

# Efek Korona pada Saluran Transmisi Gardu Induk Tello Sulawesi Selatan

Rudolfus Masarrang<sup>1)</sup>, Lily Stiowaty Patras<sup>2)</sup>, Hans Tumaliang<sup>3)</sup>

Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

rudolfusmasarrang@gmail.com, lilys\_patras@gmail.com, hans.tumaliang@gmail.com

**Abstrack—** *Transmission construction consists of Air Channels and Cable Channels. In the air channel transmission system can not be separated from interference. Both external interference and internal interference. Corona is a sphere of light around a conductor due to the occurrence of a discharge that begins on a channel surface if the strong electric field value on the channel's surface exceeds the strong value of the surrounding air field. Corona can cause corona power losses which are directly proportional to the length of a transmission line. In bright conditions, the Transmission Line will experience a loss.*

**Keywords—***Corona; Electric Field; Losses Corona; Transmission.*

**Abstrak—** Kontruksi transmisi terdiri dari dua yaitu Saluran Udara dan Saluran Kabel. Pada Sistem transmisi saluran udara tak lepas dari gangguan. Baik gangguan eksternal maupun gangguan internal. Korona adalah perpendaran cahaya diseputaran konduktor akibat terjadinya suatu pelepasan muatan yang bermula pada suatu permukaan saluran bila nilai kuat medan listrik pada permukaan saluran itu melampaui nilai kuat medan udara disekitar. Oleh sebab itu Korona dapat menimbulkan rugi – rugi daya korona yang berbanding lurus dengan panjang suatu saluran transmisi.

**Kata Kunci—** Korona; Medan Listrik; Saluran Transmisi; Rugi – Rugi Daya Korona.

## I. PENDAHULUAN

Sistem transmisi merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga saluran distribusi listrik (*substation distribution*) sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik. Standar tegangan pada system transmisi di Indonesia diklasifikasikan sebagai tegangan ekstra tinggi (TET) yaitu dengan nilai tegangan 500kV dan tegangan tinggi (TT) dengan nilai tegangan 70kV dan 150kV. Tujuan tegangan dinaikkan agar dapat meminimalisir rugi-rugi daya dan drop tegangan karena penyaluran pasti melalui jalur yang panjang, semakin panjang jalur saluran maka akan semakin berpengaruh pada rugi-rugi daya jika tegangan tidak dinaikkan [1].

Kontruksi transmisi terdiri dari dua yaitu Saluran Udara dan Saluran Kabel yang terdiri dari Saluran Udara (*Overhead Lines*) Tegangan Tinggi (SUTT) / Tegangan Ejsra Tinggi (SUTET), Saluran Kabel Tanah (*Underground Line*) Tegangan Tinggi (SKTT), Saluran Kabel Laut (*Submarine Line*) Tegangan Tinggi (SKLTT). Pada transmisi saluran udara terdapat beberapa komponen pendukung yang penting yaitu Konduktor, Tower / Tiang Penyangga, Isolator dan Kawat Tanah [2].

Gelombang berjalan ini akan menyebabkan terjadinya tegangan lebih (*overvoltage*), dan juga dapat mengakibatkan

terjadinya lompatan api (*flashover*). Tegangan ini biasanya sampai lebih dari satu juta volt. Korona merupakan Perpendaran cahaya akibat adanya perbedaan kuat medan listrik.

Pada kondisi hujan, Saluran Transmisi akan mengalami Rugi – Rugi daya korona jauh lebih banyak dibandingkan pada kondisi cerah. Feeder yang paling sedikit mengalami Rugi – Rugi Daya korona pada TRAGI Tello Sulawesi Selatan yaitu Feeder GI Maros – GI Sidrap. Pada Kondisi cerah GI Maros – GI Sidrap mengalami Rugi – Rugi Daya korona paling sedikit 2,45 kW/fasa/km. Pada sistem transmisi saluran udara tak lepas dari gangguan. Kerusakan pada sistem Tenaga Listrik dapat disebabkan oleh gangguan internal berupa korona, maupun gangguan eksternal berupa surja Tegangan lebih [3]. Salah satu penyebab terjadinya kerusakan tenaga listrik adalah munculnya Efek Korona. Korona adalah Perpendaran Cahaya diseputaran Konduktor akibat Terjadinya suatu pelepasan muatan yang bermula pada permukaan dari suatu kawat bila nilai medan listrik pada permukaan kawat itu melampaui nilai medan listrik Udara disekitar. Korona pada saluran transmisi memiliki kemampuan atenuasi (redaman) tersendiri. Atenuasi akibat korona akan berdampak terhadap kemampuan saluran untuk mampu meredam tegangan lebih yang merambat sepanjang saluran transmisi. Korona juga menyebabkan Rugi-Rugi Daya Korona yang terjadi Pada Saluran Udara tegangan diatas 100kV. Tegangan 150kV tingkat tegangan yang umum digunakan di Indonesia untuk SUTT sehingga perlu dilakukan analisa dampak adanya Korona [4].

