

# ANALISA PENGUJIAN PARTIAL DISCHARGE PADA KUBIKEL TD #1 MENGGUNAKAN METODE TRANSIENT EARTH VOLTAGE DI GARDU INDUK MUARA BUNGO

Vella Savira<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Jl. Kaligawe Raya No. Km. 4, Terboyo Kulon, Kecamatan Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112. Pawiyanan Luhur  
e-mail: vella849@gmail.com<sup>1)</sup>

## ABSTRACT

Muara Bungo Main Substation is one of the main substations in the working area of PT. PLN (Persero) UPT Jambi. This substation is located along the Sungai Binjai, Batin III District, Bungo Regency, Jambi Province. The Power Transformer 1 cubicle panel at this substation often experiences problems with insulation defects which can cause interference with electricity transmission. In this research, the transient earth voltage method is applied, which functions as a sensor to detect partial discharge signals in high voltage equipment. The sensor used to measure transient ground voltage is a capacitive sensor. This testing can be done directly (online) without disrupting operations. The measuring instrument used in partial discharge testing is the Ultra TEV Plus 2. The results of partial discharge testing using the transient earth voltage method show that most of the panels and their components, especially panel TD No. 1, in good condition. However, there is one component, namely the circuit breaker (PMT), which shows the highest partial discharge value. Tests on Palem feeder cubicles showed the highest TEV value of 12 dB and PPC of 4.62 for the PMT component. Overall, the measured TEV values ranged from 10 to 19 dB, and the PPC ranged from 0.5 to 6, indicating that the Palem feeder cubicles were classified as low-level PD. Based on these results, every PMT component in the field needs to be checked thoroughly and repairs planned if there are problems with the PMT material.

**Keywords:** Circuit Breaker (PMT), Muara Bungo Substation, Partial Discharge, TEV Sensor, Ultra TEV Plus 2

## ABSTRAK

Gardu Induk Muara Bungo adalah salah satu gardu induk dari wilayah kerja PT. PLN (Persero) UPT Jambi. Gardu ini berada di sepanjang Sungai Binjai, Kecamatan Batin III, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Panel kubikel Trafo Daya 1 di gardu ini sering mengalami masalah cacat isolasi yang bisa menyebabkan gangguan pada transmisi listrik. Dalam penelitian ini diterapkan metode transient earth voltage, yang berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi sinyal pelepasan sebagian pada peralatan tegangan tinggi. Sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan tanah transien adalah sensor kapasitif. Pengujian ini dapat dilakukan secara langsung (online) tanpa mengganggu operasional. Alat ukur yang dipakai dalam pengujian pelepasan sebagian adalah Ultra TEV Plus 2. Hasil pengujian pelepasan sebagian dengan metode transient earth voltage menunjukkan bahwa sebagian besar panel dan komponennya, khususnya panel TD No. 1, dalam kondisi baik. Namun, terdapat satu komponen, yaitu pemutus arus (PMT), yang menunjukkan nilai pelepasan sebagian paling tinggi. Pengujian pada kubikel penyulang Palem menunjukkan nilai TEV tertinggi sebesar 12 dB dan PPC sebesar 4,62 untuk komponen PMT. Secara keseluruhan, nilai TEV yang terukur berkisar antara 10 hingga 19 dB, dan PPC antara 0,5 hingga 6, menandakan bahwa kubikel penyulang Palem tergolong dalam kategori PD tingkat rendah. Berdasarkan hasil ini, setiap komponen PMT di lapangan perlu diperiksa secara menyeluruh dan direncanakan perbaikannya jika terdapat masalah pada material PMT.

