

**STUDI RUGI DAYA LISTRIK AKIBAT KORONA PADA SALURAN UDARA  
TEGANGAN EKSTRA TINGGI (SUTET) 500 KV GARDU INDUK PEDAN-  
UNGERAN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**WISNU ANGGARA  
D400130051**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**STUDI RUGI DAYA LISTRIK AKIBAT KORONA PADA SALURAN  
UDARA TEGANGAN EKSTRA TINGGI (SUTET) 500 KV GARDU  
INDUK PEDAN-UNGERAN**

**PUBLIKASI ILMIAH**

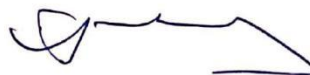
oleh:

**WISNU ANGGARA**

**D 400 130 051**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Ir. Jatmiko M.T.**

**NIK. 622**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI RUGI DAYA LISTRIK AKIBAT KORONA PADA SALURAN  
UDARA TEGANGAN EKSTRA TINGGI (SUTET) 500 KV GARDU  
INDUK PEDAN-UNGARAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**OLEH**

**WISNU ANGGARA**

**D 400 130 051**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Sabtu, 6 Juli 2019  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Dosen Penguji :**

**Ir. Jatmiko, MT.**

**(Ketua Penguji)**

**Umar, ST.MT.**

**(Anggota I Penguji)**

**Tindyo Prasetyo, ST.MT.**

**(Anggota II Penguji)**

**Dekan**



**Ir. Sri Sunarjon, M.T. Ph.D.**

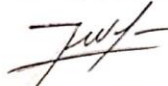
**NIK.628**

#### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 6 Juli 2019



WISNU ANGGARA  
D400130051

# **STUDI RUGI DAYA LISTRIK AKIBAT KORONA PADA SALURAN UDARA TEGANGAN EKSTRA TINGGI (SUTET) 500 KV GARDU INDUK PEDAN-UNGARAN**

## **Abstrak**

Korona merupakan suatu permasalahan yang patut diperhatikan dalam system transmisi daya listrik dengan suatu tingkat tegangan yang lebih tinggi, akibat dampak korona, selain merusak peralatan, berisik, dan mengganggu gelombang radio, akibat yang ditimbulkannya rugi-rugi daya yang besarnya berbanding lurus dengan panjang saluran transmisi. Melepaskan rugi-rugi daya yang di akibatkan korona, bisa dilakukan dengan memperbesar jarak antar kawat penghantar, memperluas penampang kawat penghantar dan transposisi jaringan transmisi. Penelitian ini membahas mengenai tentang rugi-rugi korona di dalam saluran Transmisi 500 kV yang menghubungkan gardu induk Pedan dengan gardu induk Ungaran. Perbedaan nilai rata-rata faktor kerapatan udara perbulannya berakibat kenaikan besar rugi-rugi daya korona yang cukup signifikan.

**Kata Kunci : korona, saluran transmisi, rugi daya.**

## **Abstract**

Corona is a problem that should be considered in the system of electric power transmission with a higher voltage level, due to the impact of the corona, besides damaging the equipment, noise, and disturbing radio waves, due to the resulting corona the loss of power losses is proportional to the length of the transmission . Release power losses caused by the corona, it can be done by increasing the distance between the delivery wires, extending the conductive wire cross section and transposing the transmission network. This study we discuss the corona losses in the 500 kV Transmission channel that connect the Pedan substation with the Ungaran substation. The difference in the average value of air density factors per month results in a large increase in significant corona power losses.

**Keyword: corona, transmission line, power loss.**

## **1. PENDAHULUAN**

Penerapan tingkatan tegangan yang lebih tinggi dalam penyaluran daya listrik memang sudah lama dilakukan, selain dapat meningkatkan efisiensi serta penurunan jatuh tegangan, penerapan tingkatan tegangan yang lebih tinggi juga dapat meningkatkan kapasitas daya yang ditransmisikan. Namun ada beberapa permasalahan yang timbul dalam penggunaan tingkatan tegangan yang lebih tinggi, karena seiring dilakukan peningkatan tegangan tersebut juga menimbulkan suatu gejala yang disebut korona. Hal ini menimbulkan rugi korona dan dampak negatif pada lingkungan seperti *Audible Noise (AN)* dan *Radio Interference (RI)* yang

terjadi pada saluran transmisi udara tegangan diatas 100 kV. Tegangan 500 kV adalah tingkat tegangan yang digunakan di Indonesia untuk SUTET maka perlu dilakukan analisis dampak korona nya.

