

## Analisa Efek Korona Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20 kV Pada Gardu Beton

Nurmiati Pasra<sup>1</sup>; Andi Makkulau<sup>2</sup>; Muhammad Oka Abriyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Sekolah Tinggi Teknik PLN, <sup>3</sup>PT Haleyora Power

<sup>1</sup>nurmiati@sttpln.ac.id; <sup>2</sup>andi.mk@sttpln.ac.id; <sup>3</sup>okaboedoetp9@gmail.com

### ABSTRACT

The main components of the installation in the Concrete substations are transformers and switching / protection equipment, assembled in civil buildings that are designed, built and functioned by the construction of masonry and concrete pairs. This construction is intended to fulfill the best requirements for electricity safety. The equipment for 20kV medium voltage relations of pair distribution substation is cubicle. PLN's voltage on the one-phase distribution is 11.5kV. with more high feeding stress arises the problem of isolation in the equipment inside the cubicle. The problem that often occurs in cubicles is corona, which is a phenomenon that occurs when air around an conductor or conductor is ionized. From this process there is a discharge that can lead to insulation failure in the air. Based on the influence of the partial pressure of the air on the corona, it can be analyzed the indication of whether or not a corona occurs in the cubicle. From the substation data used, it can be calculated the amount of power losses on the cubicle. From the substation data used, it can be calculated the magnitude of the power losses resulting from fatal distrubtion, because it can cause physical damage to the equipment in the cubicle, causing audio noise and power losses. Substation K-245 has RH = 80%,  $E_v = 3,94$  kV and  $P_{loss} = 3,88$  kW, then substation K-245 has RH = 86%,  $E_v = 4,37$  kV and  $P_{loss} = 3,45$  kW where the substations T-241 and K-245 are  $E_v < 11,56$ kV, then the cubicles are exposed to the corona. For substation T-407 has RH = 45%,  $E_v = 18,34$ kV, because  $E_v > 11,56$ kV then the cubicle is not exposed to the corona.

**Keywords:** cubicles, corona appearance, corona, power loss

### ABSTRAK

Gardu beton komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan switching/proteksi, terangkai di dalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton. Konstruksi ini dimaksudkan untuk pemenuhin persyaratan terbaik bagi keselamatan ketenagalistrikan. Perlengkapan hubung tegangan menengah 20 kV gardu distribusi pasangan dalam adalah kubikel. Tegangan kerja PLN di sisi distribusi satu fasa adalah 11,56kV. Dengan semakin tingginya tegangan maka timbul persoalan isolasi pada peralatan di dalam kubikel. Persoalan yang sering terjadi di kubikel saat ini adalah korona, yaitu suatu fenomena yang terjadi pada saat udara di sekitar konduktor atau penghantar terionisasi. Dari proses tersebut terjadilah pelepasan muatan yang dapat mengakibatkan kegagalan isolasi pada udara. Berdasarkan pengaruh tekanan parsial udara terhadap korona maka dapat dianalisa indikasi terjadi atau tidak terjadi korona pada kubikel. Dari data gardu yang digunakan, maka dapat dihitung besarnya rugi-rugi daya Akibatnya fatal karena bisa menimbulkan kerusakan fisik pada peralatan di dalam kubikel, menyebabkan audio noise dan rugi-rugi daya. Gardu T-241 memiliki RH = 80%,  $E_v = 3,94$  kV dan  $P_{loss} = 3,88$  kW sedangkan Gardu K-245 memiliki RH = 86%,  $E_v = 4,37$  kV dan  $P_{loss} = 3,45$  kW dimana Gardu T-241 dan K-245  $E_v$  nya  $< 11,56$  kV, maka kubikel terkena korona. Untuk gardu T-407 memiliki RH = 45%,  $E_v = 18,34$  kV, karena  $E_v > 11,56$  kV maka kubikel dinyatakan tidak terkena korona.

**Kata kunci:** Kubikel, Tegangan pemunculan korona, Korona, rugi-rugi daya

## 1. PENDAHULUAN

Gardu beton merupakan bangunan gardu yang berisi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM). Trafo Distribusi dan PHB-TR yang terangkai dalam sebuah bangunan sipil yang dirancang di bangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton, bertujuan untuk memenuhi kriteria terbaik bagi sistem keamanan ketenagalistrikan. Pada Gardu beton terdapat PHB-TM atau kubikel yang merupakan peralatan yang menggunakan tegangan tinggi pada pengoperasiannya. Pada tegangan tinggi inilah berpotensi untuk timbulnya korona, dimana medan listrik di sekitar kawat atau konduktor ditimbulkan oleh tegangan tinggi tersebut. Aktivitas korona pada kubikel tegangan tinggi merupakan sumber utama terjadinya kegagalan pada isolasi. Kegagalan isolasi peralatan pada kubikel merupakan permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan listrik khususnya PT. HALEYORA Power yang bergerak dibidang operasi dan distribusi. Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa penurunan kualitas isolasi menyebabkan 90% kegagalan listrik pada peralatan tegangan tinggi. Peristiwa korona ini ditandai dengan adanya bunyi desis, bau ozon dan kilatan cahaya seragam pada permukaan elektroda.