Dengan demikian saya mencoba untuk mengangkat masalah ini menjadi judul penelitian sebagai berikut “Efek Korona Terhadap Adanya Surja Tegangan Lebih Pada Saluran Transmisi 150kV di Gardu Induk Tello Sulawesi Selatan”.

## II. METODE PENELITIAN

### A. 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 [5].

### B. Tower Transmisi

Berfungsi sebagai penyangga kawat (konduktor/penghantar) yang direntangkan antara tower-tower pada jalur transmisi melalui isolator-isolator. Tiang penyangga saluran transmisi

dapat berupa saluran udara dan saluran bawah tanah, namun pada umumnya berupa saluran udara. Energi listrik yang disalurkan lewat saluran transmisi udara pada umumnya menggunakan kawat telanjang sehingga mengandalkan udara sebagai media antar isolasi dan kawat penghantar [5].

### C. 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 [6]. 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 [7].

### D. Korona

#### 1) Proses Terjadinya Korona

Bila dua kawat sejajar yang penampangnya 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. Korona merupakan perpendaran cahaya yang diakibatkan karena nilai kuat medan listrik lebih besar daripada nilai kuat medan udara disekitar konduktor.

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 makin 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 dari pengukuran dengan wattmeter. Dalam keadaan udara lembab, korona menghasilkan asam nitrogen (*nitrous acid*), yang menyebabkan kawat menjadi berkarat bila kehilangan daya cukup besar [8].

Korona terjadi karena adanya ionisasi dalam udara, yaitu adanya kehilangan electron dari molekul udara. Oleh karena lepasnya electron bebas ini mengalami gaya yang mempercepat gerakannya, sehingga terjadilah tabrakan dengan molekul lain. Akibatnya ialah timbulnya ion-ion dan elektron-elektron baru. Proses ini berjalan terus-menerus dan jumlah elektron dan ion bebas menjadi berlipat-ganda bila gradien tegangan cukup besar, peristiwa ini disebut korona [8].

#### 2) Efek Korona Pada Saluran Transmisi

Ketika arus bolak balik (AC) mengalir konduktor dari sebuah saluran transmisi dengan jarak antara konduktor ke konduktor yang lain lebih besar dibandingkan dengan diameter konduktor itu sendiri, maka udara disekitar konduktor yang terdiri dari ion-ion mengalami stres dielektrik.

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 [9]. Agar kita dapat mengetahui nilai Tahanan DC maka Beginilah Cara untuk mencari nilai resistansi DC dari pemodelan Transmisi tersebut. didapatkan dengan persamaan (1) berikut :

$$R_{DC} = p \frac{l}{A} \tag{1}$$

Dimana :

R = Resistansi Saluran Transmisi ( Ohm)

p = Resistivitas

l = Panjang Saluran (m)

A = Luas Permukaan suatu Konduktor (m<sup>2</sup>)

Dimana ;

$$A = \pi r^2 \tag{2}$$

Dimana;

$\pi$  = Konstanta (3,14)

r = Jari-Jari Suatu Konduktor (m)

Sedangkan Parameter induktif saluran Transmisi ini dapat dicari dengan persamaan (3) ;

$$X_L = 2 \pi f L \tag{3}$$

Dimana;

L = Induktansi Saluran Transmisi (H/m)

f = Frekuensi (Hz)

X<sub>L</sub> = Induktif Saluran Transmisi

Sedangkan Parameter kapasitif saluran transmisi didapatkan dengan persamaan (4):

$$X_C = \frac{1}{2\pi f c} \tag{4}$$

Dimana;

C = Kapasitansi saluran transmisi ( $\mu F/mile$ )

D = Frekuensi (Hz)

X<sub>C</sub> = Kapasitif Saluran Transmisi

Sedangkan Parameter induktansi saluran Transmisi ini dapat dicari dengan persamaan (5);

$$L = 2 \cdot 10^{-7} \ln \frac{D}{r} \tag{5}$$

Dimana;

L = Induktansi Saluran Transmisi (H/m)

r = Jari-jari Konduktor (m)

D = Jarak antara konduktor ke tanah (m)

Sedangkan Parameter kapasitansi saluran transmisi didapatkan dengan persamaan (6) :

$$C = \frac{0,0556}{\log \frac{D}{r}} \tag{6}$$

Dimana;

