$$I = 200A$$

$$R = 0.206 \Omega/km$$

$$L = 15 km$$

3.1.1. Data pengukuran drop tegangan

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I \cdot R \cdot L}{1000}$$

$$\Delta V = \frac{2 \cdot 200 \cdot 0,206 \cdot 15}{1000}$$

$$\Delta V = 1.236 kV$$

3.1.2. Rugi Daya

$$P_{loss} = I^2 \cdot R \cdot L$$

$$P_{loss} = 200^2 \cdot 0,206 \cdot 15$$

$$P_{loss} = 1236 kW$$

3.1.3. Nilai Indeks Keandalan (SAIDI dan SAIFI)

Total jumlah pelanggan = 10.000 pelanggan.

Data gangguan:

Gangguan 1

U = 2 Jam, N = 1.000

Gangguan 2

U = 1,5 Jam, N = 2.000N

Gangguan 3

U = 3 Jam, N = 1.500

$$SAIDI = \frac{\sum U_i - N_i}{N_{total}}$$

$$SAIDI = \frac{(2.1000) + (1,5.2000) + (3.1500)}{10000}$$

$$SAIDI = \frac{2000 + 3000 + 4500}{10000}$$

$$SAIDI = 0,95 \text{ jam/pelanggan}$$

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_{total}}$$

$$SAIFI = \frac{1000 + 2000 + 1500}{10000}$$

$$SAIFI = 0,45 \text{ frekuensi/pelanggan}$$

Sehingga,

$$SAIDI = 0,95 \times 60$$

$$SAIDI = 57 \text{ menit/pelanggan}$$

$$SAIFI = 0,45 \text{ frekuensi/pelanggan}$$

3.2. Data Pengukuran Sesudah Penggantian Konduktor

$$I = 200A$$

$$R = 0,135 \Omega/km$$

$$L = 15 km$$

3.2.1. Data pengukuran drop tegangan

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I \cdot R \cdot L}{1000}$$

$$\Delta V = \frac{2 \cdot 200 \cdot 0,135 \cdot 15}{1000}$$

$$\Delta V = 0,81 kV$$

3.2.2. Rugi Daya

$$P_{loss} = I^2 \cdot R \cdot L$$

$$P_{loss} = 200^2 \cdot 0,135 \cdot 15$$

$$P_{loss} = 810 kW$$

3.3. Nilai Indeks Keandalan (SAIDI dan SAIFI)

Total jumlah pelanggan = 10.000 pelanggan

Data gangguan setelah penggantian:

Gangguan 1

U = 1,5 jam, N = 500

Gangguan 2

U = 1 jam, N = 1.000

Gangguan 3

U = 2 jam, N = 1.000

$$SAIDI = \frac{\sum U_i - N_i}{N_{total}}$$

$$SAIDI = \frac{(1,5.500)+(1.1000)+(2.1000)}{1000}$$

$$SAIDI = \frac{750+1000+2000}{1000}$$

$$SAIDI = 0.375 \text{ jam/pelanggan}$$

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_{total}}$$

$$SAIFI = \frac{500+1000+1000}{1000}$$

$$SAIFI = 0.25 \text{ frekuensi/pelanggan}$$

Jika dikonversi ke menit:

$$SAIDI = 0.375 \times 60$$

$$SAIDI = 22,5 \text{ menit/pelanggan}$$

$$SAIFI = 0.25 \text{ frekuensi/pelanggan}$$

3.4. Perbandingan Drop Tegangan Sebelum dan Setelah Penggantian Konduktor

Tabel 1. Perbandingan Perhitungan Sebelum dan Setelah Pergantian

Parameter	Sebelum Penggantian	Setelah Penggantian	Persentase Perbaikan
Drop Tegangan (kV)	1.236	0.81	34.5%
Rugi Daya (kW)	1.236	810	34.5%
SAIDI (menit)	57	22,5	60,53%
SAIFI (kali)	0,45	0,25	44,44%