Faktor suhu *mainhole* dan *indoor* kabel juga termasuk faktor penting yang menyebabkan korona pada kubikel. Suhu *mainhole* harus lebih dari 28°C untuk menjaga kubikel tidak terjadi kelembaban Untuk menjaga kubikel tidak terjadi kelembaban, heater di dalam kubikel harus hidup pada saat pengoperasian kubikel. Indoor kabel adalah tempat masuknya kabel SKTM 20 kV ke terminasi kubikel. Indoor kabel termasuk salah satu faktor penyebab korona dikarenakan kebanyakan indoor kabel terdapat lubang dan menyebabkan udara dari luar masuk ke dalam kubikel. Udara dari luar mempengaruhi kelembaban di dalam kubikel. Kubikel 20 kV adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu hubung distribusi yang berfungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung pengontrol dan proteksi sistem penyaluran tenaga listrik tegangan 20 kV.

Pada penelitian tentang rancang bangun kontrol suhu dan kelembaban pada sistem distribusi tenaga listrik kubikel 20 kV, dengan diketahui rugi-rugi akibat korona bisa di minimalisir dimana nilai tegangan pengrusak bisa dihilangkan dengan mengoptimalkan nilai kelembaban (RH) dan suhu (T) pada kubikel [5]. Kriteria Desain Enjiniring Konstruksi dan Standar Konstruksi Jaringan Tenaga Listrik termasuk Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik ini masih mengacu pada Konsultansi Sofrelec dari Perancis, dengan pembumian sistem tahanan rendah (12  $\Omega$  dan 40  $\Omega$ ) berlaku di Jaringan Distribusi DKI Jakarta, Jawa Barat, Bali dan sebagian Unit di luar Jawa. [8].

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang diatas adalah seberapa besarkah efek korona pada kubikel 20 kV dan bagaimana cara menghitung rugi-rugi yang dihasilkan oleh korona. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa penanggulangan efek korona pada kubikel, rugi-rugi yang diakibatkan oleh fenomena korona dan efek pada kubikel yang diakibatkan oleh korona.

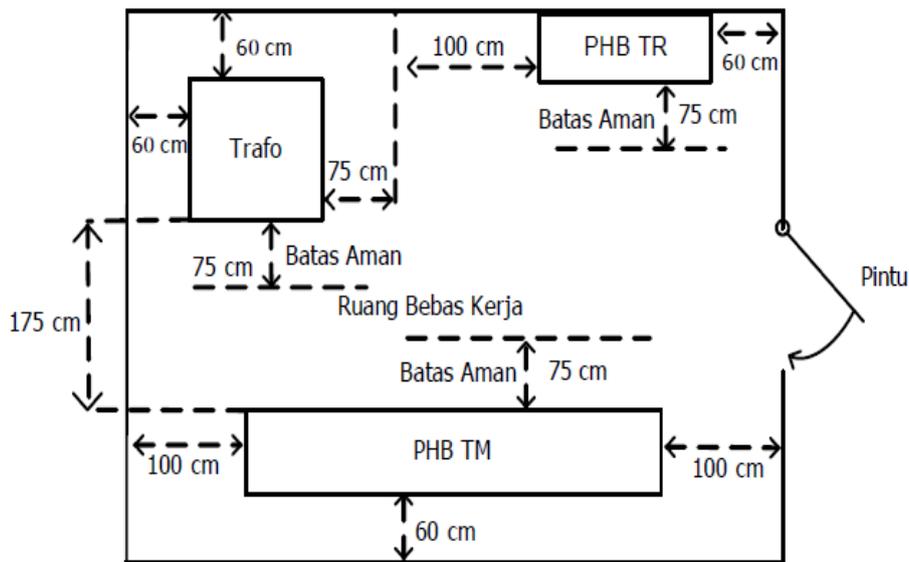
## 2. METODE PERANCANGAN DAN PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode hasil inspeksi yang dilakukan pada 3 (tiga) tempat. Posko Menteng kubikel T-241 arah GI Gedung dan kubikel K-245 arah PGDB diindikasikan adanya terdengar suara desis yang sangat bisung dan tercium bau ozon dari

