

## ANALISIS PENGARUH AKIBAT KORONA TERHADAP RUGI-RUGI DAYA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI 150 kV (G.I. Lubuk Alung – G.I. P.I.P. – G.I. Pauh Limo)

**Novi Kurniasih dan Dewi Purnama Sari**  
Program Studi S2 Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Andalas

**Abstrak**—Pada saluran udara tegangan tinggi 150 kV, masalah korona merupakan suatu masalah yang sudah harus diperhitungkan. Korona ditandai dengan timbulnya cahaya yang berwarna violet muda di sekitar permukaan kawat penghantar yang disertai dengan suara mendesis dan berbau ozone. Fenomena korona ini menyebabkan adanya rugi-rugi daya pada saluran transmisi. Rugi-rugi daya akibat korona tersebut dapat dipengaruhi oleh: luas penampang kawat penghantar, jarak antara kawat penghantar, keadaan permukaan kawat penghantar dan kondisi cuaca. Untuk mereduksi rugi-rugi daya akibat korona, dapat dilakukan dengan memperbesar jarak antara kawat penghantar, memperbesar luas penampang kawat penghantar dan transposisi jaringan transmisi. Jadi dengan mengetahui adanya rugi-rugi daya korona tersebut, dapat diperoleh berapa persentase rugi-rugi daya akibat korona yang terjadi pada saluran dari G.I. Lubuk Alung - G.I. P.I.P. - G.I. Pauh Limo. Berdasarkan hasil perhitungan per bulan, saluran dari G.I. Lubuk Alung - G.I. P.I.P. menghasilkan rugi-rugi daya korona sebesar 21877,0200 kW (2,9389 %). Pada saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. P.I.P. menghasilkan rugi-rugi daya korona sebesar 45146,2680 kW (5,0059 %) sedangkan saluran dari G.I. Pauh Limo - G.I. Lubuk Alung menghasilkan rugi-rugi daya korona sebesar 67023,2880 kW (4,0712 %).

*Kata Kunci:* Saluran udara tegangan tinggi 150 kV, Korona, Kawat penghantar, Rugi-rugi daya, Gardu Induk

**Abstract**—At high voltage overhead lines 150 kV, problem of corona represent a problem which have to be reckoned. Corona marked with incidence of light which is young violet chromatic around surface of conductor strand accompanied by ear fizz and smell ozone. This corona phenomenon cause the existence of power loss at transmission line. Lossy of power effect of the corona can influence by: wide of penampang of conductor strand, distance between conductor strand, condition of surface of conductor strand and wheater condition. To reduce power loss effect of corona, can be done by enlarging distance between conductor strand, enlarging wide of penampang of conductor strand and transposisi transmission network. Become given the existence of corona power loss, can be obtained by how much lossy percentage of power effect of corona that happened at lines of G.I. Lubuk Alung - G.I. P.I.P. - G.I. Pauh Limo. Pursuant to result of calculation per month, lines of G.I. Lubuk Alung - G.I. P.I.P. yielding corona power loss equal to 21877,0200 kW (2,9389 %). At lines between G.I. Pauh Limo - G.I. P.I.P. yielding corona power loss equal to 45146,2680 kW (5,0059 %) while lines of G.I. Pauh Limo - G.I. Lubuk Alung yield corona power loss equal to 67023,2880 kW (4,0712 %).

*Keywords:* 150 kV High Voltage Transmission, Corona, Conductor Wire, Power Losses, Substation

### I. PENDAHULUAN

Pada saluran transmisi udara tegangan tinggi, masalah korona merupakan masalah yang makin menonjol dan sudah harus diperhitungkan. Pentingnya masalah korona ini disebabkan karena untuk saluran transmisi udara di atas 100 kV, gejala korona sudah mulai serius<sup>[1][7]</sup>. Korona dapat didefinisikan

sebagai suatu peristiwa pelepasan muatan listrik (elektron) yang diemisikan dari permukaan sebuah kawat penghantar atau konduktor, yang disebabkan karena besarnya kuat medan atau gradien tegangan pada permukaan kawat penghantar melebihi dari kuat medan tembus udara<sup>[1][8]</sup>. Korona mulai muncul pada harga tegangan sistem tertentu dan akan menjadi semakin kuat jika tegangan

sistem dinaikkan.

Adanya fenomena korona ini dapat menyebabkan terjadinya rugi-rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi dan gangguan pada sistem komunikasi karena interferensi seperti sinyal berisik pada radio dan juga gangguan gambar pada pesawat penerima televisi<sup>[1][6][15][16][17]</sup>. Untuk lebih jelasnya, dalam penelitian ini hanya dibahas mengenai rugi-rugi daya akibat peristiwa korona pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV di antara tiga Gardu Induk yaitu Gardu Induk Lubuk Alung ke Gardu Induk P.I.P. sampai ke Gardu Induk Pauh Limo.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi rugi-rugi daya akibat korona ( $P_k$ ) pada saluran transmisi, yakni<sup>[1][12][15]</sup>: pertama, luas penampang kawat penghantar ( $A$ ). Besar atau kecilnya luas penampang kawat penghantar berhubungan dengan radius penampang kawat penghantar ( $r$ ) tersebut sehingga dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya rugi-rugi daya akibat korona ini. Kedua, jarak antara kawat penghantar ( $D$ ). Semakin kecil jarak antara kawat penghantar maka menghasilkan rugi-rugi daya korona yang semakin besar. Agar rugi-rugi daya akibat korona dapat direduksi maka sebaiknya jarak antara kawat penghantar diperbesar dimana perbesaran jarak antara kawat penghantar tersebut harus disesuaikan dengan jarak-jarak aman (*clearance*). Ketiga, keadaan permukaan kawat penghantar. Terjadinya peristiwa korona ditandai dengan adanya cahaya yang berwarna violet muda di permukaan kawat penghantar, mengeluarkan suara mendesis dan berbau ozone. Cahaya akan semakin jelas jika permukaan kawat penghantar dalam keadaan kasar, runcing atau kotor. Semakin terangnya cahaya maka rugi-rugi daya pada saluran transmisi yang ditimbulkan akibat korona ini semakin besar. Keempat, kondisi cuaca. Kondisi cuaca ditentukan oleh tekanan udara ( $b$ ) dan temperatur sekeliling ( $T$ ). Naik turunnya tekanan udara dan temperatur ini dapat mempengaruhi besar kecilnya harga kerapatan udara relatif ( $\delta$ ) sehingga berpengaruh terhadap rugi-rugi daya korona.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berapa besarnya pengaruh rugi-rugi daya dan rugi-rugi energi yang ditimbulkan akibat adanya peristiwa korona

pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV dari Gardu Induk Lubuk Alung ke Gardu Induk P.I.P. sampai ke Gardu Induk Pauh Limo.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Korona merupakan salah satu dari gejala tegangan tinggi. Korona dapat didefinisikan sebagai suatu peristiwa pelepasan muatan listrik (elektron) yang diemisikan dari permukaan sebuah kawat penghantar atau konduktor, yang disebabkan karena besarnya kuat medan atau gradien tegangan pada permukaan kawat penghantar tersebut<sup>[1][8]</sup>. Korona terjadi jika pada daerah di sekitar kawat penghantar atau konduktor tegangan tinggi, kuat medannya lebih tinggi dari kuat medan tembus udara sehingga akan terjadi pelepasan muatan listrik ke udara. Pada saluran transmisi untuk harga tegangan sistem di atas 100 kV, masalah korona sudah mulai muncul (serius) dan akan menjadi semakin kuat jika tegangan sistem dinaikkan<sup>[2]</sup>. Umumnya korona terjadi pada saluran udara tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi dimana terdapat perbedaan tegangan antara masing-masing fasa dan juga antara fasa dengan tanah.