Dengan membahas tentang rugi-rugi daya akibat korona juga diharapkan penyusun atau pembaca juga mendapat pengetahuan tentang kerugian yang timbul karena korona pada daya listrik, dan juga untuk penulis sendiri penyusunan analisa ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa rugi daya yang ditimbulkan akibat korona yang ditimbulkan pada saluran transmisi 500kV pada Gardu induk Pedan – Ungaran

## **1.1 Tinjauan Pustaka**

### **1.1.1 Pengertian Korona**

Korona adalah hasil dari terakselerasinya ionisasi didalam pengaruh suatu medan listrik. Ini adalah proses fisika dimana struktur molekul yang netral atau atom diubah karena benturan atom/molekul netral dengan electron bebas, photon atau ion Negatif. Korona sendiri berupa salah satu jenis peluahan parsial yang terjadi pada dielektrik peralatan listrik, peluahan yang terjadi tidak menghubungkan ruang antar elektroda – elektroda yang di diami dielektrik tersebut.

### **1.1.2 Sifat Korona**

Dalam suatu sistem isolasi atau elektroda dimana korona dapat terjadi bagian sumber korona. Wilayah dimana korona yang terjadi dinamakan lokasi korona (*corona sites*)

### **1.1.3 Gejala Korona**

Masalah umum korona yaitu dengan bertambah besarnya energy listrik dihubungkan melewati kawat transmisi, semakin besar juga kerugian yang di hasilkan, tetapi dengan demikian dapat diminimalkan dengan menaikantegangan daripada kawat tersebut, tetapi apabila menaikkan tegangan kerja transmisi akan muncul juga factor – factor lain yang sebelumnya tidak kelihatan dan masih diabaikan.

#### 1.1.4 Efek Korona

Efek korona dalam saluran transmisi antara lain, ketika terjadi arus bolak-balik (AC) mengalir konduktor dalam transmisi dengan jarak antar konduktor sampai konduktor lain lebih besar bila dibandingkan dengan diameter konduktor itu, udara disekitar konduktor yang terdiri dari ion-ion akan menjadi stress dielektrik. Efek korona dalam saluran transmisi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- a. Kondisi fisik saluran transmisi : tertumpuknya kotoran ataupun kekasaran konduktor mengurangi tegangan rusaknya kritis, menjadikan konduktor lebih rentan terhadap kerugian korona.
- b. Jarak konduktor, dibuat lebih besar daripada diameter garis.
- c. Keadaan atmosfer juga berpengaruh pada saluran transmisi karena ionisasi udara atmosfer yang memutar kabel.
- d. Akibat besarnya tegangan saluran transmisi, efek korona akan terlihat pada tegangan kritis 30kV, dan semakin lebih besar seiring dengan tegangan yang diterapkan dalam saluran transmisi.

## 2. METODE

### 2.1. Metode Perhitungan

Sesuai dengan formula Peek's maka perhitungan rugi-rugi korona dimulai dari perhitungan nilai kerapatan udara rata-rata yang ada di wilayah Ungaran (2017-2018), setelah itu menghitung nilai tegangan kritis disrupsi saluran transmisi per fasa, dan menghitung rugi-rugi korona sepanjang saluran transmisi 500 kV GI Pedan – GI Ungaran. Rugi-rugi daya akibat korona dapat dihitung dengan formula peek sebagai berikut:

$$P = \frac{A}{\delta} (f+25) r^2 (E_g - m^\delta E'_{g0}) 10^{-2}$$

keterangan :

$\delta$  = Faktor kerapatan udara

f = frekuensi (Hz)

r = Jari-jari kawat (cm)