C = Kapasitansi saluran transmisi ( $\mu F/mile$ )

D = Jarak antara Konduktor ke Tanah (m)

r = Jari-Jari Konduktor (m)

Korona adalah Perpendaran Cahaya diseputaran Konduktor akibat Terjadinya suatu pelepasan muatan yang bermula pada permukaan dari suatu kawat bila nilai medan listrik pada permukaan kawat itu melampaui nilai medan listrik Udara disekitar. Korona pada saluran transmisi memiliki kemampuan atenuasi (redaman) tersendiri. Atenuasi akibat korona akan berdampak terhadap kemampuan saluran untuk mampu meredam tegangan lebih yang merambat sepanjang saluran transmisi. Korona juga menyebabkan Rugi-Rugi Daya Korona yang terjadi Pada Saluran Udara tegangan diatas 100kV.

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.

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. Ketika tegangan pada saluran transmisi tersebut masih rendah, stres dielektrik yang dialami oleh udara.

### 3) Karakteristik Munculnya Korona

Karakteristik dari suatu fenomena korona adalah timbulnya cahaya berwarna ungu muda, suara mendesis, dan adanya bau ozon disekitar tempat terjadinya korona tersebut [9].

### 4) Faktor yang menyebabkan Terjadinya Korona

Faktor yang menyebabkan terjadinya Korona adalah tegangan saluran, kondisi atmosfer, Ukuran dan Kondisi permukaan konduktor [9].

#### 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. Seperti yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, medan listrik yang ada disekitar saluran transmisi mendorong terjadinya ionisasi di permukaan konduktor. 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.

#### c. Ukuran dan Kondisi Permukaan Konduktor

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa peristiwa korona terjadi apabila kuat medan listrik lebih besar dari kekuatan dielektrik udara. 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.

### 5) Penyebab Korona muncul Pada Saluran Transmisi

Penyebab Korona muncul Pada Saluran Transmisi adalah Kondisi Fisik Saluran Transmisi, Jarak antar Konduktor, Kondisi Atmosfir, Tingginya Tegangan Pada Saluran Transmisi [9].

6) Akibat Yang Ditimbulkan Karena Adanya Korona

Berikut ini merupakan akibat yang ditimbulkan akibat terjadinya peristiwa korona pada saluran transmisi :

a. Rugi – Rugi Daya Korona

Ion dan elektron yang bergerak pada udara memiliki percepatan karena energi kinetik yang diberikan [1]. Energi kinetik tersebut didapatkan dari sistem dan dikatakan sebagai energi yang hilang. Energi yang terdispasi sebagai cahaya, panas dan suara inilah yang dikatakan sebagai rugi-rugi Korona.

b. Rugi – Rugi Tegangan

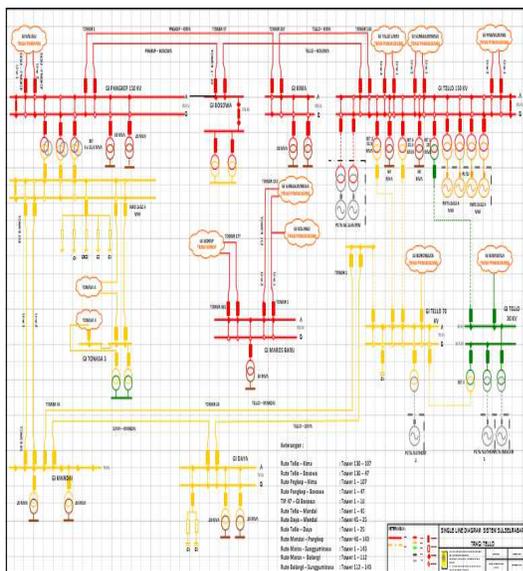
Rugi tegangan didalam suatu penghantar (konduktor) adalah tegangan yang hilang atau tegangan yang tidak dapat dimanfaatkan. Hal ini disebabkan karena adanya arus listrik (I) ampere yang mengalir pada konduktor [1].

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 hujan yang berkumpul pada permukaan konduktor akan meningkatkan aktivitas korona sehingga gangguan berisik akan semakin terdengar lebih jelas [10].

d. Kerusakan Material Peralatan Listrik

Salah satu karakteristik dari korona seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya ialah timbulnya gas ozon disekitar permukaan konduktor [10]. Apabila peristiwa korona berlangsung dalam waktu yang lama, maka gas ozon (O<sub>3</sub>) akan mengikat atom hydrogen dan akan membentuk senyawa asam nitrat.



