

**ANALISIS KUBIKEL 20KV DI WILAYAH KERJA PT PLN PERSERO UP3  
MAKASSAR SELATAN****Ahmad Madia<sup>1</sup>, Takwa<sup>2</sup>, Antarissubhi<sup>3</sup>, Adriani<sup>4</sup>**<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar,  
IndonesiaEmail: [madiaahmad@gmail.com](mailto:madiaahmad@gmail.com)<sup>1</sup>, [takwa8650@gmail.com](mailto:takwa8650@gmail.com)<sup>2</sup>, [antarissubhi@unismuh.ac.id](mailto:antarissubhi@unismuh.ac.id)<sup>3</sup>,  
[adriani@unismuh.ac.id](mailto:adriani@unismuh.ac.id)<sup>4</sup>**Abstrak**

Peralatan distribusi tegangan tinggi (20 kV) berperan vital dalam memasok energi listrik ke berbagai sektor seperti industri dan konstruksi perumahan. Saluran panel dirancang untuk menyalurkan energi listrik melalui konduktor tegangan tinggi, memungkinkan distribusi daya yang efisien ke banyak lokasi. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui struktur komponen kabin 20kV yang digunakan pada sistem operasi utama gardu induk PT PLN; Persero UP3 Wilayah Kerja Makassar Selatan. (2) Kehilangan daya akibat pembentukan korona di saluran kabin 20kV. Survei dilakukan di Gardu Induk Padivallay Golf Course yang merupakan bagian dari PLN UP3 MAKASSAR SELATAN ULP SUNGUMINASA.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah survei lapangan untuk mengamati panel listrik 20 kV dan mengumpulkan serta menganalisis data tentang kehilangan daya akibat korona. Pengumpulan data dilakukan di lapangan di seluruh wilayah. Semakin tinggi voltase, semakin besar kemungkinan timbulnya masalah isolasi pada perangkat di dalam kabinet kontrol. Masalah umum di kantor terbuka saat ini adalah COVID. Proses ini dapat menimbulkan pelepasan muatan listrik yang dapat mengakibatkan kegagalan isolasi di udara. Berdasarkan data yang diperoleh dari gardu induk, dapat dihitung besarnya kehilangan daya akibat korona. Gardu induk PLN memiliki RH80%, Ev3,94kV, dan Ploss3,88kW, sedangkan gardu induk pelanggan memiliki RH86%, Ev4,37kV, dan Ploss3,45kW. Pelanggan yang terdampak. Sementara itu, gardu induk PLN yang terletak di lapangan golf memiliki kelembaban relatif 45% dan Ev 18,34 kV. Karena  $E_v > 11,56$  kV, maka peralatan sakelar dinyatakan bebas korona. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dengan mengoptimalkan nilai kelembaban (RH) dan suhu (T) dalam kabin, kerugian korona dapat diminimalkan dan nilai tegangan yang merugikan dapat dihilangkan. Ketika RH rendah dan T tinggi, nilai  $E_v$  lebih besar dari tegangan operasi sistem

**Kata Kunci:** Kubikel, Korona, Rugi-Rugi Daya.**Abstract**

*The 20 kV high-voltage cubicle plays a crucial role in supplying electrical energy to various sectors such as industry and residential areas. This control panel channel is designed to distribute electrical energy through high-voltage conductors, enabling efficient power distribution to various locations. This study aims to determine (1) the structure of components within the 20 kV cubicle*

*applied in the substation system at PT PLN Persero UP3 Makassar Selatan's operational area, and (2) power losses caused by the formation of corona discharge on the 20 kV cubicle line. The research was conducted at the Padivalley Golf Field Substation owned by PLN UP3 Makassar Selatan ULP Sunguminasa. The method used in this study is field surveys by observing the 20 kV cubicle and collecting power loss data due to corona discharge for analysis. Data collection was carried out comprehensively at the research site. It was found that as the voltage increases, insulation issues arise within the cubicle equipment. One of the frequent issues in cubicles today is corona discharge. This process involves charge release that can lead to insulation failure in the air. Substation data was used to calculate the power losses caused by corona discharge. The PLN-side substation recorded an RH (Relative Humidity) of 80%,  $E_v$  (disruptive voltage) of 3.94 kV, and power loss (Ploss) of 3.88 kW, while the customer-side substation recorded an RH of 86%,  $E_v$  of 4.37 kV, and Ploss of 3.45 kW. Both the PLN and customer-side substations were affected by corona discharge. Meanwhile, the PLN-side substation located at the golf field recorded an RH of 45% and  $E_v$  of 18.34 kV. Since  $E_v > 11.56$  kV, the cubicle was deemed not affected by corona discharge. Therefore, it can be concluded that corona losses can be minimized by optimizing the relative humidity (RH) and temperature (T) values within the cubicle. When RH is low and T is high, the  $E_v$  value shows a figure greater than the operating voltage of the cubicle system, indicating a reduced risk of corona discharge*

