

ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV PADA GARDU INDUK KIM

Ahmad Dani

Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Sinar Husni

Email: Ahmad.dani@sttsinarhusni.ac.id

Abstrak

Hal yang berpengaruh terhadap kualitas daya dari sisi pengiriman pada gardu induk satu ke gardu induk lainnya adalah masalah rugi-rugi daya. Masalah rugi-rugi daya ini terjadi juga pada saluran gardu saluran distribusi menuju konsumen. Saluran transmisi 150 kv Gardu Induk KIM ini memiliki andil besar dalam penyaluran tenaga listrik kepada konsumen. Hal ini memicu perusahaan untuk terus mencari solusi agar dapat meminimalisir kerugian daya yang terjadi pada saluran. Meminimalisir kerugian daya dilakukan perhitungan berdasarkan hasil analisis yang di dapat dari pihak perusahaan itu sendiri maupun dari instansi lain yang berkompeten di dalamnya. Untuk itu dalam penelitian ini bertujuan melakukan analisis perhitungan rugi-rugi daya pada saluran transmisi 150 kv Gardu Induk KIM. Metode yang dilakukan dengan melakukan perhitungan terhadap data saluran transmisi menggunakan persamaan saluran transmisi jarak pendek untuk menentukan hasil besar rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi 150 kv Gardu Induk KIM. Dengan hasil dari analisis data yang dilakukan maka diperoleh besar kerugian daya pada saluran transmisi sebesar 534,395 watt dengan efisiensi saluran 98.91%. Serta besarnya jatuh tegangan yang terjadi pada saluran sebesar 1,15 % dengan $\cos \varphi$ 0.96, maka kerugian daya dikategorikan masih dalam batas aman dan sangat baik.

Kata kunci: rugi-rugi daya; jatuh tegangan; saluran transmisi.

Abstract

Things that affect the quality of power from the delivery side of one substation to another is the problem of power losses. The problem of power losses also occurs in the distribution channel substations to consumers. The 150 kv transmission line at the KIM Substation has a major role in distributing electricity to consumers. This triggers the company to continue to look for solutions in order to minimize power losses that occur in the line. Minimizing power losses is calculated based on the results of the analysis obtained from the company itself and from other competent agencies in it. For this reason, this study aims to analyze the calculation of power losses on the 150 kv transmission line at the KIM Substation. The method is carried out by calculating the transmission line data using the short distance transmission line equation to determine the results of the large power losses that occur in the 150 kv transmission line at the KIM Substation. With the results of the data analysis, it is obtained that the power loss in the transmission line is 534,395 watts with a channel efficiency of 98.91%. And the magnitude of the voltage drop that occurs on the line is 1.15% with $\cos \varphi$ 0.96, then the power loss is categorized as safe and very good.

Keyword : *power losses; voltage drop; transmission lines.*

Pendahuluan

Kebutuhan akan tenaga listrik yang makin lama makin bertambah setara dengan jumlah pemakai/pengguna tenaga listrik juga meningkat, hal ini akan mengakibatkan level daya listrik pada saluran transmisi yang digunakan harus ditingkatkan lebih tinggi lagi. Oleh karena itu pengamanan pada saluran transmisi baik saluran transmisi udara tingkat tinggi (SUTT) maupun saluran udara tingkat rendah (SUTR) agar mendapatkan perhatian yang serius dalam perencanaannya maupun yang sudah terpasang. ([Asman, Eteruddin, & ., 2018](#))

Untuk itu yang perlu diperhatikan pada saluran transmisi tersebut, ialah empat parameter yang mempengaruhi kemampuannya untuk berfungsi sebagai bagian dari suatu sistem tenaga yaitu, konstanta-konstanta saluran seperti: Resistansi (R), Induktansi (L), Konduktansi (G) dan Kapasitansi (C). Konduktansi antar penghantar pada saluran dianggap sama dengan nol disebabkan karena konduktansi terhadap penghantar dan tanah yang akan berdampak arus bocor pada isolator saluran tiang dan isolasi kabel. Oleh karena itu kemungkinan kebocoran sangat kecil maka konduktansi diabaikan. ([Galla, Sampeallo, & Lenjo, 2020](#))

