

# Analisa Efek Korona pada Saluran Transmisi Gardu Induk Paniki

Juniffer Naomi Veronica Wasida <sup>1)</sup>, Lily Stiowaty Patras <sup>2)</sup>, Glanny Mangindaan <sup>3)</sup>  
Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115  
[naomiwasida@gmail.com](mailto:naomiwasida@gmail.com), [patraslilys48@gmail.com](mailto:patraslilys48@gmail.com), [mangindaan@gmail.com](mailto:mangindaan@gmail.com)

*Abstract— The transmission line is a means used to transmit electrical power from the generator to the consumers. Transmission construction consists of two types, namely, overhead lines and cable lines. Disturbances come from internal and external. One of the causes of damage is the emergence of the corona effect. Corona effect is a partial discharge on the surface of a transmission line conductor when the electric pressure or electric field strength of the conductor exceeds the breakdown voltage of the surrounding air.*

*Corona also causes power losses that occur in overhead lines with voltages above 100kV. Factors that cause corona are air pressure, weather, conductor diameter, and surface electric field strength. Therefore, in rainy conditions, corona power losses will experience greater losses than in sunny conditions. At the Paniki Substation on the Teling - Paniki and Paniki - Tanjung Merah GIS channels, the power losses are the same in sunny conditions. and rainy conditions, namely sunny conditions of 3.29 kW/km and rainy conditions of 3.38 kW/km.*

**Keywords:** Corona, Corona Power Loss, Electric Field Strength, Transmission Line, Paniki Substation.

**Abstrak—** Saluran transmisi merupakan sarana yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari pembangkit sampai dengan kepada para konsumen. Konstruksi transmisi terdiri dari dua jenis yaitu, Saluran udara dan Saluran kabel. Gangguan berasal dari internal maupun eksternal. Salah satu penyebab terjadinya kerusakan adalah munculnya efek korona. Efek Korona adalah partial discharge pada permukaan konduktor saluran transmisi ketika tekanan listrik atau kuat medan listrik dari konduktor melebihi tegangan tembus dari udara sekeliling.

Korona juga menyebabkan rugi – rugi daya yang terjadi pada saluran udara tegangan diatas 100kV . Factor yang mengakibatkan terjadinya korona adalah tekanan udara, cuaca, diameter konduktor dan kuat medan listrik permukaan . Oleh sebab itu pada kondisi hujan rugi – rugi daya korona akan mengalami rugi – rugi yang lebih besar dibandingkan pada saat kondisi cerah. Di Gardu Induk Paniki pada saluran GIS Teling – Paniki dan Paniki – Tanjung Merah mengalami rugi – rugi daya yang sama pada kondisi cerah dan hujan yaitu kondisi cerah sebesar 3,29 kW/km dan kondisi hujan 3,38 kW/km.

**Kata Kunci :** Korona, Rugi – Rugi Daya Korona, Kuat Medan Listrik, Saluran Transmisi, Gardu Induk Paniki.

## I. PENDAHULUAN

Saluran Transmisi adalah penyaluran energi listrik dari pembangkit listrik sampai ke sistem distribusi hingga sampai pada konsumen pengguna listrik [1]. Standar tegangan pada system transmisi di Indonesia di klasifikasikan sebagai tegangan ekstra tinggi (TET) dengan tegangan nominal 500 kV dan tegangan tinggi (TT) dengan tegangan nominal 70 kV dan 150 kV. Tujuan dari dinaikannya tegangan untuk meminimalisir rugi – rugi daya dan jatuh tegangan, karena penyalurannya pasti melalui proses yang panjang, semakin panjang saluran maka akan semakin mempengaruhi rugi daya uang akan timbul jika tegangan tidak dinaikan.

Konstruksi transmisi terdiri dari dua jenis yaitu, Saluran udara dan Saluran kabel yang dimana terdiri dari, Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET), Saluran Kabel Tanah Tegangan Tinggi (SKTT). Pada Transmisi saluran udara terdapat beberapa pendukung yaitu, Konduktor, Tower/Tiang Penyangga, Isolator dan Kawat Tanah [2].

Sistem transmisi saluran udara tidak bisa lepas dari gangguan. Gangguan berasal dari internal maupun eksternal. Gangguan internal berupa surja *switching* dan gangguan eksternal berupa surja petir. Salah satu penyebab terjadinya kerusakan adalah munculnya efek korona. Efek Korona adalah partial *discharge* pada permukaan konduktor saluran transmisi ketika tekanan listrik atau kuat medan listrik dari konduktor melebihi tegangan tembus dari udara sekeliling. Korona pada saluran transmisi memiliki kemampuan redaman tersendiri. Redaman akibat korona berdampak pada kemampuan saluran itu sendiri. Korona adalah dasar penyebab Radio Interference atau gangguan radio, television Interference dan gangguan suara dari saluran transmisi. Korona juga menyebabkan rugi – rugi daya yang terjadi pada saluran udara tegangan diatas 100kV . Tegangan 150kV merupakan tingkat tegangan yang umum digunakan di Indonesia untuk SUTT sehingga perlu dilakukan analisa untuk dampak dari adanya korona.