Gambar 1. Single Line Transmisi Gardu Induk Tello

e. Radio Interference

Radio Interference atau Gangguan Sinyal Radio merupakan gangguan yang disebabkan oleh induksi medan elektromagnetik dan medan elektrostatik terhadap dan medan elektrostatik ini dihasilkan dari hasil ionisasi yang terjadi pada permukaan konduktor [10].

f. Television Interference

Pada umumnya Gangguan sinyal Televisi dari sistem saluran transmisi disebabkan oleh tiga hal yaitu, karena pelepasan korona pada permukaan konduktor, karena pelepasan kontak yang kurang baik pada pemasangan (fitting) bagian logam yang memiliki tekanan berat disebut sebagai gap discharge, dan pelepasan pada permukaan isolator [10].

g. Peredaman Surja Tegangan Lebih

Selain memberikan dampak yang tidak baik terhadap lingkungan sekitar dan juga terhadap sistem. Peristiwa korona juga memberikan dampak positif pada sistem transmisi yaitu meredam injeksi surja sehingga mencegah terjadinya *over voltage* pada ujung penerima saat terjadi sambaran petir [10].

h. Single Diagram Tragi Tello

Single Line Tragi Tello terdiri dari 7 Feeder. Feeder merupakan suatu penyulang, diantaranya Feeder Pangkep – Tello, Feeder TIP 47 – Bosowa, Feeder Pangkep – Tonasa III, Feeder Pangkep – Mandai, Feeder Mandai – Daya, Feeder Daya – Tello, Feeder Maros – Sidrap. Dapat dilihat pada gambar (1).

TABEL I

DATA SALURAN TRANSMISI DI UNIT TRAGI TELLO SULAWESI SELATAN 2018

No	Rute Transmisi	CC	Tegangan (kV)	Panjang Km	Jumlah kms	Jumlah Tower	Konduktor	Kemampuan Hantar Arus
1	Pangkep-Tello	2	150	45.5	91	130	ACSR 240	638
2	TIP 47 -Bosowa	2	150	4.92	9.84	16	ACSR 240	638
3	Pangkep – Tonasa III	2	70	3.7	7.4	15	ACSR 120	409
4	Pangkep -Mandai	2	70	39.7	79.4	143	ACCC	775
							Helsinki 160	
5	Mandai -Daya	2	70	5	10	20	ACCC	775
							Helsinki 160	
6	Daya - Tello	2	70	7.3	14.6	25	ACCC	775
							Helsinki 160	
7	Maros - Sidrap	1	150	126.3	126.3	184	ACSR	1836
							2x435	

TABEL II  
DATA SPESIFIKASI KAWAT SALURAN UDARA

No	Rute Transmisi	Tegangan (kV)	Konduktor	Panjang (Km)	Diameter (mm)	P
1	Pangkep-Tello	150	ACSR 240	45.5	21.84	$2.65 \times 10^{-8}$
2	TIP 47 - Bosowa	150	ACSR 240	4.92	21.84	$2.65 \times 10^{-8}$
3	Pangkep - Tonasa III	70	ACSR 120	3.7	15.46	$2.65 \times 10^{-8}$
4	Pangkep - Mandai	70	ACCC Helsinki 160	39.7	15.65	$2.65 \times 10^{-8}$
5	Mandai - Daya	70	ACCC Helsinki 160	5	15.65	$2.65 \times 10^{-8}$
6	Daya - Tello	70	ACCC Helsinki 160	7.3	15.65	$2.65 \times 10^{-8}$
7	Maros - Sidrap	150	ACSR 2x435	126.3	2 x 28.8	$2.65 \times 10^{-8}$

TABEL III  
SUHU UDARA DAN TEKANAN UDARA PADA TAHUN 2018

No	Bulan	Suhu Udara	Tekanan Udara	Cuaca
1	Januari	27 <sup>o</sup> C	1011 Mbar	Hujan
2	Februari	26,5 <sup>o</sup> C	1010,3 Mbar	Hujan
3	Maret	28 <sup>o</sup> C	1010,6 Mbar	Cerah
4	April	27,3 <sup>o</sup> C	1011,4 Mbar	Cerah
5	Mei	27,6 <sup>o</sup> C	1011,8 Mbar	Cerah
6	Juni	28,1 <sup>o</sup> C	1011,1 Mbar	Cerah
7	Juli	26,3 <sup>o</sup> C	1010,6 Mbar	Hujan
8	Agustus	27,2 <sup>o</sup> C	1011,4 Mbar	Cerah
9	September	26,8 <sup>o</sup> C	1010,8 Mbar	Hujan
10	Oktober	27,1 <sup>o</sup> C	1011,1 Mbar	Hujan
11	November	26,4 <sup>o</sup> C	1010,6 Mbar	Hujan
12	Desember	26,7 <sup>o</sup> C	1010,1 Mbar	Hujan