Kualitas tegangan dan efisiensi energi listrik sangat dipengaruhi oleh jatuh tegangan dan rugi-rugi daya listrik. Besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi tergantung pada jenis dan panjang penghantar, tipe jaringan distribusi, kapasitas trafo, tipe beban, faktor daya, dan besarnya jumlah daya terpasang serta banyaknya pemakaian beban-beban yang bersifat induktif yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan daya reaktif. ([Arya Suardika, Dyana Arjana, & Maharta Pemayun, 2018](#))

Hal yang berpengaruh terhadap kualitas daya dari sisi pengiriman pada gardu induk satu ke gardu induk lainnya adalah masalah rugi-rugi daya ([Zainuddin & Wiraputra, 2016](#)). Masalah rugi-rugi daya ini terjadi juga pada saluran gardu saluran distribusi menuju konsumen. Saluran transmisi 150 kv Gardu Induk KIM ini memiliki andil besar dalam penyaluran tenaga listrik kepada konsumen.

Kerugian daya yang disebabkan beban reaktif induktif bisa dikurangi dengan arus kapasitif yang bisa diperoleh dengan memasang rangkaian paralel dengan beban efisiensi energi listrik dapat ditingkatkan dengan cara memperbaiki kualitas daya. Kualitas daya yang baik akan memperbaiki drop tegangan, faktor daya, rugi- rugi daya dan kapasitas daya serta efisiensi energi listrik. ([Kartika, 2017](#))

Pada saat penyaluran energi listrik dari pembangkit menuju konsumen pasti terjadi susut daya listrik, susut daya/rugi daya ini tidak dapat dihilangkan karena dipengaruhi oleh nilai tahanan yang ada pada jaringan. ([Redho Hermawan, 2017](#))

Dalam sebuah penelitian mengenai perhitungan pada jaringan distribusi primer 20 KV di Kota Tahuna khususnya pada penyulang Kota, Tona dan Kolongan, didapat bahwa jatuh tegangan untuk penyulang Kota dan Kolongan sudah tidak memenuhi standar yang ditentukan oleh PLN yaitu jatuh tegangan tidak boleh melebihi dari 10%. Untuk itu

diperlukan penanganan secepatnya untuk mengantisipasi pertumbuhan beban yang semakin tinggi. ([Binilang, Tumaliang, Lisi, & Elektro-ft](#), 2017)

Untuk meminimalisir kerugian daya dilakukan perlu dilakukan perhitungan berdasarkan hasil analisis yang di dapat dari pihak perusahaan itu sendiri maupun dari instansi lain yang berkompeten di dalamnya (Iskandar & Juhana, 2014). Untuk itu dalam penelitian ini bertujuan melakukan analisis perhitungan rugi-rugi daya pada saluran transmisi 150 kv Gardu Induk KIM. Dengan penelitian ini dapat diketahui besar nilai *impedance* dan resistansi yang mempengaruhi mutu tegangan dan daya yang disalurkan pada saluran transmisi tersebut. Pengaruh *inductance* serta reaktansi induktif saluran terhadap mutu daya yang diterima oleh Gardu Induk KIM. Penerapan perencanaan dalam menentukan besar diameter konduktor serta jenis media saluran menjadi lebih efektif terhadap daya dan tegangan yang di berikan.