**Gambar 1.** Peristiwa Korona Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi<sup>[4]</sup>

Pada tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi, korona terjadi pada setengah periode gelombang tegangan positif dan negatif<sup>[13]</sup>. Dari bukti-bukti eksperimen yang dilakukan bahwa korona AC selalu dimulai pada siklus negatif. Umumnya korona pada setengah siklus negatif ini terjadi pada daerah yang kuat medannya tinggi karena kondisi permukaan konduktor tidak beraturan, misalnya akibat adanya partikel-partikel kecil yang menempel pada permukaan konduktor

tersebut. Apabila korona pada setengah siklus negatif terjadi pada suatu tempat berupa titik tunggal maka arus pelepasan terdiri atas sejumlah pulsa-pulsa pendek yang terkonsentrasi pada puncak dari tegangan yang digunakan. Pulsa-pulsa ini akan meningkat jumlahnya dengan meningkatnya tegangan disertai suara mendesis yang ditunjukkan oleh frekuensi yang tinggi dan memancarkan sinar violet.

Permulaan dari korona pada setengah siklus positif tergantung dari beberapa faktor. Apabila korona pada setengah siklus positif terjadi pada suatu tempat berupa titik tunggal maka arus pelepasan biasanya terdiri atas satu pulsa per setengah siklus. Magnitudo dari pulsa ini mempunyai ketinggian seribu kali dari pulsa-pulsa negatif dan magnitudo ini akan naik seiring dengan naiknya tegangan.

Proses ionisasi dimulai selama setengah siklus negatif karena adanya elektron-elektron bebas di atmosfer. Elektron bebas selalu terdapat di udara sebagai akibat adanya sinar ultra violet, radiasi sinar kosmis atau radiasi radioaktif alam. Dengan naiknya kuat medan, elektron-elektron bebas ini akan mendapatkan energi yang cukup untuk mengionisasikan atom-atom netral dan membentuk banjir elektron di dalam daerah yang kuat medannya tinggi. Banjir elektron ini muncul sebagai pulsa arus. Karena adanya medan listrik, ion-ion positif akan tertarik mendekati konduktor sedangkan elektron-elektron bergerak meninggalkan konduktor secara radial.

Sifat pergerakan dari ion positif dan elektron berbeda, dimana elektron-elektron dapat bergerak dengan cepat sedangkan ion-ion positif relatif tidak dapat bergerak selama setengah siklus. Pada suatu jarak tertentu dari konduktor, medan listrik menjadi lemah dengan kata lain apabila harga sesaat dari tegangan yang digunakan mendekati nol. Elektron-elektron dapat bergabung dengan atom-atom oksigen yang elektro positif sehingga menjadi relatif tidak dapat bergerak. Penggabungan ini cukup lemah sehingga elektron-elektron tersebut dapat mudah terlepas kembali menjadi elektron-elektron bebas dengan bertambah kuatnya medan listrik. Penggabungan dapat juga terjadi di dalam daerah yang kuat medannya tinggi apabila kecepatan elektron akibat tumbukan sangat

lemah.

Pada akhir setengah siklus negatif, muatan-muatan negatif akan berada pada jarak yang agak jauh dari konduktor sedangkan muatan positif berada di dekat permukaan konduktor. Apabila konduktor menjadi positif maka muatan positif akan bergerak dengan lambat ke arah luar menjauhi konduktor sedangkan muatan negatif akan bergerak mendekati konduktor dengan kecepatan yang lebih tinggi. Kuat medan yang terjadi di antara muatan positif dan muatan negatif akan meningkat sampai suatu saat dimana korona mulai terjadi<sup>[1]</sup>.

Dalam menganalisis pengaruh akibat korona terhadap rugi-rugi daya saluran udara tegangan tinggi maka diperlukan<sup>[2][3][12]</sup>:

1. Kerapatan udara relatif<sup>[6]</sup>

$$\delta = \frac{3.92 \times b}{273 + T} \quad (1)$$

dimana :

$$\begin{aligned} \delta &= \text{kerapatan udara relatif} \\ b &= \text{tekanan udara (cmHg)} \\ T &= \text{temperatur sekeliling (}^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

Harga kerapatan udara relatif ini dipengaruhi oleh tekanan udara dan temperatur sekeliling.

2. Gradien tegangan pada permukaan konduktor saluran transmisi

$$g_{0_{eff}} = \frac{g_{0_{max}}}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

dimana :

$$\begin{aligned} g_{0_{eff}} &= \text{gradien tegangan tembus} \\ &\quad \text{udara efektif (kV/cm)} \\ g_{0_{max}} &= \text{gradien tegangan tembus} \\ &\quad \text{udara maksimum (kV/cm)} \end{aligned}$$

Pada keadaan standar (*Standard Temperature Pressure*) dimana tekanan udara 760 mmHg dan temperatur 25°C, besar gradien tegangan tembus udara maksimum adalah **30 kV/cm**<sup>[2]</sup>.

Ada beberapa sebab yang mempengaruhi besar kecilnya kuat medan atau gradien tegangan pada permukaan kawat penghantar yaitu:

- ◆ Diameter kawat penghantar

- ◆ Jarak antara kawat penghantar (kawat fasa)
- ◆ Jumlah kawat penghantar per fasa
- ◆ Tinggi kawat penghantar dari permukaan tanah
- ◆ Adanya partikel-partikel kecil yang menempel pada permukaan kawat penghantar
- ◆ Kondisi cuaca.

Pada saluran transmisi dengan konfigurasi kawat mendatar, gradien tegangan pada permukaan fasa tengah lebih tinggi dari pada gradien tegangan pada fasa luar, sehingga koronanya juga lebih menonjol<sup>[1]</sup>.

3. Tegangan Korona

Tegangan yang terjadi sebagai akibat dari timbulnya kuat medan karena adanya tumbukan elektron pada proses ionisasi disebut sebagai tegangan disruptif kritis ( $V_d$ ) dari korona. Harga tegangan disruptif kritis dimana korona mulai terjadi dinyatakan dengan<sup>[6]</sup>:

$$V_d = g_{0_{eff}} \times m \times r \times \delta \times \ln \frac{D}{r} \tag{3}$$

dimana :

- $V_d$  = tegangan disruptif kritis per fasa (kV)
- $g_{0_{eff}}$  = gradien tegangan tembus udara efektif (kV/cm)
- $m$  = faktor tak tertentu
- $r$  = radius penampang kawat penghantar (mm)
- $\delta$  = kerapatan udara relatif
- $D$  = jarak antara konduktor (mm)

Tegangan disruptif kritis dari korona ini sangat tergantung pada beberapa hal yaitu<sup>[10]</sup>:

a. Kondisi atmosfir

- ◆ Naiknya temperatur akan mempercepat ionisasi sehingga korona mulai pada tegangan disruptif kritis yang lebih rendah
- ◆ Turunnya tekanan udara akan menyebabkan turunnya kerapatan molekul sehingga panjang jalan rata-rata dari molekul makin tinggi dan proses ionisasi akan berkurang

- ◆ Kelembaban dapat menurunkan tegangan disruptif kritis korona
- ◆ Naiknya harga kerapatan udara relatif akan menyebabkan naiknya tegangan disruptif kritis

b. Keadaan dari permukaan kawat penghantar atau konduktor

Ionisasi disebabkan terutama oleh kondisi permukaan dari konduktor (bagian yang tajam, kasar, runcing, kotor dan berminyak)

c. Konfigurasi dari kawat penghantar atau konduktor

Konfigurasi konduktor dapat menentukan bentuk kuat medan di antara konduktor-konduktor tersebut.

