

Analisa Jatuh Tegangan Pada Sistem Jaringan Tegangan Menengah Pada Penyulang Bupati Polres Di PT PLN (Persero) ULP Sentani

Suparno^a, Yosef Lefaan^b, Centurion Garibaldi silitonga^c

^{a,b,c}Department of Electrical Engineering, Universitas Cenderawasih, Jayapura, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received October 18, 2025

Received in revised form

October 24, 2025

Accepted November 20, 2025

Available online November 29, 2025

Keywords:

Power Distribution System

Voltage Drop Analysis

Distribution Feeder

Transformer Loading

Energy Losses

ABSTRACT

The increasing demand for electrical power necessitates reliable distribution systems, where voltage drop is a critical parameter affecting power quality. This study analyzes the voltage drop on the Bupati Polres Feeder at PT PLN (Persero) ULP Sentani to ensure network performance remains within permissible limits and to identify critical points. The analysis was conducted using a dual approach, manual calculations based on technical data and SPLN standards, and simulation using ETAP software to validate the results. The total voltage drop obtained was 207.726 Volts (1.03863%), which remains below the PLN tolerance limit of 5%. The point with the highest voltage drop was identified at Bus 7, which functions as a main branching point. Although the overall performance meets the standard, Bus 7 is a critical area requiring special attention through load redistribution, review of transformer spacing, and regular network maintenance to minimize future voltage drops.

1 Pendahuluan

Ketersediaan tenaga listrik yang andal merupakan prasyarat utama bagi kegiatan perekonomian, pemerintahan, dan kehidupan sosial masyarakat modern. Untuk memastikan keandalan ini, sistem distribusi tenaga listrik harus menjaga kualitas daya, khususnya tingkat tegangan yang disalurkan, agar tetap berada dalam batas toleransi yang ditetapkan [1].

Pada sistem distribusi tegangan menengah 20 kV, jatuh tegangan (voltage drop) merupakan fenomena yang tidak dapat dihindari, namun harus dikelola agar tidak melampaui standar. Berdasarkan SPLN No.72 Tahun 1987, toleransi jatuh tegangan untuk jaringan radial dan loop adalah sebesar 5% dari tegangan nominal. Kelebihan batas ini tidak hanya mengakibatkan kerugian teknis dan ekonomi bagi penyedia layanan, tetapi juga dapat menyebabkan performa peralatan konsumen menurun [2].

Penelitian sebelumnya mengenai analisis jatuh tegangan pada jaringan distribusi PT PLN (Persero) ULP Sentani telah banyak dilakukan, seperti pada Penyulang PLBN [4] dan Penyulang Nuri [5]. Namun, studi komprehensif pada Penyulang Bupati Polres yang memiliki karakteristik beban khusus belum banyak diteliti. Penyulang ini menghadapi beban dinamis yang signifikan, dengan arus beban puncak tercatat mencapai 82,741 A, yang didominasi oleh pusat pemerintahan (Kantor Bupati, DPRD) dan permukiman padat. Dengan 47 gardu distribusi yang tersebar di area geografis yang luas, panjang total jaringan ini menimbulkan kerentanan terhadap rugi tegangan. Data operasional menunjukkan adanya riwayat fluktuasi tegangan, khususnya pada segmen yang menjangkau kawasan BTN Darsua dan Puskopad, yang mengindikasikan titik kritis (critical point) yang memerlukan investigasi mendalam. Oleh karena itu, analisis yang mendalam diperlukan untuk mengidentifikasi secara tepat besaran dan lokasi jatuh tegangan, memvalidasi perhitungan manual dengan simulasi digital, dan memberikan rekomendasi mitigasi yang spesifik bagi penyulang ini.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jatuh tegangan pada Penyulang Bupati Polres dengan metode perhitungan manual dan simulasi ETAP, mengidentifikasi titik-titik kritis, serta memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan kualitas tegangan.

2 Studi Literatur

2.1 Sistem Distribusi Tegangan Menengah 20 kV

Sistem distribusi tenaga listrik berfungsi menyalurkan daya dari gardu induk ke konsumen akhir. Secara struktural, sistem ini terbagi atas subsistem distribusi primer (tegangan menengah) dan sekunder (tegangan rendah). Pada penelitian ini, fokus kajian adalah jaringan distribusi primer bertegangan 20 kV, yang umumnya berkonfigurasi radial [2]. Konfigurasi radial, sebagaimana diterapkan pada Penyulang Bupati Polres, memiliki keunggulan dalam segi kesederhanaan dan biaya, namun rentan terhadap gangguan dan rugi-rugi daya serta tegangan yang terkonsentrasi pada titik terjauh dari sumber [6].