sekitar kubikel tersebut yang terindikasi terjadi fenomena korona. Sedangkan pada kubikel di Gardu T-407 tidak terindikasi terjadi fenomena korona, hal ini dikarenakan pada kubikel tidak terdengar suara bising atau berbau ozon. Berdasarkan pengaruh tekanan parsial udara terhadap korona maka dapat dianalisa indikasi terjadi atau tidak terjadi korona pada kubikel tersebut. Dari data gardu yang digunakan sebagai sampel, maka dapat dihitung besarnya rugi-rugi daya

**2.1. Konstruksi Gardu Beton**

Pada Gardu Beton, karena seluruh peralatan berada dalam ruang tertutup, bangunan gardu secara keseluruhan tidak dipersyaratkan ruang bebas hambatan atau *Right of Way* (ROW) dari tegangan sentuh. Menurut standar, pengaturan tata-letak peralatan pada gardu beton pelanggan umum atau pelanggan khusus adalah : PHB-TR ditempatkan pada sisi masuk sebelah kiri atau sebelah kanan, Jarak antara PHB-TM dengan dinding sebelah kiri kanan tidak kurang dari 1 meter, Jarak bagian belakang PHB atau badan trasformator dengan dinding gardu minimal 60 cm. Cukup tersedia ruang untuk petugas berdiri dari depan PHB-TR minimal dari 75 cm, Ruang gardu harus dilengkapi man-hole, tersedia tempat untuk cadangan tambahan kubikel PHB-TM sekurang-kurangnya 1(satu) buah.

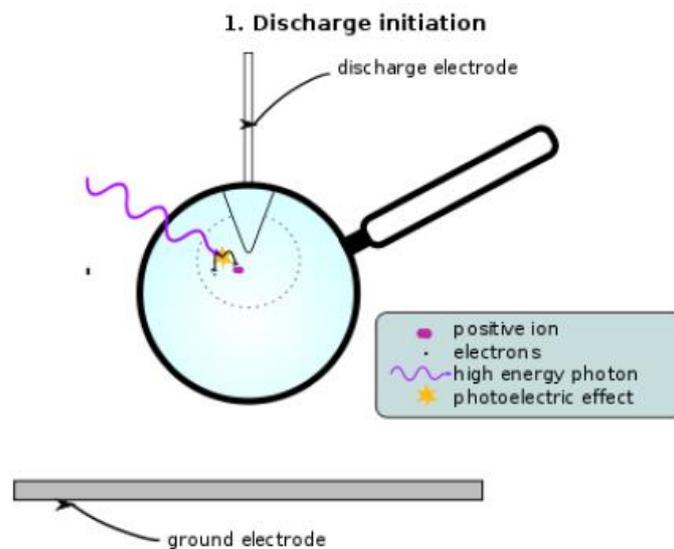


**Gambar 1.** Peletakan (*lay out*) perlengkapan gardu beton

### 2.3. Korona

Korona adalah suatu fenomena yang terjadi pada saat udara di sekitar konduktor atau penghantar terionisasi. Dari proses tersebut terjadilah pelepasan muatan yang dapat mengakibatkan kegagalan isolasi pada udara. Mekanisme terjadinya korona:

1. Sebuah molekul atau atom netral medium, di dalam sebuah wilayah medan listrik yang kuat (seperti gradien potensial yang tinggi di dekat elektrode melengkung) diionisasikan oleh peristiwa tumbukan dan menciptakan sebuah ion positif dan elektron bebas.



**Gambar 2.** Mekanisme awal terjadinya pelepasan muatan

2. Medan listrik beroperasi pada partikel-partikel bermuatan lalu memisahkan, mencegah penggabungan kembali, serta mempercepat partikel-partikel itu, memberikan energi kinetik ke setiap partikel.
3. Sebagai akibat dari peningkatan energi pada elektron lebih jauh lagi sejumlah pasangan ion elektron/positif bisa diciptakan dengan menabrakkan atom-atom netral. Lalu mengalami proses pemisahan yang sama. Proses pemisahan ini menciptakan sebuah longsor elektron.
4. Dalam berbagai proses yang membedakan korona positif dengan negatif, proses energi plasma ini diubah menjadi disosiasi elektron tahap awal untuk menyebabkan longsor lebih jauh lagi.
5. Banyak ion terbentuk di dalam rangkaian longsor ini (yang berlainan antara korona positif dengan negatif) ditarik ke elektrode tak melengkung, melengkapi sirkuit dan mempertahankan aliran arus.