Fenomena Korona ini merupakan awal kegagalan dari suatu jaringan transmisi. Dikarenakan masih kurang yang mengangkat topik Korona sebagai bahan penelitian. Dengan demikian penulis mencoba untuk mengangkat masalah tersebut sebagai judul penelitian yaitu “Efek Korona Pada Saluran Transmisi Gardu Induk Paniki di Sulawesi Utara”.

## A. Landasan Teori

### 1. Pengertian Saluran Transmisi

Saluran Transmisi adalah penyaluran energi listrik dari pembangkit listrik sampai ke sistem distribusi hingga sampai pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik ditransmisikan melalui suatu bahan konduktor yang mengalirkan listrik. Pada sistem tenaga listrik, jarak antara pembangkit dengan beban yang cukup jauh akan menimbulkan adanya perubahan kualitas tegangan. Dengan demikian sebuah saluran transmisi harus memiliki berbagai komponen untuk menjaga kestabilan kualitas tenaga listrik yang disalurkan [1].

### 2. Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Gangguan yang terjadi pada sistem Saluran Transmisi listrik sangat beragam besaran dan jenisnya. Gangguan dalam sistem Saluran Transmisi listrik adalah keadaan tidak normal dimana keadaan ini dapat mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan transmisi listrik. Secara umum klasifikasi gangguan pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh 2 faktor, yaitu:

- 1) Gangguan yang berasal dari dalam sistem.
- 2) Gangguan yang berasal dari luar sistem.

Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem antara lain :

- 1) Tegangan dan Arus abnormal.
- 2) Pemasangan yang kurang baik.
- 3) Kesalahan mekanis karena proses penuaan.
- 4) Beban lebih.
- 5) Kerusakan materi seperti isolator pecah, kawat putus, atau kabel cacat isolasinya.

Sedangkan untuk gangguan yang berasal dari luar sistem antara lain :

- 1) Gangguan-gangguan mekanis karena pekerjaan galian saluran lain. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah.
- 2) Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus isolasi peralatan (*breakdown*).
- 3) Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang dan benda-benda asing serta akibat kecerobohan manusia.

Bila ditinjau dari segi lamanya waktu gangguan, maka dapat dikelompokkan menjadi :

- 1) Gangguan yang bersifat temporer, yang dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Gangguan sementara jika tidak dapat hilang dengan segera, baik hilang dengan sendirinya maupun karena bekerjanya alat pengaman dapat berubah menjadi gangguan permanen.
- 2) Gangguan yang bersifat permanen, dimana untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut.

Untuk gangguan yang bersifat sementara setelah arus gangguannya terputus misalnya karena terbukanya *circuit breaker* oleh rele pengamannya, peralatan atau saluran yang

terganggu tersebut siap dioperasikan kembali. Sedangkan pada gangguan permanen terjadi kerusakan yang bersifat permanen sehingga baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti. Pada saat terjadi gangguan akan mengalir arus yang sangat besar pada fasa yang terganggu menuju titik gangguan, dimana arus gangguan tersebut mempunyai harga yang jauh lebih besar dari rating arus maksimum yang diijinkan, sehingga terjadi kenaikan temperatur yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan [3].

### 3. Korona

#### • Proses Terjadinya Korona

Bila dua buah kawat sejajar yang penampangnya lebih kecil (dibandingkan dengan jarak antara kedua kawat tersebut) diberi tegangan bolak – balik, maka korona dapat terjadi. Pada tegangan yang cukup rendah tidak terlihat tanda apa – apa . bila tegangan dinaikkan, maka korona terjadi secara bertahap. Pertama kali, kawat kelihatan bercahaya, mengeluarkan suara mendesis (*hissing*) dan berbau ozon. Warna cahaya adalah ungu (*violet*) muda. Bila tegangan dinaikkan terus, maka karakteristik di atas semakin nyata kelihatan, terutama pada bagian yang kasar, runcing atau kotor. Cahaya bertambah besar dan terang. Bila tegangan masih juga dinaikkan, maka terjadi busur api. Korona mengeluarkan panas: hal ini dapat dibuktikan dengan melakukan pengukuran menggunakan wattmeter. Dalam keadaan udara lembab, korona menghasilkan asam nitrogen (*nitrous acid*), yang menyebabkan kawat menjadi berkarat bila kehilangan daya yang cukup besar. Apabila tegangan searah diterapkan, maka pada kawat positif korona menampakkan diri dalam bentuk cahaya yang seragam (*uniform*) pada permukaan kawat , sedangkan pada kawat negative hanya pada tempat – tempat tertentu saja (*spotty*).

Korona terjadi karena adanya ionisasi dalam udara, yaitu adanya kehilangan electron dari molekul udara. Oleh karena lepasnya electron dan ion, maka apabila disekitarnya terdapat medan listrik, maka electron – electron bebas ini mengalami gaya yang mempercepat gerakannya, sehingga terjadilah tabrakan dengan molekul lain. Akibatnya adalah timbul ion – ion dan elektron – elektron baru. Proses ini berjalan terus – menerus dan jumlah electron dan ion bebas menjadi berlipat ganda bila gradient tegangan cukup besar: peristiwa ini disebut Korona [4].