2.2 Teori Jatuh Tegangan (Voltage Drop)

Jatuh tegangan didefinisikan sebagai selisih antara tegangan pada titik kirim (sending end) dan titik terima (receiving end) pada suatu segmen penghantar. Fenomena ini disebabkan oleh impedansi serial pada saluran, yang terdiri dari resistansi (R) dan reaktansi (X), ketika dialiri arus beban. Pada sistem AC tiga fasa, besarnya jatuh tegangan dapat dihitung dengan persamaan [7]:

$$\Delta V = I \times (R \cos \theta + X \sin \theta) \times L$$

di mana I adalah arus beban, $\cos \theta$ adalah faktor daya, dan L adalah panjang saluran. Persamaan ini menjadi dasar perhitungan manual dalam penelitian. Faktor beban, jenis serta penampang penghantar, dan jarak dari sumber sangat mempengaruhi nilai jatuh tegangan.

2.3 Standar dan Batasan Jatuh Tegangan

Kualitas daya, dengan fokus khusus pada tingkat tegangan yang sampai ke konsumen, diatur secara ketat oleh sejumlah standar teknis untuk menjamin keandalan (reliability) dan keamanan (security) operasi sistem tenaga listrik. Standar nasional Indonesia, SPLN No. 72:1987, secara eksplisit menetapkan bahwa total jatuh tegangan pada jaringan distribusi radial 20 kV tidak diperkenankan untuk melebihi batas maksimum sebesar 5% dari tegangan nominalnya [8]. Regulasi teknis ini dibuat untuk memastikan bahwa energi listrik yang diterima oleh pelanggan masih berada dalam rentang yang aman

bagi peralatan listrik mereka dan sekaligus menjaga kinerja sistem secara keseluruhan. Adanya batasan yang jelas ini menjadi acuan fundamental bagi PT PLN (Persero) dalam mengevaluasi dan mengoperasikan jaringannya, sekaligus menjadi tolok ukur kritis dalam penelitian ini untuk menilai apakah kinerja Penyulang Bupati Polres masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Kesesuaian dengan praktik internasional ditunjukkan dengan adanya batasan serupa dalam IEEE Std 1159-2009, yang merekomendasikan agar variasi tegangan pada sistem distribusi tetap berada dalam rentang $\pm 5\%$ dari nilai tegangan yang telah ditetapkan [9]. Konvergensi antara standar nasional dan internasional ini menguatkan validitas batas toleransi yang digunakan dan menegaskan pentingnya menjaga stabilitas tegangan. Dalam konteks penelitian analisis jatuh tegangan pada Penyulang Bupati Polres ini, batas 5% yang ditetapkan oleh SPLN kemudian diadopsi sebagai acuan utama dan kriteria evaluasi kinerja yang objektif. Pemilihan acuan SPLN ini didasarkan pada relevansinya yang langsung sebagai regulasi operasional yang berlaku bagi PT PLN (Persero). Dengan demikian, setiap kesimpulan yang dihasilkan mengenai kondisi jaringan akan memiliki dasar hukum dan teknis yang kuat serta dapat dipertanggungjawabkan untuk keperluan evaluasi dan perbaikan sistem.

2.4 Impedansi Penghantar AAACS

Penghantar AAACS (All Aluminium Alloy Conductor Steel Reinforced) merupakan konduktor yang banyak diaplikasikan pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV di Indonesia. Popularitasnya ini didukung oleh dua karakteristik unggulan: kekuatan mekanis yang tinggi berkat inti baja (steel reinforced) yang membuatnya tahan terhadap gaya tarik dan tekanan lingkungan, serta konduktivitas listrik yang baik dari paduan aluminiumnya yang memastikan efisiensi penyaluran daya. Dalam konteks analisis teknik ketenagalistrikan, nilai impedansi penghantar muncul sebagai parameter kunci yang sangat menentukan dalam perhitungan jatuh tegangan (ΔV). Besaran impedansi ini sendiri tidaklah tetap, melainkan sangat bergantung pada dua faktor utama: jenis material yang digunakan, yang mempengaruhi konduktivitas dan resistivitas, serta luas penampang konduktor itu sendiri, di mana penampang yang lebih besar umumnya menawarkan impedansi yang lebih rendah.

