



Pengaruh Jarak Kawat Penghantar Terhadap Rugi-Rugi Daya dan Efisiensi Akibat Korona

Erhaneli^{1*}, Zuriman Anthony², Sepannur Bandri³, Zulkarnaini⁴, Lailatul Qadri⁵
^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang
E-mail: erhanelimarzuki@gmail.com

Informasi Artikel	Abstrak
Diserahkan tanggal: 2 Juli 2021	<p>Tujuan diterapkannya tegangan tinggi pada saluran transmisi adalah untuk memperkecil rugi-rugi daya, tetapi akibatnya akan timbul korona. Korona pada saluran transmisi dapat menyebabkan rugi-rugi daya, noise dan interferensi radio. Salah satu penyebab rugi-rugi daya akibat korona dipengaruhi oleh jarak antar kawat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak kawat terhadap rugi-rugi daya dan efisiensi yang diakibatkan oleh korona pada SUTT 150 kV GI Payakumbuh – GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,84 km. Hasil perhitungan didapat pada cuaca baik rugi korona tertinggi terjadi pada jarak kawat 370 cm sebesar 949,35 kW, dan terendah pada jarak kawat 460 cm sebesar 623,57 kW. Sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada jarak 460 cm sebesar 97,21% dan terendah terjadi pada jarak 370 cm sebesar 95,76%. Dengan adanya penurunan efisiensi maka rugi-rugi daya yang diakibatkan korona mencapai 4,24%. Pada cuaca buruk rugi rugi daya tertinggi terjadi pada jarak kawat 370 cm sebesar 2.909,16 kW, dan rugi rugi daya terendah terjadi pada jarak 460 cm sebesar 2.275,40 kW. Sedangkan efisiensi tertinggi pada jarak 460 sebesar 89,84 % dan efisiensi terendah pada jarak 370 cm sebesar 87,01%. Dengan adanya penurunan efisiensi maka rugi-rugi daya yang terjadi akibat korona mencapai 13%. Rugi-rugi daya yang terjadi akibat korona pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV GI Payakumbuh - GI Koto Panjang belum melebihi Standar SPLN No.72 Tahun 1987 yakni sebesar 17,24%.</p>
Direvisi tanggal: 9 Juli 2021	
Diterima tanggal: 21 Juli 2021	
Dipublikasikan tanggal: 31 Juli 2021	
Digital Object Identifier: 10.21063/JTE.2021.31331020	
	Kata kunci: Rugi-rugi, korona, jarak kawat, efisiensi

1. PENDAHULUAN

Dalam penyaluran daya listrik ke konsumen akan mengalami rugi daya penyaluran dan jatuh tegangan yang besarnya sebanding dengan panjang saluran. Menaikan tegangan adalah salah satu alternatif dari masalah ini namun menimbulkan permasalahan baru karena semakin tinggi tegangan dinaikan akan menimbulkan peristiwa korona. Peristiwa korona berdasarkan ANSI adalah peluahan sebagian (*partial discharge*) ditandai dengan timbulnya cahaya violet karena terjadi ionisasi udara di sekitar permukaan konduktor ketika gradien tegangan permukaan konduktor melebihi nilai kuat medan listrik disruptifnya [1]. Terjadinya korona juga ditandai dengan suara mendesis (*hissing*) dan bau *ozone*. Korona makin nyata kelihatan pada bagian yang kasar, runcing dan kotor. Peristiwa korona semakin sering terjadi jika pada saluran transmisi diterapkan tegangan yang lebih tinggi daripada tegangan kritis dan ketika udara yang lembab serta cuaca buruk.

Korona pada saluran transmisi dapat menyebabkan beberapa gangguan yaitu rugi-rugi daya, kerusakan bahan isolasi, *noise* dan interferensi radio [2, 3]. Rugi-rugi korona (*corona loss*) dipengaruhi oleh luas penampang kawat, konfigurasi macam kawat, keadaan permukaan konduktor dan pengaruh cuaca. Hujan adalah faktor cuaca yang amat menentukan. Pada saluran transmisi yang memiliki curah hujan tinggi rugi-rugi korona pada saluran transmisi pada saluran tersebut akan lebih besar dari pada

saluran yang memiliki curah hujan yang rendah [4, 5, 6]. Selain hujan, kelembaban udara, suhu, tekanan udara dan medan listrik bumi juga mempengaruhi besar rugi-rugi korona pada saluran transmisi tersebut.