TABEL IV  
HASIL PERHITUNGAN LUAS PENAMPANG DAN JARI - JARI SUATU KAWAT

No	Rute Transmisi	Jari - Jari Kawat (mm)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )
1	Tello - Pangkep	10,92	$3,744 \times 10^4$
2	TIP 47 - Bosowa	10,92	$3,744 \times 10^4$
3	Pangkep - Tonasa III	7,73	$1,8762 \times 10^4$
4	Pangkep - Mandai	7,825	$1,9226 \times 10^4$
5	Mandai - Daya	7,825	$1,9226 \times 10^4$
6	Daya - Tello	7,825	$1,9226 \times 10^4$
7	Maros - Sidrap	14,44	$6,511 \times 10^4$

TABEL V  
HASIL NILAI TAHANAN, INDUKTIF DAN KAPASITIF

No	Rute Transmisi	Nilai Tahanan (Ω)	Nilai Induktif (H/mi)	Nilai Kapasitif (mF/mi)
1	Tello - Pangkep	10,92	$11,94 \times 10^{-7}$	0,0147
2	TIP 47 - Bosowa	10,92	$11,94 \times 10^{-7}$	0,0147
3	Pangkep - Tonasa III	7,73	$12,64 \times 10^{-7}$	0,01413
4	Pangkep - Mandai	7,825	$12,61 \times 10^{-7}$	0,01416
5	Mandai - Daya	7,825	$12,61 \times 10^{-7}$	0,01416
6	Daya - Tello	7,825	$12,61 \times 10^{-7}$	0,01416
7	Maros - Sidrap	14,44	$11,4 \times 10^{-7}$	0,01567

TABEL VI  
HASIL NILAI REAKTANSI DAN IMPEDANSI

No	Rute Transmisi	Reaktansi Induktif (X <sub>L</sub> )	Reaktansi Kapasitif (X <sub>C</sub> )	Impedansi (Ω)	Y (S/mi)	Impedansi Z <sub>c</sub> (Ω)
1	Tello - Pangkep	$3,749 \times 10^{-4}$	216,64	$9,458 \angle 7,6^{\circ}$	$4,615 \times 10^{-6} \angle 90^{\circ}$	$568,21 \angle -82,39^{\circ}$
2	TIP 47 - Bosowa	$3,749 \times 10^{-4}$	216,64	$0,553 \angle 51^{\circ}$	$4,615 \times 10^{-6} \angle 90^{\circ}$	234,45 $\angle -39^{\circ}$
3	Pangkep - Tonasa III	$3,968 \times 10^{-4}$	225,38	$0,6895 \angle 40,73^{\circ}$	$4,49 \times 10^{-6} \angle 90^{\circ}$	270,54 $\angle -49,27^{\circ}$
4	Pangkep - Mandai	$3,959 \times 10^{-4}$	224,909	$5,491 \angle 4,80^{\circ}$	$4,446 \times 10^{-6} \angle 90^{\circ}$	762,27 $\angle -85,2^{\circ}$
5	Mandai - Daya	$3,959 \times 10^{-4}$	224,909	0,828 $\angle 33,72^{\circ}$	$4,446 \times 10^{-6} \angle 90^{\circ}$	296 $\angle -56,28^{\circ}$
6	Daya - Tello	$3,959 \times 10^{-4}$	224,909	1,10 $\angle 24,57^{\circ}$	$4,446 \times 10^{-6} \angle 90^{\circ}$	341,17 $\angle -65,43^{\circ}$
7	Maros - Sidrap	$3,579 \times 10^{-4}$	203,236	$5,15 \angle 4,33^{\circ}$	$4,92 \times 10^{-6} \angle 90^{\circ}$	684,238 $\angle -85,67^{\circ}$

TABEL VII  
HASIL NILAI KERAPATAN UDARA RELATIF PER BULAN SELAMA TAHUN 2018

No	Bulan	Kerapatan Udara Relatif
1	Januari	0,991
2	Februari	0,992
3	Maret	0,987
4	April	0,990
5	Mei	0,989
6	Juni	0,987
7	Juli	0,992
8	Agustus	0,990
9	September	0,991
10	Oktober	0,990
11	November	0,992
12	Desember	0,991