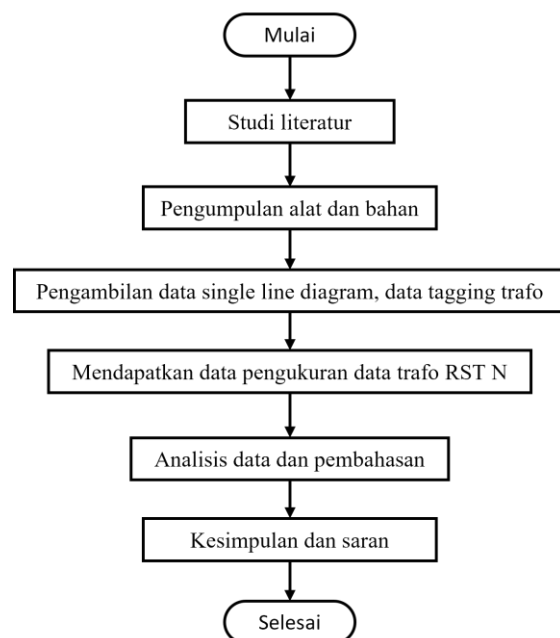
Parameter impedansi penghantar menempati posisi sebagai komponen kritis dan determinan dalam keseluruhan proses perhitungan nilai jatuh tegangan pada sistem distribusi. Nilai impedansi yang secara matematis merupakan kombinasi dari resistansi (R) dan reaktansi (X) ini secara langsung mempengaruhi besarnya penurunan tegangan yang terjadi sepanjang konduktor saat dialiri arus beban. Dalam konteks penelitian spesifik yang berfokus pada Penyulang Bupati Polres ini, jenis penghantar yang ditetapkan untuk dimodelkan dan dianalisis adalah AAACS dengan luas penampang standar 150 mm². Untuk memastikan keandalan, konsistensi, dan keberterimaan hasil secara teknis, seluruh nilai parameter impedansi yang digunakan dalam penelitian ini merujuk secara mutlak pada standar nasional yang tercantum dalam SPLN No. 64:1985, yang menjadi dokumen acuan resmi untuk spesifikasi teknis penghantar listrik di Indonesia.

Berdasarkan data terperinci yang tercantum dalam Tabel 1, penghantar AAACS 150 mm² yang digunakan memiliki nilai resistansi spesifik sebesar 0,2182 Ω /km dan reaktansi sebesar 0,3305 Ω /km. Nilai komponen ini kemudian membentuk impedansi urutan positif sebesar $0,2182 + j0,3305 \Omega$ /km, yang berperan sebagai input fundamental dan parameter dasar dalam

semua tahap perhitungan, baik untuk metode manual maupun dalam pembangunan model simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP. Lebih lanjut, nilai Geometric Mean Radius (GMR) sebesar 52,305 mm, yang juga disajikan dalam tabel tersebut, mengindikasikan karakteristik geometris dan fisik dari penghantar. GMR ini merupakan parameter kunci yang secara signifikan mempengaruhi besarnya reaktansi induktif, karena terkait langsung dengan pengaturan fluks magnetik di sekitar konduktor, sehingga turut menentukan nilai impedansi total secara keseluruhan.

3 Metodologi

Metodologi penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai langkah-langkah yang ditempuh dalam menganalisis jatuh tegangan pada Penyulang Bupati-Polres. Tahapan metodologi dirancang secara sistematis agar



Gambar 1. Diagram alir Penelitian

proses perhitungan manual maupun simulasi dapat menghasilkan data yang akurat dan mudah ditelusuri. Secara umum, penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berdasarkan data teknis jaringan, profil beban trafo, serta parameter penghantar yang mengacu pada standar SPLN. Selain itu, perangkat lunak ETAP digunakan untuk mensimulasikan kondisi aktual jaringan sehingga memungkinkan dilakukan perbandingan antara hasil perhitungan manual dan kondisi operasional riil. Setiap tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data, pengolahan nilai arus dan faktor daya, perhitungan rugi tegangan tiap segmen, hingga analisis titik kritis penyulang. Dengan pendekatan ini, hasil analisis diharapkan mampu memberikan rekomendasi teknis yang dapat langsung diterapkan oleh pihak operasional PT PLN (Persero) ULP Sentani [12], [13], [14].