**Keywords:** Cubicle, Corona, Power Losses.

## A. PENDAHULUAN

Di Indonesia, kabinet kontrol adalah perangkat listrik yang digunakan untuk mengendalikan dan melindungi sistem tenaga listrik. Kabinet kontrol biasanya terdiri dari pemutus sirkuit, pemisah beban, kontrol, dan perangkat perlindungan listrik lainnya. Kabinet kontrol mengatur aliran listrik, memutus sirkuit jika terjadi kesalahan, dan melindungi perangkat dan sistem dari kerusakan yang disebabkan oleh gangguan listrik. Di Indonesia, kabinet kontrol digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem distribusi daya, gardu induk, pembangkit listrik, dan industri. Digunakan di berbagai lokasi mulai dari gedung perkantoran, gedung perumahan, pusat perbelanjaan hingga fasilitas industri (Muhammad Habib Nasution, 2018).

Kabin tegangan tinggi (20 kV) memainkan peran penting dalam memasok energi listrik ke berbagai sektor seperti industri dan bangunan perumahan. Saluran panel dirancang untuk mengalirkan energi listrik melalui konduktor tegangan tinggi, yang memungkinkan distribusi daya yang efisien ke berbagai lokasi. Kabin tegangan tinggi (20 kV) memainkan peran penting

dalam memasok energi listrik ke berbagai sektor seperti industri dan bangunan perumahan. Corona dapat menyebabkan berbagai efek buruk pada sistem distribusi listrik, termasuk:

Kehilangan Energi Korona menyebabkan pelepasan energi dalam bentuk kilatan cahaya, suara, dan radiasi elektromagnetik, yang menyebabkan hilangnya daya dan kegagalan fungsi peralatan listrik. Fenomena korona dapat menimbulkan gelombang elektromagnetik yang memengaruhi perangkat elektronik lainnya. Hal ini dapat mengganggu peralatan, menyebabkan gangguan pada sistem komunikasi, dan bahkan menyebabkan kerusakan isolasi.

Pembentukan korona hal ini dapat merusak isolasi konduktor secara permanen, memperpendek umur peralatan dan meningkatkan biaya pemeliharaan.

Fenomena korona ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk bentuk dan ukuran konduktor, tegangan yang diberikan, kelembapan, dan tekanan udara. Pembentukan korona secara umum lebih mungkin terjadi pada saluran listrik yang bentuk konduktornya tajam atau memiliki sudut kecil, dan dalam kondisi atmosfer dengan kelembapan dan tekanan tinggi. Seiring kemajuan teknik elektro, meningkat pula kebutuhan akan sistem distribusi daya yang andal. Oleh karena itu, pemahaman menyeluruh tentang fenomena korona, penyebabnya, dan dampaknya terhadap sistem distribusi listrik sangat penting. Diharapkan dengan melakukan analisis pembentukan korona pada saluran distribusi 20 kV dapat ditemukan solusi yang dapat meminimalisir dampak buruk yang terjadi serta meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem distribusi.

Terkait dengan analisis kabinet listrik, penelitian ini berlandaskan pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Abriansyah Hasyim dan Muhammad Rizal yang berjudul "Analisis Pengguna Kabin Double Entry 20kV dengan Automatic Transfer Switch (ATS) pada Sistem Jaringan Distribusi Daya 20kV di Sultan Hasanuddin. "Bandara Internasional" terlaksana. "Pada penelitian sebelumnya telah dibahas mengenai analisis pembangkitan korona pada kabinet switchgear 20 kV yang dilakukan oleh Muhammad Habib Nasutio. Judulnya adalah "Analisis Pembangkitan Korona Selama Uji Tegangan Tembus Sistem Tenaga Kabinet 20kV." Penelitian ini menyajikan analisis panel listrik 20kV di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 MAKASSAR SELATAN.

## **B. TINJAUAN PUSTAKA**

### **a. Pengertian Kubikel**

Papan distribusi merupakan seperangkat panel distribusi dengan tegangan operasi 20.000 volt yang dipasang di gardu induk dan berfungsi sebagai distributor, pemutus arus, konektor, pengatur, dan piranti proteksi bagi sistem penyaluran daya ke pusat beban. Kabinet kontrol yang digunakan dalam pengujian ini adalah kabinet kontrol keluaran. Komponen panel kontrol dikutip dalam (Muhammad Rizal 2018). Papan distribusi 20 kV merupakan seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu distribusi dan berfungsi sebagai distributor, pemutus arus, pengatur, penyambung, dan pelindung sistem distribusi daya 20 kV. Kabinet panel listrik 20 kV biasanya dipasang di gardu distribusi atau gardu transformator dalam bentuk beton atau kios.

b. Jenis-Jenis Kubikel

1) Kubikel PMS (Pemisah)

Kontak terminal tidak dilengkapi dengan penahan busur dan dapat mengalihkan arus 20 kV tanpa beban.