Apabila tegangan arus bolak-balik pada suatu kawat penghantar dinaikkan terus-menerus maka akan dicapai suatu harga tegangan tertentu dimana kelihatan cahaya yang berwarna ungu (*violet*) muda mengelilingi setiap kawat penghantar, yang dikenal sebagai tegangan kritis visual ( $V_v$ ). Besar tegangan kritis visual ini dapat dinyatakan dengan persamaan<sup>[6]</sup>:

$$V_v = g_{0_{eff}} \times m_v \times r \times \delta \times \left( 1 + \frac{0.301}{\sqrt{r \times \delta}} \right) \times \ln \frac{D}{r} \tag{4}$$

dimana :

- $V_v$  = tegangan kritis visual per fasa (kV)
- $m_v$  = faktor tak tentu dari korona

Adanya peristiwa korona yang terjadi pada saluran udara tegangan tinggi akan memberikan pengaruh terhadap rugi-rugi daya saluran transmisi. Pengaruh tersebut berupa timbulnya rugi-rugi daya pada saluran penghantar yang disebut sebagai rugi-rugi daya akibat korona (*corona losses*)<sup>[2]</sup>.

Menurut **Peek**, rugi-rugi daya akibat korona untuk suatu saluran penghantar dapat dinyatakan dengan persamaan empiris berikut<sup>[1][6]</sup>:

$$P_k = \left[ \frac{244}{\delta} \times (f + 25) \times \sqrt{\frac{r}{D}} \times (V - V_d)^2 \times 10^{-5} \right] \tag{5}$$

Adapun rugi-rugi daya akibat korona untuk saluran tiga fasa jika diperhitungkan panjang saluran transmisi, dinyatakan oleh persamaan:

$$P_k = 3 \times \left[ \frac{244}{\delta} \times (f + 25) \times \sqrt{\frac{r}{D}} \times (V - V_d)^2 \times 10^{-5} \right] \times l \tag{6}$$

dimana :

- $P_k$  = rugi-rugi daya korona (kW)
- $\delta$  = kerapatan udara relatif
- $f$  = frekuensi sistem (Hz)
- $r$  = radius penampang kawat penghantar (mm)
- $D$  = jarak antara kawat penghantar (mm)
- $V$  = tegangan kawat per fasa (kV)
- $V_d$  = tegangan disruptif kritis per fasa (kV)
- $l$  = panjang saluran transmisi (km)

Beberapa batasan dari persamaan rugi-rugi daya akibat korona tersebut adalah:

- a. Batas frekuensi di antara 25 – 120 Hz
- b. Radius kawat penghantar harus lebih besar dari 0.25 cm
- c. Perbandingan  $\frac{V}{V_d}$  harus lebih besar dari 0.8
- d. Kelembaban udara tidak boleh terlalu rendah.

Rugi-rugi daya akibat adanya korona tersebut memiliki persentase sebesar:

$$\%P_k = \frac{P_k}{\Delta P_{Total}} \times 100\% \tag{7}$$

dimana :

$\% P_k$  = persentase rugi-rugi daya akibat korona (%)

$\Delta P_{Total}$  = rugi-rugi daya total saluran penghantar (kW)

Ada tiga faktor yang mempengaruhi rugi-rugi daya yang ditimbulkan oleh peristiwa korona yaitu<sup>[10][14]</sup>:

1. Faktor listrik

- ◆ Frekuensi dari supply  
Frekuensi dapat memperbesar (menaikkan) arus dan rugi-rugi daya korona pada saluran transmisi tegangan tinggi
- ◆ Kuat medan atau gradien tegangan di sekitar kawat penghantar  
Rugi-rugi daya korona merupakan fungsi dari kuat medan atau gradien tegangan.

2. Faktor cuaca di sekitar kawat penghantar

- ◆ Kerapatan udara dan temperatur  
Rugi-rugi daya korona pada kawat

penghantar yang melalui daerah dataran tinggi lebih besar daripada daerah dataran rendah karena turunnya harga kerapatan udara relatif ( $\delta$ ) pada daerah yang tinggi

- ◆ Hujan, kabut, salju, hujan es  
Hujan dapat menaikkan rugi-rugi daya korona karena titik hujan pada permukaan kawat penghantar dapat mengawali tembus korona lokal, sedangkan kabut, salju dan hujan es juga dapat menaikkan rugi-rugi daya korona tetapi efeknya kurang bila dibandingkan dengan pengaruh hujan
- ◆ Konduktivitas udara (daya hantar udara)  
Daya hantar ion dari udara sangat tergantung pada daerah.

Tabel 1 Daya Hantar Ion Dalam Udara<sup>[14]</sup>

Daerah	Daya Hantar Ion/cm <sup>3</sup>	
	Positif	Negatif
Pada permukaan laut	600-700	500-600
Pada 2000 m di atas permukaan laut	1050	850
Pada 5000 m di atas permukaan laut	2350	2000

Hujan badai akan menaikkan medan listrik bumi sehingga atmosfir menjadi lebih konduktif

3. Faktor dari kawat penghantar

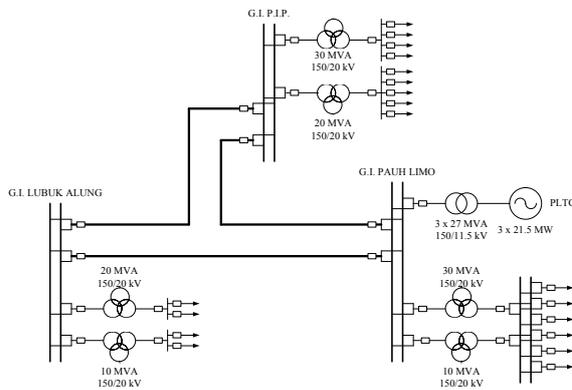
- ◆ Diameter dari kawat penghantar  
Dengan memperbesar diameter kawat penghantar maka kuat medan pada permukaan kawat penghantar akan diperkecil sehingga rugi-rugi daya korona akan berkurang
- ◆ Jumlah penghantar per fasa  
Pada penghantar berkas efek perisai bersama (*mutual shielding effects*) dari sub penghantar akan mengurangi gradien tegangan masing-masing penghantar yang akan menyebabkan berkurangnya rugi-rugi daya korona
- ◆ Kondisi permukaan kawat penghantar  
Karena kawat penghantar beroperasi pada atmosfir normal maka pada permukaan kawat penghantar akan terdapat kotoran, minyak dan lain-lain. Pengotoran permukaan dan ketidakrataan permukaan akan dapat menyebabkan terjadinya tegangan

tembus yang lebih awal sehingga rugi-rugi daya korona akan menjadi bertambah besar

- ◆ Pemanasan kawat penghantar karena arus beban  
Kawat penghantar yang panas akan mencegah terjadinya kondensasi uap air, sehingga secara tidak langsung mencegah terbentuknya titik-titik embun pada kawat penghantar yang dapat menyebabkan terjadinya korona dengan tegangan tampak lebih rendah sehingga rugi-rugi daya korona akan bertambah besar
- ◆ Konduktivitas material  
Konduktivitas hanya tergantung pada temperatur. Pada kawat penghantar yang panas, kuat medan permukaan konduktor akan berkurang.