Dari rugi-rugi korona di atas konfigurasi macam kawat/jarak antar fasa sangat berpengaruh terhadap rugi-rugi korona, karena disebabkan faktor cuaca, jarak fasa ke fasa. Pengaruh jarak kawat terhadap rugi korona pada kondisi hujan, semakin besar jarak kawat maka rugi-rugi korona semakin kecil, dan semakin kecil jarak kawat maka rugi-rugi korona semakin besar. Jarak fasa ke fasa juga berpengaruh terhadap rugi-rugi korona. Dan yang sangat mempengaruhi rugi-rugi korona adalah V_d yaitu tegangan distruktif kritis dimana hilang korona mulai, kV rms terhadap netral. Berdasarkan Standar SPLN No.72 Tahun 1987 Rugi-rugi daya sebesar 17,24%.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui rugi-rugi daya dan efisiensi pada keadaan cuaca baik dan cuaca buruk yang diakibatkan oleh korona pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,84 km. dengan jarak kawat yang bervariasi pada SUTT 150 kV GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,84 km. Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah melihat bagaimana pengaruh jarak kawat terhadap rugi-rugi daya akibat korona yang terjadi pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV. Hal ini dilakukan dengan memvariasikan jarak kawat pada keadaan cuaca baik dan buruk (hujan) pada saluran tersebut sehingga dapat disimpulkan seberapa besar pengaruh jarak kawat terhadap rugi-rugi daya dan efisiensi akibat korona pada saluran tersebut.

Korona terjadi karena adanya ionisasi dalam udara, yaitu adanya kehilangan elektron dari molekul udara. Oleh karena lepasnya elektron dan ion, maka jika disekitarnya terdapat medan listrik, maka elektron-elektron bebas ini mengalami gaya yang mempercepat gerakannya, sehingga terjadilah tabrakan dengan molekul lainnya. Akibatnya timbul elektron dan ion yang baru. Proses ini berjalan terus-menerus bila gradien tegangan cukup besar, peristiwa ini dinamakan dengan korona. Jika gradien udara diantara dua kawat lebih besar dari gradien udara normal, maka akan terjadi lompatan api, bila hanya sebagian saja udara diantara dua kawat terionisasikan, maka korona merupakan sampul mengelilingi kawat. Gradien tegangan seragam yang dapat menimbulkan ionisasi kumulatif di udara normal adalah 30 kV/cm. Korona bila bermuatan positif atau negatif. Hal ini ditentukan oleh polaritas tegangan di elektroda yang kelengkungannya tinggi. Jika elektroda melengkung bermuatan positif berkenaan dengan elektroda rata terciptalah korona positif, tapi jika negatif yang tercipta adalah korona negatif. Ketidaksamaan sifat korona positif dengan korona negatif yang amat berbeda disebabkan oleh jauh berbedanya massa elektron dengan ion bermuatan positif, dengan hanya elektron memiliki kemampuan mengalami tingkat benturan tak lenting pengion yang signifikan pada temperatur dan tekanan bersama. Fungsi lucutan korona yang utama adalah terciptanya ozon di sekitar konduktor yang mengalami proses korona. Korona negatif menghasilkan ozon jauh lebih banyak daripada korona positif.