2) Panel PMT (Circuit Breaker) berfungsi untuk membuka dan menutup arus listrik saat ada beban maupun tidak ada beban, termasuk memutus arus listrik saat terjadi hubungan pendek.

3) Panel LBS (Load Breaker) berfungsi untuk membuka dan menutup arus dalam kondisi berbeban maupun tanpa beban. Papan sakelar LBS terdiri dari satu set busbar tiga fase 400A atau 630A dan sakelar beban tiga kutub yang dioperasikan secara manual berjenis udara, SF6 atau vakum. Arus terukur 400 A Beban terhubung (puncak) 31,5 kA (making capacity), kapasitas pemutusan beban aktif (pf ; 0,7) 400 A . Aruspemutusan pengisian beban 25 A sakelar beban harus dapat dipasang mekanis kontrol elektris (electric control mechanism) tanpa modifikasi yang besar terhadap sakelar tersebut. Kapasitas ketahanan arus hubung singkat (1 detik) ; 12,5 kA.

4) Kubikel CB Out Metering (PMT CB)

Berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik dengan cepat dalam keadaan normal maupun gangguan kubikel ini disebut juga istilah kubikel pmt (pemutus tenaga) kubikel ini dilengkapi dengan relay peroteksi circuit breaker (PMT,CB). Kubikel ini bisa di pasang sebagai alat pembatas, pengukuran dan pengaman pada pelanggan tegangan menengah current transformer yang terpasang memiliki double sekunder satu sisi untuk mensuplai arus ke alat ukur kwh dan satu sisi lagi untuk menggerakkan relai proteksi pada saat ter jadi gangguan.

## 5) Kubikel TP ( Transformer Protection)

Berfungsi sebagai alat pengaman transformator distribusi, dikenal juga dengan istilah kubikel PB (Pemutus Beban) kubikel ini berisi lbs dan fuse pengaman trafo dengan ukuran beragam dari 25A, 32 A, 43 A tergantung kapasitas trafo yang akan diamankan.

## 6) Kubikel PT (Potensial Transformer)

Berfungsi sebagai kubikel pengukuran, didalam kubikel ini terdapat pms dan transformator tegangan yang menurunkan tegangan dari 20.000 Volt menjadi 100 Volt untuk mensuplai tegangan pada alat ukur kwh kubikel ini kadang kala disebut juga dengan istilah kubikel VT (Voltage Transformer). handle kubikel PT harus selalu dalam keadaan masuk dan tersegel.

## c. Fungsi Kubikel

Adapun beberapa fungsi dari kubikel ialah sebagai berikut :

- 1) Kontrol Aliran Daya: Panel kontrol dilengkapi dengan sakelar dan tombol yang memungkinkan operator untuk membuka dan menutup jalur aliran daya. Hal ini penting untuk mengatur aliran daya dan memungkinkan servis dan pemeliharaan peralatan tanpa mematikan seluruh jaringan.
- 2) Perlindungan dan Keselamatan: Panel control dilengkapi dengan relai pelindung untuk mendeteksi kondisi abnormal seperti korsleting dan kelebihan beban. Ketika kondisi ini terdeteksi, relai memicu tindakan sakelar atau sakelar untuk memutus aliran arus, melindungi peralatan dan personel dari kerusakan.
- 3) Pengukuran Arus dan Tegangan: Kabinet kontrol dapat berisi transformator arus (CT) dan transformator tegangan (VT) yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan dalam jaringan. Pengukuran ini penting untuk pengendalian dan pengaturan sistem distribusi tenaga listrik.
- 4) Shutdown Darurat: Jika terjadi situasi darurat seperti kebakaran atau kerusakan besar lainnya, panel kontrol dilengkapi dengan tombol darurat atau mekanisme pemutusan cepat untuk memutus aliran listrik dan melindungi lingkungan.
- 5) Pemantauan dan Pengendalian Jarak Jauh: Beberapa panel kendali modern dapat dihubungkan ke sistem pemantauan jarak jauh, sehingga operator dapat memantau dan mengendalikan peralatan dari lokasi yang aman dan nyaman.

- 6) **Penyeimbangan Beban:** Kabinet switchgear juga dapat digunakan untuk membagi aliran daya antara berbagai cabang dalam jaringan distribusi daya, memungkinkan manajemen beban yang lebih baik dan menghindari kelebihan beban.
- 7) **Integrasi dengan Sistem Otomasi:** Kabinet control dapat diintegrasikan ke dalam sistem otomasi yang lebih besar seperti sistem manajemen distribusi daya (DMS) dan sistem manajemen energi (EMS) untuk kontrol dan pemantauan yang lebih terpusat.
- 8) **Keselamatan Operator:** Kabin dilengkapi dengan fitur keselamatan untuk melindungi operator dan mereka yang bekerja di dekatnya. Ini termasuk proteksi busur listrik dan sistem keselamatan mekanis.