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

Gambaran sistem dari Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV di antara tiga gardu induk (G.I.) yaitu dari G.I. Lubuk Alung ke G.I. P.I.P. sampai ke G.I. Pauh Limo yang akan dianalisis rugi-rugi dayanya, dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 2.** Jaringan Satu Garis Saluran Transmisi 150 kV Untuk Tiga Gardu Induk

Kemudian data-data yang digunakan dalam perhitungan untuk menganalisis rugi-rugi daya akibat korona ini, diperoleh dari Stasiun Meteorologi Klas II Minangkabau Balai Besar Wilayah I Medan Ketaping Padang Pariaman, berupa data klimatologi per bulan dan per jam selama satu tahun.

**Tabel 2** Data Klimatologi Per Bulan

BULAN	TEKANAN UDARA (mbar)	TEMPERATUR (°C)	KEADAAN CUACA
JANUARI	1010.6	26.3	Hujan
FEBRUARI	1010.2	26.8	Hujan
MARET	1010.1	26.5	Hujan
APRIL	1010.3	25.8	Hujan
MEI	1010.4	26.9	Cerah
JUNI	1010.4	26.8	Cerah
JULI	1011.3	26.4	Cerah
AGUSTUS	1011.1	26.3	Hujan
SEPTEMBER	1011.7	25.6	Cerah
OKTOBER	1012.3	26.5	Cerah
NOVEMBER	1010.4	26.5	Cerah
DESEMBER	1010.0	26.7	Hujan

**Tabel 3** Data Per Jam Tanggal 1 Januari

JAM	TEKANAN UDARA (mbar)	TEMPERATUR (°C)	KEADAAN CUACA
00.00	1012.5	21.2	Hujan
01.00	1013.3	23.5	Hujan
02.00	1013.0	26.6	Hujan
03.00	1012.8	28.6	Cerah
04.00	1012.6	30.3	Cerah
05.00	1012.3	30.0	Cerah
06.00	1011.5	30.2	Cerah
07.00	1010.9	30.2	Cerah
08.00	1010.2	31.0	Cerah
09.00	1009.7	30.2	Cerah
10.00	1009.9	29.4	Cerah
11.00	1010.2	28.8	Cerah
12.00	1010.6	27.4	Cerah
13.00	1011.0	26.6	Cerah
14.00	1011.5	25.7	Cerah
15.00	1011.5	25.2	Cerah
16.00	1011.6	24.7	Hujan
17.00	1012.0	24.1	Hujan
18.00	1012.1	23.7	Hujan
19.00	1011.2	23.7	Cerah
20.00	1011.0	23.5	Cerah
21.00	1010.4	23.2	Hujan
22.00	1010.5	23.2	Hujan
23.00	1010.6	20.6	Hujan

**Tabel 4** Data Per Jam Tanggal 1 Juni

JAM	TEKANAN UDARA (mbar)	TEMPERATUR (°C)	KEADAAN CUACA
00.00	1010.8	25.6	Cerah
01.00	1011.2	27.0	Cerah
02.00	1010.9	30.2	Cerah
03.00	1010.6	30.6	Cerah
04.00	1010.4	30.5	Cerah
05.00	1010.0	30.7	Cerah
06.00	1009.6	31.1	Cerah
07.00	1009.1	31.1	Cerah
08.00	1010.4	31.4	Cerah
09.00	1008.5	32.2	Cerah
10.00	1008.8	31.4	Cerah
11.00	1009.2	30.5	Cerah
12.00	1009.7	29.3	Cerah
13.00	1010.4	28.6	Cerah
14.00	1011.1	28.0	Cerah
15.00	1011.9	27.6	Cerah
16.00	1012.3	26.5	Cerah
17.00	1012.2	25.2	Cerah
18.00	1012.0	24.6	Cerah
19.00	1011.5	24.4	Cerah
20.00	1011.0	24.0	Cerah
21.00	1010.7	23.8	Cerah
22.00	1010.9	23.6	Cerah
23.00	1011.1	23.4	Cerah

**Tabel 5** Data Per Jam Tanggal 1 Desember

JAM	TEKANAN UDARA (mbar)	TEMPERATUR (°C)	KEADAAN CUACA
00.00	1009.3	24.2	Cerah

01.00	1009.3	25.7	Cerah
02.00	1009.3	25.9	Cerah
03.00	1009.3	25.9	Cerah
04.00	1009.3	25.9	Cerah
05.00	1009.3	25.9	Cerah
06.00	1009.3	29.8	Cerah
07.00	1009.3	30.1	Cerah
08.00	1009.3	25.9	Cerah
09.00	1009.3	25.9	Cerah
10.00	1009.3	25.9	Cerah
11.00	1009.3	25.3	Cerah
12.00	1009.3	25.9	Cerah
13.00	1009.3	25.9	Cerah
14.00	1009.3	25.9	Cerah
15.00	1009.3	25.9	Hujan
16.00	1009.3	25.9	Hujan
17.00	1009.3	25.9	Hujan
18.00	1009.3	25.9	Hujan
19.00	1009.3	25.9	Hujan
20.00	1009.3	25.9	Hujan
21.00	1009.3	25.9	Hujan
22.00	1009.3	23.4	Hujan
23.00	1009.3	22.9	Hujan

Data-data klimatologi tersebut mewakili untuk daerah Lubuk Alung, By Pass Air Pacah dan Pauh Limo.

Disamping itu juga data-data dari PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera Unit Pelayanan Transmisi Padang – Transmisi dan Gardu Induk Padang, berupa: data saluran transmisi 150 kV, data konstruksi menara transmisi dan data beban per jam di G.I. P.I.P. selama satu tahun.