### E. Data Sistem Penyaluran Tenaga Listrik di Kota Makassar

Dalam Single Line Transmisi Gardu Induk Tello Sulawesi Selatan Kota Makassar menjelaskan sistem penyaluran energi listrik dari pembangkit listrik menuju ke transmisi, distribusi hingga ke beban. Disuplai dari 9 unit pembangkit yang terdiri dari 2 unit PLTG dan 4 unit PLTD. Dari Gambar (1) memperlihatkan Single Line Transmisi Gardu Induk Tello. Untuk Transmisi Gardu Induk Tello mempunyai dua level tegangan yaitu 70kV dan 150kV. Untuk level Tegangan 70kV GI Tello terhubung dengan GI Pangkep, GI Tonasa III, GI Daya dan GI Mandai, Sedangkan Untuk Level Tegangan 150kV GI Tello terhubung dengan GI Kima, GI Pangkep, GI Bosowa, GI Maros Baru.

### F. Data Saluran Transmisi Di Unit Tragi Tello Sulawesi Selatan

Gardu Induk dalam sistem Kota Makassar dihubungkan dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), Tabel I dibawah ini memaparkan Tegangan, Panjang Saluran, Jumlah Tower, Konduktor yang Terpakai, dan Kemampuan Antar Arusnya. Yang digunakan pada Sistem TRAGI Tello Sulawesi Selatan. Dapat dilihat pada tabel I.

### G. Data Spesifikasi Kawat Saluran Udara

Gardu Induk dalam sistem Kota Makassar dihubungkan dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), Tabel II dibawah ini memaparkan Tegangan, Panjang Saluran, Diameter Konduktor, Konduktor yang Terpakai, dan Massa Jenis Suatu Konduktor, Yang digunakan pada Sistem TRAGI Tello Sulawesi Selatan. Dapat dilihat pada tabel II.

TABEL VIII

HASIL PERHITUNGAN – PERHITUNGAN RUGI – RUGI DAYA KORONA PER BULAN SELAMA TAHUN 2018

No	Bulan	Rugi – Rugi Daya Korona (Pc) (kW/km)						
		GI Tello - Pangkep	GI TIP 47 - GI Bosowa	GI Pangkep - GI Tonasa III	GI Pangkep - GI Mandai	GI Mandai - GI Daya	GI Daya - GI Tello	GI Maros - GI Sidrap
1	Januari	2,89	2,89	3,70	3,75	3,75	3,75	2,49
2	Februari	2,88	2,88	3,70	3,74	3,74	3,74	2,48
3	Maret	2,85	2,85	3,67	3,71	3,71	3,71	2,46
4	April	2,85	2,85	3,66	3,70	3,70	3,70	2,45
5	Mei	2,85	2,85	3,66	3,71	3,71	3,71	2,45
6	Juni	2,85	2,85	3,67	3,71	3,71	3,71	2,46
7	Juli	2,88	2,88	3,70	3,74	3,74	3,74	2,48
8	Agustus	2,85	2,85	3,66	3,70	3,70	3,70	2,45
9	September	2,89	2,89	3,70	3,75	3,75	3,75	2,49
10	Oktober	2,89	2,89	3,71	3,75	3,75	3,75	2,49
11	November	2,88	2,88	3,70	3,74	3,74	3,74	2,48
12	Desember	2,89	2,89	3,70	3,75	3,75	3,75	2,49

### H. Data Rata – Rata Temperature Suhu dan Tekanan Udara Di Kota Makassar Pada Tahun 2018.

Berdasarkan dari Data yang di dapat Pada Tahun 2018 data Temperature Suhu dan Tekanan Udara dapat dilihat pada tabel III.

### I. Hasil Perhitungan Luas Penampang dan Jari – Jari Kawat suatu Konduktor.

Berdasarkan dari data diameter suatu konduktor maka kita dapat mencari nilai suatu Luas Penampang dan Jari – Jari Kawat suatu Konduktor. Data hasil perhitungan dapat kita lihat pada tabel IV.

### J. Hasil Nilai Tahanan, Induktif dan Kapasitif Pada Saluran Transmisi.

Berdasarkan dari data Jari – Jari suatu konduktor maka kita dapat mencari nilai suatu tahanan, Induktif, dan Kapasitif pada suatu Konduktor. Data hasil perhitungan dapat kita lihat pada tabel V.