Dalam keadaan udara lembab, korona menghasilkan asam nitrogen yang menyebabkan kawat menjadi berkarat bila kehilangan daya yang cukup besar. Apabila tegangan searah yang diberikan, maka pada kawat positif korona menampakkan diri dalam bentuk cahaya yang seragam pada permukaan kawat, sedangkan pada kawat negatifnya hanya pada tempat-tempat tertentu saja. Kerapatan Udara merupakan salah satu faktor penting yang perlu dihitung sebagai pengaruh dari cuaca yang ada pada objek penelitian. Faktor kerapatan udara dihitung sebagai berikut.

$$\delta = \frac{0.392 b}{273 + T} \quad (1)$$

Ion dan elektron yang bergerak pada udara dan memiliki percepatan karena energi kinetik yang diberikan. Energi kinetik tersebut didapat dari sistem dan dikatakan energi yang hilang. Energi yang hilang ini terdisipasi dalam bentuk panas, suara dan cahaya maka inilah yang disebut dengan rugi daya korona. Riset terakhir dalam bidang korona diarahkan pada EHV untuk mendapatkan data baru guna peningkatan tegangan tersebut. Hilang - korona menurut "PEEK" dinyatakan sebagai berikut :

$$V_d = E_m \cdot m_0 \cdot \delta \cdot r \cdot \ln \frac{D}{r} \text{ kV} \quad (2)$$

$$P_k = \frac{241}{\delta} (f + 25) \left(\frac{r}{D}\right)^{\frac{1}{2}} (V - V_d)^2 10^{-5} \frac{\text{kw}}{\text{km}} \text{ fasa} \quad (3)$$

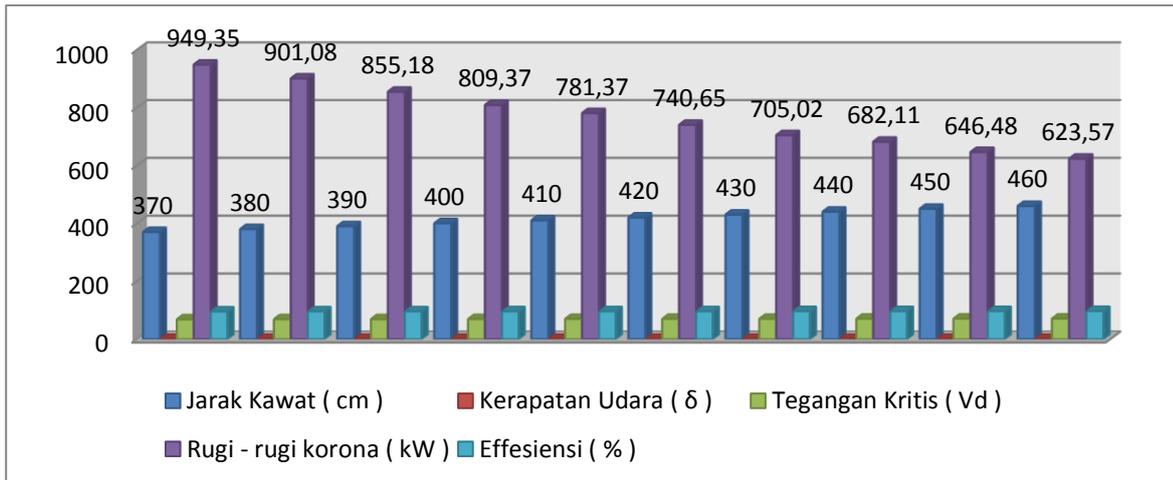
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan perhitungan dan analisa terhadap pengaruh jarak dan luas penampang kawat terhadap rugi-rugi daya dan efisiensi akibat korona pada transmisi 150 kV hal yang pertama dilakukan adalah menentukan faktor kepadatan udara (δ) dan tegangan kritis (V_d) pada keadaan jarak kawat yang berbeda. Tekanan udara adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kepadatan udara pada saluran transmisi. Pada keadaan standar tekanan udara diatas permukaan air laut adalah 76 cmHg, dimana ini akan menjadi patokan untuk setiap perubahan tinggi 100 meter maka akan terjadi perubahan tekanan sebesar 1mmHg. Dengan memvariasikan suhu dan keadaan cuaca baik maupun cuaca buruk maka dapat ditentukan seberapa besar pengaruh jarak dan luas penampang kawat terhadap rugi-rugi daya dan efisiensi akibat korona pada SUTT 150 kV pada GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang.