#### **d. Fenomena Korona Pada Saluran Tegangan Tinggi**

Korona adalah proses ionisasi udara yang terjadi di sekitar konduktor tegangan tinggi. Fenomena ini terjadi ketika tegangan pada saluran listrik melampaui nilai tertentu, yang menyebabkan pelepasan elektron dan pengionan udara di sekitarnya. Pembentukan korona dapat diidentifikasi dengan adanya efek optik seperti cahaya terang (pelepasan korona), suara mendesis, dan bahkan interferensi elektromagnetik. Menurut Miller (1983), korona terjadi ketika tegangan pada saluran listrik meningkat di atas tegangan ambang korona, yang dapat dihitung menggunakan persamaan elektrostatik.

Tegangan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jarak antara konduktor dan udara, bentuk konduktor, dan kondisi atmosfer seperti kelembapan dan tekanan udara.

Tegangan ambang batas untuk permulaan korona adalah tegangan minimum yang diperlukan untuk mengionisasi udara di sekitar konduktor.

Korona dapat menimbulkan dampak buruk berikut pada kinerja sistem distribusi listrik: Kehilangan Energi Korona memancarkan energi dalam bentuk cahaya, suara, dan radiasi elektromagnetik, yang menyebabkan kehilangan daya. Menurut Sundaram (2002), kehilangan energi akibat korona pada saluran transmisi biasanya kecil tetapi bisa signifikan.

Pembentukan korona yang terus-menerus dapat merusak isolasi konduktor, memperpendek umur peralatan, dan meningkatkan biaya pemeliharaan. Kryfda dan kawan-kawan. (2009) menjelaskan bahwa jika fenomena korona tidak dikontrol dengan baik, hal ini dapat menyebabkan degradasi bahan isolasi.

Pengaruh tekanan udara terhadap korona Ionisasi udara redistribusi tegangan pada gradien tegangan, ini menyebabkan gradien udara di antara dua elektroda lebih besar Setiap

penyimpangan dari gradien udara normal dapat mengakibatkan lengkungnya busur listrik. Jika hanya sebagian udara di antara kedua elektroda yang terionisasi, korona menjadi cangkang yang mengelilingi elektroda. Gradien tegangan seragam yang mampu menyebabkan ionisasi kumulatif di udara normal (250°C, 76 cmHg) adalah 30 kV/cm. Jika tegangan dinaikkan perlahan, gradien kegagalan akan menjadi 30 kV/cm dan akan terjadi hubungan pendek antara kedua pelat akibat kegagalan udara dan flashover. Hukum Peake menguraikan tegangan yang dibutuhkan untuk memicu pembentukan pelepasan korona antara dua penampang pada badan sistem, antara kawat fasa dan kawat fasa, atau antara kawat fasa dan kawat netral atau bumi.

$$E_v = m_0 \cdot g_v \cdot r \cdot i_n \left(\frac{-}{r}\right)$$

$$g_v = g_0 \delta (1 + 0,301 / (\sqrt{\delta r}))$$

Dimana,

$E_v$  = Tegangan pemunculan korona (kV)

$M_0$  = Tetapan kekasaran penghantar/elektroda (0,8 untuk kabel)

$r$  = Jari – jari (cm)

$S$  = Jarak antara kawat penghantar (cm)  $g_v$  = Medan listrik visual kritis (kV/cm), gradien pada medan listrik untuk mempengaruhi collision pada molekul bebas disekitar penghantar

$g_0$  = medan listrik pengrusak (kV/cm) dimana  $g_0 = V_b = 10 \text{ kV/cm}$

$\delta$  = faktor densitas

$r$  = jari-jari penghantar (cm)

$g_0$  adalah kemampuan udara untuk menahan tegangan operasi. Tegangan tembus dapat digunakan sebagai referensi gradien potensial untuk menentukan gradien visual yang menyebabkan kerusakan. Ini digunakan untuk menentukan tegangan pembentuk corona dimana terjadi corona ketika tegangan operasi sistem ( $E$ ) melebihi tegangan akibat corona adalah :

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

dimana,

$P_{\text{loss}}$  = Rugi daya akibat korona (kW)

$E_n$  = Tegangan kerja pada penghantar fasa ke netral (kV)

$E_v$  = 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.

$$\rho = M / V$$

Pembentuk corona (Ev). Hilangnya daya dari Hukum Gas Ideal, dimana

$$p V = n R T$$

Maka didapatkan kerapat uap air, yakni  $\rho = (p.M)/(R.T)$

dimana:

$\rho$  = kerapatan uap air (kg m<sup>-3</sup>)

M = massa uap air (kg)

N = m/M = jumlah mol m / Mv dan Mv [18.016 untuk uap (H<sub>2</sub>O)]

V = volume udara (m<sup>3</sup>)

P = Tekanan uap air (bar)

R = Tetapan gas umum (0,082 Latm K- 1 mol<sup>-1</sup>)

T = suhu mutlak (K)

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

$$RH = ea/es .100\%$$

dimana:

ea = kelembaban aktual atau tekanan uap air parsial / tekanan parsial uap air jenuh

es = kapasitas udara untuk menampung uap air/tekanan uap jenuh / tekanan saturasi

Terbentuknya korona yang berlangsung terus-menerus dapat merusak isolasi pada konduktor, mengurangi umur peralatan, dan meningkatkan biaya pemeliharaan.