Tabel 6 Data Saluran Transmisi 150 kV

NO.	PENGHANTAR	PANJANG RUTE (kms)	DATA KONDUKTOR		
			JENIS	A (mm <sup>2</sup> )	I <sub>n</sub> (A)
1.	Lubuk Alung – P.I.P.	11.00	ACSR	240	645
2.	Pauh Limo – P.I.P.	22.70	ACSR	240	645
3.	Pauh Limo – Lubuk Alung	33.70	ACSR	240	645

Tabel 7 Data Konstruksi Menara Transmisi

PENGHANTAR	BANYAK TOWER	JARAK ANTARA KONDUKTOR PHASA (mm)			
		MENARA A	MENARA B	MENARA C	MENARA D
Lubuk Alung – P.I.P.	35	4100	4100	4200	4200
Pauh Limo – P.I.P.	63				
Pauh Limo – Lubuk Alung	98				

Tabel 8 Data Beban Per Jam Tanggal 1 Januari

JAM	PHT 150 kV LUBUK ALUNG				PHT 150 kV PAUH LIMO			
	ARUS (A)	P (MW)	Q (MVar)	TEGANGAN (kV)	ARUS (A)	P (MW)	Q (MVar)	TEGANGAN (kV)

JAM	ARUS (A)	P (MW)	Q (MVar)	TEGANGAN (kV)	ARUS (A)	P (MW)	Q (MVar)	TEGANGAN (kV)
00.00	292	69	22	147	87	262	61	21
01.00	240	57	18	147	87	214	50	16
02.00	235	55	17	147	87	210	49	16
03.00	234	55	17	147	87	209	49	16
04.00	233	55	17	147	87	209	49	16
05.00	239	57	18	147	87	214	50	16
06.00	238	57	18	147	87	215	50	16
07.00	154	32	20	148	87	133	27	18
08.00	146	30	20	148	87	123	25	18
09.00	153	32	20	148	87	131	26	18
10.00	159	32	21	148	87	137	26	20
11.00	159	32	21	148	87	138	27	20
12.00	173	34	22	147	86	151	29	21
13.00	163	31	21	147	86	142	27	21
14.00	165	32	22	147	86	145	28	21
15.00	153	30	21	147	86	133	21	20
16.00	140	26	22	146	86	119	19	19
17.00	158	31	21	145	86	136	25	19
18.00	183	37	22	147	86	156	31	21
19.00	276	61	28	147	86	231	51	23
20.00	271	58	29	147	86	241	53	23
21.00	268	57	29	147	86	234	52	23
22.00	279	63	29	148	86	247	55	26
23.00	271	60	29	148	86	241	53	26

Tabel 9 Data Beban Per Jam Tanggal 1 Juni

JAM	PHT 150 kV LUBUK ALUNG				PHT 150 kV PAUH LIMO			
	ARUS (A)	P (MW)	Q (MVar)	TEGANGAN (kV)	ARUS (A)	P (MW)	Q (MVar)	TEGANGAN (kV)
00.00	232	49	30	146	85	176	34	24
01.00	224	49	30	146	85	174	34	23
02.00	223	49	30	146	85	170	33	23
03.00	220	47	29	146	85	153	30	20
04.00	219	46	28	145	85	151	29	20
05.00	218	45	28	145	85	148	28	21
06.00	217	45	27	145	85	155	36	25
07.00	196	40	24	146	85	145	28	20
08.00	196	35	29	144	85	141	22	21
09.00	218	41	30	144	85	159	29	23
10.00	219	41	30	144	85	160	29	23
11.00	234	49	30	145	85	177	32	23
12.00	233	49	30	145	85	175	32	23
13.00	227	48	30	146	85	173	32	22
14.00	242	50	30	145	85	170	32	21
15.00	232	48	30	145	85	162	30	20
16.00	230	48	30	145	85	160	30	20
17.00	229	48	30	145	84	160	30	20
18.00	233	46	30	145	85	154	29	21
19.00	291	60	36	145	85	203	40	23
20.00	282	57	35	145	85	199	39	23
21.00	258	52	35	143	85	176	32	23
22.00	265	54	35	145	85	183	34	23
23.00	267	55	34	146	85	194	37	23

Tabel 10 Data Beban Per Jam Tanggal 1 Desember

JAM	PHT 150 kV LUBUK ALUNG				PHT 150 kV PAUH LIMO			
	ARUS (A)	P (MW)	Q (MVar)	TEGANGAN (kV)	ARUS (A)	P (MW)	Q (MVar)	TEGANGAN (kV)
00.00	159	33	21	149	87	110	21	17
01.00	154	32	21	148	87	106	21	17
02.00	153	32	20	148	87	103	21	16
03.00	152	31	20	148	87	103	21	16
04.00	157	31	20	148	87	112	21	15
05.00	162	31	20	148	87	114	21	15
06.00	162	31	20	148	87	114	21	14
07.00	101	17	18	146	87	57.4	8	12
08.00	95.9	18	15	145	87	48.7	8	10
09.00	96.8	18	13	145	87	50.3	9	10
10.00	202	46	22	145	87	151	32	16
11.00	201	46	22	145	87	149	32	16
12.00	210	46	22	148	87	164	34	19
13.00	198	46	22	148	87	157	32	19
14.00	221	50	26	148	87	171	38	19
15.00	199	42	22	148	87	151	32	19
16.00	197	41	22	148	87	150	32	19
17.00	191	40	24	147	87	143	29	19
18.00	191	41	22	148	87	136	29	18
19.00	199	40	29	147	87	146	28	22
20.00	210	48	28	146	87	159	32	19
21.00	222	50	21	147	87	168	49	14
22.00	215	48	25	148	87	163	33	19
23.00	223	51	20	148	87	175	40	16

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peristiwa korona yang terjadi pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV dari Gardu Induk Lubuk Alung ke Gardu Induk Padang Industrial Park (P.I.P.) sampai ke Gardu Induk Pauh Limo mengakibatkan terjadinya rugi-rugi daya pada saluran transmisi tersebut. Dilihat dari proses perhitungan rugi-rugi daya korona (P<sub>k</sub>), untuk frekuensi sistem (f), radius penampang kawat

ACSR ( $r_1$ ), jarak antara konduktor (D) dan tegangan kawat per fasa (V) yang sama maka rugi-rugi daya korona ini dipengaruhi oleh kerapatan udara relatif ( $\delta$ ) dan tegangan disruptif kritis ( $V_d$ ).

Pada data-data klimatologi terlihat bahwa umumnya pada kondisi cerah tekanan udara (b) turun, temperaturnya (T) naik sedangkan pada kondisi hujan tekanan udara naik, temperaturnya turun. Dengan demikian nilai kerapatan udara relatif ini bertambah besar pada saat kondisi hujan.

**Tabel 11** Hasil Perhitungan Kerapatan Udara Relatif Per Jam

JAM	KERAPATAN UDARA RELATIF ( $\delta$ )					
	JANUARI		JUNI		DESEMBER	
	1 JANUARI	2 JANUARI	1 JUNI	2 JUNI	1 DESEMBER	2 DESEMBER
00.00	1.0121	1.0009	0.9956	1.0016	0.9988	0.9988
01.00	1.0051	0.9960	0.9913	1.0003	0.9937	0.9957
02.00	0.9944	0.9914	0.9805	0.9990	0.9931	0.9944
03.00	0.9876	0.9862	0.9790	0.9969	0.9931	0.9944
04.00	0.9819	0.9830	0.9791	0.9909	0.9931	0.9944
05.00	0.9826	0.9795	0.9781	0.9772	0.9931	0.9944
06.00	0.9811	0.9768	0.9764	0.9765	0.9803	0.9806
07.00	0.9805	0.9764	0.9759	0.9747	0.9793	0.9813
08.00	0.9773	0.9749	0.9762	0.9754	0.9931	0.9944
09.00	0.9794	0.9766	0.9718	0.9761	0.9931	0.9944
10.00	0.9822	0.9788	0.9747	0.9769	0.9931	0.9944
11.00	0.9844	0.9817	0.9779	0.9837	0.9931	0.9974
12.00	0.9894	0.9841	0.9823	0.9866	0.9931	0.9944
13.00	0.9924	0.9893	0.9853	0.9914	0.9931	0.9944
14.00	0.9959	0.9938	0.9879	0.9969	0.9931	0.9944
15.00	0.9976	0.9956	0.9900	0.9981	0.9931	0.9944
16.00	0.9994	1.0004	0.9940	0.9992	0.9931	0.9944
17.00	1.0018	1.0027	0.9983	1.0004	0.9931	0.9944
18.00	1.0032	1.0049	1.0001	1.0017	0.9931	0.9944
19.00	1.0023	1.0045	1.0003	1.0028	0.9931	0.9944
20.00	1.0028	1.0045	1.0011	1.0040	0.9931	0.9944
21.00	1.0032	1.0042	1.0015	1.0049	0.9931	0.9944
22.00	1.0033	1.0039	1.0024	1.0062	1.0015	1.0028
23.00	1.0123	1.0128	1.0032	1.0074	1.0031	1.0035
$\Sigma_{rata-rata}$	0.9938	0.9918	0.9876	0.9929	0.9931	0.9944