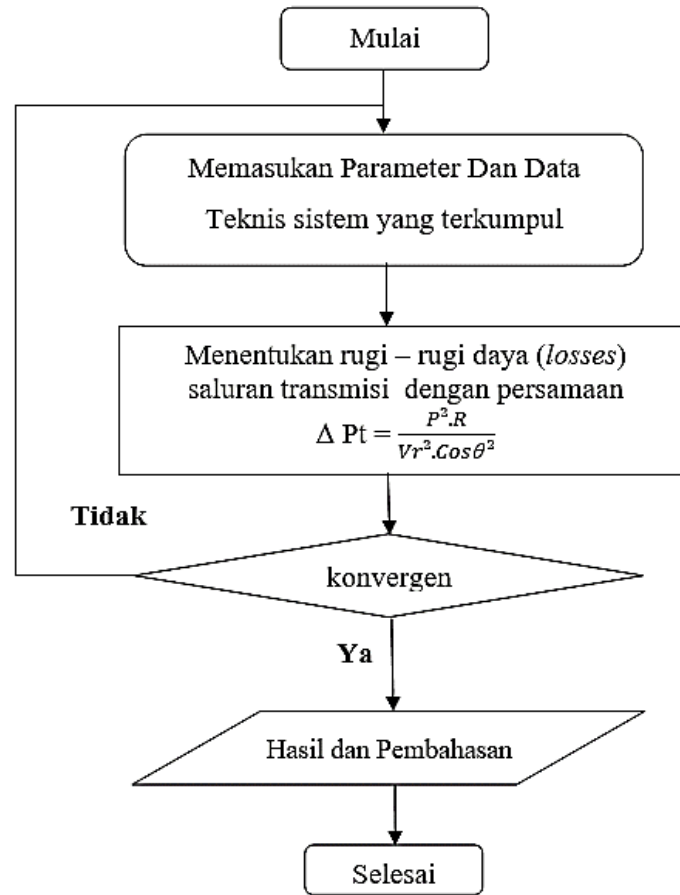
Sehingga dengan melakukan penelitian terhadap rugi-rugi daya pada saluran transmisi 150 kv Gardu Induk KIM dapat mengetahui keadaan saluran transmisi dalam memenuhi standar yang di tentukan oleh PLN yaitu jatuh tegangan tidak boleh melebihi dari 10%. Sehingga dapat diketahui penanganan secepatnya untuk mengantisipasi pertumbuhan beban. Dalam Prakiraan Beban Energi Listrik Di Kota Medan Pada Tahun 2030, besarnya energi listrik di konsumsi Kota Medan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi (PDRB HK 2010) dan industri menjadi faktor peningkatan beban listrik. Hasil prakiraan konsumsi energi listrik hingga tahun 2030 di Kota Medan sebesar 3476,90 GWh atau meningkat 5,99 % setiap tahunnya. ([Nugraha, Ghabriel, & Dharmawan](#), 2021)

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif untuk melihat data hasil analisis dari penelitian rugi-rugi daya terhadap saluran transmisi ([Yusuf](#), 2014). Tahapan penelitian dilakukan dalam beberapa tahap. Dimulai dari melakukan teknis analisis data dan melakukan perhitungan terhadap rugi-rugi daya pada saluran transmisi. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data sistem saluran Transmisi Sumatera Utara pada saluran transmisi 150 kv Gardu Induk KIM – Gardu Induk Sei Rotan pada bulan Juli 2021

Tahapan Penelitian

Berdasarkan *flowchart* atau tahap – tahap penelitian tersebut diharapkan agar lebih memahami proses dan tujuan yang ingin dicapai dari hasil analisis data yang dilakukan pada saluran transmisi 150 kv Gardu Induk KIM – Gardu Induk Sei Rotan selama proses observasi lapangan yang dilakukan. Urutan berdasarkan tahapan penelitian adalah :



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini bersifat *deskriptif* maka analisis data yang digunakan adalah analisis *deskriptif persentase*. Analisis data ini digunakan untuk deskripsi atau pembahasan hasil penelitian berupa data *kuantitatif* sehingga akan diperoleh gambaran *kualitatif* dari hasil penelitian. Untuk itu berikut data yang dapat dibutuhkan untuk panduan analisis rugi – rugi daya pada saluran transmisi 150 kv GI KIM.

Analisis Perhitungan Daya

Menghitung kerugian daya yang terjadi pada penghantar harus dicari dulu nilai resistannya. Rumus yang digunakan untuk mencari resistansi adalah menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = \rho \left(\frac{L}{A} \right)$$

Nilai reaktansi dapat dicari setelah nilai resistannya diketahui, untuk menghitung nilai reaktansi adalah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$XL = 2\pi 50 \times 2 \cdot 10^{-7} \times 10^3 \ln \left(\frac{GMD}{GMR} \right)$$

Nilai GMD (*Geometric Mean Distance* atau jarak rata-rata geometris) dan nilai GMR (*Geometric Mean Radius* atau radius rata-rata geometris), dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$GMD = \sqrt[3]{Dab \cdot Dbc \cdot Dca}$$