**Kata Kunci:** Gardu Induk Muara Bungo, Partial Discharge, Pemutus Tenaga (PMT), Sensor TEV, Ultra TEV Plus 2

## I. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) UPT Jambi terdiri dari dua sub unit, yakni ULTG Aurduri dan ULTG Muara Bungo. ULTG Aurduri mengelola delapan gardu induk, yaitu GI Aurduri, GI New Aurduri, GI Muara Sabak, GI Payo Selincih, GI Sei Gelam, GI Muara Balian, GI Sarolangun, dan GI Kuala Tungkal. Sementara itu, ULTG Muara Bungo mengelola empat gardu induk, yaitu GI Muara Bungo, GI Muara Tebo, GI Bangko, dan GI Sungai Penuh. Gardu induk Muara Bungo memiliki tiga trafo daya, di mana kubikel trafo daya 1 sering mengalami masalah isolasi.

Pada bulan Mei, kubikel TD #1 di GI Muara Bungo dilakukan pengujian *partial discharge*, beberapa

komponen tersebut dihasilkan nilai *partial discharge* tinggi. Sehingga terjadi *noise* pada kubikel. Penulis melakukan penelitian di gardu induk Muara Bungo karena kubikel TD #1 di GI Muara Bungo sering terjadi kegagalan isolasi akibat *partial discharge* pada komponen di dalam kubikel dan belum dilakukan pengujian pada triwulan dua.

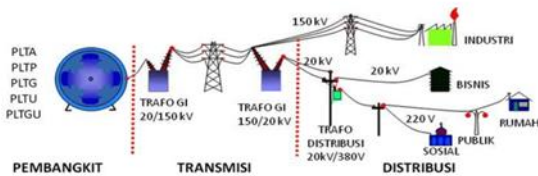
Mengingat hal tersebut, penulis berencana untuk melakukan penelitian dan menganalisis hasil data *partial discharge* pada kubikel TD #1 di Gardu Induk Muara Bungo PT. PLN (Persero) UPT Jambi. Pengujian *partial discharge* akan membantu menentukan apakah tingkatnya rendah, menengah, atau tinggi sesuai dengan standar yang ada, sehingga dampaknya terhadap kinerja

kubikel dapat dievaluasi. Jika hasil pengujian menunjukkan kondisi yang kurang baik, akan diatur jadwal untuk pemeriksaan dan perbaikan lebih lanjut guna memastikan keamanan jaringan transmisi dan optimalisasi distribusi listrik.

## II. DASAR TEORI

### A. Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik dari pembangkit ke konsumen adalah elemen vital yang harus dipahami. Proses ini melibatkan beberapa langkah. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator dikirim ke gardu induk melalui jaringan transmisi (SUTET). Dari gardu induk, listrik kemudian disalurkan ke jaringan distribusi primer (SUTM), diteruskan melalui stasiun distribusi ke jaringan distribusi sekunder (SUTR), dan akhirnya mencapai konsumen. Oleh karena itu, sistem distribusi tenaga listrik bertugas mendistribusikan energi listrik kepada konsumen melalui jaringan tegangan rendah (SUTR), sedangkan saluran transmisi mengalirkan listrik bertegangan tinggi ke pusat-pusat beban besar melalui jaringan distribusi [1], [2]. Seperti gambar 1.



Gambar 1. Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

### B. Kubikel

Kabinet kendali adalah perangkat kelistrikan yang berfungsi dalam sistem distribusi tenaga listrik untuk membagi energi listrik serta menyediakan pengendalian, penyambungan, pengaturan, dan perlindungan tambahan. Panel kendali ini dilengkapi dengan berbagai perangkat seperti perangkat switching, kontrol, pengukuran, dan perlindungan. Berdasarkan IEC 298: 1990, "Kabinet 20 kV adalah peralatan logam rakitan pabrik untuk arus bolak-balik dengan tegangan pengenal antara 1 kV hingga 35 kV, yang dapat digunakan di dalam maupun di luar ruangan, dengan frekuensi hingga 50 Hz.". Gambar 2. di bawah ini [1].



Gambar 2. Kubikel

### C. Fungsi Kubikel

Fungsi kubikel 20 kV adalah sebagai berikut:

- Pengendalian sirkuit dilakukan oleh saklar utama.
- Perlindungan sirkuit ditangani oleh fasa atau pelepas.
- Pembagian sirkuit dilakukan melalui jurusan atau kelompok (busbar) [3].