Berdasarkan hasil perbandingan perhitungan sebelum pergantian dan setelah pergantian. Hasil dari perhitungan menunjukkan 1.236 kV mengakibatkan tegangan pada titik ujung saluran hanya sebesar 18.764 kV, lebih rendah dibandingkan dengan tegangan nominal 20 kV. Hal ini menunjukkan adanya penurunan kualitas tegangan, sehingga kinerja perangkat yang digunakan oleh pelanggan akan mengalami perubahan. Kemudian, hasil dari perhitungan rugi daya memperoleh nilai 1.236 kW, yang berarti sekitar 34.5% dari total daya hilang akibat hambatan penghantar. Penurunan ini dapat mempengaruhi efisiensi operasional PT. PLN (Persero) UP3 Bangkinang. Hasil dari pergantian konduktor dengan resistansi lebih rendah senilai 0.135 Ω /km membuat hasil dari drop tegangan berkurang menjadi 0.81 kV, sehingga tegangan pada titik ujung saluran meningkat menjadi 19.19 kV. Hal ini menunjukkan adanya perbaikan signifikan dalam kualitas tegangan yang diterima oleh pelanggan. Rugi daya juga mengalami penurunan menjadi 810 kW, sehingga, dapat mengurangi kerugian energi menjadi 34.5% dari total daya. Penurunan rugi daya ini tidak hanya meningkatkan efisiensi jaringan, tetapi juga dapat mengurangi biaya operasional PT. PLN (Persero) UP3 Bangkinang.

3.5. Diskusi

Konduktor dengan resistansi lebih rendah dapat mengurangi drop tegangan dan rugi daya dalam sistem distribusi tenaga listrik. Secara teknis, penurunan resistansi konduktor mengurangi hambatan terhadap aliran arus, yang pada gilirannya mengurangi penurunan tegangan sepanjang saluran distribusi. Drop tegangan terjadi karena adanya tahanan pada konduktor yang menyebabkan sebagian energi hilang dalam bentuk panas saat arus listrik mengalir. Dengan konduktor yang memiliki resistansi lebih rendah, nilai RRR menjadi lebih kecil, sehingga penurunan tegangan yang terjadi juga berkurang, dan tegangan yang diterima oleh konsumen di ujung saluran lebih mendekati nilai tegangan nominal yang diinginkan. Selain itu, penggantian konduktor dengan resistansi rendah juga mengurangi rugi daya.

Dengan resistansi yang lebih rendah, energi yang hilang dalam bentuk panas berkurang, meningkatkan efisiensi sistem distribusi tenaga listrik secara keseluruhan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan dalam beberapa studi sebelumnya yang mengkaji pengaruh penggantian konduktor terhadap kinerja sistem distribusi. Misalnya, dalam studi yang dilakukan oleh Santoso (2020), ditemukan bahwa penggunaan konduktor dengan resistansi lebih

rendah pada saluran distribusi dapat mengurangi drop tegangan dan rugi daya, serta meningkatkan stabilitas tegangan pada titik ujung saluran. Penelitian lainnya oleh Nugroho (2021) juga menunjukkan bahwa penggantian konduktor pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV mengurangi rugi daya hingga 10% dan meningkatkan efisiensi operasional secara signifikan. Perbedaan dalam penelitian ini terletak pada pendekatan evaluasi yang lebih komprehensif, yang tidak hanya mengukur pengaruh terhadap drop tegangan dan *rugi daya*, tetapi juga mencakup dampaknya terhadap kualitas distribusi dan kinerja jangka panjang sistem distribusi di PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang.