Untuk menghitung GMR adalah menggunakan persamaan berikut:

$$GMR = 1,09 \sqrt[4]{D_s \times d^3}$$

Saluran transmisi Gardu Induk KIM merupakan saluran transmisi jarak pendek yang kurang dari 80 km, sehingga untuk mencari impedansinya menggunakan persamaan

$$Z = R + jX \text{ atau } |Z| = \sqrt{ZZ^*} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Data – data hasil perhitungan diatas digunakan untuk menghitung besar tegangan pada ujung beban dan tegangan pengiriman, besar jatuh tegangan, rugi daya pada kawat penghantar, daya pengiriman serta efisiensi transmisi menggunakan Rumus atau persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Mencari faktor daya :

$$\cos \theta = \frac{P}{S} \quad \text{dan } S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

- b. Menghitung besar tegangan pada ujung saluran adalah

$$V_r = \frac{V_{r \text{ line}}}{\sqrt{3}}$$

- c. Mencari tegangan pengiriman adalah

$$V_s = V_r + IZ$$

- d. Mencari besar jatuh tegangan adalah :

$$VR = \left(\frac{V_s - V_r}{V_r} \right) \times 100\%$$

- e. Mencari rugi daya pada penghantar menggunakan persamaan

$$\Delta Pt = \frac{P^2 \cdot R}{V_r^2 \cdot \cos^2 \theta}$$

- f. Mencari Rugi Daya total.

$$Prugi = P_{resistan} + Pt$$

- g. Mencari Daya Pengiriman.

$$Ps = Pr + Prugi$$

- h. Mencari efisiensi transmisi dengan menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{Pr}{Ps} \times 100\%$$

Dengan telah ditentukan bagaimana cara dalam menentukan dan menetapkan rumus atau persamaan yang diperlukan dalam mencari tujuan dari penelitian ini. Maka dalam pelaksanaan serta tahap penelitian perlu dibuat tahap – tahap penyelesaian penelitian (*flowchart*), agar dalam pengambilan serta penyelesaian penelitian ini dapat terlaksana dengan tahap – tahap yang ingin dicapai. Berikut *flowchart* yang di inginkan dalam penelitian ini.

Hasil dan Pembahasan

Analisa Pengumpulan Data

Data diambil dari saluran transmisi melalui Gardu Induk Sei Rotan – Gardu Induk KIM dengan rincian data sebagai berikut :

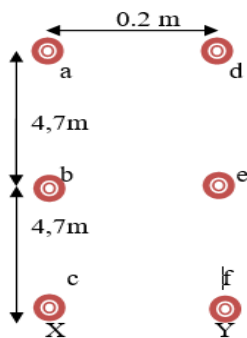
Pr (daya penerima)	:	48,6 MW
Q (daya reaktif)	:	13,9 MVar

Vr line	:	139 kv
I (arus line)	:	209 Ampere
A (luas penampang kawat)	:	241,70 mm ²
R (resistan per fasa)	:	0,1219 Ω/km pada suhu 25 ⁰ C
Dspacer (antara kawat per fase)	:	0,2 meter
D (Jarak Antara kawat)L-L	:	4,7 meter
r (Jari – jari kawat)	:	2,765 cm
f (frekuensi sumber tenaga)	:	50 hz
E (tegangan per fasa)	:	150 kv
l (Panjang saluran)	:	20,740 kms / 8.007 miles.

Kawat saluran transmisi digunakan jenis ACSR HAWK berdiameter 2 x 241,70 dengan panjang saluran transmisi 2 x 20,740 kms pada gardu induk Sei Rotan – gardu induk KIM. Data spesifikasi kabel diambil menurut data sheet *product catalog –ACSR (aluminium conductor, steel reinforced)* yang turut di sertakan pada lampiran berkas.

Analisis Rugi Daya

- a) berikut pola saluran *double circuit* transmisi Gardu Induk KIM – Sei Rotan 1.



Dimana diameter kawat : 5,52 cm dengan tpye kawat acsr luas 241,70mm² Jenis kawat Hawk dengan D_s = 0,430 dengan panjang saluran 20,740 km.

Gambar 4.1. Jarak antara penghantar saluran.