TABEL IX

PERHITUNGAN RUGI – RUGI DAYA KORONA DAN ARUS KORONA PADA CUACA CERAH DAN CUACA HUJAN

No	Rute Transmisi	Rugi – Rugi Korona (kW/km/fasa)		Arus Korona (kA/km/fasa)	
		Cerah	Hujan	Cerah	Hujan
1	Tello - Pangkep	2,84	2,87	3,52	3,54
2	TIP 47 - Bosowa	2,84	2,87	3,52	3,54
3	Pangkep - Tonasa III	3,65	3,61	4,35	4,38
4	Pangkep - Mandai	3,67	3,71	4,36	4,39
5	Mandai - Daya	3,67	3,71	4,36	4,39
6	Daya - Tello	3,67	3,71	4,36	4,39
7	Maros - Sidrap	2,45	2,47	3,04	3,07

TABEL X

HASIL PERHITUNGAN NILAI EFISIENSI SALURAN

No	Rute Transmisi	Efisiensi Saluran (%)
1	Tello - Pangkep	99,997
2	TIP 47 - Bosowa	99,997
3	Pangkep - Tonasa III	99,995
4	Pangkep - Mandai	99,996
5	Mandai - Daya	99,996
6	Daya - Tello	99,996
7	Maros - Sidrap	99,997

### K. Hasil Nilai Reaktansi, dan Impedansi Pada Saluran Transmisi.

Berdasarkan dari data tahanan, induktif dan kapasitif suatu konduktor maka kita dapat mencari nilai suatu nilai Reaktansi, dan Impedansi suatu Kawat suatu Konduktor. Data hasil perhitungan dapat kita lihat pada tabel VI.

### L. Hasil Nilai Kerapatan Udara Relatif per Bulan selama Tahun 2018.

Berdasarkan dari data suhu udara dan tekanan udara maka kita dapat mencari nilai kerapatan udara relatif per bulan selama tahun 2018. Data hasil perhitungan dapat kita lihat pada tabel VII.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Perhitungan Rugi – Rugi Daya Korona Dan Arus Korona Pada Kondisi Cuaca Cerah dan Kondisi Cuaca Hujan.

Jika Rugi – Rugi Daya Korona sangat besar maka akan menyebabkan Konduktor akan berkarat, sehingga akan muncul busur api yang akan membuat konduktor itu rusak jika dibiarkan saja. Untuk menghitung Rugi-Rugi daya Korona yang diakibatkan oleh munculnya korona pada kondisi cuaca cerah dan pada kondisi cuaca hujan dengan menggunakan persamaan 9 berdasarkan perhitungan kerapatan udara relatif dan Tegangan Permukaan Suatu Konduktor dengan nilai frekuensi sebesar 50 Hz, disini kita dapat mengetahui Pada cuaca manakah nilai Rugi – Rugi Daya Korona dan nilai Arus Korona yang bakal menghasilkan nilai yang lebih besar. Dari data tersebut kita dapat melihat bahwa nilai Rugi – Rugi Daya Korona dan Arus Korona pada cuaca Hujan memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan pada Cuaca Cerah. Data hasil perhitungan dapat dilihat kita lihat pada tabel IX.

### B. Perhitungan Rugi – Rugi Daya Korona Per Bulan Selama Tahun 2018.

Jika Rugi – Rugi Daya Korona sangat besar maka akan menyebabkan Konduktor akan berkarat, sehingga akan muncul busur api yang akan membuat konduktor itu rusak jika dibiarkan saja. Untuk menghitung Rugi-Rugi daya Korona yang diakibatkan oleh munculnya korona pada kondisi cuaca cerah dan pada kondisi cuaca hujan dengan menggunakan persamaan 9 berdasarkan perhitungan kerapatan udara relatif dan Tegangan Permukaan Suatu Konduktor dengan nilai frekuensi sebesar 50 Hz, maka data hasil perhitungan kita dapat lihat pada tabel VIII.

### C. Perhitungan Nilai Efisiensi Saluran Transmisi.

Berdasarkan Tabel IX maka kita dapat mengetahui berapa besar Efisiensi Saluran Transmisi atau berapa persen Rugi – Rugi daya Korona yang terjadi selama tahun 2018 di tiap-tiap Feeder yang ada pada Transmisi gardu Induk Tello Sulawesi Selatan. Nilai suatu Efisiensi itu merupakan suatu nilai yang menyatakan bahwa konduktor tersebut masih layak atau tidak untuk digunakan. Jika nilai Efisiensi nya dibawah 50% maka Konduktor yang terpasang wajib diganti secepatnya. Tetapi nilai suatu efisiensi di 7 feeder yang ada di TRAGI Tello masih mempunyai nilai efisiensi diatas dari 90% Data hasil perhitungan dapat kita lihat pada tabel X.

