Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X **(Printed)**
5 (3) 2025, Page: 29325-29329

Studi Analisa Rugi-Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Saluran Transmisi Tegangan 150 KV Pada Gardu Induk Padang Industrial Park Ke Gardu Induk Lubuk Alung

Gogo Prayogo, Yani Ridal, Chairul Nazallul A
Program Sarjana Teknik Elektro
Corresponding Author:: prayogosixteen@gmail.com
yani.ridalddg@gmail.com, dean.anshar@gmail.com

Published: October, 2025

ABSTRACT

The electric power transmission system plays an important role in maintaining the continuity and quality of power delivery from generation plants to consumers. This study aims to analyze the magnitude of power losses and voltage drops on the 150 kV transmission line connecting the Padang Industrial Park Substation and the Lubuk Alung Substation. The method used is a descriptive quantitative approach through manual calculations based on 24-hour operational data collected on January 4, 2025. The main parameters observed include load current, sending-end voltage, line length (13.7 km), and conductor specifications of ACSR 240/40 mm. The analysis results show that the maximum power loss occurred at 19:00 WIB, amounting to 249.91 kW or 0.46% of the sending power, while the minimum power loss occurred at 07:00 WIB, amounting to 75.78 kW or 0.25%. The total energy loss over 24 hours was recorded at 2885.94 kWh, with an average power loss of 118.99 kW (0.32%). The maximum voltage drop occurred at 19:00 WIB at 1,077.87 volts (0.71%), while the average voltage drop was 734.41 volts (0.49%) relative to the nominal voltage. All values of power loss and voltage drop are below the 3% threshold according to SPLN No. 72 of 1987, indicating that the transmission line operates efficiently and reliably.

Keywords: Power losses, Voltage drop, 150 kV transmission line, Substation, SPLN.

ABSTRAK

Sistem transmisi tenaga listrik berperan penting dalam menjaga kontinuitas dan kualitas penyaluran daya dari pembangkit ke konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran transmisi 150 kV yang menghubungkan Gardu Induk Padang Industrial Park dengan Gardu Induk Lubuk Alung. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif melalui perhitungan manual berdasarkan data operasional 24 jam pada tanggal 4 Januari 2025. Parameter utama yang diamati meliputi arus beban, tegangan kirim, panjang saluran (13,7 km), serta spesifikasi konduktor ACSR 240/40 mm. Hasil analisis menunjukkan bahwa rugi daya maksimum terjadi pada pukul 19.00 WIB sebesar 249,91 kW atau 0,46% dari daya kirim, sedangkan rugi daya minimum terjadi pada pukul 07.00 WIB sebesar 75,78 kW atau 0,25%. Total rugi energi selama 24 jam tercatat sebesar 2885,94 kWh dengan rata-rata rugi daya 118,99 kW (0,32%). Jatuh tegangan maksimum terjadi pada pukul 19.00 WIB sebesar 1.077,87 Volt (0,71%), sedangkan rata-rata jatuh tegangan sebesar 734,41 Volt (0,49%) terhadap tegangan nominal. Seluruh nilai rugi daya dan jatuh tegangan berada di bawah ambang batas 3% sesuai SPLN No. 72 Tahun 1987, sehingga dapat disimpulkan bahwa saluran transmisi masih bekerja dalam kondisi efisien dan andal.

Kata Kunci: Rugi daya, jatuh tegangan, saluran transmisi 150 kV, gardu induk, SPLN.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan vital bagi berbagai sektor kehidupan, khususnya industri yang menuntut pasokan daya yang andal dan efisien. Sistem transmisi berperan penting dalam menyalurkan energi dari pembangkit ke konsumen melalui jaringan gardu induk sebagai pusat distribusi utama. Di kawasan industri Padang Industrial Park, permintaan listrik terus meningkat sehingga keandalan saluran transmisi menjadi faktor krusial dalam menjaga kestabilan pasokan daya.