Massa jenis udara relatif adalah perbandingan antara massa jenis udara standar dan massa jenis udara jenuh sehingga,  $\rho(\text{udara relatif}) = \rho(\text{udara standar})/\rho(\text{uap air jenuh})$  sedangkan faktor densitas atau faktor kerapat partikel udara adalah,

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

dimana,

$\delta$  = rapat partikel udara relatif pada saat pengukuran

$\rho(\text{uap air jenuh})$  = masa jenis uap air jenuh dalam udara (kg/cm<sup>3</sup>)

$\rho(\text{udara standar})$  = masa jenis udara standar (1,2 kg/cm<sup>3</sup> pada 760 mmhg 270C)

$\rho(\text{udara relatif})$  = masa jenis relati udara saat pengukuran (kg/cm<sup>3</sup>)

$\rho$  (SATP = 1 (faktor densitas pada SATP = Standard ambient temperature and pressure).

Diameter konduktor juga mempengaruhi fenomena korona. Konduktor dengan diameter lebih besar memiliki medan listrik lebih kecil daripada konduktor dengan diameter lebih kecil. Konduktor dengan diameter lebih besar mempunyai tegangan korona awal lebih tinggi daripada konduktor dengan diameter lebih kecil. Pada konduktor dengan diameter kecil atau ujung runcing, elektron cenderung terfokus pada satu titik daripada menyebar, sehingga menciptakan medan listrik yang lebih kuat dan membuat korona lebih mungkin terjadi. Karena alasan ini, ujung-ujung konduktor pada penangkal petir berbentuk meruncing. Bentuk permukaan dan kondisi konduktor juga memengaruhi pembentukan korona. Permukaan yang tidak rata dan kotor dapat mengurangi tegangan kerusakan korona awal dan menyebabkan korona terjadi pada tegangan yang lebih rendah. Hal ini karena medan listrik pada permukaan kasar lebih besar daripada medan listrik pada konduktor dengan permukaan halus. Oleh karena itu, korona yang dihasilkan pada permukaan kasar akan lebih besar daripada korona yang dihasilkan pada kawat halus. Untuk saluran transmisi, ada faktor yang disebut faktor ketidakrataan ( $m_0$ ).

### C. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah kualitatif, menganalisis bilik 20 kV yang terletak di lapangan di Paddyfurley Golf Club. Studi ini menganalisis jenis kabin yang digunakan di lapangan golf, serta struktur, jenis, dan spesifikasi komponen kabin. Hasil yang diharapkan adalah mengetahui tipe kabin yang digunakan, memahami konstruksi komponen-komponen yang ada di dalam kabin dan menganalisis kehilangan daya akibat korona pada gardu induk yang digunakan di Lapangan Golf Paddyfurley, Gowa. Langkah-langkah metode yang diadopsi dalam penelitian ini meliputi teknik pengumpulan data, analisis data, dan prosedur penelitian atau diagram alir.

$$E_V = m_0 \cdot g_v \cdot r \cdot \ln \left( \frac{r}{r_0} \right)$$

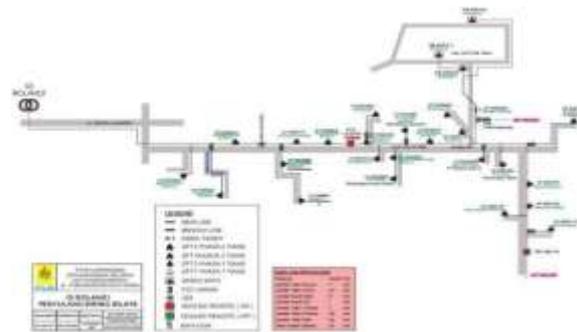
$$g_v = g_0 \delta \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta r}} \right)$$

$$P_{\text{loss}} = 241 \cdot (f + 25) \cdot \sqrt{r} \cdot (E - E_0)^2 \cdot 10^{-3}$$

$$RH = \frac{e_s}{e_s} \cdot 100\%$$

**D. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Studi yang dilakukan di Padivaley Golf Club, milik Citralend, mencakup jaringan pengumpan sepanjang 22,5 km, empat transformator tujuan khusus, 22 transformator umum, tiga gardu induk pasangan bata, 26 gardu induk MC, dan satu. Ini mencakup 26 transformator fase dan 3 fase. Sebagai contoh studi, jumlah total transformator adalah 26, jumlah transformator yang beroperasi adalah 26, dan hasil penelitian terkait analisis kabin 20kV dapat dilihat pada diagram garis tunggal di bawah ini.