3.1 Data Sistem Jaringan

Data jaringan yang digunakan dalam analisis meliputi:

- a. Jenis penghantar: AAACS 150 mm²

Tabel 1. Data Impedansi Penghantar AAACS 150 mm²

Parameter	Nilai	Satuan
Resistansi (R)	0.2182	Ω/km
Reaktansi (X)	0.3305	Ω/km
Impedansi Urutan Positif	0.2182 + j0.3305	Ω/km
Impedansi Urutan Nol	0.3631 + j1.6180	Ω/km
Jari-jari Penghantar	69.084	mm
Jumlah Urat	19	-
GMR (Geometric Mean Radius)	52.305	mm

b. Impedansi urutan positif & nol berdasarkan SPLN 64:1985

Tabel 2. Pembebanan Transformator (10 Gardu Terbesar)

Gardu	Daya (kVA)	Beban (kVA)	% Beban	Lokasi
STN 127	315	224	71.1%	BTN PEMDA 2
STN 141	100	159	159%	BTN PUSKOPAD DEKAT MASJID
STN 236-K	1250	127.52	10.2%	KANTOR BUPATI
STN 140	200	124.22	62.1%	BTN PUSKOPAD DOYO BARU
STN 132	200	116.28	58.1%	RSUD YOWARI
STN 128	200	116.37	58.2%	BTN PEMDA 3
STN 145	200	115.81	57.9%	DOYO BAMBAR
STN 178	100	111.9	111.9%*	BTN MARASAI
STN 123	200	108.72	54.4%	DOYO GRAND 1
STN 201	160	108.7	67.9%	KPR MANGGIO

- c. Panjang penyulang dan lokasi gardu
d. Beban masing-masing gardu berupa daya aktif (P) dan semu (S)
e. Tegangan nominal jaringan: 20 kV
Analisis jatuh tegangan pada Penyulang Bupati Polres dilakukan berdasarkan data teknis sistem yang lengkap. Spesifikasi utama jaringan distribusi yang menjadi objek penelitian disajikan seperti pada Tabel 2.

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa Penyulang Bupati Polres merupakan jaringan distribusi 20 kV dengan konfigurasi radial yang melayani 47 gardu distribusi. Dengan panjang total 18,5 km dan beban puncak mencapai 82,741 A, analisis jatuh tegangan menjadi penting untuk memastikan kualitas daya masih memenuhi standar SPLN yang membatasi jatuh tegangan maksimal 5%.

Analisis jatuh tegangan memerlukan data pembebanan aktual pada setiap gardu distribusi. Data beban masing-masing transformator diperoleh dari PT PLN (Persero) ULP Sentani. Untuk memberikan gambaran yang representatif, Tabel 3 menyajikan 10 gardu dengan beban terbesar yang signifikan

Tabel 3. Spesifikasi Teknis Penyulang Bupati Polres

Parameter	Nilai	Keterangan
Nama Penyulang	Bupati Polres	-
Sumber Gardu Induk	Harapan	Gardu Induk Sentani
Tegangan Nominal	20 kV	Sistem 3 fasa
Konfigurasi Jaringan	Radial	-
Jenis Penghantar	AAACS 150 mm ²	Berdasarkan SPLN 64:1985
Jumlah Gardu Distribusi	47 unit	-
Panjang Total Jaringan	18.5 km	-
Beban Puncak	82.741 A	Kondisi beban maksimum
Batas Jatuh Tegangan	5%	Berdasarkan SPLN 72:1987

mempengaruhi perhitungan jatuh tegangan. Data pada Tabel 3 mengungkapkan kondisi pembebanan yang varied pada jaringan. Beberapa gardu seperti STN 141 dan STN 178 mengalami beban berlebih (overload) dengan persentase masing-masing 159% dan 111,9%, yang berpotensi memperparah jatuh tegangan. Sebaliknya, gardu STN 236-K hanya beroperasi pada 10,2% dari kapasitasnya. Variasi beban ini menunjukkan perlunya strategi redistribusi beban yang lebih optimal dalam operasional jaringan.