### 2.4. Pengaruh Tekanan Parsial Udara Terhadap Korona

Ionisasi udara mengakibatkan redistribusi tegangan pada gradien tegangan, ini menyebabkan gradien udara di antara dua elektroda lebih besar dari gradien udara normal, hal ini bisa menyebabkan terjadi lompatan api. Bila hanya sebagian udara antara

dua elektroda yang terionisasikan, maka korona merupakan sampul (*envelope*) mengelilingi elektroda. Gradien tegangan seragam yang dapat menimbulkan ionisasi kumulatif di udara normal (250 C, 76 cmHg) adalah 30 kV/cm. Apabila tegangan bertambah secara perlahan-lahan maka gradien kegagalan 30kV/cm, sehingga kegagalan udara dan flashover akan menjadikan hubungan singkat kedua piringan. Hukum Peek menjelaskan bagaimana tegangan listrik yang dibutuhkan untuk memancing munculnya pelepasan muatan korona diantara dua penampang baik kawat fasa terhadap kawat fasa lainnya maupun kawat fasa ke netral atau pembumian pada body suatu sistem.

$$E_v = m_o \cdot g_v \cdot r \cdot \ln \left( \frac{S}{r} \right) \tag{1}$$

$$g_v = g_o \delta \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta r}} \right) \tag{2}$$

Dimana,

- Ev = tegangan pemunculan korona (kV)
- m<sub>o</sub> = Tetapan kekasaran penghantar/elektroda (0,8 untuk kabel)
- r = Jari – jari (cm)
- S = Jarak antara kawat penghantar (cm)
- g<sub>v</sub> = Medan listrik visual kritis (kV/cm), gradien pada medan listrik untuk mempengaruhi collision pada molekul bebas disekitar penghantar
- g<sub>o</sub> = medan listrik pengrusak (kV/cm) dimana g<sub>o</sub>= Vb = 10 kV/cm
- δ = faktor densitas
- r = jari-jari penghantar (cm)

g<sub>o</sub> adalah kemampuan udara untuk menahan tegangan kerja, sebagai acuan untuk gradien potensial, tegangan tembus dapat digunakan untuk mencari gradien visual pengrusak. Yang digunakan untuk mencari tegangan pemunculan korona, dimana korona akan muncul apabila tegangan kerja sistem (E) melebihi tegangan pemunculan korona (Ev). Untuk rugi – rugi daya yang didapat dari korona adalah :

$$P_{loss} = 241 \cdot (f + 25) \cdot \sqrt{\frac{r}{S}} \cdot (E_n - E_v)^2 \cdot 10^{-5} \tag{3}$$

dimana,

- P<sub>loss</sub> = Rugi daya akibat korona (kW)
- E<sub>n</sub> = Tegangan kerja pada penghantar fasa ke netral (kV)
- E<sub>v</sub> = Tegangan pemunculan korona (kV)
- f = frekuensi kerja pada penghantar (f)

Kerapatan uap air merupakan massa uap air per satuan volume udara yang mengandung uap air tersebut. (kelembaban mutlak)

$$\rho = M / V \tag{4}$$

dari Hukum Gas Ideal, dimana

$$p V = n R T \tag{5}$$

maka didapatkan kerapat uap air, yakni

$$\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} \tag{6}$$

dimana:

- ρ = kerapatan uap air (kg m<sup>-3</sup>)
- M = massa uap air (kg)
- n =  $\frac{m}{M}$  = jumlah mol m / Mv dan Mv [18.016 untuk uap (H<sub>2</sub>O)]

- $V$  = volume udara ( $m^3$ )  
 $p$  = Tekanan uap air (bar)  
 $R$  = Tetapan gas umum ( $0,082 \text{ Latm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ )  
 $T$  = suhu mutlak (K)

*Relative humidity* (kelembaban relatif) adalah perbandingan antara kelembaban aktual dengan kapasitas udara untuk menampung uap air.

$$RH = \frac{e_a}{e_s} \cdot 100\% \quad (7)$$

dimana:

- $e_a$  = kelembaban aktual atau tekanan uap air parsial / tekanan parsial uap air jenuh  
 $e_s$  = kapasitas udara untuk menampung uap air/tekanan uap jenuh / tekanan saturasi