#### • Efek Korona Pada Saluran Transmisi

Ketika tegangan pada saluran transmisi tersebut masih rendah, stres dielektrik yang dialami oleh udara disekeliling konduktor tersebut tidak cukup untuk mengionisasi udara disekitar konduktor. Tapi ketika tegangan pada saluran transmisi ditingkatkan melebihi nilai ambang batas sekitar 30 kV yang dikenal sebagai titik *critical disruptive voltage*, maka udara disekitar konduktor mengalami stres cukup tinggi sehingga terjadi ionisasi terhadap ion-ion yang dikandung didalam udara tersebut. Terjadinya ionisasi pada ion-ion diudara disekitar konduktor akan menimbulkan cahaya redup bersamaan dengan suara mendesis disertai dengan pembebasan ozon, yang mudah diidentifikasi karena baunya yang khas.

Rumus yang digunakan untuk mencari nilai tahanan saluran menurut persamaan :

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

Dimana :

R = Resistansi Saluran Transmisi ( $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan Jenis ( $\Omega$ )

l = Panjang Saluran (m)

A = Luas Permukaan suatu Konduktor ( $m^2$ )

Untuk Luas penampang dapat menggunakan persamaan dibawah ini :

$$A = \pi r^2 \quad (2)$$

Dimana;

$\pi$  = Konstanta (3,14)

r = Jari-Jari Suatu Konduktor (m)

Sedangkan untuk parameter induktif dan kapasitif saluran transmisi dapat dicari dengan menggunakan persamaan : [6]

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{GMD}{GMR} \quad (3)$$

Dimana :

L = Induktif saluran transmisi (H)

GMD = Geometric mean distance

GMR = Geometric mean radius

$$C = \frac{0,02413}{\log \frac{2H}{r}} \quad (4)$$

Dimana :

C = Kapasitif saluran transmisi (F)

H = Jarak antara konduktor ke tanah

r = jari – jari konduktor

Sedangkan untuk parameter induktansi dan kapasitansi saluran transmisi dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$X_L = 2\pi fL \quad (5)$$

Dimana :

L = Induktansi saluran transmisi (H)

f = frekuensi (Hz)

$X_L$  = induktif saluran transmisi ( $\Omega$ )

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc} \quad (6)$$

Dimana :

C = kapasitansi saluran transmisi (F)

f = frekuensi (Hz)

$X_C$  = kapasitif saluran transmisi ( $\Omega$ )

- Karakteristik Terjadinya Korona

Karakteristik dari terjadinya korona adalah dengan munculnya bau ozon disekitar permukaan konduktor, timbulnya cahaya berwarna ungu muda, dan suara mendesis.

- Faktor Yang Menyebabkan Terjadinya Korona

Faktor yang menyebabkan terjadinya korona adalah tegangan saluran, kondisi atmosfer, ukuran dan kondisi permukaan konduktor.

- a. Tegangan Saluran

Tegangan Saluran pada sistem transmisi memiliki bagian dalam terjadinya proses Korona. Tegangan saluran yang tinggi akan mengakibatkan naiknya nilai kuat medan listrik yang terjadi disekitar saluran transmisi. Dengan semakin naiknya nilai kuat medan listrik pada konduktor, maka proses ionisasi akan semakin cepat berlangsung. Proses ionisasi yang semakin cepat berlangsung akan mempercepat peristiwa korona untuk terjadi.

- b. Kondisi Atmosfer

Kekuatan tembus udara berbanding lurus dengan nilai kerapatan udara. Apabila kekuatan tembus udara semakin besar, maka peristiwa korona akan semakin sulit terjadi. Sebaliknya, apabila suhu mengalami kenaikan, faktor kerapatan udara akan semakin kecil, maka kekuatan tembus udara juga akan semakin kecil.

Rumus yang digunakan untuk mencari nilai kerapatan udara relatif [5] :

$$\delta = \frac{3,9211 \times P}{273 + t} \quad (7)$$

- c. Ukuran dan Permukaan Konduktor

Salah satu yang mempengaruhi besar kuat medan listrik ialah diameter konduktor yang digunakan. Semakin besar diameter suatu konduktor, semakin kecil nilai kuat medan listriknya maka peristiwa korona semakin sulit untuk terjadi. Sebaliknya, semakin kecil diameter suatu konduktor, semakin besar nilai kuat medan listriknya maka peristiwa korona akan semakin mudah untuk terjadi.

- Penyebab Munculnya Efek Korona Pada Saluran Transmisi

Munculnya efek korona pada saluran transmisi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kondisi fisik saluran transmisi, jarak antar konduktor, keadaan atmosfer dan tingginya tegangan pada saluran transmisi.

- Kerugian Korona Pada Transmisi

Ketika gradien tegangan permukaan pada konduktor saluran melebihi tegangan kerusakan kritis, korona muncul

dan terwujud dalam bentuk pulsa arus, cahaya tampak, panas dan disipasi energi elektromagnetik. Energi untuk korona ini dipisahkan dari jaringan AC. Korona menghasilkan kehilangan daya dan karena itu mengurangi efisiensi transmisi.