Namun, sistem transmisi sering menghadapi permasalahan teknis berupa rugi-rugi daya (power losses) dan jatuh tegangan (voltage drop) akibat resistansi konduktor dan karakteristik saluran. Kondisi tersebut dapat menurunkan efisiensi penyaluran energi serta memengaruhi kualitas daya yang diterima pelanggan. Berdasarkan standar SPLN No. 72 Tahun 1987, batas toleransi jatuh tegangan yang diizinkan pada jaringan transmisi adalah ±5% dari tegangan kerja. Untuk meningkatkan efisiensi sistem dan keandalan operasi, penelitian ini menggunakan ambang evaluasi yang lebih ketat, yakni 3%.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisis rugi-rugi daya serta jatuh tegangan pada saluran transmisi 150 kV antara Gardu Induk Padang Industrial Park dan Gardu Induk Lubuk Alung. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran empiris mengenai tingkat efisiensi dan kinerja sistem transmisi, sekaligus menjadi dasar rekomendasi teknis dalam peningkatan kualitas dan keandalan jaringan listrik di kawasan industri tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk menghitung serta menganalisis rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan transmisi 150 kV antara Gardu Induk Padang Industrial Park dan Gardu Induk Lubuk Alung di Provinsi Sumatera Barat. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengukuran nilai-nilai numerik dan evaluasi hasil perhitungan berdasarkan standar teknis kelistrikan, yaitu SPLN No. 72 Tahun 1987, yang menjadi acuan dalam menilai efisiensi dan kualitas sistem transmisi (Sugiono,2020)

Proses penelitian dilakukan secara sistematis dimulai dengan studi literatur untuk memperoleh dasar teori dan metode analisis yang relevan (Hartono,2020). Peneliti mengkaji berbagai sumber ilmiah, seperti buku, jurnal penelitian, dan dokumen teknis terkait perhitungan rugi-rugi daya serta jatuh tegangan pada sistem transmisi tegangan tinggi. Setelah itu, peneliti melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing dan pihak-pihak yang memiliki kompetensi di bidang sistem tenaga listrik untuk memastikan keakuratan data dan ketepatan metode yang digunakan.

Tahapan berikutnya adalah survei lapangan yang dilaksanakan secara langsung di lokasi penelitian, yaitu di Gardu Induk Padang Industrial Park. Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh data aktual mengenai kondisi jaringan transmisi, termasuk panjang saluran, jenis konduktor, besaran arus, serta tegangan kirim dan terima. Data tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan dalam analisis rugi daya dan jatuh tegangan.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan tiga metode utama, yaitu observasi, wawancara, dan dokumentasi (Arifin,2021). Observasi dilakukan melalui peninjauan langsung ke gardu induk untuk mengamati kondisi aktual sistem dan mencatat parameter-parameter kelistrikan yang diperlukan. Wawancara dilakukan dengan petugas serta teknisi gardu induk untuk mendapatkan informasi tambahan terkait operasi sistem dan kondisi peralatan. Sementara itu, metode dokumentasi digunakan untuk memperoleh data sekunder seperti laporan beban harian, diagram satu garis, serta spesifikasi konduktor ACSR 240/40 mm² yang digunakan pada saluran transmisi tersebut.

Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif (Sukamto,2020). Analisis ini dilakukan melalui tahapan perhitungan rugi daya menggunakan persamaan $P_{loss} = I^2 \times R \times L$, di mana Iadalah arus beban (Ampere), Radalah resistansi konduktor (Ohm per kilometer), dan Ladalah panjang saluran (kilometer). Sementara itu, jatuh tegangan dihitung menggunakan persamaan $\Delta V = I \times Z$, dengan Zmerupakan impedansi total saluran yang terdiri atas resistansi dan reaktansi. Hasil perhitungan selanjutnya dibandingkan dengan batas toleransi 3 % dari tegangan nominal berdasarkan SPLN No. 72 Tahun 1987 untuk menentukan tingkat efisiensi dan keandalan sistem.

Seluruh tahapan tersebut menggambarkan alur penelitian yang dimulai dari pengumpulan data hingga analisis hasil. Hasil evaluasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai kondisi teknis saluran transmisi 150 kV antara Gardu Induk Padang Industrial Park dan Gardu Induk Lubuk Alung, serta menjadi dasar dalam upaya peningkatan efisiensi dan kualitas penyaluran daya listrik di wilayah industri tersebut.