### D. XLPE (cross-linked polyethylene)

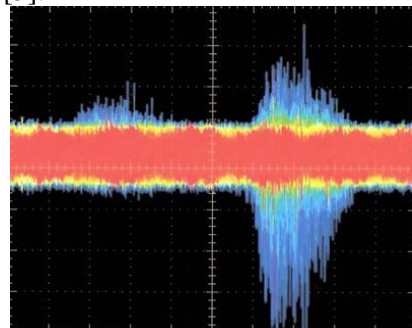
XLPE adalah polietilena yang telah mengalami proses pengikatan silang, yang juga dikenal dengan sebutan PEX atau XPE. Ini merupakan salah satu bentuk polietilen, yang merupakan bahan polimer. Monomer yang digunakan untuk membuat polimer ini adalah etilena. Proses polimerisasi tambahan etilena menghasilkan rantai polimer polietilen. XLPE dibuat dengan menambahkan agen pengikat silang ke rantai polimer polietilen. XLPE merupakan alternatif yang baik untuk PVC [4]. Pada gambar 3.



Gambar 3. XLPE

### E. Partial Discharge

Partial discharge (pelepasan parsial) adalah fenomena di mana terjadi pelepasan atau loncatan listrik pada bagian isolasi (baik di rongga internal maupun pada permukaan) akibat perbedaan potensial yang tinggi dalam isolasi tersebut. Partial discharge dapat menyebabkan kehilangan daya dan energi listrik, karena sebagian energi listrik yang mengalir terbuang ke tanah melalui rongga udara dalam bahan isolasi atau pada sambungan material (jointing) atau terminasi. Seperti gambar 4 di bawah [4], [5].



Gambar 4. Partial Discharge

### F. Gejala Partial Discharge

Partial discharge dapat menimbulkan berbagai fenomena dan gejala yang dapat digunakan untuk metode deteksi. Gejala-gejala ini termasuk [6]:

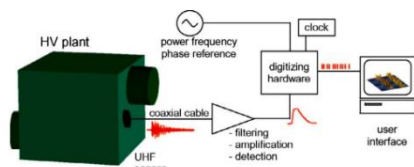
- Gejala non-listrik, seperti panas, cahaya, suara, perubahan tekanan gas, dan perubahan struktur kimia.
- Fenomena kelistrikan, seperti kerugian dielektrik dan impuls listrik.

### G. Pendeteksian Partial Discharge

Metode pendeteksian *partial discharge* secara umum ada dua cara yaitu dengan metode konvensional dan juga metode non-konvensional [7].

1. Metode konvensional menggunakan standar IEC 60270, yang melibatkan deteksi peluahan melalui perangkat kopling langsung (coupling device). Metode ini dilakukan dengan memasang kapasitor secara paralel terhadap sumber tegangan.
2. Metode non-konvensional mencakup semua teknik yang tidak mengikuti prosedur pengukuran standar IEC 60270. Pendeteksian PD non-konvensional terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :
  - a. Pendeteksian elektromagnetik
    - HF / VHF (3 MHz hingga 300 MHz)
    - UHF (300 MHz hingga 3000 MHz)
  - b. Pendeteksian emisi suara (10 kHz hingga 300 kHz)
  - c. Pendeteksian optik

Metode elektromagnetik adalah teknik deteksi yang tidak konvensional, yang bekerja dengan menangkap sinyal elektromagnetik yang muncul saat terjadi pelepasan parsial. Sinyal ini dideteksi menggunakan sensor yang sesuai, lalu dihubungkan ke osiloskop atau analisis spektrum untuk mengidentifikasi jenis pelepasan tersebut. Metode ini telah diterapkan untuk mendeteksi partial discharge di gardu induk yang menggunakan gas SF6 dan saat ini juga digunakan untuk mendeteksi pelepasan pada transformator.[8].