Karena beberapa variabel yang mempengaruhi korona, kehilangan korona merupakan fenomena variabel yang sangat besar. Hilangnya korona di jalur EHV-AC dapat berkisar antara beberapa kW / km dalam cuaca cerah dan dapat berkisar beberapa ratus kW / km selama cuaca buruk, hujan dan salju. Kerugian korona telah diteliti sejak tahun 1900. Penelitian ini dipercepat setelah tahun 1945. Setelah tahun 1970 fenomena seperti RI, TVI dan AN semakin mendapat perhatian. Telah diamati bahwa kehilangan korona selama cuaca buruk bisa jadi sekitar 10 kali lipat selama cuaca cerah, untuk jalur AC dan lebih sedikit untuk jalur HVDC. Juga, saluran yang dirancang untuk kinerja bebas korona untuk tegangan frekuensi daya tertinggi akan memberikan korona selama transien switching dan transien petir. Namun redaman gelombang transien melalui korona sangat membantu dan kehilangan energi berguna serta memiliki magnitudo yang lebih kecil karena durasi yang singkat. [5]

- Akibat yang ditimbulkan karena adanya korona

a. Rugi – Rugi Daya Korona

Ion dan elektron yang bergerak pada udara memiliki percepatan karena energi kinetik yang diberikan. Energi kinetik tersebut didapatkan dari sistem dan dikatakan sebagai energi yang hilang. Energi yang hilang ini terdistribusi dalam bentuk panas, suara, dan cahaya inilah yang dimaksud dengan rugi daya korona [7].

Menurut Peek, rugi – rugi daya akibat korona pada penghantar saluran 3 fasa dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$P_c = \frac{241}{\delta} (f + 25) \left( \sqrt{\frac{r}{d}} \right) (V - V_d)^2 \times 10^{-5} \quad (8)$$

Dimana :

- $P_c$  = Rugi-rugi corona (kW/km, untuk cuaca cerah)
- $V$  = Tegangan fasa ke netral kVrms
- $\delta$  = Kerapatan udara relatif
- $V_d$  = Tegangan kritis awal corona
- $f$  = Frekwensi
- $r$  = Jari-jari konduktor,
- $D$  = Jarak konduktor

Adapun untuk efisiensi saluran transmisi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\% P_c = \frac{P - P_c}{P} \times 100\% \quad (9)$$

Dimana :

- $\% P_c$  = Efisiensi Saluran Transmisi (%)
- $P_c$  = Rugi – Rugi Daya Akibat Korona
- $P$  = Daya yang dikirim (kW)

Adapun untuk rumus arus korona menggunakan persamaan :

$$I_o = 4 \times f \times c (E_{cr} - E_c) \quad (10)$$

Dimana :

- $I_o$  = Arus Korona (A)
- $F$  = Frekuensi (Hz)
- $E_c$  = Tegangan permukaan suatu konduktor (kVrms)
- $E_{cr}$  = Tegangan permukaan kritis suatu konduktor (kVrms)

b. Rugi – Rugi Tegangan

Rugi tegangan didalam satuan penghantar (konduktor) adalah tegangan yang hilang atau tegangan yang tidak dapat dimanfaatkan. Hal ini disebabkan karena adanya arus listrik yang mengalir pada konduktor, sedangkan konduktor tersebut mempunyai tahanan listrik.

- Tegangan Disruptif Kritis

$$V_d = 21,1 \times m_o \times r \times \delta \times \ln \frac{D}{r} \quad (11)$$

$V_d$  = Tegangan disruptif kritis per Fasa (kV)

- $m_o$  = Faktor tak tertentu (  $0 < m_o < 1$  )
- $r$  = Jari – Jari suatu konduktor (cm)
- $D$  = Jarak antar konduktor (cm)
- $\delta$  = Kerapatan udara relatif (kg/m<sup>3</sup>)

- Tegangan Permukaan Pada Konduktor

$$E_c = \frac{2 \times k_a \times V}{d \times \ln \left( 4 \frac{H}{d} \right)} \quad (12)$$

Dimana :

- $E_c$  = Tegangan Permukaan Suatu Konduktor (kVrms)
- $K_a$  = 1,33 untuk konduktor lilit  
= 1,1 untuk konduktor tunggal
- $V$  = Tegangan konduktor fasa ke tanah
- $d$  = Diameter konduktor
- $H$  = Ketinggian Konduktor dari atas ke tanah

- Tegangan Permukaan Kritis Pada Konduktor

$$E_{cr} = 28,84 \times \delta \times m \times \left( 1 + \frac{0,3}{\sqrt{\delta r}} \right) \quad (13)$$

Dimana :

- $E_{cr}$  = Tegangan Permukaan Kritis Suatu Konduktor (kVrms)
- $\delta$  = Kerapatan Udara Relatif
- $m$  = Faktor tak tertentu (  $0 < m_o < 1$  )

c. Gangguan Berisik

Gangguan berisik merupakan bunyi yang kontinue baik yang merata, tidak teratur, serta tidak nyaman didengar oleh manusia normal. Gangguan berisik yang diakibatkan peristiwa korona pada saluran transmisi ini diukur dalam satuan desibel. Gangguan berisik ini akan semakin keras terdengar pada saat kondisi disekitar saluran transmisi sedang hujan. Butiran air