**Gambar 4. 1 Diagram single line GI BOLANGI Penyulang Biring Bilaya**

**A. Data komponen dalam kubikel 20kV di wilayah kerja PT PLN Persero UP3 Makassar Selatan**

Dari penelitian yang telah dilakukan terdapat hasil olah data kubikel dari sisi PLN Out Going dengan merk, spesifikasi, dan beban daya yang tertera pada tabel analisis berikut.

Tabel 4. 1 Data kubikel sisi PLN Out Going Merek Schnaide

SF1	SF2
Ur 24Kv	Ur 24kV
Up 125kV	Up 125kV
Ir 630 A	Ir 630 A
Isc 16kA tk : 1s	Isc 16kA tk : 1s
Motor 220 Vac	Motor 220 Vac
YO1 220 Vac	YO1 220 Vac
YF 220 Vac	YF 220 Vac
KN 220 Vac	KN 220 Vac

Sumber data : PT PLN (PERSERO) UP3 Makassar Selatan ULP Sungguminasa

Berdasarkan hasil penelitian di lingkup wilayah kerja PT PLN PERSERO UP3 Makassar Selatan, kami mendapatkan data analisis kubikel 20 kV berdasarkan jenis dan spesifikasi.

Tabel 4. 2 Data kubikel Padivalley Golf Club

SMG IM	SMG QM	SMG QM
Ur 20 Kv	Ur 20 kV	Ur 20 kV
Ik 16 Kv	Ik 16 kV	Ik 16 kV
Ir 360 A	Ir 360 A	Ir 360 A
Ud 50 Kv	Ud 50 kV	Ud 50 kV
Tk 1 S	Tk 1 S	Tk 1 S
Fr 50/60 Hz	Fr 50/60 Hz	Fr 50/60 Hz
Up 125 kV	Up 125 kV	Up 125 kV
Ip 40 kA	I p 40 kA	Ip 40 Ka
IAC 12,5 kA 1 S	IAC 12,5 kA 1 S	IAC 12,5 kA 1 S
A FL -	A FL -	A FL -
SF6 0,210 kg	SF6 0,210 kg	SF6 0,210 kg
Pres.40 kPa	Pres.40 kPa	Pres.40 kPa

Sumber data : PT PLN (PERSERO) UP3 Makassar Selatan ULP Sungguminasa

Analisis komponen kubikel 20 KV yang kami teliti memiliki jenis, merek dan spek dengan beban dayanya. Seperti kubikel OUT Going di PT PLN (PERSERO) UP3 Makassar Selatan memiliki komponen- komponen sebagai berikut :

- 1) CT dan VT

Current Transformer (CT) dan transformator arus adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah arus listrik tinggi menjadi arus yang lebih rendah, sehingga memungkinkan pengukuran arus yang aman dan akurat oleh pangkat pengukuran atau relai proteksi. Cara kerja curret transformer melibatkan prinsip induksi elektromagnetik. Voltage Transformer

(CT), Juga dikenal sebagai potensial Transfoemer (PT) atau instrumen transfoemer, adalah prangkat yang digunakan untuk mengubah tegangan tinggi menjadi tegangan rendah yang dapat diukur dengan aman oleh peralatan atau instrumen Busbar.

2) CB Cirucuitbreaker

Circuit Breaket (CB) atau pemutus sirkuit dalam kubikel MV 20kV memiliki beberapa fungsi utama yang sangat penting dalam sistem distribusi listrik. Fungsi-fungsi ini berperan dalam menjaga keandalan, keamanan, dan kinerja jaringan distribusi.

Tabel 4. 3 Data CB Padivelley Golf Club Pelanggan PT PLN PERSERO UP3  
 MAKASSAR SELATAN ULP SUNGGUMINASA

JENIS	
Nilai Frekuensi	50 / 60 HZ
Nilai Saat ini(amp)	630,1250,1600 2000,2500,315
Nilai arus pendek breaking device (KA)	20,25,31.5,40 50
Waktu singkat menahan arus (KA)	20,25,31.5,40 50
Nilai peak year (KA)	50,63,80,100,125
Jenis interuper	Vacum
Mekanisme oprasi	Musim semi
Produksi dan standar penguji	IEC62271-100
Tipe	Tetap, tertanam, stasioner, yang dapat ditarik
Tinggi	275mm
Tiang fase jarak	150mm ,210mm

**B. Rugi-rugi daya akibat terbentuknya korona pada saluran kubikel 20kV.**

Tabel 4. 4 Data kubikel yang terkena korona

Data	Gardu sisi pln	Gardu sisi planggan	Gardu sisi planggan

Merek kubikel	Snaid er electric	GAE	Marlin gerin
Kubikel trindikasi korona	Kubikel arah GI bolan gi	Kubikel arah lapangan golf	Kubikel lapangan golf
RH(Relative humidity)	70%	86%	45%
Suhu ( T )	30°C (30 + 273 = 303°K )	27°C (27 + 273 = 300°K)	38°C (38 + 273 = 311°K)
Vb / g0 (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
Mo (Kabel XLPE 240 mm <sup>2</sup> )	0.8	0.8	0.8
Jarak antara penghantar fasa dan netral (S) (Kabel XLPE 240 mm <sup>2</sup> )	20 CM	20 CM	M