A = luas penampang = 0,488 Untuk kawat padat dan untuk 0,375 kawat lilit

$E_g$ = gradient tegangan

$m = m_0 \cdot m_1$

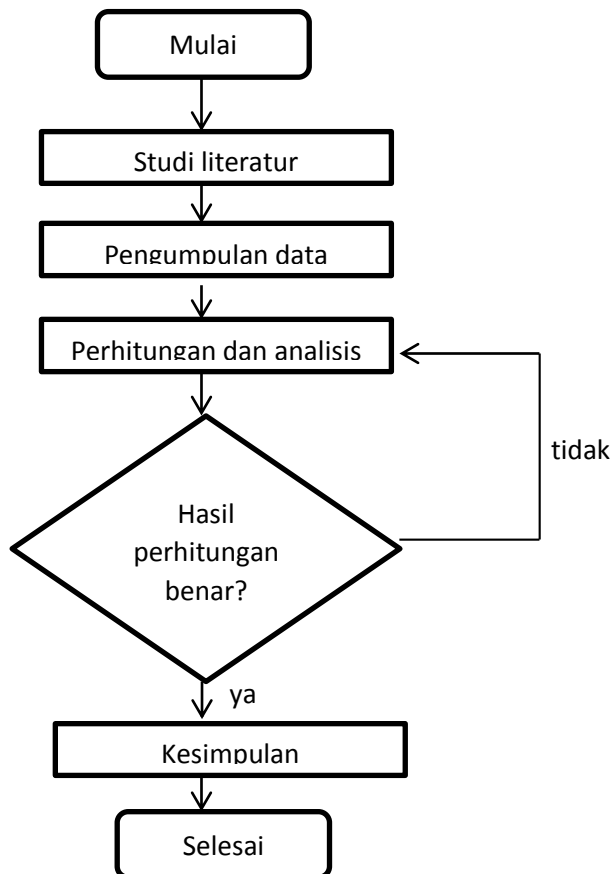
$m_0$ = faktor permukaan kawat, untuk kawat lilitan 0,83 – 0,87

$m_1$ = faktor udara, 1.0 untuk udara kondisi baik dan 0,8 untuk kondisi hujan

## 2.2 Data

Data-data yang akan pakai nantinya dalam perhitungan rugi-rugi daya korona akan disesuaikan dengan objek penelitian yaitu saluran udara tegangan ekstra tinggi 500 kV yang berlokasi di GI Ungaran.

## 2.3 Diagram Penelitian



## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber data Transmisi yang melewati Area Ungaran-Pedan pada 3 Agustus 2018.

R (resistan per fasa): 0,0880 ohm/km

D (jarak antar saluran): 11 m

$l$  (panjang saluran) : 75,31 km

$A$ (luas penampang) : 327,94mm<sup>2</sup>

Pr (daya penerimaan) : 140 MW  
 Q (daya reaktif) : 160 MVAR  
 Vr line : 517 KV  
 I (arus line) : 267 A  
 d (jarak antar kawat berkas) : 0,6 inci  
 b (Tekanan udara): mbar = 758,31 mmHg  
 t (suhu udara): 23,6<sup>0</sup>c  
 r (Jari-jari kawat satu konduktor) : 1,02 cm  
 f (Frekuensi sumber tenaga): 60 Hz  
 E (Tegangan fasa) : 517 KV  
 Ds : 0,927 kaki  
 m<sub>1</sub> : 1,0 untuk udara kondisi baik dan 0,8 untuk kondisi hujan  
 m<sub>0</sub> : 1,0 untuk permukaan kawat halus dan 0,83-0,87 untuk kawat lilit

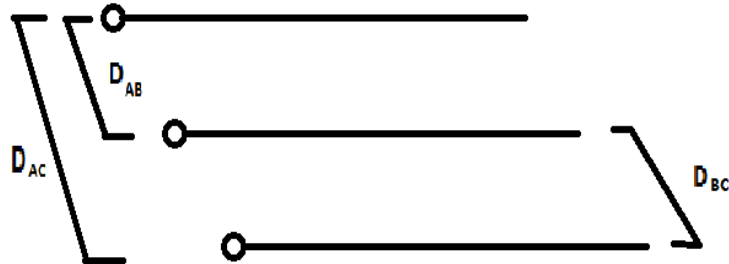
### 3.1 Analisa

Menghitung nilai reaktan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$X_L = 2\pi 60 \times 2.10^{-7} \times 10^3 \ln \frac{GMD}{GMR}$$