- b) Menentukan resistansi total data permitivitas, pada suhu 25⁰C permitivitas untuk AL 61 % = 2,89 maka .

$$\begin{aligned}
 R_{25} &= \rho_{25} \frac{l}{A} \\
 &= 1,02 \times 2,89 \times 10^{-6} \times \frac{100000}{241,70 \times 0,01} \\
 &= 0.1219 \Omega / \text{km}
 \end{aligned}$$

Maka untuk resistansi total saluran ialah

$$\begin{aligned}
 R_{\text{total}} &= R \times l \\
 &= 0,1219 \times 20,740 \\
 &= 2,5282 \Omega
 \end{aligned}$$

- c) Mencari nilai induktansi dengan cara menentukan nilai GMD (*Geometric Mean distance*) dan GMR (*Geometric Mean Radian*) dengan pers 2.12.

$$\text{GMD} = \sqrt[9]{D_{ac} \cdot D_{ad} \cdot D_{af} \cdot D_{sd} \cdot D_{bd} \cdot D_{bf} \cdot D_{cd} \cdot D_{ce} \cdot D_{cf}}$$

$$D_{ad} = D_{bd} = D_{cd} = 0,2 \text{ m}$$

$$D_{ac} = D_{bc} = D_{bd} = D_{cb} \sqrt{0,2^2 + 4,7^2} = \sqrt{22,13}$$

$$D_{cd} = D_{ad} = \sqrt{0,2^2 + 9,4^2} = \sqrt{94,13}$$

maka $D_m = \sqrt[9]{0,2^3 + 94,13^2 + 22,13^2} = 3,82 \text{ meter atau } 4 \text{ meter.}$

Menentukan nilai GMR disisi X dan Y, dengan $D_s = 0,430$ maka :

$$\begin{aligned} D_{sX} &= \sqrt[9]{D_{aa}D_{ab}D_{ac}D_{bb}D_{ba}D_{bc}D_{cc}D_{bc}D_{ba}} \\ &= \sqrt[9]{(2,76 \times 0,430 \times 10^{-2})^3 4,7^4 \times 9,4^2} \\ &= 0,346 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$D_{sX} = D_{sY}$$

Maka untuk L total ialah :

$$\begin{aligned} L_{tot} &= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR} \\ &= 2 \times 10^{-7} \ln \frac{3,82}{0,346} \times 2 \text{ untuk sisi X dan Y} \\ &= 9,606 \times 10^{-7} \text{ H/m atau } 9.606 \times 10^{-4} \text{ H/km} \\ &= (9,606 \times 10^{-7}) \times (1609 \times 10^3) \\ &= 1,5 \text{ mH/mi} \end{aligned}$$

d) Mencari nilai reaktansi per fasa dikalikan 0,3048

$$\begin{aligned} D_s^b &= \sqrt{0,430 \times 2,76 \times 0,3048} \\ &= 0,361 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{eq} &= \sqrt[3]{4,7 \times 4,7 \times 9,6} \\ &= 5,96 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_L &= 2\pi f \times 2 \times 10^{-7} \times 10^3 \ln \frac{5,96}{0,361} \\ &= 0,1760 \quad \Omega/\text{km per fasa} \end{aligned}$$

Maka untuk X_{tot} di sepanjang saluran ialah

$$\begin{aligned} X_{tot} &= 0,1760 \times 20,740 \\ &= 3,6502 \Omega \end{aligned}$$

e) Impedansi pada saluran transmisi Gardu Induk KIM - Gardu Induk Sei – Rotan merupakan saluran transmisi pendek berjarak 20.740 kms sehingga pengaruh kapasitansi sangat kecil dan bisa diabaikan, untuk menentukan nilai impedansi menggunakan pers 2.28 maka :

$$\begin{aligned} |Z| &= \sqrt{R^2 + X^2} \quad \text{Dan} \quad Y = 1/Z \\ &= \sqrt{2,5282^2 + 3,6502^2} \quad Y = 0,2252 \\ &= 4,4402 \Omega \end{aligned}$$

f) Menentukan faktor daya dengan rumus segitiga daya berikut :

$$\begin{aligned} P_r &= 48,6 \text{ Mwatt} \\ Q &= 13,9 \text{ Mvar} \\ S &= \sqrt{48,6^2 + 13,9^2} \\ &= 50.548 \text{ KVA} \end{aligned}$$