Dari tabel 11 di atas terlihat bahwa untuk daerah di sekitar ketiga Gardu Induk tersebut, nilai tertinggi kerapatan udara relatif per jam terdapat pada tanggal 2 Januari pukul 23.00 sebesar 1,0128 sedangkan nilai terendah kerapatan udara relatif terdapat pada tanggal 1 Juni pukul 09.00 sebesar 0,9718.

**Tabel 12** Hasil Perhitungan Kerapatan Udara Relatif Per Bulan Selama Satu Tahun

BULAN	KERAPATAN UDARA RELATIF ( $\delta$ )
JANUARI	0.9930
FEBRUARI	0.9910
MARET	0.9919
APRIL	0.9944
MEI	0.9908
JUNI	0.9912
JULI	0.9934
AGUSTUS	0.9935
SEPTEMBER	0.9964
OKTOBER	0.9940
NOVEMBER	0.9922
DESEMBER	0.9911
$\Sigma_{rata-rata}$	0.9927

Berdasarkan proses perhitungan tegangan disruptif kritis, untuk gradien tegangan tembus udara efektif ( $g_{0,eff}$ ), faktor

permukaan konduktor ( $m_0$ ), radius penampang kawat ACSR dan jarak antara konduktor yang sama maka tegangan disruptif kritis hanya dipengaruhi oleh nilai kerapatan udara relatif dan faktor tak tertentu ( $m$ ) terutama faktor udara ( $m_1$ ). Saat kondisi cerah nilai tegangan disruptif kritis lebih besar dibandingkan pada saat kondisi hujan. Nilai tertinggi tegangan disruptif kritis per jam terdapat pada tanggal 2 Januari pukul 23.00 sebesar 92,4021 kV (kondisi cerah) sedangkan nilai terendah tegangan disruptif kritis sebesar 72,4838 kV (kondisi hujan) terdapat pada tanggal 1 Desember pukul 15.00 – 21.00. Untuk hasil perhitungan tegangan disruptif kritis dan tegangan kritis visual per bulan selama satu tahun dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 13** Hasil Perhitungan Tegangan Disruptif Kritis dan Tegangan Kritis Visual Per Bulan Selama Satu Tahun

BULAN	$V_d$ (kV)	$V_c$ (kV)
JANUARI	72.4765	107.8797
FEBRUARI	72.3305	107.6890
MARET	72.3962	107.7748
APRIL	72.5787	108.0133
MEI	90.3949	107.6699
JUNI	90.4314	107.7081
JULI	90.6321	107.9179
AGUSTUS	72.5130	107.9274
SEPTEMBER	90.9059	108.2040
OKTOBER	90.6869	107.9751
NOVEMBER	90.5227	107.8034
DESEMBER	72.3378	107.6985
$\Sigma_{rata-rata}$	81.5172	107.8551

Rugi-rugi daya korona semakin besar pada saat kondisi hujan bila dibandingkan dengan kondisi cerah. Berdasarkan hasil perhitungan, rugi-rugi daya tertinggi per jam akibat korona, terjadi di saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. Lubuk Alung yang terdapat pada tanggal 1 Desember pukul 15.00 - 21.00 sebesar 171,4638 kW sedangkan rugi-rugi daya terendah akibat korona ini terdapat pada tanggal 1 Juni pukul 09.00 sebesar 1,2164 kW yang terjadi di saluran antara G.I. Lubuk Alung - G.I. Padang Industrial Park. Tingginya rugi-rugi daya korona di saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. Lubuk Alung karena dipengaruhi juga oleh ukuran saluran penghantarnya yang paling panjang bila dibandingkan dengan panjang saluran (l) antara G.I. Lubuk Alung - G.I. Padang Industrial Park maupun panjang saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. Padang

Industrial Park. Untuk hasil perhitungan rugi-rugi daya korona per bulan selama satu tahun dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 14** Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Korona Per Bulan Selama Satu Tahun

BULAN	P <sub>k</sub> (kW)		
	G.I. Lubuk Alung – G.I. P.I.P.	G.I. Pauh Limo – G.I. P.I.P.	G.I. Pauh Limo – G.I. Lubuk Alung
JANUARI	56.0309	115.6275	171.6584
FEBRUARI	57.3106	118.2682	175.5788
MARET	56.7326	117.0755	173.8081
APRIL	55.1454	113.8000	168.9454
MEL	4.0474	8.3525	12.3999
JUNI	4.1241	8.5106	12.6346
JULI	4.5576	9.4053	13.9629
AGUSTUS	55.7137	114.9728	170.6865
SEPTEMBER	5.1824	10.6945	15.8769
OKTOBER	4.6796	9.6370	14.3166
NOVEMBER	4.3187	8.9123	13.2310
DESEMBER	57.2462	118.1553	175.3815
$\Sigma_{\text{rata-rata}}$	30.4241	62.7843	93.2084

Berdasarkan hasil perhitungan per jam, rugi-rugi daya tahanan ( $\Delta P_R$ ) yang paling tinggi terdapat di saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. Lubuk Alung pada tanggal 2 Desember pukul 22.00 sebesar 7902,972 kW sedangkan rugi-rugi daya tahanan yang paling rendah terdapat di saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. Padang Industrial Park pada tanggal 1 Desember pukul 08.00 sebesar 100,4541 kW.

Pada proses perhitungan, rugi-rugi daya total saluran penghantar ( $\Delta P_{\text{Total}}$ ) hanya dipengaruhi oleh rugi-rugi daya tahanan dan rugi-rugi daya akibat korona. Rugi-rugi daya total tertinggi per jam terdapat di saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. Lubuk Alung pada tanggal 2 Desember pukul 22.00 sebesar 8056,1740 kW sedangkan rugi-rugi daya total terendah terdapat di saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. Padang Industrial Park pada tanggal 1 Desember pukul 08.00 sebesar 109,7352 kW.

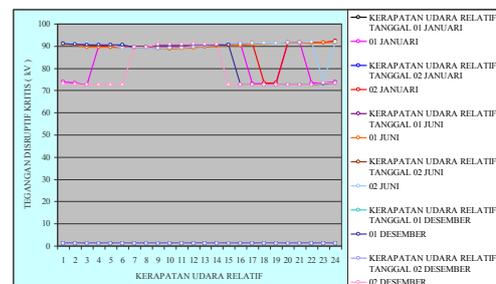
Rugi-rugi daya akibat korona yang terjadi di saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. Padang Industrial Park mempunyai persentase kerugian yang paling tinggi pada bulan Desember sebesar 5,0059% sedangkan persentase kerugian yang paling rendah terdapat pada bulan Juni sebesar 0,4564% di saluran antara G.I. Lubuk Alung - G.I. Padang Industrial Park.