TABEL IV  
Data Suhu, Tekanan Udara Dan Cuaca Pada Tahun 2020

Bulan	Suhu (°C)	Tekanan Udara (mbar)	Cuaca
Januari	26,3	1002,6	Hujan
Februari	26,0	1003,4	Cerah
Maret	26,3	1002,8	Hujan
April	26,3	1002,7	Hujan
Mei	27,6	1001,5	Cerah
Juni	26,6	1001,4	Cerah
Juli	26,8	1000,6	Cerah
Agustus	27,5	1001,4	Cerah
September	26,8	1001,4	Hujan
Oktober	26,8	1000,8	Hujan
November	26,9	1001,2	Cerah
Desember	26,6	1009,7	Hujan
Rata - Rata	26,9	1002,5	

TABEL V  
Hasil Perhitungan Jari – Jari Konduktor, Luas Penampang Konduktor Dan Nilai Tahanan Saluran

No	Saluran	Jari – Jari (mm)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Tahanan Saluran (Ω)
1	Paniki – Tanjung Merah	8,745	2,4013 x 10 <sup>-1</sup>	0,00000299
2	Paniki – GIS Teling	8,745	2,4013 x 10 <sup>-1</sup>	0,00000127

TABEL VI  
Hasil Perhitungan Nilai Induktif, Kapasitif, Reaktansi Dan Impedansi

No.	Jurusan	L (H/mi)	C (μF/mi)	XC (Ω)	XL (Ω)	Z (Ω/mi)	Y (Ω/mi)	Zc (Ω)
1.	GIS Teling – Paniki	1,67 x 10 <sup>-6</sup>	0,0631	0,05	0,0005243	0,003 < 9,946°	20 < 90°	0,0122 < -80,05°
2.	Paniki – Tanjung Merah	1,67 x 10 <sup>-6</sup>	0,0631	0,05	0,0005243	0,003 < 9,946°	20 < 90°	0,0122 < -80,05°

TABEL VII  
Nilai Kerapatan Udara Relatif Per Bulan Selama Tahun 2020

Bulan	Kerapatan Udara Relatif	Kondisi Cuaca
Januari	0,9851	Hujan
Februari	0,9861	Cerah
Maret	0,9853	Hujan
April	0,9851	Hujan
Mei	0,9796	Cerah
Juni	0,9828	Cerah
Juli	0,9809	Cerah
Agustus	0,9799	Cerah
September	0,9822	Hujan
Oktober	0,9809	Hujan
November	0,9806	Cerah
Desember	0,9911	Hujan

- a. Hasil Perhitungan Jari – Jari Konduktor, Luas Penampang Konduktor Dan Nilai Tahanan Saluran

Berdasarkan dengan data konduktor yang ada pada Tabel II maka dapat dicari nilai jari – jari konduktor, nilai luas penampang dengan menggunakan persamaan (2) dan nilai tahanan saluran menggunakan persamaan (1).

- b. Hasil Perhitungan Nilai Induktif, Kapasitif, Reaktansi Dan Impedansi

Dengan didapatnya nilai jari – jari suatu konduktor yang ada pada Tabel II maka kita dapat mencari nilai induktif, kapasitif, reaktansi dan impedansi dengan menggunakan persamaan (3) sampai dengan persamaan (6).

- c. Nilai Kerapatan Udara Relatif Per Bulan Selama Tahun 2020

Berdasarkan dengan data yang ada pada Tabel IV dapat dicari nilai kerapatan udara relative dengan menggunakan persamaan (7).

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisa efek korona pada saluran transmisi GI Paniki diperlukan beberapa parameter perhitungan, maka telah dilakukan perhitungan untuk parameter – parameter tersebut. Perhitungan tersebut, yaitu :

- a. Perhitungan Nilai Kerapatan Udara Relatif Saat Kondisi Cerah dan Kondisi Hujan Pada Tahun 2020

Untuk mencari nilai tugi – rugi daya yang disebabkan oleh adanya korona di perlukan nilai kerapatan udara relatif pada saat kondisi cerah dan hujan pada tahun 2020. Untuk mencari nilai kerapatan udara relatif dapat menggunakan persamaan (7).

- Perhitungan Rata – Rata Nilai Kerapatan Udara Relatif Pada Saat Kondisi Cerah

$$\bar{X} \text{ Suhu Udara} = 26,9^\circ$$

$$\bar{X} \text{ Tekanan Udara} = 1001,58 \text{ mbar} = 75,12 \text{ cmHg}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{3,9211 \times 75,12}{273 + 26,9} \\ &= \frac{294,55}{299,9} \\ &= 0,9821 \end{aligned}$$

- Perhitungan Rata – Rata Nilai Kerapatan Udara Relatif Pada Saat Kondisi Hujan

$$\bar{X} \text{ Suhu Udara} = 26,5^\circ$$

$$\bar{X} \text{ Tekanan Udara} = 1003,33 \text{ mbar} = 75,25 \text{ cmHg}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{3,9211 \times 75,25}{273 + 26,5} \\ &= \frac{295}{299,5} \\ &= 0,9849 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Tegangan Perumukaan Pada Suatu Konduktor

Untuk mencari nilai arus korona pada saluran transmisi gardu induk paniki pada tahun 2020 memerlukan nilai tegangan pada suatu konduktor. Untuk mencari nilai tegangan permukaan pada konduktor dapat menggunakan rumus yang ada pada persamaan 12.