3.2 Perhitungan Manual Jatuh Tegangan

Rumus yang digunakan:

1. Arus beban

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}V} \quad (1)$$

2. Perhitungan faktor daya

$$\cos \theta = \frac{P}{S} \sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$$

3. Jatuh tegangan segmen

$$\Delta V = I(R \cos \theta + X \sin \theta)$$

4. Total jatuh tegangan penyulang

$$V_{total} = \sum \Delta V_i$$

5. Persentase jatuh tegangan

$$\%VD = \frac{V_{total}}{V_{nom}} \times 100\%$$

3.3 Simulasi ETAP

Simulasi dilakukan menggunakan ETAP dengan langkah berikut:

1. Memodelkan seluruh gardu dan saluran sesuai konfigurasi jaringan asli.
2. Memasukkan data impedansi, panjang saluran, dan nilai beban.
3. Melakukan analisis *Load Flow*.
4. Mengamati nilai jatuh tegangan tiap bus serta titik kritis.

4 Pembahasan

Berdasarkan analisis terhadap konfigurasi Penyulang Bupati Polres, teridentifikasi bahwa karakteristik jaringan memiliki pengaruh determinan terhadap profil jatuh tegangan. Sebagai penyulang radial dengan 47 gardu distribusi yang dilayani melalui konstruksi SUTM, sistem ini menunjukkan variasi tegangan yang signifikan sepanjang saluran. Penggunaan penghantar AAACS 150 mm², meskipun memiliki konduktivitas yang memadai, tidak sepenuhnya mengkompensasi efek kumulatif dari panjang jaringan yang mencapai 18,5 km. Data impedansi pada Tabel 1 mengkonfirmasi bahwa nilai resistansi dan reaktansi penghantar berkontribusi langsung terhadap besarnya ΔV, khususnya pada segmen-segmen dengan arus beban tinggi. Temuan ini

menggarisbawahi pentingnya pendekatan holistik dalam mengevaluasi kinerja sistem distribusi.

4.1 Analisis komparatif

Hasil analisis jatuh tegangan pada Penyulang Bupati Polres mengungkapkan adanya konsistensi pola antara perhitungan manual dan simulasi ETAP, meskipun terdapat variasi dalam nilai absolut yang dihasilkan. Untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai perbandingan kedua metodologi ini, Tabel 4 menyajikan data hasil perhitungan jatuh tegangan pada bus-bus kritis beserta nilai total pada seluruh penyulang. Data tersebut menunjukkan bahwa meskipun metode yang digunakan berbeda, kedua pendekatan secara konsisten mengidentifikasi bus-bus yang sama sebagai titik kritis dalam jaringan. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun terdapat perbedaan dalam nilai numerik, kedua metode memiliki reliabilitas yang tinggi dalam mengidentifikasi area masalah dalam sistem distribusi. Keberagaman metodologi ini justru memperkuat validitas temuan penelitian mengenai titik-titik rawan dalam jaringan.

Berdasarkan analisis Tabel 4, teridentifikasi bahwa Bus 7 konsisten menjadi titik dengan jatuh tegangan tertinggi pada kedua metode, dengan nilai 45,9 V untuk perhitungan manual dan 27,6 V untuk simulasi ETAP. Disparitas hasil sebesar 39,9% pada Bus 7 ini terutama disebabkan oleh perbedaan fundamental dalam karakteristik pemodelan antara kedua pendekatan. Perhitungan manual mengadopsi penyederhanaan dengan mengasumsikan beban terkonsentrasi, sementara simulasi ETAP memperhitungkan interaksi dinamis seluruh komponen jaringan secara simultan dan komprehensif. Secara keseluruhan, nilai total jatuh tegangan penyulang sebesar 207,7 V (1,04%) pada perhitungan manual dan 194,2 V (0,97%) pada simulasi ETAP masih berada dalam batas toleransi aman menurut standar SPLN yang menetapkan ambang batas maksimal 5%.

4.2 Analisis Titik Kritis

Tabel 4. Hasil Jatuh Tegangan pada Bus Kritis

Bus	Jatuh Tegangan Manual (V)	Jatuh Tegangan ETAP (V)	% Selisih
Bus 7	45.9	27.6	39.9%
Bus 10	38.2	25.1	34.3%
Bus 8	32.1	21.8	32.1%
Total Penyulang	207.7	194.2	6.5%

Identifikasi Bus 7 sebagai lokasi dengan jatuh tegangan tertinggi dalam jaringan Penyulang Bupati Polres memerlukan penyelidikan mendalam terhadap karakteristik teknis dan operasionalnya. Berdasarkan data historis operasi dan hasil simulasi ETAP yang terperinci, profil lengkap Bus 7 sebagai titik kritis sistem disajikan secara komprehensif dalam Tabel 5. Analisis ini tidak hanya berfokus pada besaran numerik jatuh tegangan, tetapi juga mengeksplorasi faktor-faktor determinan yang menyebabkan titik tersebut menjadi paling rentan terhadap penurunan kualitas tegangan. Pendekatan holistik ini memungkinkan pemahaman yang lebih utuh mengenai dinamika jaringan dan interaksi antara berbagai parameter sistem, yang pada akhirnya dapat mendukung pengambilan keputusan yang

lebih tepat dalam perbaikan dan optimasi jaringan distribusi ke depannya.