$$\text{jadi } \cos \theta = \frac{P}{S}$$

$$\cos \theta = \frac{48,6}{50,548} = 0,96$$

g) Mencari tegangan kerja serta tegangan pengiriman atau tegangan pada ujung Beban dapat dihitung :

$$V_r = \frac{139000}{1,732} = 80.254,041 \text{ volt}$$

Maka tegangan pengirimannya adalah :

$$\begin{aligned} V_s &= V_r + I \cdot Z \\ &= 80.254,041 + 209 \times 4,4402 \\ &= 81.182,042 \text{ volt (L-N)} \\ &= 140.607 \text{ atau } 140,6 \text{ Kv (L-L)} \end{aligned}$$

h) Mencari besar jatuh tegangan pada saluran.

$$\begin{aligned} VR (\%) &= \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \\ &= \frac{81.182,042 - 80.254,041}{80.254,041} \times 100\% \\ &= 1,15 \% \end{aligned}$$

i) Maka mencari rugi-rugi daya pada saluran transmisi yaitu :

$$\begin{aligned} \Delta Pt &= \frac{P^2 \cdot R}{V_r^2 \cdot \cos^2 \theta} \\ &= \frac{48.600.000^2 \times 2,5282}{139^2 \times 0,96^2} \\ &= 534.395,2 \text{ watt} \end{aligned}$$

Daya pengiriman dapat diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_s &= P_r + \Delta Pt \\ &= 48.600.000 + 534.395,2 \\ &= 49.134.395,2 \text{ watt} \end{aligned}$$

Maka dengan itu efisiensi saluran transmisi ialah :

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_r}{P_s} \times 100 \% \\ &= \frac{48.600.000}{49.134.395,2} \times 100 \% \\ &= 98,91 \% \end{aligned}$$

Dengan diperolehnya hasil perhitungan berdasarkan parameter perhitungan analisis data maka hasil diperoleh dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 1 Data hasil reaktansi, impedansi, serta rugi- rugi daya.

R	X	R ²	X ²	Z	Y	Ps(watt)	ΔPt(watt)
2,5282	3,6502	6,3917	13,3239	4,4402	0,2252	49.134.395,2	534.395,2

Tabel 2 Data hasil analisis efisiensi saluran transmisi, besar jatuh tegangan serta cos θ pada saluran.

Ip	Vs(volt)	Vr(volt)	Vr(%)	η(%)	Cos θ
209	140,6	139	1,15	98,91	0,96

Pembahasan Hasil Analisis

Jatuh tegangan pada saluran masih dikatakan kecil dengan besar jatuh tegangan sebesar 1,15 % , hal ini disebabkan karena jarak saluran yang pendek yaitu 20.740 kms atau 8,007 miles. Sehingga besar resistansi pada kawat penghantar di sepanjang saluran tidak begitu besar sekitar 2,5282 ohm. Sedangkan efisiensi saluran transmisi 98.91% hampir mendekati 100% artinya kerugian daya yang terjadi pada saluran transmisi Sei Rotan – KIM sebesar 534.395,2 watt atau 535,3 Kw masih dalam batas aman bahkan dalam kategori baik masih dibawah 10 %. Akibat dari rugi-rugi daya tersebut dipengaruhi oleh besarnya arus dan resistansi kawat penghantar yang tidak terlalu besar, sehingga penurunan tegangan terjadi sebesar 1,15%. Penurunan ini masih jauh dari batas standar maksimal penurunan tegangan sebesar 10%. Rugi – rugi daya mengakibatkan penurunan tegangan dari 140,6 Kv pada sisi pengirim menjadi 139 Kv pada sisi penerima.

Impedansi pada saluran juga dapat diabaikan dengan nilai *impedansi* sekitar 4,4402 ohm di sepanjang saluran atau 0.214 ohm / km. Nilai tersebut relatif kecil untuk saluran transmisi pendek, maka dalam perhitungan analisis faktor *impedansi* diabaikan, begitu pula faktor korona yang juga mempengaruhi rugi – rugi daya pada saluran dalam hal ini juga diabaikan karena nilai korona akibat dari tegangan dan kebocoran arus pada isolator juga relatif kecil bahkan bias korona masih dalam batas normal, maka dengan hal itu diabaikan.