Tabel 4.3 adalah rekapitulasi hasil perhitungan rugi-rugi daya dan efisiensi akibat korona berdasarkan jarak kawat yang terjadi pada SUTT 150 kV GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,84 km pada kondisi cuaca baik. Pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa variasi jarak kawat yaitu 370 cm, 380 cm, 390 cm, 400 cm, 410 cm, 420 cm, 430 cm, 440 cm, 450 cm, 460 cm

Tabel 1. Rekapitulasi hasil perhitungan rugi rugi daya dan efisiensi akibat korona berdasarkan jarak kawat pada keadaan cuaca baik

Jarak Kawat (cm)	Kerapatan Udara relatife (δ)	Tegangan kritis (V_d) (kv/cm)	Rugi-rugi daya korona (kW)	Effisiensi (%)
370	0,930	68,49	949,35	95,76
380	0,930	68,81	901,08	95,97
390	0,930	69,12	855,18	96,18
400	0,930	69,42	809,37	96,30
410	0,930	69,73	781,37	96,51
420	0,930	70,02	740,65	96,69
430	0,930	70,29	705,02	96,85
440	0,930	70,57	682,11	96,95
450	0,930	70,84	646,48	97,11
460	0,930	71,11	623,57	97,21

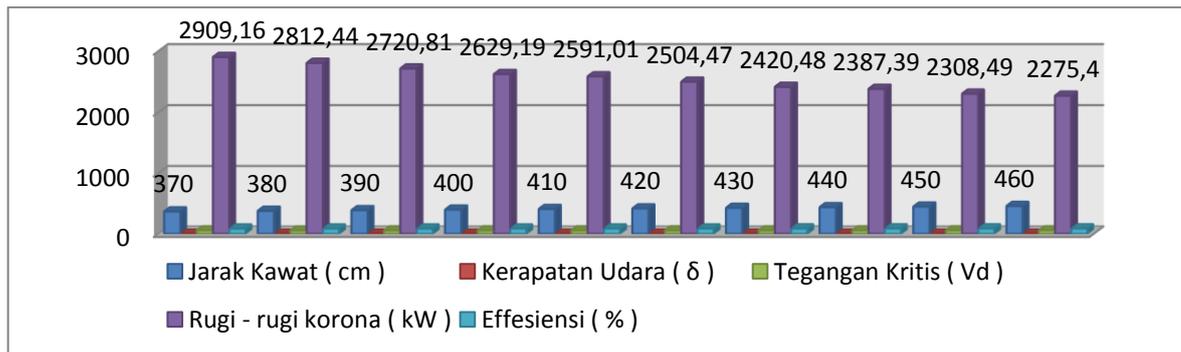


Gambar 1. Grafik rekapitulasi hasil perhitungan rugi rugi daya dan effisiensi akibat korona berdasarkan jarak kawat pada cuaca baik

Tabel 2. Rekapitulasi hasil perhitungan rugi rugi daya akibat korona berdasarkan jarak kawat pada keadaan cuaca buruk.

Jarak Kawat (cm)	Kepadatan Udara relatife (δ)	Tegangan kritis (V_d) (kv/cm)	Rugi-rugi daya korona (kW)	Effisiensi (%)
370	0,930	54,85	2.909,16	87,01
380	0,930	55,11	2.812,44	87,44
390	0,930	55,36	2.720,81	87,85
400	0,930	55,61	2.629,19	88,26
410	0,930	55,84	2.591,01	88,43
420	0,930	56,07	2.504,47	88,81
430	0,930	56,30	2.420,48	89,19
440	0,930	56,52	2.387,39	89,34
450	0,930	56,74	2.308,49	89,69
460	0,930	56,95	2.275,40	89,84