### D. Perbandingan Rugi – Rugi Daya Akibat Adanya Korona Pada Kondisi Cuaca Hujan dan Cuaca Cerah

Nilai Kerapatan Udara Relatif itu dipengaruhi pada kondisi suhu udara dan tekanan udara di sekitar konduktor . Jadi Nilai Kerapatan udara relatif tersebut akan mempengaruhi nilai Rugi – Rugi Daya Korona tersebut. Disini akan menunjukkan bahwa nilai Kerapatan Udara relatif Pada Cuaca Hujan lebih besar daripada cuaca cerah. Berdasarkan tabel maka dapat dibandingkan Rugi – Rugi Daya akibat adanya Korona pada saat keadaan hujan lebih besar dari Rugi – Rugi daya akibat adanya Korona pada saat keadaan cerah.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Jika nilai Tegangan Permukaan suatu Konduktor lebih besar dari nilai Tegangan Permukaan Kritis suatu konduktor maka Efek korona akan terjadi sehingga akan mempengaruhi besarnya Nilai Rugi – Rugi Daya Korona yang akan terjadi Pada Saluran Transmisi tersebut. Jika diameter suatu Konduktor semakin kecil maka Efek Korona akan semakin cepat terjadi sehingga akan mempengaruhi suatu besarnya Nilai Rugi – Rugi Daya Korona yang akan terjadi Pada Saluran transmisi tersebut. Nilai Rugi – Rugi Daya Korona yang terjadi Pada Saluran Transmisi GI Maros – GI Sidrap merupakan Feeder yang mengalami Rugi – Rugi Daya Korona yang paling kecil dibandingkan dengan Feeder – feeder lainnya yang ada di TRAGI Tello Sulawesi Selatan dengan nilai Rata – Rata Rugi – Rugi Daya perbulannya sebesar 2,476 kW/Fasa/Km.

### B. Saran

Saran yang ingin disampaikan ialah Nilai hasil perhitungan dapat diolah lebih lanjut untuk referensi menganalisa Efek Korona pada TRAGI Pangkep dan TRAGI Panakkukang, Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menganalisa Efek Korona pada Jenis Tower lainnya.

## V. KUTIPAN

- [1] S. Sudaryatno, "Analisis Sistem Tenaga," 2012.
- [2] W. Stevenson, *Elements Of Power System Analysis Third Edition*. 1988.
- [3] D. Pamungkas, "Studi Pengaruh Korona Terhadap Surja Tegangan Lebih Pada Saluran," 2015.
- [4] T. Gonen, *Electric Power Transmission System Engineering: Analysis and Design*. 1988.
- [5] T. S. Hutaeruk, *Transmisi Daya Listrik*. 1985.
- [6] Sulasno, *Analisis Sistem Tenaga*. 1993.
- [7] S. Rao, *EHV-ac, HVDC: Transmission and Distribution Engineering*. 1988.
- [8] L. M. Dirgantara, "Perhitungan Besar Rugi-Rugi Daya Korona Pada Sistem Saluran Transmisi 275kv Gi Mambong Malaysia - Gi Bengkayang Indonesia," *J. Teknol. Elektro*, 2018.
- [9] N. Kurniasih and D. P. Sari, "Analisis Pengaruh Akibat Korona Terhadap Rugi-Rugi Daya Saluran Udara Tegangan Tinggi 150kV," *J. Teknol. Elektro*, vol. 3, no. 2302–2949, 2014.
- [10] N. Naljadi, "Analisis Pengaruh Korona Terhadap Ditorsi Harmonik Gelombang Tegangan Pada Kubikel," 2010.

## RIWAYAT HIDUP



Penulis Penulis bernama lengkap Rudolfus Masarrang, anak Kelima dari Lima bersaudara. Lahir dari pasangan suami-istri Ir. Victor Masarrang (Ayah) dan (AlmH. Yosephine Randa Bunga,S.H (Ibu), di Manado pada tanggal 26 Agustus 1995. Sebelum menempuh jenjang pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, penulis telah menempuh pendidikan secara berturut-turut di SD St.Yoseph Medan (2001-2007), SMP St. Yoseph Medan(2007-2010) dan SMA St.Thomas 2 Medan (2010-2011), SMA

Katolik Cendrawasih (2011-2013). Pada tahun 2013, penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi Minat Teknik Tegangan Tinggi pada tahun 2015. Dalam menempuh pendidikan penulis melaksanakan Kuliah kerja nyata di desa Tombasian Atas Satu Kecamatan Kawangkoan Barat, dan Kerja Praktek di PLTA Tonsea Lama. Penulis selesai melaksanakan pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, Jurusan Teknik Elektro pada tanggal 31 Mei 2018.Selama menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, penulis aktif dalam organisasi baik itu di dalam lingkungan kampus maupun diluar lingkungan kampus.