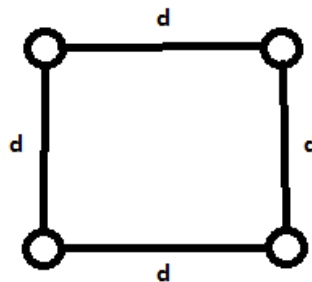
Mencari nilai GMD (*Geometric Mean Distance*) dan GMR (*Geometric Mean Radius*) dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut :

$$GMD = \sqrt[3]{D_{AB}D_{BC}D_{AC}}$$



Gambar 1.0

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



Gambar 1.1

Mencari nilai impedan dapat menggunakan rumus berikut :

$$Z = R + jX$$

Rumus – rumus diatas digunakan untuk menghitung tegangan pada ujung beban dan tegangan pengiriman, jatuh tegangan, rugi daya pada kawat penghantar, daya pengiriman, dan efisiensi pengiriman. Berikut adalah rumus – rumus yang digunakan :

a. Faktor daya :

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

P : Daya aktif (Watt)

S : Daya semu (Watt)

Q : Daya reaktif (VAR)

b. Beban tegangan pada ujung beban :

$$V_r = \frac{V_{rline}}{\sqrt{3}}$$

(Hutaruk, 1985:64)

$V_r$  : Tegangan penerimaan (Volt)

$V_{rline}$  : Tegangan kerja (Volt)

c. Tegangan pengiriman :

$$V_s = V_r + IZ$$

$V_s$  : Tegangan pengiriman

$V_r$  : Tegangan penerimaan

I : Arus (A)

Z : Impedan (Ohm)

d. Jatuh tegangan :

$$= \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\%$$

(Arismunandar dan Kuwahara, 1993:2)

e. Rugi daya pada kawat penghantar :

$$P_{resistan} = 3 \times I^2 \times R$$

f. Rugi korona :

$$P = \frac{A}{\delta} (f+25) r^2 (E_g - m^\delta E'_{g0}) 10^{-2}$$

(Arismunandar dan Kuwahara, 1993:3)

$f$  : frekuensi (Hz)

$E'_{g0}$  : 21,1 kV/cm

A : 0,375 untuk kawat lilit dan 0,448 untuk kawat padat

$m$  :  $m_0 \cdot m_1$

$\delta$  : kepadatan udara relatif

$r$  : jari – jari penghantar

$E_g$  : Gradien tegangan

g. Rugi daya total :

$$P_{rugi} = P_{resistan} + P_{korona}$$

- h. Daya pengiriman  
 $P_s = P_r + P_{\text{rugi}}$   
 $P_s$  : daya pengiriman  
 $P_r$  : daya penerimaan  
 $P_{\text{rugi}}$  : rugi daya pada kawat penghantar (Watt)
- i. Efisiensi transmisi
- j.  $\eta = \frac{P_r}{P_s} \times 100\%$

### 3.2 Hasil

- a)  $R_{\text{total}} = R \times l$   
 $= 0,0880 \times 75,31$   
 $= 6,6272 \text{ ohm}$
- b)  $GMD = \sqrt[3]{D_{AB}D_{BC}D_{AC}}$   
 $= \sqrt[3]{11 \times 11 \times 22}$   
 $= 13,8591 \text{ kaki}$   
 $= 4,2242 \text{ m}$
- c) GMR = jenis penghantar yang dipakai adalah DOVE dimana itu adalah jenis penghantar yang menggunakan kawat berkas 4 maka  $D_s = 0,927$  kaki, untuk merubahnya menjadi meter maka harus dikalikan dengan 0,3048.
- $$GMR = 1,09 \sqrt[4]{D_s \times d^3}$$
- $$= 1,09 \sqrt[4]{0,927 \times 0,3048 \times 0,6^3}$$
- $$= 0,1934 \text{ m}$$
- d)  $XL = 2\pi 60 \times 2,10^{-7} \times 10^3 \ln \frac{4,2242}{0,1934}$   
 $= 0,2323 \text{ } \Omega / \text{km}$   
 $X_{\text{total}} = 0,2323 \times 75,31$   
 $= 17,4945 \text{ } \Omega$
- e)  $Z = R + jX$   
 $= \sqrt{6,6272^2 + 17,4945^2}$   
 $= 18,7076 \text{ } \Omega$
- f) faktor daya dapat dicari sebagai berikut :
- $$P_r = 140 \text{ VMwatt}$$
- $$Q = 160 \text{ MVAR}$$
- $$S = \sqrt{140^2 + 160^2}$$
- $$= 212,603 \text{ Mwatt}$$
- Jadi  $\cos \phi = \frac{P}{S}$
- $$= \frac{140}{212,603}$$
- $$= 0,6585$$
- g) Tegangan kerja 517.000 Volt, sehingga tegangan penerimaan dapat dihitung dengan cara:

$$V_r = \frac{517000}{\sqrt{3}}$$

$$= 298.490,0891 \text{ volt}$$

Tegangan pengirim

$$V_s = V_r + IZ$$

$$= 298.490,0891 + 267 \times 18,7076$$

$$= 303.485,0183 \text{ volt}$$

Mencari besarnya jatuh tegangan

$$\frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\%$$

$$= \frac{303.485,0183 - 298.490,0891}{298.490,0891} \times 100\%$$

$$= 1,67\%$$

h) Rugi daya

$$P_{\text{resistan}} = 3 \times I^2 \times R$$

$$= 3 \times 267^2 \times 6,6272$$

$$= 1417339,382 \text{ Watt}$$

i) Rugi korona

Kepadatan udara relative

$$\delta = \frac{0,386b}{273+t}$$

$$= \frac{0,386 \times 758,31}{273+23,6^o}$$

$$= 0,9869$$

Gradien tegangan permukaan kawat untuk saluran transmisi 3 fasa

$$E_g = \frac{0,4343 E}{r \log_{10} \frac{D}{r}}$$

$$= \frac{0,4343 \times 517}{1,02 \log_{10} \frac{1100}{1,02}}$$

$$= 72,5834 \text{ kV/cm}$$

Rugi korona

$$P = \frac{A}{\delta} (f+25) r^2 (E_g - m^{\delta} E'_{g0}) 10^{-2}$$

Dengan:

$$E_{g0}: 21,1 \text{ kV/cm}$$

$$A: 0,448 \text{ kwat padat dan untuk } 0,375 \text{ kawatlilit}$$

$$m = m_0 \times m_1$$

$$= 0,83 \times 1,0$$

$$= 0,83$$

$$P = \frac{0,375}{0,9869} (60+25) 1,02^2 (72,5834 - 0,83 \times 0,9869 \times 21,1) 10^{-2}$$

$$= 18,582356338 \text{ kW/km}$$

$$= 18582,36338 \text{ w/km}$$

Rugikoronatotal

$$P_{\text{total}} = P \times l$$

$$= 18582,36338 \times 75,31$$

$$= 1399437,786 \text{ watt}$$

$$P_{\text{rugi}} = P_{\text{resistan}} + P_{\text{korona}}$$

$$= 1417339,382 + 1399437,786$$

$$= 2756777,168 \text{ watt}$$

Daya pengiriman

$$P_s = P_r + P_{\text{rugi}}$$

$$= 140000000 + 2756777,168$$

$$= 142756777,168 \text{ watt}$$

Efisiensi transmisi

$$\eta = \frac{P_r}{P_s} \times 100\%$$

$$= \frac{140000000}{142756777,168} \times 100\%$$

$$= 98,07\%$$

Jatuh tegangan pada jam 08.00 WIB cukup terbilang kecil, hanya 2,16% karena panjang disaluran yang pendek 75,31Km, maka besar resistansi pada kawat penghantar tidak terlalu besar, sedangkan pada efisiensi transmisi hampir mendekati 100%, maka kerugian diakibatkan terjadi sebesar 2.756.777,168 Watt.