Gambar 5. Diagram Pendeteksian *Partial Discharge*

### H. Kegagalan Partial Discharge

Kegagalan partial discharge atau erosi disebabkan oleh ketidaksempurnaan pada bahan isolasi padat, yang muncul karena adanya lubang atau rongga di dalam isolasi tersebut. Rongga (void) ini bisa diisi dengan gas atau cairan yang memiliki daya tahan lebih rendah dibandingkan dengan bahan padat itu sendiri. [9].

### I. Ultra TEV Plus 2

Ultra TEV Plus 2 adalah perangkat pengujian partial discharge yang dikembangkan oleh EA Technology untuk memeriksa berbagai komponen listrik seperti trafo arus, trafo, busbar, *switchgear*, pemutus arus, kabel, dan lainnya di dalam kabinet kendali. Perangkat ini menampilkan klasifikasi dan nilai dari partial discharge untuk

mempermudah proses analisis. Data hasil pengukuran disimpan di perangkat dan bisa dipindahkan ke ponsel pintar atau komputer melalui WiFi untuk pembuatan laporan. Dengan desain kompak, layar sentuh LCD, dan berat di bawah 500 gram, alat ini mudah digunakan di berbagai lokasi. Selain itu, perangkat ini dilengkapi dengan baterai yang dapat diisi ulang dengan masa pakai lebih dari 3 jam saat terisi penuh [10]. Seperti gambar 6.



Gambar 6. Alat Ukur Ultra TEV Plus 2

### J. Cara Pengukuran dengan Ultra TEV Plus 2

Pengujian peralatan di kubikel dengan menggunakan alat ukur Ultra TEV Plus 2 dilakukan melalui langkah-langkah berikut [10]:

1. Untuk menyalakan Ultra TEV Plus 2, tekan tombol hijau hingga layar menampilkan tampilan awal.
2. Sebelum memulai pengukuran, buatlah workflow dengan memilih opsi "Survei" pada layar sentuh, lalu pilih "Mulai Survei" dan "Lewati Workflow."
3. Setelah itu, masukkan informasi yang diperlukan pada layar tugas, termasuk Nomor Tugas dan Nama Teknisi.
4. Klik "Next (▶)" untuk melanjutkan ke bagian layar kubikel.
5. Pada layar kubikel, isi kolom yang tersedia seperti Pabrikasi, Tipe, Tanggal Instalasi, Tegangan, dan Isolasi Busbar.
6. Setelah semua informasi pada layar kubikel terisi, klik "Next (▶)" untuk berpindah ke layar Kondisi. Di layar ini, masukkan data berikut:
  - Latar Belakang Logam (dB)
  - Latar Belakang Logam (PPC)
  - Background Udara (dB)
  - Background Udara (PPC)
  - Suhu (°C)
  - Kelembapan (%)
7. Untuk melakukan pengukuran, tempelkan alat pada kubikel atau panel di area Latar Belakang Logam (dB). Setelah alat ditempelkan, klik pada bagian Latar Belakang dan tunggu 10 detik. Nilai akan muncul pada kolom Latar Belakang Logam (dB) dan (PPC).
8. Kemudian, untuk mengisi data Background Udara, gunakan sensor tambahan. Setelah sensor dipasang, pilih bagian Background Udara (dB) dan tunggu selama 10 detik hingga nilai ditampilkan pada kolom Background Udara (dB) dan