Implikasi dari temuan ini sangat penting dalam konteks ilmiah dan praktis. Secara ilmiah, penelitian ini memberikan kontribusi dalam memperdalam pemahaman mengenai hubungan antara jenis konduktor dan kinerja sistem distribusi tenaga listrik, yang dapat menjadi acuan bagi pengembangan teknologi distribusi yang lebih efisien di masa depan. Secara praktis, bagi PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang, penggantian konduktor dengan resistansi lebih rendah dapat memberikan manfaat signifikan dalam hal pengurangan drop tegangan dan rugi daya, yang tidak hanya meningkatkan kualitas listrik yang diterima pelanggan, tetapi juga mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan solusi yang dapat meningkatkan efisiensi operasional jaringan distribusi dan memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pelanggan, serta mendukung upaya perusahaan dalam mencapai tujuan efisiensi energi dan pengurangan pemborosan daya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) 20 kV di PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang dapat disimpulkan bahwa penurunan tegangan yang terjadi pada saluran SUTM 20 kV dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk panjang saluran, resistansi konduktor, serta arus beban. Penggantian konduktor memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas dan keandalan jaringan listrik. Peningkatan tegangan pada titik ujung saluran, penurunan rugi daya, serta perbaikan pada SAIDI dan SAIFI menunjukkan bahwa sistem distribusi listrik menjadi lebih efisien dengan hasil setelah pergantian 1.236 kW, sekitar 34.5% dari total daya yang hilang akibat hambatan penghantar. Setelah penggantian konduktor, rugi daya turun menjadi 810 kW, mengurangi kerugian energi menjadi 34.5%. Penurunan ini menunjukkan peningkatan efisiensi operasional PT. PLN (Persero) UP3 Bangkinangs.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, Y., & Sonni, M. N. (2022). *Beban Per Tahun Dan Usaha Perbaikan Profil Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang*. Analisa Aliran Daya Terhadap Pertumbuhan Beban Per.
- Adolph, R. (2016). Analisis Keandalan Sistem Penyaluran Energi Listrik Pada Penyulang Bj-02 Pada Pt. Pln (Persero) Ulp Kuala. *Syntax Literate: Indonesian Scientific Journal*, 7(9), 1–23.
- Affandy, I., Arjana, I. G. D., & Indra Partha, C. G. (2021). Pengaruh Rekonfigurasi Penyulang Terhadap Drop Tegangan Penyulang Penebel Dan Penyulang Jatiluwih Pt. Pln (Persero) Ulp Tabanan. *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(7), 724–734. <https://doi.org/10.59188/Jurnalsostech.V1i7.137>
- Agung, R., Alam, H., & Tarigan, A. D. (2024). Analisis Perbandingan Saidi-Saifi Pada Penyulang 20 Kv Sebelum Dan Setelah Pemeliharaan Di Pt Pln (Persero) Ulp Meulaboh Kota. *Jurnal Serambi Engineering*, 1x(2), 8812–8819.
- Ahmad, A. F. F. (2024). *Analisis Resetting Relai Jarak Saluran Kabel Tegangan Tinggi (Sktt) 150 Kv Plumpang - Kandang Sapi # 2 Pada Gardu Induk 150 Kv Semarang Agustus 2024 Final Project Analysis Of Resetting Relay Distance Of High Voltage Cable Lines Plumpang – Kandang Sapi #.*
- Ashabullah, M. H., & Yadie, E. (2024). *Analisis Kinerja Dan Harmonik Motor Induksi 3 Fasa Dengan Variable Frequency Drive Pada Boiler Feed Water Pump Di Pt . Cahaya Fajar Kaltim Menggunakan Etap*. 9(1), 502–510.
- Chandra, S. V., & Sari, W. P. (2022). Analisis Komunikasi Pemasaran Dalam Pengembangan Brand Melalui Perspektif Teori Aida (Studi Kasus Hotel Harper Cikarang). *Kiwari*, 1(2), 370. <https://doi.org/10.24912/Ki.V1i1.15714>