Kerugian Korona dikatan persentase rugi daya

$$= \frac{P_{\text{korona total}}}{\text{Rugi daya total}} \times 100\%$$

$$= \frac{1.399.437.786}{2.756.777,168} \times 100\%$$

$$= 50,76\%$$

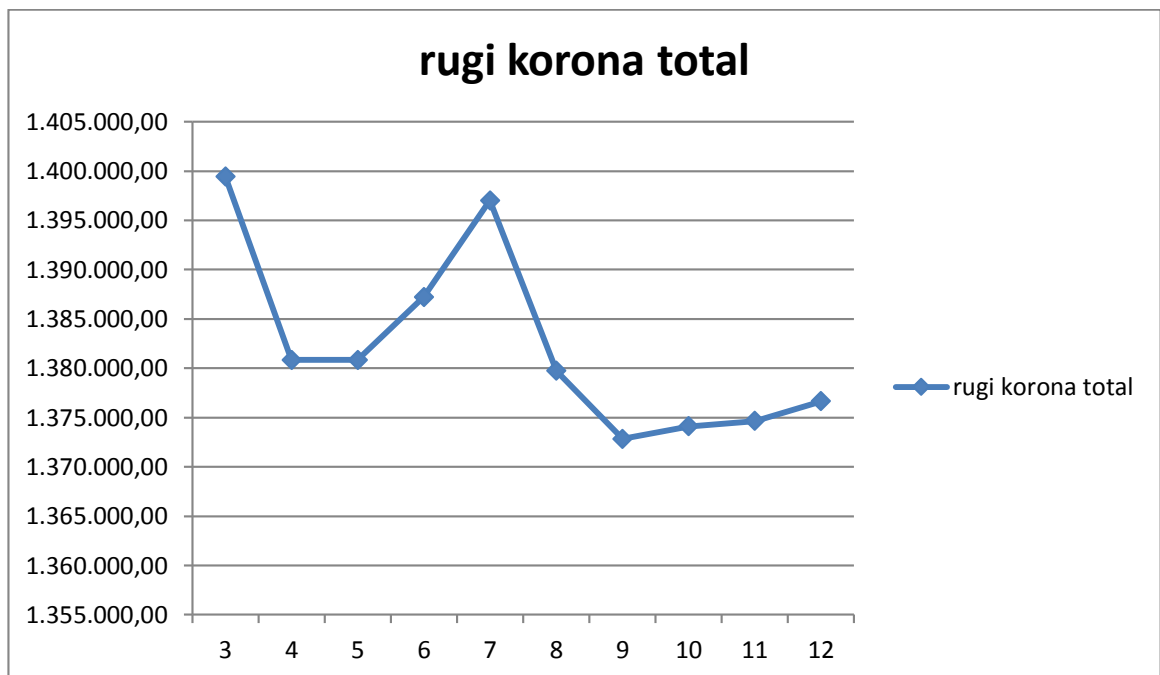
Kerugian korona yang terjadi pada 3 Agustus 2018 pada jam 08.00 WIB yaitu sebesar 1.399.437.786Watt sedangkan rugi daya yang terjadi yaitu sebesar 2.756.777.168Watt, maka yang di akibatkan dari korona yaitu sebesar 50,76% dan yang lainnya disebabkan oleh faktor lain misalnya karena penghantar, alam, isolator, dll.

Penghitungan ini dilakukan sampai dengan tanggal 12 Agustus 2018

Berikut adalah tabel kerugian daya selama penulis melakukan pengumpulan data

| Tanggal | Rugi korona total  | Rugi daya total   | Efisiensi | Rugi korona dalam persen |
|---------|--------------------|-------------------|-----------|--------------------------|
| 3       | 1.399.437,786 watt | 2.816.777,17 watt | 98,02%    | 49,68%                   |
| 4       | 1.393.316,790 watt | 2.810.656,17 watt | 98,04%    | 49,57%                   |
| 5       | 1.380.830,563 watt | 2.798.169,94 watt | 98,03%    | 49,35%                   |
| 6       | 1.387.235,951 watt | 2.804.575,33 watt | 98,03%    | 49,46%                   |
| 7       | 1.397.021,917 watt | 2.814.361,30 watt | 98,03%    | 49,63%                   |
| 8       | 1.379.737,009 watt | 2.797.076,39 watt | 98,04%    | 49,33%                   |
| 9       | 1.372.841,599 watt | 2.790.180,98 watt | 98,05%    | 49,20%                   |
| 10      | 1.374.107,872 watt | 2.791.447,25 watt | 98,04%    | 49,22%                   |
| 11      | 1.374.651,102 watt | 2.791.990,48 watt | 98,04%    | 49,23%                   |
| 12      | 1.376.645,738 watt | 2.793.985,12 watt | 98,04%    | 49,27%                   |

Tabel 1 Tabel kerugian daya



Grafik 1 Rugi korona total

### 3.3 Mengurangi Rugi Daya Korona

Menurut dari pemikiran saya rugi daya korona dapat dikurangi dengan cara menurunkan suhu dengan alat pengatur suhu atau mengubah bahan isolator pada kawat penghantar yang dengan bahan yang lebih dingin suhunya.