- (PPC).Klik pada bagian Suhu (°C) untuk menampilkan hasil pengukuran suhu dan kelembapan. Setelah semua informasi terisi, klik "selesai (✓)."
9. Untuk melanjutkan ke pengukuran Internal Discharge, klik TEV pada layar, pilih "Interpretasi," dan tekan tombol merah untuk merekam. Tunggu 10 detik.
  10. Untuk mengukur Surface Discharge, gunakan sensor ultrasonik. Tempatkan ujung sensor pada celah panel, klik "Ultrasonic," lalu tekan tombol merah (rekam) pada layar. Nilai Noise atau PD akan muncul setelah 10 detik, dan layar Metadata akan menampilkan informasi yang sama seperti pada pengukuran Internal Discharge.
  11. Setelah semua pengukuran selesai, akhiri survei dengan mengklik "Survei," pilih "Hentikan Survei," dan konfirmasi dengan memilih "OK." Data pengukuran akan tersedia.
  12. Untuk mengunduh data ke laptop atau handphone, klik "Pengaturan," pilih "Pengaturan Wireless," aktifkan Hotspot, lalu catat SSID dan Password yang muncul di layar Pengaturan Hotspot untuk mengakses data.
  13. Hubungkan hotspot dengan Ultra TEV. Setelah terhubung, buka browser, masukkan IP yang ditampilkan, dan tekan Enter. Setelah halaman muncul di PC atau handphone, data pengukuran dapat dilihat dan diunduh dalam format ZIP.
  14. Catat dan analisis hasil pengukuran untuk kubikel TD #1 untuk menentukan apakah berada pada level rendah, menengah, atau tinggi.

#### K. Metode Transient Earth Voltage (TEV)

Penggunaan alat ukur Ultra TEV memungkinkan pengukuran menggunakan sensor transient earth voltage (TEV). Sensor TEV dapat mendeteksi sinyal yang merambat melalui dinding logam switchgear ketika terjadi partial discharge (PD) yang mengalir menuju tanah. Proses deteksi partial discharge dengan sensor TEV dilakukan dengan menempelkan sensor tersebut, yang terdapat di dalam unit detektor partial discharge, pada logam penutup MV switchgear [11].

#### L. Keandalan Tenaga Listrik

Keandalan adalah ukuran sejauh mana suatu sistem atau komponen berhasil memberikan kinerja optimal dalam jangka waktu tertentu dan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk menilai keandalan sistem, perlu dilakukan evaluasi melalui perhitungan dan analisis kinerja atau operasional sistem selama periode yang ditentukan, dan membandingkannya dengan standar yang sudah ditetapkan [3].

#### M. Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Gangguan dalam sistem saluran listrik dapat bervariasi baik dari segi tingkat keparahan maupun karakteristiknya. Gangguan pada sistem transmisi tenaga listrik merupakan kondisi abnormal yang dapat memengaruhi kelancaran layanan transmisi tenaga listrik. Umumnya,

kegagalan dalam jaringan listrik dapat dibagi menjadi dua kategori utama:

Kegagalan yang berasal dari dalam sistem itu sendiri, dan gangguan yang disebabkan oleh faktor luar sistem [12].

#### N. Rumus Partial Discharge

Rumus yang digunakan untuk menghitung partial discharge merupakan rumus penguatan tegangan sebagai berikut [6]:

$$dB = 20 \log_{10} \left( \frac{V_{out}}{V_{in}} \right) \dots \dots \dots (1)$$

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Obyek Penelitian

Waktu pelaksanaan pengujian *partial discharge* dilakukan setiap 3 bulan sekali atau triwulanan. Pada triwulan pertama (TW I) dilakukan pada bulan Maret – April 2024 untuk menyelesaikan pengujian pada semua lokasi gardu induk. Kemudian, pada triwulan kedua (TW II) dilakukan pada bulan Juni – Juli 2024, lokasi yang menjadi obyek penelitian terjadwal diuji pada tanggal 18 Juli 2024.

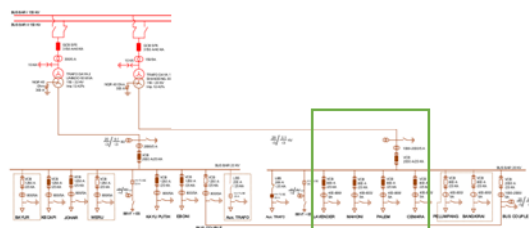
Lokasi yang menjadi obyek penelitian yaitu gardu induk Muara Bungo. Yang beralamat di beralamatkan di Sungai Binjai, Kecamatan Bathin III, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Peta geografis gardu induk Muara Bungo berada pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Peta Gardu Induk Muara Bungo

#### B. Single Line Diagram

*Single Line Diagram* (SLD) merupakan sebuah diagram yang menggambarkan komponen – komponen instalasi listrik yang diwakilkan oleh simbol – simbol yang saling berhubungan. Pengujian *partial discharge* hanya dilakukan di kubikel TD #1. Gambar *single line diagram* dapat dilihat pada gambar 8 yang ada di bawah ini.