Massa jenis udara relatif adalah perbandingan antara massa jenis udara standar dan massa jenis udara jenuh sehingga,

$$\rho(\text{udara relatif}) = \rho(\text{udara standar})/\rho(\text{uap air jenuh}) \quad (8)$$

sedangkan faktor densitas atau faktor kerapatan partikel udara adalah,

$$\delta = \rho(\text{udara}) / \rho(\text{SATP}) \quad (9)$$

dimana,

- $\delta$  = rapat partikel udara relatif pada saat pengukuran  
 $\rho(\text{uap air jenuh})$  = masa jenis uap air jenuh dalam udara ( $\text{kg/cm}^3$ )  
 $\rho(\text{udara standar})$  = masa jenis udara standar ( $1,2 \text{ kg/cm}^3$  pada  $760 \text{ mmhg}$   $27^\circ\text{C}$ )  
 $\rho(\text{udara relatif})$  = masa jenis relatif udara saat pengukuran ( $\text{kg/cm}^3$ )  
 $\rho(\text{SATP})$  = 1 (faktor densitas pada SATP = Standard ambient temperature and pressure)

Ukuran diameter dari konduktor juga mempengaruhi fenomena terjadinya korona, konduktor dengan diameter lebih besar akan memiliki medan listrik lebih kecil dibandingkan pada konduktor dengan diameter yang lebih kecil. Konduktor dengan diameter lebih besar memiliki tegangan awal korona lebih besar dibandingkan dengan diameter yang lebih kecil. Pada konduktor dengan diameter lebih kecil atau ujungnya runcing akan memiliki medan listrik yang lebih tinggi dikarenakan elektron terkumpul disatu titik tidak menyebar, sehingga peristiwa korona semakin mudah terjadi. Itu sebabnya mengapa pada penangkap petir konduktor ujungnya dibuat meruncing.

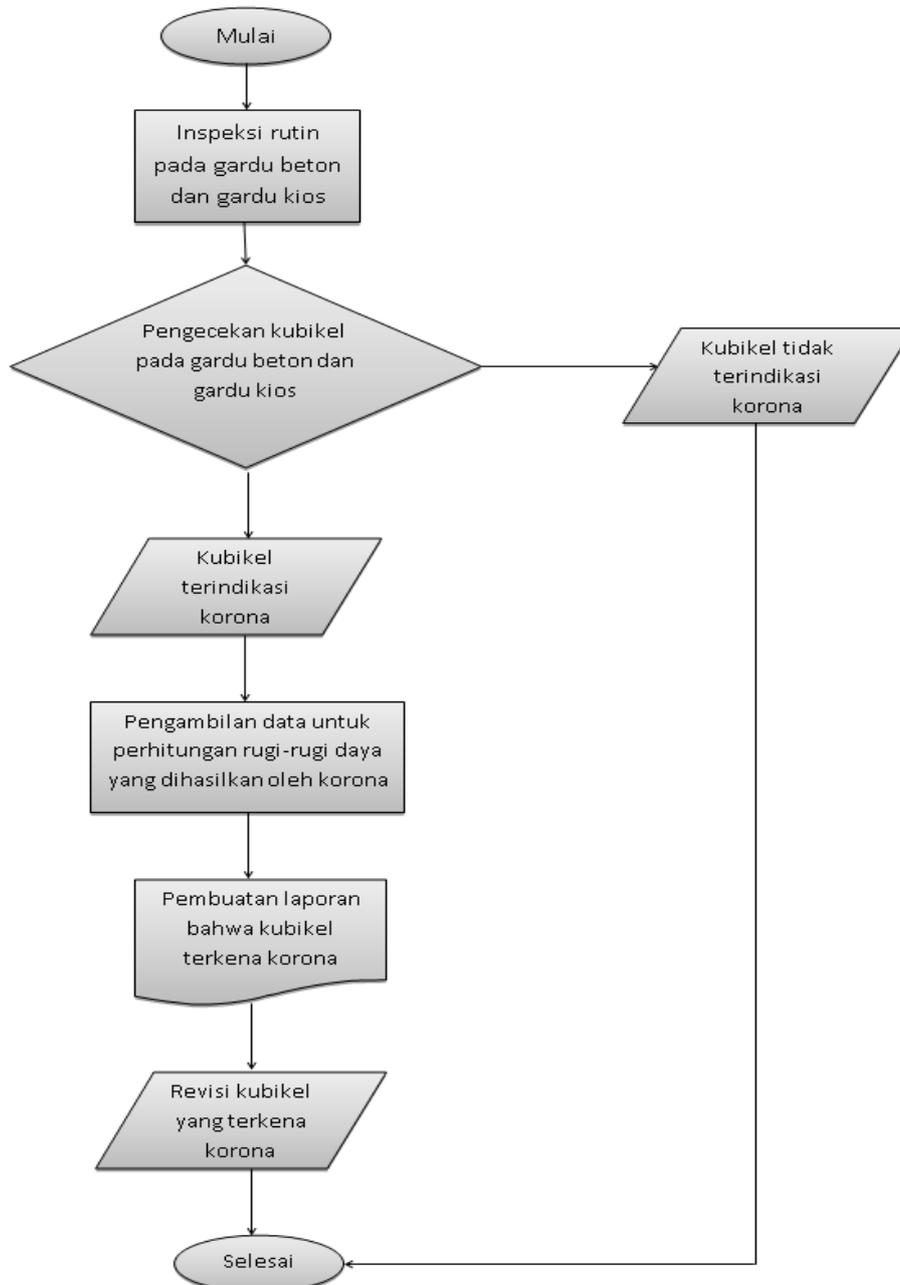
Bentuk permukaan dan kondisi dari konduktor juga mempengaruhi pembentukan korona. Pada permukaan yang tidak rata dan kotor akan mengurangi nilai dari tegangan kegagalan awal korona sehingga korona dapat terjadi pada tegangan yang lebih rendah. Ini dikarenakan medan listrik pada permukaan yang kasar akan lebih besar dibandingkan dengan konduktor yang memiliki permukaan yang halus.