- Eksandy, F. (2024). *Analisis Pengaruh Nilai Saidi Dan Saifi Terhadap Rugi-Rugi Daya Pada Gardu Induk Comal 150/20 Kv*.
- Funan, F., & Utama, W. (2020). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Indekskeandalan Saidi Dan Saifi Pada Pt Pln (Persero) Rayonkefamenanu. *Junal Ilmiah Telsinas*, 3(1), 32–36.
- Hajar, I., & Hasbi, Muhammad P. (2019). Analisa Nilai Saidi Saifi Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya Pt. Pln (Persero) Area Ciputat. *Energi & Kelistrikan*, 10(1), 70–77. <https://doi.org/10.33322/Energi.V10i1.330>
- Husna, J., & Pelawi, Z. (2018). Menentukan Indeks Saidi Dan Saifi Pada Saluran Udara Tegangan Menengah Di Pt Pln Wilayah Nad Cabang Langsa. *Buletin Utama Teknik*, 14(1), 13–17.
- Iqbal, M., & Armono, H. D. (2023). Pemakaian Temporary Tower Untuk Optimalisasi Penyelesaian Rekonduktoring Dan Penggantian Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (Sutt) 150 Kv. *Rekayasa*, 16(2), 257–264. <https://doi.org/10.21107/Rekayasa.V16i2.21105>
- Joko, T. P., Erlina, Soewono, S., & Fatimah. (2018). Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah Dengan Menggunakan Simulasi Program Etap. *Energi & Kelistrikan*, 10(1), 26–37. <https://doi.org/10.33322/Energi.V10i1.321>
- Kurniadi, F., Dei, A. A., & Diyuksamana, G. (2021). Energi Dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Penambahan Dgr (Directional Ground Relay) Pada Recloser Untuk Energi Dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah. *Energi Dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, 13(2), 206–213.
- Mampori, A., Silimang, S., & Rumbayan, M. (2023). Voltage Improvement On The 20kv Feedertining Distribution Line. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 12(1), 43–48.
- Manopo, K. G., Tumaliang, H., & Silimang, S. (2020). Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Saifi Dan Saidi Pada Pt. Pln (Persero) Area Minahasa Utara. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 1–12.
- Maria, Siti Z. (2021). *Analisis Keandalansistem Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Ria (Reliability Index Assesment) Dan Section Technique Pada Pt. Pln Rayon Binjai Barat*. 1–23.
- Muliadi, & Aswijar Jamal. (2022). Analisa Keandalan Sistem Distribusi Berdasarkan Indeks Saifi, Saidi, Dan Caidi Pada Penyulang Suak Ribee Ulp. Meulaboh Kota. *Ajeetech*, 2(1), 14.
- Nantan, Y., Lembang, N., & Amiruddin, T. (2023). Analisa Teknis Kondisi Blackout Pada Pltd Kebun Kapas Pt. Pln (Persero) Ulp Fakfak. *Media Elektrik*, 20(2), 1–10.
- Nugraha, A., & Arfianto, T. (2024). *Analisis Nilai Saidi Saifi Dan Caidi Sebagai Indeks Keandalan Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Di Pt . Xyz*. 1–9.
- Ramdhani, L. S., Susilawati, D., & Saputra, R. A. (2020). *Laporan Akhir Penelitian Dosen Pemula Dari Ristekdikti* (Nomor 0416098403).
- Sajayasa, I., Widharma, I. S., Narottama, A., Sunaya, I. N., & Suputra, I. A. (2022). Analisis Pengaruh Penggantian Konduktor Aaac Ke Mvtic Pada Penyulang Kerambitan Berbasis Software Etap. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 5(1), 99–104. <https://doi.org/10.47532/Jiv.V5i1.415>
- Saragih, N. S., Siagian, P., & Fahreza, M. (2024). Analisis Jaringan Listrik 20 Kv Berdasarkan Nilai Saidi-Saifi Terhadap Pemasangan Tabung Urgent Cut Out Di Pt. Pln (Persero) Ulp Binjai Timur. *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, 13(1), 46–51. <https://doi.org/10.30591/Polektr.V13i1.6545>
- Simbolon, E., Tarigan, A. P., Tarigan, A. D., Pembangunan, U., Budi, P., Transformator, R., Program, D., & Teknik, S. (2022). Analisis Keandalan Pembebanan Transformator Pada Gardu Induk Paya Geli. *Jurnal Teknik Elektro*, 98, 1–85.
- Sumiyati, A., Rahman, P. S., Habil, M., Gusti, C., Melkior, D. A., Hidayat, J., & Aribowo, D. (2024). *Konsep Dasar Transmisi Tenaga Listrik : Klasifikasi , Komponen Serta Gangguannya*. 11(2), 612–617.
- Syafar, M. (N.D.). *Penentuan Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Dengan Metode Fmea (Failure Mode Effect Analysis)*.

Halaman Ini Dikosongkan