Pengaruh resistansi pada saluran juga relatif kecil artinya dalam perencanaan untuk menentukan besar diameter kawat dapat dikatakan sangat baik. Sehingga pengaruh resistansi pada saluran juga kecil.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian selama proses observasi dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa jatuh tegangan pada saluran transmisi yang terjadi pada saluran transmisi tegangan tinggi masih dalam taraf sangat kecil sekali, karena masih dibawah standard yang ditentukan oleh puil yaitu standarnya 5 % maksimal untuk batas atas dan 10 % untuk batas bawah. Jatuh tegangan yang terjadi pada saluran transmisi tersebut hanya berkisar 1.15 %. Kerugian daya pada penghantar untuk saluran transmisi tegangan tinggi 150 kv Sei Rotan - KIM juga masih relatif kecil, sehingga tidak perlu adanya pergantian ataupun perbaikan peralatan dan bahan pada saluran transmisi yang mempengaruhi besar resistansi saluran yang berdampak pada kerugian daya yang lebih besar. Nilai efisiensi saluran transmisi pada saluran transmisi Sei Rotan – KIM dikategorikan sangatlah baik sekali karena rata – rata efisiensi mendekati 100 % atau hanya berkurang 1,09 % dari yang ditetapkan.

Bibliografi

- Arya Suardika, I. Putu, Dyana Arjana, I. Gede, & Maharta Pemayun, Anak Agung Gede. (2018). Rekonfigurasi Saluran Distribusi 20 kV Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Pada Penyulang Abang. *Jurnal SPEKTRUM*, 5(2), 231. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p29>
- Asman, Hari, Eteruddin, Hamzah, & . Arlenny. (2018). Analisis Proteksi Rele Jarak Pada Saluran Transmisi 150 Kv Garuda Sakti – Pasir Putih Menggunakan Pscad. *SainETIn*, 2(1), 27–36. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v2i1.1672>
- Binilang, Rizky B., Tumaliang, Hans, Lisi, Fielman, & Elektro-ft, Jurusan Teknik. (2017). Studi Analisa Rugi Daya Pada Saluran Distribusi Primer 20 Kv Di Kota Tahuna. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 6(2), 69–78.
- Galla, Wellem F., Sampeallo, Agusthinus S., & Lenjo, Adrianus. (2020). Analisis Tegangan Saluran Transmisi 70 Kv Pada Sistem Timor Dengan Parameter Abcd. *Jurnal Media Elektro*, IX(1), 10–21. <https://doi.org/10.35508/jme.v0i0.2673>
- Iskandar, Sentot, & Juhana, Enceng. (2014). Pengaruh Kompetensi Dan Lingkungan Kerja Terhadap Kepuasan Kerja Serta Implikasinya Pada Kinerja Guru Di SDN Baros Mandiri 5 Kota Cimahi. *Jurnal Ekonomi, Bisnis & Entrepreneurship*, 8(2).
- Kartika, Irine. (2017). Analisa Rugi-Rugi Daya Diakibatkan Arus Kapasitif. *Jurnal Surya Energy*, 1(2), 100–111.
- Nugraha, Yoga Tri, Ghabriel, Kelvin, & Dharmawan, Iman Faisal. (2021). *Implementasi ANFIS Dalam Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Di Kota Medan Pada Tahun 2030*.
- Redho Hermawan, Dyah Utari Yusa Wardhani. (2017). Analisa Rugi Daya Saluran Pada Penyulang Arwana Sebelum dan Sesudah Perbaikan Menggunakan Electrical Transient Analysis Program (ETAP) 7.5.0 Di PT.PLN (Persero) Area Palembang. *Desiminasi Teknologi*, 5(3), 175–189.
- Yusuf, Muri. (2014). *METODE PENELITIAN Kuantitatif, Kualitatif, dan Penelitian Gabungan (Ke-1)*. Jakarta: K E N C A N A.
- Zainuddin, Muammar, & Wiraputra, Luthfi. (2016). Analisa Masuknya Gardu Induk Anggrek dan Rekonfigurasi Jaringan Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi-rugi Daya (Studi Kasus PLN Rayon Kwandang Area Gorontalo). *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 12(3), 83–91.