➤ Paniki – GIS Teling

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{2 \times 1,33 \times 86,6}{1,749 \times \ln 4} \frac{41,95}{1,749} \\ &= \frac{230,356}{16} \\ &= 14,397 \text{ kVP/km} \\ &= \frac{14,397}{\sqrt{2}} \\ &= 10,18 \text{ kVrms} \end{aligned}$$

➤ Paniki – GIS Teling

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{2 \times 1,33 \times 86,6}{1,749 \times \ln 4} \frac{41,95}{1,749} \\ &= \frac{230,356}{16} \\ &= 14,397 \text{ kVP/km} \\ &= \frac{14,397}{\sqrt{2}} \\ &= 10,18 \text{ kVrms} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Tegangan Permukaan Kritis Pada Konduktor per Fasa dengan kondisi Cerah dan Hujan Pada Tahun 2020

Untuk mencari nilai dari arus korona diperlukan nilai Tegangan Permukaan Kritis Pada Suatu Konduktor pada saat kondisi hujan dan cerah pada tahun 2020. Untuk mencari nilai tersebut dapat menggunakan persamaan 13.

▪ Perhitungan Tegangan Permukaan Kritis Pada Konduktor dengan Kondisi Cuaca Cerah

➤ Paniki – Tanjung Merah

$$\begin{aligned} E_{cr} &= 29,86 \times 0,9821 \times 0,95 \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{0,9821 \times 0,8745}} \right) \\ &= 29,325 \times 1,2585 \\ &= 36,90 \\ &= \frac{36,90}{\sqrt{2}} \\ &= 26 \text{ kVrms} \end{aligned}$$

➤ Paniki – GIS Teling

$$\begin{aligned} E_{cr} &= 29,86 \times 0,9821 \times 0,95 \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{0,9821 \times 0,8745}} \right) \\ &= 29,325 \times 1,2585 \\ &= 36,90 \\ &= \frac{36,90}{\sqrt{2}} \\ &= 26 \text{ kVrms} \end{aligned}$$

▪ Perhitungan Tegangan Permukaan Kritis Pada Konduktor dengan Kondisi Cuaca Hujan

➤ Paniki – Tanjung Merah

$$\begin{aligned} E_{cr} &= 29,86 \times 0,9849 \times 0,95 \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{0,9849 \times 0,8745}} \right) \\ &= 29,409 \times 1,258 \\ &= 36,996 \\ &= \frac{36,996}{\sqrt{2}} \\ &= 26,16 \text{ kVrms} \end{aligned}$$

➤ Paniki – GIS Teling

$$\begin{aligned} E_{cr} &= 29,86 \times 0,9849 \times 0,95 \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{0,9849 \times 0,8745}} \right) \\ &= 29,409 \times 1,258 \\ &= 36,996 \\ &= \frac{36,996}{\sqrt{2}} \\ &= 26,16 \text{ kVrms} \end{aligned}$$

d. Perhitungan Tegangan Disruptif Kritis ( Disruptive Critical Voltage )

Mencari nilai rugi – rugi daya korona diperlukan untuk nilai tegangan disruptif kritis dengan menggunakan persamaan (11) sebagai berikut :

▪ Perhitungan Tegangan Disruptif Kritis Pada Kondisi Cerah

➤ Paniki – Tanjung Merah

$$\begin{aligned} V_d &= 21,1 \times 0,95 \times 0,8745 \times 0,9821 \times \ln \frac{430}{0,8745} \\ &= 21,1 \times 0,95 \times 0,8745 \times 0,9821 \times 6,19 \\ &= 106,56 \text{ kV} \end{aligned}$$

➤ Paniki – GIS Teling

$$\begin{aligned} V_d &= 21,1 \times 0,95 \times 0,8745 \times 0,9821 \times \ln \frac{430}{0,8745} \\ &= 21,1 \times 0,95 \times 0,8745 \times 0,9821 \times 6,19 \\ &= 106,56 \text{ kV} \end{aligned}$$



- Perhitungan Tegangan Disruptif Kritis Pada Kondisi Hujan

- Paniki – Tanjung Merah

$$V_d = 21,1 \times 0,95 \times 0,8745 \times 0,9849 \times \ln \frac{430}{0,8745}$$

$$= 21,1 \times 0,95 \times 0,8745 \times 0,9849 \times 6,19$$

$$= 106,86 \text{ kV}$$

- Paniki – GIS Teling

$$V_d = 21,1 \times 0,95 \times 0,8745 \times 0,9849 \times \ln \frac{430}{0,8745}$$

$$= 21,1 \times 0,95 \times 0,8745 \times 0,9849 \times 6,19$$

$$= 106,86 \text{ kV}$$

- e. Perhitungan Arus Korona Pada Kondisi Cuaca Cerah dan Hujan

Mencari arus korona menggunakan rumus yang ada pada persamaan (10) dengan menggunakan beberapa data yang telah dihitung berupa tegangan permukaan suatu konduktor, tegangan permukaan kritis suatu konduktor dan kapasitansi dengan nilai frekuensi sebesar 50 Hz.