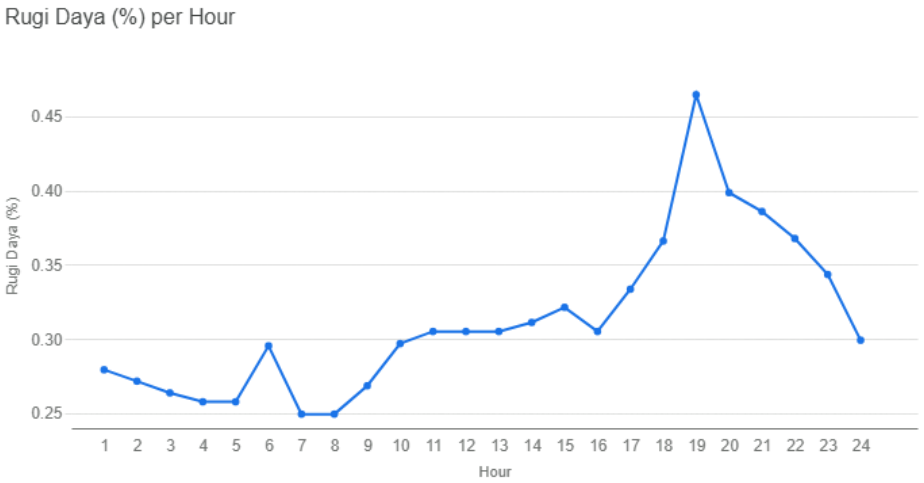
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis terhadap saluran transmisi 150 kV yang menghubungkan Gardu Induk Padang Industrial Park dengan Gardu Induk Lubuk Alung menunjukkan bahwa nilai rugi-rugi daya dan jatuh tegangan mengalami fluktuasi sesuai dengan perubahan arus beban selama 24 jam pengamatan. Berdasarkan data hasil perhitungan, nilai rugi daya tertinggi terjadi pada pukul 19.00 WIB, yaitu saat arus beban mencapai 227 A. Pada kondisi tersebut, rugi daya aktif tercatat sebesar 249,91 kW, yang setara dengan 0,4646% dari daya kirim. Sebaliknya, rugi daya terendah terjadi pada pukul 07.00 dan 08.00 WIB, ketika arus beban turun menjadi 125 A, menghasilkan rugi daya sebesar 75,78 kW atau sekitar 0,2493% dari daya kirim. Secara keseluruhan, total rugi energi selama periode pengamatan 24 jam mencapai 2.885,94 kWh, dengan rata-rata rugi daya sebesar 118,99 kW.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem transmisi masih bekerja dengan efisiensi tinggi karena seluruh nilai rugi daya berada jauh di bawah batas toleransi maksimum 3% sesuai standar SPLN No. 72 Tahun 1987. Variasi rugi daya ini terutama disebabkan oleh perubahan arus beban yang mengikuti pola konsumsi energi di kawasan industri Padang Industrial Park, di mana puncak beban terjadi pada malam hari saat aktivitas industri mencapai intensitas tertinggi. Selain rugi daya, analisis juga dilakukan terhadap jatuh tegangan (voltage drop) sepanjang saluran transmisi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa besar jatuh tegangan berbanding lurus dengan arus beban yang mengalir pada saluran. Pada saat arus beban tinggi, seperti pada pukul 19.00 WIB, terjadi penurunan tegangan sebesar 1.077,87 Volt, atau sekitar 0,7091% dari tegangan kirim sebesar 152.000 Volt. Sebaliknya, pada saat beban rendah, seperti pukul 03.00 WIB, jatuh tegangan hanya sebesar 631,53 Volt, atau 0,4022% dari tegangan kirim. Jika dijumlahkan selama 24 jam, total jatuh tegangan yang terjadi adalah 17.625,82 Volt, dengan rata-rata 734,41 Volt (0,49%). Nilai tersebut juga masih berada di bawah ambang batas toleransi 3% yang ditetapkan oleh SPLN, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem transmisi bekerja dalam kondisi normal dan stabil tanpa indikasi penurunan kualitas tegangan yang signifikan.