Berdasarkan data yang terangkum dalam tabel 5, terungkap bahwa Bus 7 berfungsi sebagai titik percabangan strategis yang bertanggung jawab mensuplai energi listrik kepada 38% dari total gardu distribusi, setara dengan 18 gardu, dengan kapasitas daya terpasang mencapai 1.850kVA. Posisinya yang terletak 12,8 km dari gardu induk sumber, dikombinasikan dengan tuntutan untuk mengalirkan arus kumulatif setinggi 82 A, menempatkannya sebagai titik dengan tingkat stres impedansi paling tinggi sepanjang jaringan. Konfigurasi ini—yang memadukan jarak transmisi signifikan, fungsi sebagai hub distribusi utama, dan konsentrasi beban yang padat—menjelaskan secara teknis alasan fundamental mengapa Bus 7 mencatatkan nilai jatuh tegangan terbesar. Sinergi negatif dari ketiga faktor inilah yang menjadikannya segment paling kritis dalam seluruh arsitektur penyulang.

4.3 Analisis Karakteristik Beban dan Dampaknya

Untuk memahami distribusi beban pada jaringan Penyulang Bupati Polres, analisis karakteristik beban dilakukan dengan mengambil contoh Gardu STN 236-K yang melayani Kantor Bupati. Hasil perhitungan detail menunjukkan bahwa gardu ini hanya beroperasi pada 10,2% dari kapasitas terpasangnya yang sebesar 1250 kVA, dengan arus beban sebesar 3,68 A dan faktor daya 0,85. Kondisi pembebanan yang sangat rendah ini mengindikasikan adanya potensi kapasitas yang belum dimanfaatkan secara optimal pada gardu tertentu dalam sistem. Fenomena ini menimbulkan pertanyaan mengenai efisiensi alokasi daya dan perencanaan jaringan, di mana aset berkapasitas besar justru beroperasi jauh di bawah kemampuan maksimumnya. Temuan ini memberikan gambaran awal tentang ketidakmerataan distribusi beban yang perlu ditelusuri lebih lanjut.

Kondisi underload pada Gardu STN 236-K justru berbanding terbalik dengan realita di banyak gardu lainnya dalam jaringan yang sama, seperti pada STN 141 yang mengalami overload hingga mencapai 159% dari kapasitasnya. Kontras pembebanan yang sangat signifikan ini mengungkap adanya ketidakseimbangan distribusi beban yang kritis dalam sistem penyulang. Ketimpangan ini tidak hanya mencerminkan inefisiensi dalam operasional jaringan, tetapi juga berpotensi memperparah masalah jatuh tegangan, khususnya pada titik-titik kritis seperti Bus 7 yang harus menanggung akumulasi beban dari gardu-gardu yang kelebihan beban. Oleh karena itu, redistribusi beban yang lebih merata menjadi kebutuhan mendesak untuk mengoptimalkan kinerja jaringan secara keseluruhan dan memitigasi rugi-rugi tegangan yang tidak necessary.

Tabel 5. Karakteristik Bus 7 sebagai Titik Kritis

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
Posisi dari Sumber	12.8	km	Jarak kumulatif
Arus Beban Kumulatif	82	A	Beban total di hilir Bus 7
Jumlah Bus yang Disuplai	3	bus	Bus 8, 9, dan 10
Jumlah Gardu yang Dilayani	18	unit	38% dari total gardu
Daya Terpasang	1,85	kVA	Kapasitas transformator kumulatif
Faktor Daya	0.85	-	Asumsi standar PLN