- Perhitungan Arus Korona Pada Kondisi Cuaca Cerah

- Paniki – Tanjung Merah

$$I_o = 4 \times 50 \times 0,0631(26 - 10,18)$$

$$= 200(0,998242)$$

$$= 199,6 \text{ A}$$

$$= 0,1996 \text{ kA}$$

- Paniki – GIS Teling

$$I_o = 4 \times 50 \times 0,0631(26 - 10,18)$$

$$= 200(0,998242)$$

$$= 199,6 \text{ A}$$

$$= 0,1996 \text{ kA}$$

- Perhitungan Arus Korona Pada Kondisi Cuaca Hujan

- Paniki – Tanjung Merah

$$I_o = 4 \times 50 \times 0,0631(26,16 - 10,18)$$

$$= 200(1,008338)$$

$$= 201,6 \text{ A}$$

$$= 0,2016 \text{ kA}$$

- Paniki – GIS Teling

$$I_o = 4 \times 50 \times 0,0631(26,16 - 10,18)$$

$$= 200(1,008338)$$

$$= 201,6 \text{ A}$$

$$= 0,2016 \text{ kA}$$

- f. Perhitungan Rugi – Rugi Daya Korona pada Saat Kondisi Cerah dan Hujan

Untuk menghitung rugi – rugi daya korona yang ada pada saat cuaca cerah dan hujan menggunakan persamaan (8) dan beberapa perhitungan yang sudah di hitung sebelumnya berupa kerapatan udara relative dan tegangan disruptif kritis dengan tegangan kawat fasa netral sebesar 86,6 kV.

- Perhitungan Rugi – Rugi Daya Korona Pada Kondisi Cerah

- Paniki – Tanjung Merah

$$P_c = \frac{241}{0,9821} (50 + 25) \left( \sqrt{\frac{0,8745}{430}} \right) (86,6 - 106,56)^2 \times 10^{-5}$$

$$= 245,39(75)(0,045)(398,4) \times 10^{-5}$$

$$= 3,29 \text{ kW/km}$$

- Paniki – GIS Teling

$$P_c = \frac{241}{0,9821} (50 + 25) \left( \sqrt{\frac{0,8745}{430}} \right) (86,6 - 106,56)^2 \times 10^{-5}$$

$$= 245,39(75)(0,045)(398,4) \times 10^{-5}$$

$$= 3,29 \text{ kW/km}$$

- Perhitungan Rugi – Rugi Daya Korona Pada Kondisi Hujan

- Paniki – Tanjung Merah

$$P_c = \frac{241}{0,9849} (50 + 25) \left( \sqrt{\frac{0,8745}{430}} \right) (86,6 - 106,86)^2 \times 10^{-5}$$

$$= 244,69(75)(0,045)(410,46) \times 10^{-5}$$

$$= 3,38 \text{ kW/km}$$

- Paniki – GIS Teling

$$P_c = \frac{241}{0,9849} (50 + 25) \left( \sqrt{\frac{0,8745}{430}} \right) (86,6 - 106,86)^2 \times 10^{-5}$$

$$= 244,69(75)(0,045)(410,46) \times 10^{-5}$$

$$= 3,38 \text{ kW/km}$$



TABEL VIII

Hasil Perhitungan Rugi – Rugi Daya Korona Per-Bulan Selama Tahun 2020

Bulan	Rugi – Rugi Daya Korona (kW/km)	
	Paniki – Tanjung Merah	Paniki – GIS Teling
Januari	3,34299541429	3,34299541429
Februari	3,44003895963	3,44003895963
Maret	3,44283204922	3,44283204922
April	3,44353103045	3,44353103045
Mei	3,27865885668	3,27865885668
Juni	3,37419854413	3,37419854413
Juli	3,3107037783	3,3107037783
Agustus	3,28095833828	3,28095833828
September	3,35620280851	3,35620280851
Oktober	3,3107037783	3,3107037783
November	3,31076906015	3,31076906015
Desember	3,65119964206	3,65119964206

## g. Perhitungan Nilai Efisiensi Saluran Transmisi

Berdasarkan Tabel VIII yang ada maka kita dapat menghitung nilai efisiensi saluran yang terjadi selama satu tahun pada saluran transmisi gardu induk paniki. Untuk mencari nilai efisiensi saluran dapat menggunakan persamaan (8).

## ➤ Paniki – Tanjung Merah

$$P_c = \frac{\sum P_c \text{ Bulan}}{12}$$

$$= \frac{40,5442434157}{12}$$

$$= 3,37 \text{ kW/km}$$

Maka nilai efisiensinya :

$$\eta = \frac{P - P_c}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{90000 - 3,37}{90000} \times 100\%$$

$$= 99,996\%$$

Sehingga nilai rugi – rugi korona hanya mempengaruhi sebesar 0,004 % / km dari daya yang di salurkan pada saluran Paniki – GIS Teling.