Besar kecilnya rugi-rugi daya akibat korona dan rugi-rugi daya total saluran penghantar sangat berpengaruh terhadap rugi-rugi energi korona ( $\Delta E_k$ ) dan rugi-rugi energi total saluran penghantar ( $\Delta E_{\text{Total}}$ ). Dalam proses perhitungan, sistem diasumsikan beroperasi selama 24 jam sehingga diperoleh rugi-rugi energi korona yang paling tinggi

terdapat di saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. Lubuk Alung pada bulan Desember sebesar 48256767,3600 kWh dengan kerugian biaya sebesar Rp. 26.541.222.050 dan rugi-rugi energi korona yang paling rendah terdapat di saluran antara G.I. Lubuk Alung - G.I. Padang Industrial Park pada bulan Juni sebesar 2619267,8400 kWh dengan kerugian biaya sebesar Rp. 1.440.597.312. Sedangkan rugi-rugi energi total yang paling tinggi terdapat di saluran antara G.I. Pauh Limo - G.I. Lubuk Alung pada bulan Januari sebesar 1685923554 kWh dengan kerugian biaya sebesar Rp. 927.257.954.700 dan rugi-rugi energi total yang paling rendah terdapat di saluran antara G.I. Lubuk Alung - G.I. Padang Industrial Park pada bulan Desember sebesar 535969327,7000 kWh dengan kerugian biaya sebesar Rp. 294.783.130.200.

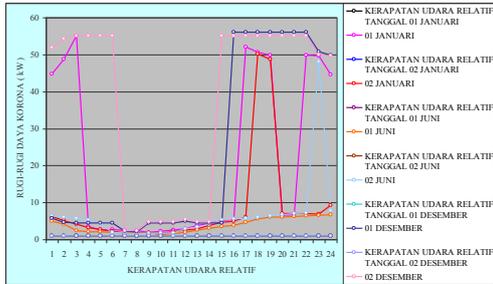
Untuk hasil perhitungan satu tahun, kerugian biaya yang paling besar akibat korona ini terdapat pada saluran antara G.I. Pauh Limo-G.I. Lubuk Alung sebesar Rp. 174.265.914.200 sehingga total kerugian biaya di saluran penghantar tersebut mencapai Rp. 8.889.632.796.000. Sedangkan kerugian biaya yang paling kecil terdapat pada saluran antara G.I. Lubuk Alung - G.I. Padang Industrial Park sebesar Rp. 56.882.010.240 sehingga total kerugian biaya di saluran penghantar tersebut mencapai Rp. 3.895.934.822.000.

Berikut ini memperlihatkan grafik perbandingan kerapatan udara relatif terhadap tegangan disruptif kritis, dimana semakin besarnya nilai kerapatan udara relatif maka semakin besar pula tegangan disruptif kritis dengan kata lain kerapatan udara relatif berbanding lurus dengan tegangan disruptif kritis.

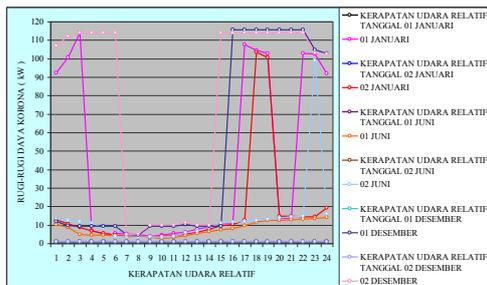


**Grafik 1.** Perbandingan Kerapatan Udara Relatif Terhadap Tegangan Disruptif Kritis

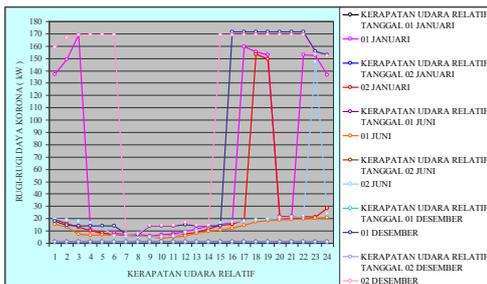
Selanjutnya pada grafik perbandingan kerapatan udara relatif terhadap rugi-rugi daya korona terlihat bahwa semakin besarnya nilai kerapatan udara relatif maka semakin berkurangnya rugi-rugi daya akibat korona ini. Jadi di sini kerapatan udara relatif berbanding terbalik dengan rugi-rugi daya korona.



**Grafik 2.** Perbandingan Kerapatan Udara Relatif Terhadap Rugi-rugi Daya Korona Pada Saluran Antara G.I. Lubuk Alung – G.I. P.I.P.



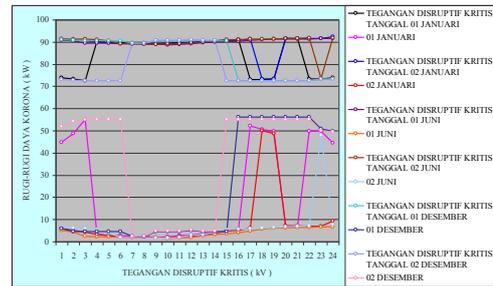
**Grafik 3.** Perbandingan Kerapatan Udara Relatif Terhadap Rugi-rugi Daya Korona Pada Saluran Antara G.I. Pauh Limo – G.I. P.I.P.



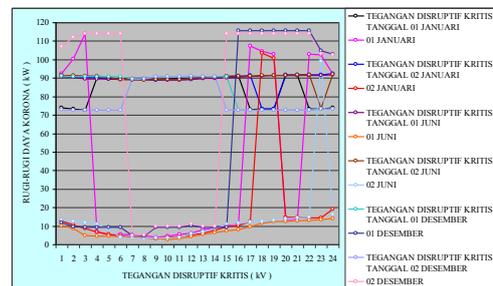
**Grafik 4.** Perbandingan Kerapatan Udara Relatif Terhadap Rugi-rugi Daya Korona Pada Saluran Antara G.I. Pauh Limo – G.I. Lubuk Alung

Pada grafik perbandingan tegangan disruptif kritis terhadap rugi-rugi daya korona terlihat bahwa semakin besarnya tegangan disruptif kritis maka semakin besar pula rugi-rugi daya akibat korona ini dengan kata lain tegangan disruptif kritis berbanding lurus

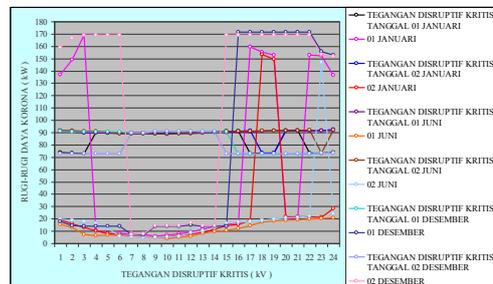
dengan rugi-rugi daya korona.



**Grafik 5.** Perbandingan Tegangan Disruptif Kritis Terhadap Rugi-rugi Daya Korona Pada Saluran Antara G.I. Lubuk Alung – G.I. P.I.P.