Gambar 8. Single Line Diagram

C. Data Penelitian

Pengambilan data dapat dilakukan secara *online* (tanpa padam). Pada gambar 9 yang ada di bawah ini merupakan kubikel TD #1.



Gambar 9. Kubikel TD #1

Sesuai dengan gambar 3.3. di atas, kubikel yang akan dilakukan pengujian *partial discharge* adalah kubikel *feeder* Cemara, kubikel *incoming* TD 1, kubikel *feeder* Palembang, kubikel *feeder* Mahoni, dan kubikel *feeder* Lavender. Pada setiap kubikel dapat diukur dari beberapa titik komponen, yaitu ruang CT, ruang VT, PMT, busbar atas, dan box kabel.

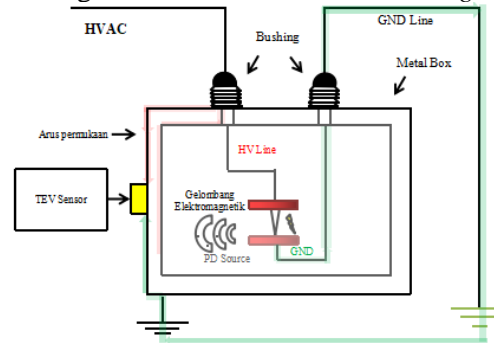
D. Langkah Penelitian

Adapun langkah penelitian dalam pengujian *partial discharge* sebagai berikut:

1. Merencanakan jadwal pengujian *partial discharge* yang belum dilakukan pengujian.
2. Mempersiapkan alat ukur, yaitu Ultra TEV Plus 2.
3. Melakukan tes alat ukur dengan menjadikan logam sebagai objek untuk penguncian frekuensi pada alat ukur dengan nilai frekuensi 50 Hz.
4. Apabila penguncian frekuensi sudah berhasil dilakukan, maka dilakukan pengisian keterangan material serta lokasi pengujian pada alat ukur.
5. Kemudian, mengukur nilai *partial discharge* dengan cara menempelkan alat ukur pada logam kubikel bagian luar namun lokasi penempelan alat ukur sesuai dengan penempatan material di dalam kubikel.
6. Alat ukur ditekan hingga muncul waktu selama 10 detik (s) lalu akan diperoleh nilai TEV dengan satuan dB dan *pulse per cycle* (PPC).
7. Pada alat ukur juga akan tersimpan *pattern*.
8. Memindahkan hasil uji dari alat ukur ke PC.
9. Menyalakan *wi-fi* pada PC atau laptop agar tersambung dengan alat ukur menggunakan SSID dan *password*.
10. Kemudian, menyimpan hasil pengujian kubikel TD #1 dengan cara *download*.
11. Setelah itu, melakukan perhitungan dengan persamaan rumus.
12. Menentukan nilai *partial discharge* termasuk dalam kategori level rendah, menengah, atau tinggi.
13. Mengetahui komponen yang memiliki potensi besar untuk terjadi *partial discharge*.