Penghitungan rugi daya korona bila suhunya diturunkan menjadi 18,6°

Kepadatan udara

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{0,386b}{273+t} \\ &= \frac{0,386 \times 758,31}{273+18,6^\circ} \\ &= 1,0038\end{aligned}$$

Rugi korona

$$\begin{aligned}P &= \frac{0,375}{1,0038} (60+25)1,02^2 (72,5834-0,83 \times 0,9869 \times 21,1)10^{-2} \\ &= 18171,73686 \text{ w/km}\end{aligned}$$

Rugi koronatotal

$$\begin{aligned}P_{\text{total}} &= P \times l \\ &= 18171,73686 \times 75,31 \\ &= 1.368.513,502 \text{ watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{rugi}} &= P_{\text{resistan}} + P_{\text{korona}} \\ &= 1417339,382 + 1.368.513,502 \\ &= 2.785.852,884 \text{ watt}\end{aligned}$$

Daya pengiriman

$$\begin{aligned} P_s &= P_r + P_{rugi} \\ &= 140.000.000 + 2.785.852,884 \\ &= 142.785.852,884 \text{ watt} \end{aligned}$$

Efisien transmisi

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_r}{P_s} \times 100\% \\ &= \frac{140000000}{142.759.088,47} \times 100\% \\ &= 98,05\% \end{aligned}$$

Rugi Korona persen

$$\begin{aligned} &= \frac{P_{korona \text{ total}}}{\text{Rugi daya total}} \times 100\% \\ &= \frac{1.368.513,502}{2.785.852,884} \times 100\% \\ &= 49,12\% \end{aligned}$$

Maka akan diperoleh hasil kerugian daya akibat korona sebesar 49,12% dari keseluruhan kerugian daya.

#### 4. Penutup

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada analisa yang dilakukan selama penelitian maka ditarik kesimpulannya:

1. Tegangan yang terjadi dalam transmisi tegangan sangat tinggi Ungaran – Pedan tergolong kecil sekali, tergolong dibawah standar, max 5% untuk batas atas dan max 10% pada batas bawah. Jatuh tegangan terbesar yang terjadi pada tanggal 3 Agustus 2018 pada jam 08.00 mencapai 3,64% dan tanggal 7 Agustus 2018 pada jam 18.00 sebesar 1,32%
2. Kerugian daya dalam saluran transmisi tegangan ekstra tinggi Ungaran – Pedan masih terlalu kecil sehingga tidak diperlukan penggantian alat pada saluran tersebut.
3. Nilai efisiensi dalam saluran transmisi tegangan sangat tinggi Ungaran – Pedan sangatlah baik rata – rata hampir mencapai 100%

##### 4.2 Saran

Dari penulis untuk peneliti rugi daya akibat Korona dalam saluran transmisi tegangan sangatlah besar Ungaran – Pedan, untuk peneliti selanjutnya sebaiknya pengambilan data dilakukan lebih lama agar dapat melihat detail naik atau turunnya kerugian yang terjadi.

## PERSANTUNAN

Laporan ini bisa diselesaikan akibat dari dukungan pihak yang membantu memberi sebuah masukan dan saran penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir. dan penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya sehingga dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir dengan lancar.
2. Muhammad SAW atas do'a dan ilmu dan amalan yang beliau ajarkan kepada umatnya
3. Ayah dan Ibu yang senantiasa telah membesarkan serta mendidik penulis dengan ketulusan hati yang luar biasa, serta senantiasa selalu mendoakan penulis
4. Kakak – kakak yang selalu mendukung untuk segala hal kepada penulis
5. GI Ungaran yang mempersilahkan penulis untuk melakukan pengambilan data
6. Bapak Ir. Jatmiko selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberi saran, masukan, dan ilmu kepada penulis
7. Sahabat penulis yang luar biasa
8. Sahabat dari teknik elektro
9. Teman satu angkatan yang luar biasa

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar.A.dan Kuwuhara. S. 1993.*Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Dr.Artono Arismunandar, *Teknik Tegangan Tinggi* : cetakan keempat, Pradnya Paramita, Jakarta, 1978
- Hutauruk.T.S.1985.*Transmisi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- Sulasno. 1993. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Semarang : Satya Wacana.