Sehingga pada permukaan kasar korona yang terjadi lebih besar dibandingkan kawat halus. Untuk kawat transmisi terdapat suatu faktor yang dinamakan faktor ketidakteraturan ( $m_0$ ). Maksudnya merupakan ketidakteraturan dari bentuk permukaan kawat. Dalam kondisi normal faktor permukaan kawat pada Tabel 1

**Tabel 1.** Hubungan Kondisi Permukaan Kawat dengan Nilai  $m_0$

Kondisi permukaan kawat	$m_0$
Halus	1.0
Kawat padat yang kasar	0.93 – 0.98
Kawat tembaga rongga	0.90 – 0.94
Kawat lilit 7	0.82 – 0.87
Kawat lilit 19-61	0.80 – 0.85

Teknik analisa dalam pengambilan data dijelaskan pada diagram gambar 5.



**Gambar 5.** Diagram alir

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data-data yang yang digunakan dalam analisa adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. Data Gardu**

Data	Gardu T-241	Gardu K-245	Gardu K-245
Merk kubikel	Merlin gerin	GAE	Sneider electric
Kubikel terindikasi korona	Kubikel T241 arah GI GD POLA	Kubikel K245 arah PGDB	Kubikel T407 arah T245
RH (Relative humadity)	80 %	86 %	45 %
Suhu (T)	30°C (30 + 273 = 303°K)	27°C (27 + 273 = 300°K)	38°C (38 + 273 = 300°K)
$V_b / g_0$ (Tegangan tembus)	10 K V/cm	10 Kv/cm	42 Kv/cm
Jari-jari penghantar/ konduktor (r) (Kabel XLPE 240 mm <sup>2</sup> )	2.74 cm	2.74 cm	2.74 cm
$m_o$ (Kabel XLPE 240 mm <sup>2</sup> )	0.8	0.8	0.8
Jarak antara penghantar fasa dan netral (S) (Kkabel XLPE 240 mm <sup>2</sup> )	20 cm	20 cm	20 cm

**3.1. Perhitungan Rugi-Rugi Daya**

Berdasarkan data-data gardu pada tabel 2, dapat dihitung rugi-rugi daya yang di dapat dari korona yang terjadi. Hasil perhitungan untuk gardu T-241 adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan kelembaban aktual didapatkan data berikut:

Data es pada suhu 30°C = 0,0425 bar, maka berdasarkan persamaan (7) kelembaban aktual dapat diperoleh sebagai berikut:

$$RH = \frac{ea}{es} . 100\%, \text{ jadi}$$

$$Ea = \frac{(RH . es)}{100 \%} = \frac{(80\% . 0.0425)}{100 \%} = 0,034 \text{ bar}$$

2. Kerapatan uap air jenuh memakai persamaan (6) berikut:

$$\rho(\text{uap air jenuh}) = \frac{ea . M}{R . T} = \frac{0,034 . 18}{0,082 . 303} = 0,024 \text{ gr/cm}^3$$

dimana:

$$M = 18 \text{ kg (Mv = 18.016 untuk uap H}_2\text{O)}$$

$$R = 0.082 \text{ Latm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ (Tetapan gas umum)}$$