Untuk memastikan margin keamanan operasional saluran, dilakukan pula perbandingan antara arus beban aktual, kapasitas hantar arus (KHA) konduktor, serta hasil perhitungan arus berdasarkan batas jatuh tegangan. Berdasarkan data dari *Katalog Kabel ACSR*, konduktor ACSR 240/40 mm² (250) memiliki nilai KHA sebesar 871 A. Arus beban puncak aktual yang terukur di lapangan hanya sebesar 227 A, yang berarti masih jauh di bawah batas KHA konduktor tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa sistem transmisi memiliki margin keamanan termal yang cukup besar dan tidak beroperasi melebihi batas yang diizinkan. Sementara itu, berdasarkan kriteria jatuh tegangan, dilakukan simulasi untuk menentukan arus maksimum yang masih menghasilkan penurunan tegangan dalam batas toleransi 3%. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai 949,36 A, yang berarti secara teoritis saluran mampu menghantarkan arus sebesar itu dengan jatuh tegangan yang masih sesuai standar. Namun, nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan KHA termal 871 A yang ditetapkan oleh katalog konduktor. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun secara tegangan saluran masih mampu menahan arus yang lebih besar, namun batas operasional utama tetap harus mengikuti batas termal konduktor, karena kenaikan suhu yang berlebihan dapat menyebabkan degradasi material konduktor dan potensi kegagalan sistem.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem transmisi 150 kV dari Gardu Induk Padang Industrial Park ke Gardu Induk Lubuk Alung memiliki efisiensi tinggi dan margin keamanan operasional yang sangat baik. Nilai rugi daya dan jatuh tegangan yang rendah menunjukkan performa sistem yang andal, sementara kapasitas hantar arus konduktor yang jauh di atas arus aktual memberikan ruang yang cukup untuk peningkatan beban di masa mendatang. Kondisi ini mengindikasikan bahwa infrastruktur transmisi masih layak dan efisien dalam mendukung pasokan daya listrik untuk kebutuhan industri di kawasan Padang Industrial Park dan sekitarnya. Secara keseluruhan, sistem transmisi 150 kV yang menghubungkan Gardu Induk Lubuk Alung ke Gardu Induk Padang Industri Park sangat andal dan efisien. Jumlah rugi-rugi daya maksimum (0,4646%) dan jatuh tegangan maksimum (0,7091%) yang dilaporkan jauh di bawah ambang batas toleransi 3% yang ditetapkan oleh SPLN No. 72 Tahun 1987. Hal ini menunjukkan bahwa saluran ini memiliki kualitas daya yang baik dan penyaluran listrik yang efisien.



Gambar 1 Grafik Rugi-rugi daya per Jam

Grafik 1 dengan jelas menunjukkan perubahan rugi daya aktif yang terjadi sepanjang hari pada saluran transmisi 150 kV antara Gardu Induk Lubuk Alung dan Gardu Induk Padang Industrial Park. Persentase kehilangan daya berbanding lurus dengan peningkatan arus beban yang mengalir melalui saluran. Untuk menunjukkan betapa pentingnya manajemen beban dan efisiensi konduktor untuk mengurangi kerugian energi, puncak rugi daya mencapai 0,4646% pada pukul 19.00 WIB, saat jam beban tertinggi dengan arus 227 A. Di sisi lain, pada jam-jam dengan beban terendah, seperti jam 07.00 dan 08.00 WIB, rugi daya tercatat paling rendah, yaitu sekitar 0,2493.



Gambar 2 Grafik Jatuh Tegangan per Jam

Grafik 2 menunjukkan reaksi tegangan saluran terhadap perubahan beban setiap hari. Grafik ini mirip dengan rugi daya. Pada pukul 19.00 WIB, jatuh tegangan mencapai puncaknya sebesar 0,7091%, bertepatan dengan periode beban puncak dan arus tertinggi. Namun, perlu ditekankan bahwa nilai jatuh tegangan total yang dicatat selama 24 jam operasional tetap jauh di bawah ambang batas toleransi maksimum 3% yang ditetapkan oleh standar SPLN No. 72 Tahun 1987.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa saluran transmisi 150 kV antara Gardu Induk Padang Industrial Park dan Gardu Induk Lubuk Alung bekerja dengan efisien dan andal. Nilai rugi daya maksimum sebesar 249,91 kW (0,4646%) dan jatuh tegangan maksimum sebesar 1.077,87 Volt (0,7091%) masih jauh di bawah batas toleransi 3% menurut SPLN No. 72 Tahun 1987. Arus beban puncak 227 A juga berada jauh di bawah KHA konduktor ACSR 240/40 mm² sebesar 871 A, sehingga sistem memiliki margin keamanan termal yang baik. Dengan demikian, jaringan transmisi ini dinilai efisien, stabil, dan layak mendukung kebutuhan energi di kawasan industri Padang Industrial Park dan sekitarnya.

DAFTAR PUSAKA

Arifin, M. (2021). *Teknik Observasi dan Dokumentasi Lapangan dalam Penelitian Energi*. Jurnal Metodologi Riset, 6(2), 44–50.

Hartono, B. (2020). *Pendekatan Analisis Deskriptif Kuantitatif dalam Riset Teknik Energi*. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi, 5(2), 12–18.

Sugiono, D. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif untuk Teknik Elektro*. CV Andi Offset.

Sukamto, R. (2020). *Analisis Deskriptif Kuantitatif pada Sistem Tenaga Listrik*. Jurnal Elektro dan Energi, 14(1), 22–30.