Berdasarkan data-data gardu pada tabel di atas, dapat dihitung rugi-rugi daya yang dihasilkan dari korona yang terjadi. Hasil perhitungan untuk gardu sisi PLN 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:

$$RH = \frac{e_s}{e_s} \cdot 100\% \text{ jadi}$$

$$e_s = \frac{(RH \cdot e_s)}{100\%} = \frac{(80\% \cdot 0,0425)}{100\%} = 0,034 \text{ bar}$$

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

$$\rho(\text{uap air jenuh}) = \frac{e_s \cdot M}{R \cdot T} = \frac{0,03 \cdot 18}{0,082 \cdot 303} = 0,021 \text{ gr/cm}^3$$

dimana:

$$M = 18 \text{ kg (Mv = 18.016 untuk uap } H_2O \text{)}$$

$$R = 0,082 \text{ Latm } K^{-1} \text{mol}^{-1} \text{ (Tetapan gas umum)}$$

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

$$\rho(\text{udara standar}) = \text{masa jenis udara standar} = 1,2 \text{ kg/cm}^3 = 0,0012 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho(\text{udara relatif}) = \rho(\text{udara standar}) /$$

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

$$\text{gr/cm}^3$$

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

$$\delta = \frac{P(\text{udara})}{p(\text{SATP})} \text{ , dimana } p(\text{SATP})=1$$

$$= \frac{0,05}{1} = 0,05 \text{ gr/cm}^3$$

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

$$g_v = g_0 \delta \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta r}} \right) = 10 \cdot 0,05 \left( 1 + \right)$$

6. Tegangan pemunculan korona memakaipersamaan (1) berikut

$$E_v = m_0 \cdot g_v \cdot r \cdot \ln \left( \frac{r}{r_0} \right) = 0,8 \cdot 0,906 \cdot 2,$$

$$74 \cdot \ln \left( \frac{20}{2,74} \right) = 3,94 \text{ Kv}$$

Pada kabel penghantar 20 kV (XLPE 240 mm<sup>2</sup>) memiliki 3 fasa dimana pada disetiap fasa mengalir tegangan sebesar  $E = (20 \text{ kV}) / \sqrt{3} = 11,56 \text{ KV}$ , 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 bollangi. Dengan muncul korona tersebut pada kubikel T-241 arah GI bollangi menghasilkan rugi-rugi daya yang diperoleh dari korona. Besarnya rugi- rugi daya dengan menggunakan persamaan (3) berikut :

$$\frac{0,301}{\sqrt{0,05 \times 2,74}} = 0,906 \text{ Kv/cm}$$

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

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

Tabel 4. 5 Hasil perhitungan Data kubikel yang terkena korona

Data	Hasil Pada		
	perhitungan	Gardu	
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
ρ(uap air jenuh)	0,024 gr/cm <sup>3</sup>	0,021 gr/cm <sup>3</sup>	0,021 gr/cm <sup>3</sup>
ρ(udara relatif)	0,05	0,057	0,057
Rapat udara relatif (δ)	0,05	0,057	0,057
Gradien perusak korona (gv)	0,906 k V/cm	1,004 k V/cm	4,21 k V/cm
Tegangan pemunculan korona (Ev)	3,94 kV	4,37 kV	18,34 Kv

tegangan 1 phasa ke netral (E)	11,56 kV	11,56 kV	1,56 Kv
rugi-rugi daya (Ploss)	3,88 kW	3,45 kW	-

Hasil dari perhitungan dapat dibuat analisa untuk sample data kubikel pada gardu induk Bolangi, yaitu gardu sisi PLN, gardu Pelanggan dan gardu lapangan golf sisi pelanggan.

1. Dari hasil pemeriksaan tim, diketahui bahwa dari sisi PLN kabin menuju GI Bolangi terdengar suara mendesis yang sangat keras serta tercium bau ozon di sekitar kabin. Petunjuk ini menunjukkan bahwa kabin tersebut telah terkena dampak COVID. Tegangan awal korona yang dihitung di kabin PLN adalah 3,94 kV, dan tegangan fasa ke netral adalah 11,56 kV. Nilai tegangan ini lebih besar dari tegangan pembentukan korona, sehingga mengonfirmasi penyebab terjadinya pembentukan korona di dalam kabin arah GI BOLANGI. Terbukti kabin terkena corona dan kehilangan daya akibat corona sebesar 3,88kW.
2. Kabin pelanggan yang menghadap lapangan golf juga mendengar suara mendesis sangat keras dan bau ozon yang berasal dari sekitar kabin, yang menunjukkan adanya wabah korona. Berdasarkan hasil perhitungan, tegangan kebocoran korona pada kursi yang menghadap lapangan golf adalah 4,37 kV, dan tegangan netral satu fasa adalah 11,56 kV, lebih tinggi dari tegangan kebocoran korona sebesar 4,37 kV. Hasilnya, ditemukan kasus virus corona di kamar tamu, membuktikan bahwa kamar tersebut memang terjangkau virus corona. Akibat terjadinya korona di area tempat duduk yang menghadap lapangan golf, maka kehilangan daya akibat korona adalah sebesar 3,45 kW.
3. Di kabin lapangan golf sisi pelanggan tidak ada kebisingan, tidak ada bau ozon, dan tidak ada tanda-tanda fenomena corona. Tegangan pembangkitan korona yang dihitung adalah 18,34kV, dan tegangan dari 1 fasa ke titik netral adalah 11,56kV, lebih kecil dari tegangan pembangkitan korona sebesar 18,34kV. Akibatnya, tidak akan terjadi corona ke arah tersebut di dalam kabin lapangan golf. Karena tidak ada corona, tidak ada penurunan kinerja kabin pelanggan di lapangan golf.