3. Massa jenis udara relative memakai persamaan (8) berikut:

$$\rho(\text{udarastandar}) = \text{masa jenis udara standar}$$

$$= 1,2\text{kg/cm}^3 = 0.0012 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho(\text{udara relatif}) = \rho(\text{udara standar}) / \rho(\text{uap air jenuh}) = \frac{(0,0012)}{0,024} = 0,05$$

4. Rapat udara relatif memakai persamaan (9) berikut:

$$\delta = \frac{\rho(\text{udara})}{\rho(\text{SATP})}, \text{ dimanap(SATP)} = 1$$

$$= \frac{(0,05)}{1} = 0,05$$

5. Gradien perusak korona memakai persamaan (2) berikut:

$$g_v = g_0 \delta \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta} r} \right) = 10 \cdot 0,05 \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{0,05} \times 2,74} \right) = 0,906 \text{ kV/cm}$$

6. Tegangan pemunculan korona memakaipersamaan (1) berikut :

$$E_v = m_o \cdot g_v \cdot r \cdot \ln \left( \frac{S}{r} \right) = 0,8 \cdot 0.906 \cdot 2,74 \cdot \ln \left( \frac{20}{2,74} \right) = 3,94 \text{ kV}$$

Pada kabel penghantar 20 kV (XLPE 240 mm<sup>2</sup>) memiliki 3 fasa dimana pada disetiap fasa mengalir tegangan sebesar  $E = \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 11,56 \text{ kV}$ , sehingga tegangan 1 phasa ke netral sebesar 11,56 kV. Nilai tegangan phasa ke netral lebih besar dari tegangan pemunculan korona yakni 3,94 kV, sehingga menyebabkan munculnya korona pada kubikel T-241 arah GI Gedung pola. Dengan muncul korona tersebut pada kubikel T-241 arah GI Gedung pola menghasilkan rugi-rugi daya yang diperoleh dari korona. Besarnya rugi-rugi daya dengan menggunakan persamaan (3) berikut :

$$P_{\text{loss}} = 241 \cdot (f + 25) \cdot \sqrt{\frac{r}{s}} \cdot (E_n - E_v)^2 \cdot 10^{-5}$$

$$P_{\text{loss}} = 241 \cdot (50 + 25) \cdot \sqrt{\frac{2,74}{20}} \cdot (11,56 - 3,94)^2 \cdot 10^{-5} = 3,88 \text{ kW}$$

**Tabel 3.** Data Hasil perhitungan

Data	Hasil perhitungan pada Gardu		
	T-241	K-245	T-407
es	30°C = 0,0425 bar	27°C = 0,0357 bar	38°C = 0,066 bar
kelembaban actual (ea)	0,034 bar	0,03 bar	0,03 bar
$\rho(\text{uap air jenuh})$	0,024 gr/cm <sup>3</sup>	0,021 gr/cm <sup>3</sup>	0,021 gr/cm <sup>3</sup>
$\rho(\text{udara relatif})$	0,05	0,057	0,057
Rapat udara relatif ( $\delta$ )	0,05	0,057	0,057
Gradien perusak korona ( $g_v$ )	0.906 k V/cm	1,004 k V/cm	4,21 k V/cm
Tegangan pemunculan korona ( $E_v$ )	3.94 kV	4,37 kV	18,34 kV
tegangan 1 phasa ke netral (E)	11,56 kV	11,56 kV	11,56 kV
rugi-rugi daya ( $P_{\text{loss}}$ )	3,88 kW	3,45 kW	-

### 3.2 Analisa

Hasil dari perhitungan dapat dibuat analisa untuk sample data kubikel pada gardu beton di area Menteng, yaitu gardu T-241, gardu K-245 dan gardu T-407.

1. Hasil inspeksi oleh tim pada posko Menteng, pada kubikel T-241 arah GI Gedung pola terdengar suara desis yang sangat bising dan tercium bau ozon dari sekitar

kubikel tersebut dari indikasi tersebut maka kubikel T-241 tersebut terindikasi terkena korona. Dari hasil perhitungan tegangan pemunculan korona pada kubikel T-241 didapatkan hasil sebesar 3,94 kV dan tegangan 1 phasa ke netral 11,56 kV nilai tegangan ini lebih besar dari tegangan pemunculan korona, hal tersebut memastikan penyebab munculnya korona pada kubikel T-241 arah GI Gedung pola. Dengan terbuktinya kubikel T-241 arah GI gedung pola terindikasi terkena koronamaka rugi-rugi daya yang didapat dari terkena korona tersebut adalah 3,88 kW.