## ➤ Paniki – GIS Teling

$$P_c = \frac{\sum P_c \text{ Bulan}}{12}$$

$$= \frac{40,5442434157}{12}$$

$$= 3,37 \text{ kW/km}$$

Maka nilai efisiensinya :

$$\eta = \frac{P - P_c}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{90000 - 3,37}{90000} \times 100\%$$

$$= 99,996\%$$

Sehingga nilai rugi – rugi korona hanya mempengaruhi sebesar 0,004 % / km dari daya yang di salurkan pada saluran Paniki – Tanjung Merah.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

## A. Kesimpulan

1. Jika diameter suatu konduktor lebih kecil maka korona akan semakin cepat terjadi sehingga akan sangat mempengaruhi terhadap besarnya nilai rugi – rugi daya korona pada saluran transmisi tersebut.
2. Jika nilai tegangan permukaan pada konduktor ( $E_c$ ) lebih besar dari nilai tegangan permukaan kritis pada konduktor ( $E_{cr}$ ) maka efek korona akan terjadi begitu pula sebaliknya.
3. Nilai rugi – rugi daya korona yang terjadi pada bay line GIS Teling – Paniki dan Paniki – Tanjung Merah memiliki nilai yang sama pada kondisi cerah sebesar 3,29 kW/km dan pada kondisi hujan 3,38 kW/km
4. Nilai rugi – rugi daya korona pada saat kondisi cuaca hujan akan mengalami rugi – rugi daya korona yang lebih besar dibandingkan pada saat kondisi cuaca cerah.
5. Nilai efisiensi dari bay line GIS Teling – Paniki dan Paniki – Tanjung Merah memiliki nilai efisiensi yang sama yaitu 99,996%

## B. Saran

Nilai hasil perhitungan dapat diolah untuk menjadi referensi pada TRAGI lainnya dan Penelitian ini juga bisa dilanjutkan dengan menganalisa pengaruh korona terhadap surja tegangan lebih

## V. KUTIPAN

- [1] T. S. Hutauruk.,1985 *Transmisi Daya Listrik*.
- [2] W. Stevenson., 1988. *Elements Of Power System Analysis Third Edition*
- [3] S, Rao., 1988. *EHV- AC, HVDC: Transmission and Distribution Engineering*, Bombai, India
- [4] Artono Arismunandar., 1984. *Teknik Tegangan Tinggi*, Penerbit Pradaya Paramita, Jakarta
- [5] T, Gonen., 1988. *Electric Power Transmission System Engineering: Analisis and Design*,

- [6] Artono Arismunandar., 1990. *Teknik Tenaga Listrik Jilid II* , Penerbit Pradaya Paramita, Jakarta
- [7] Peek. FW., 2007. *Dielectric phenomena In High Voltage Engineering*. 1<sup>st</sup> Edn, Gallaher Press, ISBN : 1406783374
- [8] Abdul Kadir, 2011, *Transmisi Tenaga Listrik*, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Pers)
- [9] BMKG Stasiun Klimatologi Kelas II Minahasa Utara
- [10] Rudolfus Massarang., 2019. *Efek Korona pada Saluran Transmisi Gardu Induk Tello Sulawesi Selatan*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi
- [11] Chirstoper A. Santjiatodjaja., 2019. *Analisa Gelombang Berjalan Pada Saluran Transmisi 70 kV Gardu Induk Teling*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi.
- [12] Memory Hidyart., 2015. *STUDI PENGARUH KORONA TERHADAP SURJA TEGANGAN LEBIH PADA SALURAN TRANSMISI 275 kV*. Universitas Sumatera Utara
- [13] Ramdan Febriana., 2021. *Transmisi Tenaga Listrik*
- [14] Dimas Ageng Pamungkas., *Studi Pengaruh Korona Terhadap Surja Tegangan Lebih pada Saluran Transmisi 150 kV*. Jurusan Teknik Elektro FTI – ITS
- [15] PT. PLN (Persero) UPT Manado, *Template Transmisi UPT Manado (tipe konduktor, diameter, tahun pasang dll )*
- [16] PT. PLN (Persero) “*Pondasi dan Tower Schedule*”
- [17] PT. PLN (Persero) UPT Manado, “*Data Transmisi Per ULTG UPT Manado*”
- [18] Patras, Lily. 2020. Bahan Ajar “*Kuliah Transmisi*”.

## RIWAYAT HIDUP



Penulis Penulis bernama lengkap Juniffer Naomi Veronica Wasida, anak Kedua dari Dua bersaudara. Lahir dari pasangan suami-istri Musa Amos Wasida (Ayah) dan Siane Matheos (Ibu), di Manado pada tanggal 01 Juni 2000. Sebelum menempuh jenjang pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, penulis telah menempuh pendidikan secara berturut-turut di SD GMIM 25 Manado (2005-20011), SMP Negeri 3 Manado (20011-2014) dan SMA Negeri 9 Manado (2014-2017).

Penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro pada tahun 2017, dengan mengambil konsentrasi Minat Teknik Tegangan Tinggi pada tahun . Pada tahun 2020 penulis melaksanakan Kerja Praktek (Magang) di PT. Jago Elfah Anugerah .

Selama menempuh pendidikan penulis aktif dalam kegiatan dan organisasi didalam dan luar kampus, terutama dalam kegiatan di Laboratorium Tenaga Listrik Unsrat dan Himpunan Mahasiswa Elektro FT. UNSRAT (Bid. Sarana dan Prasarana 2019-2020 dan Sekertaris 2020-2021). Penulis selesai menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, Jurusan Teknik Elektro pada bulan November 2021, dengan judul Analisa Efek Korona Pada Saluran Transmisi Gardu Induk Paniki 150 kV.