## E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dianalisis maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Struktur komponen dalam kubikel 20kV yang diterapkan pada sistem kerja gardu induk ULP Sungguminasa wilayah kerja PT PLN PERSERO UP3 MAKASSAR SELATAN yaitu memakai kubikel outgoing merek schnaide SF1 dan SF2 yang memiliki spesifikasi masing-masing Ur 20KV, UP 125KV, Ir 630A, Motor 220 Vac, YOI 220 Vac, YF 220 Vac, KN 220 Vac. tidak meimbeiriikan iinstruksii agar mein-*triiip* CB.
2. Kerugian korona dapat diminimalkan dengan mengoptimalkan nilai kelembaban (RH) dan suhu (T) di dalam kendaraan dan menghilangkan level tegangan yang merusak. Ketika RH rendah dan T tinggi, nilai  $E_v$  akan lebih besar dari tegangan operasi sistem kabin. Pada kabin sisi PLN arah GI Bolangi, hasil perhitungan menghasilkan  $E_v = 3,94$  kV, lebih rendah dari tegangan operasi satu fasa (11,56 kV). Oleh karena itu, kabin di sisi PLN dinyatakan terdampak Corona. Pada kereta yang menghadap lapangan golf, tegangan yang dihitung adalah  $E_v = 437$  kV karena lebih rendah dari tegangan operasi satu fasa (11,56 kV). Oleh karena itu, kami telah menyatakan bahwa kabin tamu yang menghadap lapangan golf juga terkena dampak COVID-19. Pada panel listrik pelanggan Golf Course 245, nilai  $E_v$  adalah 18,34 kV, namun karena  $E_v$  lebih besar dari tegangan operasi satu fasa (11,56 kV), maka ditentukan bahwa panel listrik T- 407 yang menuju ke T-425 tidak terpengaruh. oleh corona. Masu. Karena  $E_v$  lebih besar dari tegangan operasi fasa, Ploss tidak dapat dihitung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abriansyah Hasyim ,Muhammad Rizal, (2019). Penggunaan Cubicle 20kv Double Incoming Dengan Automatic Transfer Switch (Ats) Dalam Sistem Jaringan Distribusi 20kv Di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Akhmad, S. S., & Jamin, A. S. (2021). Pengujian Tahanan Isolasi pada Pemutus Tenaga (PMT) 20 kV Di Gardu Induk Tello 150 kV. In Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) (pp. 40-43).
- Bakar, A. A. (2015). Analisis dan Simulasi Korona pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Bryan Adhitya Effendi, Eko Handoyo(2020). Pengujian Tahanan Isolasi Pada Pemeliharaan Pemutus Tenaga Kubikel Outgoing 20 Kv Menggunakan Insulation Tester. Ejournal Kajian Teknik Elektro Vol.5 No.2.
- Daryanto, A. (2017). Fisika Listrik dan Magnet. Jakarta: Erlangga.
- Handoko, I. F. (2021). LKP Pemeliharaan Gardu Distribusi Jaringan Tegangan Menengah dan Tegangan Rendah. LKP.
- Indra, I. (2018). Pemeliharaan Kubikel Outgoing 20 Kv Di Tragi Panakukkang. Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Jaya, A. (2020). Analisis Rugi Daya dan Rekonsiliasi Energi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 Kv pada Penyulang Nijang. Jurnal Tambora, 4(3), 34-40.
- Kuffel, R., & Zaengl, W. S. (2000). High Voltage Engineering Fundamentals. Oxford: Pergamon Press.
- Maulana, D. A. (2019). Analisa susut daya dan drop tegangan terhadap jaringan tegangan menengah 20kV pada Gardu Induk Pandean Lamper Semarang. Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung.

Muhammad Habib Nasutio (2019) “Analisis Terjadinya Korona Melalui Uji Tegangan Tembus Pada Sistem Tenaga Listrik Kubikel 20 Kv” Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera.

Paledung, I. K. B. (2017). Studi susut energi pada sistem distribusi tegangan menengah penyulang adyaksa gardu induk Panakukkang.