2. Pada kubikel K-245 arah PGDB juga terdengar suara desis yang sangat bising dan tercium bau ozon dari sekitar kubikel tersebut, hal tersebut menyebabkan terindikasi terkena korona. Dari hasil perhitungan tegangan pemunculan korona pada kubikel K-245 arah PGDB adalah 4,37 kV dan tegangan 1 phasa ke netral 11,56 kV yang lebih besar dari tegangan pemunculan korona 4,37 kV. Hal ini menyebabkan munculnya korona pada kubikel K-245 arah PGDB dan terbukti bahwa kubikel K-245 arah PGDB terindikasi terkena korona. Dengan muncul korona pada kubikel K-245 arah PGDB maka besarnya rugi-rugi daya dari korona adalah 3,45 kW.
3. Pada setiap kubikel di Gardu T-407 tidak terindikasi terjadi fenomena korona, hal ini dikarenakan pada setiap kubikel tidak terdengar suara bising atau berbau ozon. Dari hasil perhitungan tegangan pemunculan korona didapatkan hasil 18,34 kV dan tegangan 1 phasa ke netral 11,56 kV lebih kecil dari tegangan pemunculan korona 18,34 kV. Hal ini menyebabkan tidak munculnya korona di kubikel T-407 arah T-425. Karena tidak ada korona yang muncul maka tidak terdapat rugi-rugi daya pada kubikel T-407 arah T-425.

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Rugi-rugi akibat korona bisa di minimalisir dimana nilai tegangan pengrusak bisa dihilangkan dengan mengoptimalkan nilai kelembaban (RH) dan suhu (T) pada kubikel, saat RH rendah dan T tinggi nilai  $E_v$  menunjukkan angka yang lebih besar dari tegangan kerja sistem kubikel. Pada Kubikel T-241 arah GI Gedung polahasil perhitungan didapatkan  $E_v = 3,94$  kV karena lebih kecil dari tegangan kerja satu fasa (11,56 kV) maka kubikel T-241 arah GI Gedung pola dinyatakan terkena korona dan pada Kubikel K-245 arah PGDB hasil perhitungan didapatkan  $E_v = 437$  kV, karena lebih kecil dari tegangan tegangan kerja satu fasa (11,56 kV) maka kubikel K-245 arah PGDB dinyatakan juga terkena korona. Pada Kubikel T-407 arah T-245, besarnya  $E_v = 18,34$  kV karena  $E_v$  lebih besar tegangan kerja satu fasa (11,56 kV) maka kubikel T-407 arah T-425 dinyatakan tidak terkena korona. Dikarenakan  $E_v$  lebih besar dari tegangan kerja satu fasa maka Ploss tidak bisa dihitung.

Disarankan pada saat dilakukan inspeksi gardu, kedepannya petugas inspeksi harus dilengkapi peralatan-peralatan seperti alat UDS, Flux dan alat yang sejenis untuk menentukan korona pada kubikel. Pada saat *energize* kubikel harus diperhatikan sumber AC 220 untuk *heater* karena sering ditemukan *heater* tidak hidup, faktor ini salah satu yang menyebabkan timbulnya korona.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Diucapkan terima kasih kepada PT Haleyora Power dan PT Haleyora Power Region V Disjaya Area Menteng atas segala bantuan pada saat pengambilan data.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Bosco, Don. (2008). Analisis dan simulasi tegangan awal terbentuknya korona pada model kubikel. Indonesia: Jurusan Teknik ElektroFakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [2] F.W. Peek. (1915). Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering, USA: McGraw-Hill.
- [3] Grainger, Stevenson. (1994). *Power Sistem Analysis*. USA : McGraw-Hill.
- [4] Halliday Resnick. (1978). Fisika Jilid 1 Edisi Ketiga (Pantur Silaban & Erwin Sucipto, Penerjemah.). Jakarta: Erlangga.
- [5] Rachmat Munggaran Zuansah. (2015). rancang bangun kontrol suhu dan kelembaban pada sistem distribusi kubikel 20 kV. Indonesia: Jurusan FisikaFakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jendral Ahmad Yani
- [6] SPLN 52-3. (1983). *Pengoperasian Kubikel 20 KV (Pengertian dan Fungsi Kubikel)*. Jakarta
- [7] Turan Gonen. (1986). *Electric Power Distribution Sistem Engineering*. USA: McGraw-Hill.
- [8] PT.PLN (Persero). (2010). Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusidan Gardu Hubung Tenaga Listrik. Indonesia : Jakarta
- [9] V. K. M.S. Naidu. (1995). High Voltage Engineering. Singapore: Mc Graw-Hill.