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis jatuh tegangan pada Penyulang Bupati Polres PT PLN (Persero) ULP Sentani, diperoleh total jatuh tegangan sebesar 207,726 volt atau 1,03863% dari tegangan nominal, dengan nilai tertinggi terjadi pada Bus 7. Perhitungan manual menunjukkan jatuh tegangan pada Bus 7 sebesar 45,9 volt, sedangkan simulasi menggunakan ETAP menghasilkan nilai sebesar 27,6 volt. Perbedaan tersebut disebabkan oleh karakteristik Bus 7 yang berfungsi sebagai titik percabangan untuk menyalurkan daya ke tiga bus lain, yaitu Bus 8, Bus 9, dan Bus 10, sehingga arus beban yang lebih tinggi dan panjang saluran yang lebih besar menyebabkan rugi tegangan terbesar pada titik tersebut. Temuan ini menunjukkan bahwa lokasi percabangan dengan beban tinggi menjadi area kritis dalam performa jaringan distribusi. Oleh karena itu, diperlukan langkah rekomendasi berupa pengaturan ulang pembebanan pada setiap gardu, peninjauan jarak antar transformator, serta pelaksanaan pemeliharaan jaringan secara berkala; tindakan ini diharapkan dapat meminimalkan jatuh tegangan dan meningkatkan keandalan penyaluran daya pada penyulang tersebut.

Kontribusi Penulis

Konseptualisasi, Penulis 1 dan Penulis 2; metodologi, Penulis 1; perangkat lunak, Penulis 1; validasi, Penulis 1, Penulis 2, dan Penulis 3; analisis formal, Penulis 1; investigasi, Penulis 1; sumber daya, Penulis 2; kurasi data, Penulis 1; penulisan—persiapan draf asli, Penulis 1; penulisan—tinjauan dan pengeditan, Penulis 2 dan Penulis 3; visualisasi, Penulis 1; supervisi, Penulis 2; administrasi proyek, Penulis 2; perolehan pendanaan, Penulis 3. Semua penulis telah membaca dan menyetujui naskah final.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT PLN (Persero) ULP Sentani dan Program Studi Teknik Elektro Universitas Cenderawasih atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- [1] A. Effendi, A. Y. Dewi, and E. Crismas, "Analisa Drop Tegangan PT PLN (Persero) Rayon Lubuk Sikaping Setelah Penambahan PLTM Guntung," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 6, p. 201, 2017.
- [2] H. Basri, *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: ISTN, 1997.
- [3] O. Kati, A. M. Khafabin, and S. Suparno, "Studi Evaluasi Distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) pada Gardu JPR 047 Penyulang Merak," *El Sains: Jurnal Elektro*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [4] M. T. Payung, "Studi Perhitungan Drop Tegangan dan Susut Daya (Losses) pada Penyulang PLBN PT. PLN (Persero) ULP Abepura," *Jurnal Teknik Elektro, Universitas Cenderawasih*, 2022.
- [5] PT PLN (Persero), *Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik (Buku 4)*. Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2010.
- [6] PT PLN (Persero), *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik (Buku 5)*. Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2010.
- [7] PT PLN (Persero), *Impedansi Kawat Penghantar (SPLN No. 64)*. Jakarta: PT PLN (Persero), 1995.
- [8] PT PLN (Persero), *Spesifikasi Desain untuk JTM dan JTR (SPLN No. 72)*. Jakarta: PT PLN (Persero), 1987.
- [9] P. Rabbani, D. Susanto, and M. N. Qosim, "Analisis Rugi Daya dan Jatuh Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Barito GI CSW," *Doctoral Dissertation, Institut Teknologi PLN*, 2020.
- [10] R. Dani, "Studi Perhitungan Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Daya pada Penyulang Nuri Gardu PT. PLN (Persero) ULP Jayapura," *Undergraduate Thesis, Universitas Cenderawasih, Jayapura*, 2022.
- [11] A. S. Rajaar, "Analisa Perhitungan Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya Menggunakan ETAP 19.0.1 pada Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) ULP Genyem," *Jurnal Teknik Elektro, Universitas Cenderawasih*, 2023.
- [12] S. Suparno, "Analisis Keandalan Transformator Diagram Segaris Penyulang Merpati Menggunakan Metode Mean Time to Failure (MTTF)," *Elsains: Jurnal Elektro*, vol. 3, no. 2, 2021.
- [13] T. Trisnawati and D. B. Z. Mughni, "Analisa Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik di PT Zenith Allmart Precisindo," *Elsains: Jurnal Elektro*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [14] Y. F. Noufanda and P. Slamet, "Keandalan sistem jaringan distribusi 20KV di PT. PLN Rayon Ploso Menggunakan Metode FMEA," *Jurnal EL Sains P-ISSN 2527*, 2021.