**Grafik 6.** Perbandingan Tegangan Disruptif Kritis Terhadap Rugi-rugi Daya Korona Pada Saluran Antara G.I. Pauh Limo – G.I. P.I.P.



**Grafik 7.** Perbandingan Tegangan Disruptif Kritis Terhadap Rugi-rugi Daya Korona Pada Saluran Antara G.I. Pauh Limo – G.I. Lubuk Alung

**V. KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pada persamaan kerapatan udara relatif ( $\delta$ ) terlihat bahwa nilai kerapatan udara relatif semakin bertambah besar apabila semakin meningkatnya tekanan udara ( $b$ ) atau semakin menurunnya temperatur ( $T$ ). Besarnya kerapatan udara relatif per jam untuk daerah ketiga Gardu Induk

- (G.I. Lubuk Alung – G.I. P.I.P. – G.I. Pauh Limo), berkisar antara 0,9718 sampai 1,0128
2. Besarnya tegangan disruptif kritis ( $V_d$ ) per jam pada saluran ketiga Gardu Induk tersebut berkisar antara 72,4838 kV sampai 92,4021 kV
  3. Rugi-rugi daya korona ( $P_k$ ) per jam yang terbesar terjadi di saluran G.I. Pauh Limo – G.I. Lubuk Alung yang berkisar antara 4,7318 kW sampai 171,4638 kW, hal ini karena dipengaruhi juga oleh panjang saluran ( $l$ ) di antara Gardu Induk tersebut
  4. Pada saat cuaca cerah nilai tegangan disruptif kritis semakin besar dan rugi-rugi daya akibat korona yang terjadi di permukaan saluran penghantar semakin kecil sedangkan keadaan sebaliknya terjadi pada saat hujan
  5. Semakin besarnya rugi-rugi daya akibat korona dan rugi-rugi daya tahanan ( $\Delta P_R$ ) pada saluran penghantar, mengakibatkan semakin besar pula rugi-rugi daya total saluran penghantar ( $\Delta P_{Total}$ ). Rugi-rugi daya total per jam yang terbesar terjadi di saluran G.I. Pauh Limo – G.I. Lubuk Alung yang berkisar antara 302,9953 kW sampai 8056,1740 kW
  6. Persentase rugi-rugi daya akibat korona ( $\%P_k$ ) yang terjadi pada saluran antara G.I. Lubuk Alung ke G.I. P.I.P. sampai ke G.I. Pauh Limo yaitu berkisar antara 0,4564% sampai 5,0059%
  7. Semakin besarnya rugi-rugi energi akibat korona ( $\Delta E_k$ ) maka semakin besar pula biaya rugi-rugi energi korona sehingga mengakibatkan rugi-rugi energi total saluran penghantar ( $\Delta E_{Total}$ ) dan biaya rugi-rugi energi total saluran penghantar juga bertambah besar.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Ir. Bachrul beserta tim dari Bagian Relay & Control PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera – Unit Pelayanan Transmisi Padang atas masukan, dukungan dan kerjasamanya dalam mengumpulkan data-data penelitian untuk makalah ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, Artono, *Teknik Tegangan Tinggi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1994, ch. 9, hal. 150-160.
- [2] Arismunandar, Artono, *Teknik Tenaga Listrik*, jilid II, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2004, ch. 1, hal. 1-5, ch. 2, hal. 7-10, ch. 3, hal. 23-26, ch. 4, hal. 33-34, ch. 5, hal. 56-58.
- [3] Arismunandar, Artono, *Teknik Tenaga Listrik*, jilid III, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2004, ch. 1, hal. 1-4.
- [4] CSIR, CoroCAM – UV Detection Systems, <http://www.power-technology.com/contractors/tandd/corocam/>, Diakses tanggal 9 Agustus 2010, Jam 20.00 wib.
- [5] Dewita, Fitma, *Penentuan Karakteristik dan Rugi-rugi Daya Korona Akibat Pengaruh Temperatur dan Tekanan Udara (Aplikasi SUTT 150 kV dari PLTA Singkarak ke G.I. Lubuk Alung)*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, Padang, 2003.
- [6] Gonen, Turan, *Electrical Power Transmission Engineering System*, John Wiley & Sons Inc., Singapore, 1988, ch. 8, pp. 538-563.
- [7] Hutauruk, T.S., *Transmisi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta, 1990, ch. 1, hal. 1-5, ch. 6, hal. 129-130.
- [8] Ofil Ltd., What is Corona, <http://www.ofilsystems.com/>, Diakses tanggal 9 Agustus 2010, Jam 20.00 wib.
- [9] Putra, Adhya, *Studi Kemungkinan Penerapan Konduktor Berkas Saluran Transmisi dengan Memperhitungkan Rugi-rugi Daya Korona (Aplikasi SUTT 150 kV dari G.I. Indarung ke G.I.S. Simpang Haru)*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, Padang, 2002.
- [10] Sirait, K.T., *Teknik Tegangan Tinggi*, Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik ITB, Bandung, 1986, ch. 4, hal. 138-148.
- [11] Theraja, B.L., *A Text Book of Electrical Technology in S.I. System of Units*, S. Chand & Company Ltd., New Delhi, 1986, ch. 36, pp. 1187-1190.

- [12] Wadhwa, C.L., *Electrical Power Systems*, edisi II, John Wiley & Sons Inc., New York, 1991, ch. 6, hal. 135-148.
- [13] Wikipedia, Corona Discharge, [http://en.wikipedia.org/wiki/Corona discharge](http://en.wikipedia.org/wiki/Corona_discharge), Diakses tanggal 8 November 2010, Jam 21.00 wib.
- [14] Zein, Hermagasantos, *Teknik Tegangan Tinggi*, PT. Rosda Jayaputra, Jakarta, 1994, ch. 1, hal. 1-5, ch. 4, hal. 53-61.
- [15] Amalia Saraswati, Tejo Sukmadi dan Susatyo Handoko, 2012, "Perhitungan Korona, Audible Noise dan Radio Interference pada Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV dengan Variasi Jarak Antar Kawat dan Jarak Antar Sirkuit", *Jurnal Transmisi*, Vol. 14, No. 4, hal.141-149.
- [16] Sujatmiko, Hernawan, Juni 2009, "Analisis Kerugian Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV di PT. PLN (Persero) P3B Jawa Bali Regional Jawa Tengah & DIY Unit Pelayanan Transmisi Semarang", *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 1, No. 1, hal. 33-52.
- [17] Fathoni Azis, I Nengah Sumerti dan Ngadirin, Desember 2009, "Analisis Kerugian Daya pada Saluran Transmisi Extra High Voltage di PT. PLN (Persero) P3B Jawa Bali Regional Jawa Tengah & DIY Unit Pelayanan Transmisi Ungaran", *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 1, No. 2, hal. 79-85.

### ***Biodata Penulis***

***Novi Kurniasih***, lahir di Padang tanggal 8 November 1980. Pendidikan S1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta Padang pada tahun 1999. Saat ini penulis sedang menyelesaikan studi S2 Teknik Elektro di Universitas Andalas dengan Program Studi Teknik Energi Elektrik.

***Dewi Purnama Sari***, lahir di Padang tanggal 5 Oktober 1979. Pendidikan S1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta Padang pada tahun 1999. Saat ini penulis sedang menyelesaikan studi S2 Teknik Elektro di Universitas Andalas dengan Program Studi Teknik Energi Elektrik.