Tabel 2 adalah rekapitulasi hasil perhitungan rugi-rugi daya dan effisiensi akibat korona berdasarkan jarak kawat yang terjadi pada SUTT 150 kV GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,84 km pada kondisi cuaca buruk. Pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa variasi jarak kawat yaitu 370cm, 380 cm, 390 cm, 400 cm, 410 cm, 420 cm, 430 cm, 440 cm, 450 cm, 460 cm. Pada cuaca buruk rugi rugi daya yang diakibat oleh korona tertinggi terjadi pada jarak kawat 370 cm yaitu sebesar 2.909,16 kW, dan rugi rugi daya terendah terjadi pada jarak 460 cm yaitu sebesar 2.275,40 kW. Sedangkan effisiensi tertinggi terjadi pada jarak 460 yaitu sebesar 89,84 % dan effisiensi terendah terjadi pada jarak 370 cm yaitu sebesar 87,01%. Untuk memudahkan dalam mengambil kesimpulan dalam perhitungan rugi – rugi daya akibat korona berdasarkan jarak kawat yang bervariasi pada cuaca buruk maka dibuatkan gambar grafik yang ditunjukkan pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Grafik rekapitulasi hasil perhitungan rugi rugi daya dan effisiensi akibat korona berdasarkan jarak kawat pada cuaca buruk

4. KESIMPULAN

Analisa yang dilakukan terhadap pengaruh cuaca terhadap rugi-rugi daya akibat korona pada SUTT 150 Kv antara GI Koto Panjang ke GI Payakumbuh dengan panjang saluran 84.844 Km, dengan mevariasikan suhu disepanjang dsaluran yaitu: suhu rata-rata $25,6^{\circ}$, suhu maksimum rata-rata $30,7^{\circ}\text{C}$, dan suhu minimum rata-rata $22,2^{\circ}\text{C}$ menunjukkan bahwa ada suhu rata-rata $25,6^{\circ}\text{C}$ total rugi-rugi daya akibat korona pada cuaca baik adalah sebesar **699,96 kW**. Pada keadaan suhu maksimum $30,7^{\circ}\text{C}$ rugi-rugi daya akibat korona pada cuaca baik adalah sebesar **829,77 kW**. Pada keadaan suhu minimum rata-rata $22,2^{\circ}\text{C}$ total rugi-rugi daya akibat korona pada cuaca buruk adalah sebesar **631,23 kW**. Dari ketiga macam kondisi cuaca diatas maka dapat disimpulkan bahwa semakin rendah suhu udara disepanjang saluran maka faktor kepadatan udara pada saluran tersebut akan semakin besar, jika faktor kepadatan udara semakin besar maka akan terjadi peningkatan tegangan kritis, apabila terjadi peningkatan tegangan kritis maka rugi-rugi daya akibat korona akan semakin kecil. Jadi semakin besar suhu maka rugi-rugi daya akibat koronanya akan semakin besar. Suhu dan keadaan cuaca mempengaruhi rugi-rugi daya akibat korona, akan tetapi luas penampang dan tegangan operasi saluran transmisi tersebut adalah yang dapat mempengaruhi rugi-rugi daya akibat korona secara signifikan disebabkan kedua hal tersebut yang nantinya mempengaruhi tegangan kritis (Vd) dan tegangan fasa ke netral (V-L-N) yang berperan penting terhadap terjadinya rugi-rugi daya akibat korona.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, A.,(1984) *Teknik Tegangan Tinggi*, Jakarta : Pradnya Paramita.
- [2] Baran,I.,Costea,M.,Leonida,T. (23-25 May 2013). *On Possibility Of Using Weather Forecast To Predict Corona Loss*. Published in:[Advanced Topics in Electrical Engineering \(ATEE\), 2013 8th International Symposium on](#), Bucharest.IEEE
- [3] Gonen,Turan.,(2014). *Third edition Electrical Power Transmission System Engineering analysis and design*.6000 Broken Sound Parkway NW,Suite 300 Boca Raton FL:CRC Press Taylor and Francis Group.
- [4] Melina Suastra(2010).*Analisa Pengaruh Penampang Kawat Terhadap Rugi-Rugi Korona Pada SUTT 150 kV*.Padang.ITP
- [5] PT.PLN (PERSERO),(2009).*Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenga Listrik*.(No Dokumen:10-22/HARLUR-PST/2009)
- [6] Turan Gonen (1988) *Electric Power Transmission System Engineering Analisis And design, California*.