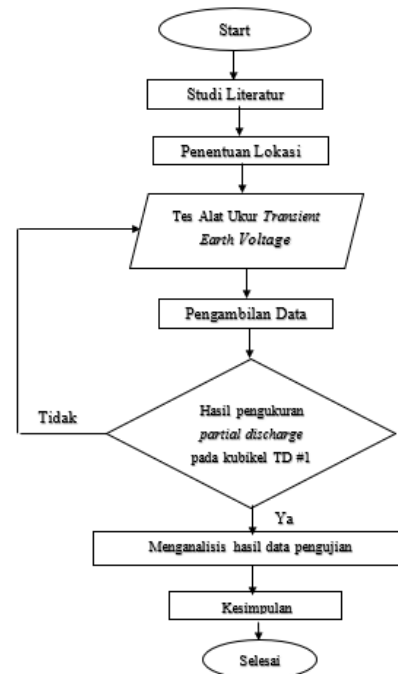
E. Diagram Blok Metode Pengukuran Transient Earth Voltage

Gambar 11 di bawah merupakan diagram blok pengukuran dengan metode *transient earth voltage* (TEV).



Gambar 10. Diagram Blok Pengukuran Metode TEV

F. Flowchart



Gambar 11. Flowchart

IV. HASIL DAN ANALISA

Pada bagian ini akan membahas nilai hasil pengukuran dan pengambilan data yang dilakukan menggunakan alat ukur dan metode *transient earth voltage*. Data yang akan dijelaskan meliputi angka-angka dan pola *partial discharge* yang tercatat pada kubikel TD #1.

A. Data Hasil Pengujian Partial Discharge Kubikel Penyulang Cemara

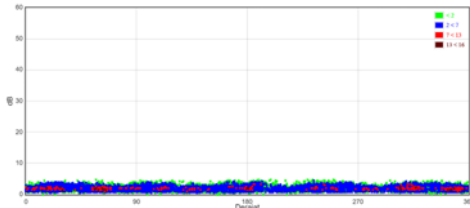
1. Ruang CT

Setelah dilakukan pengukuran *partial discharge* pada komponen ruang CT diperoleh hasil data seperti pada tabel 1. di bawah.

TABEL I.  
RUANG CT PENYULANG CEMARA

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	04
2.	Nama Aset	Penyulang Cemara
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	Ruang CT
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	5 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	0

Dari tabel 1, dapat disimpulkan bahwa kubikel penyulang Cemara pada komponen ruang CT masih dalam kondisi yang bagus, karena tidak melebihi batas normal di bawah 10 dB dan nilai PPC < 0,5.



Gambar 12. *Pattern* Ruang CT Penyulang Cemara

Berdasarkan gambar *pattern* 12 di atas termasuk kategori *noise* dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel penyulang Cemara pada komponen ruang CT tidak memerlukan perhatian atau tidak terdapat indikasi *partial discharge* namun tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

Berikut merupakan persamaan matematis (1) dengan menggunakan rumus penguatan tegangan.

$$\begin{aligned}
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 5 \text{ dB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{5\text{dB}}{20} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 0,25 \text{ dB} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{V_{in}}{V_{out}} &= \frac{0,25\text{dB}}{\log_{10}} \\
 &= 0,25 \text{ dB} \\
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 &= 20\log_{10} (0,25 \text{ dB}) \\
 &= 5 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

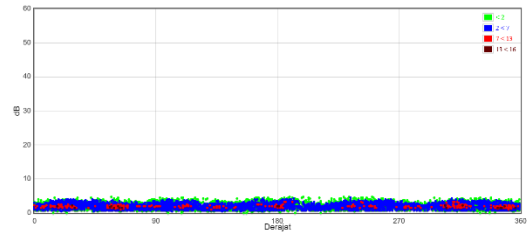
## 2. Busbar Atas

Setelah dilakukan pengukuran *partial discharge* pada komponen busbar diatas diperoleh dari hasil data seperti pada tabel 2. di bawah.

TABEL II.  
BUSBAR ATAS PENYULANG CEMARA

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	04
2.	Nama Aset	Penyulang Cemara
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	Busbar Atas
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	5 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	0

Dari hasil tabel 2, dapat disimpulkan bahwa kubikel penyulang Cemara pada komponen busbar atas masih dalam kondisi yang bagus, karena tidak melebihi batas normal di bawah 10 dB dan nilai PPC < 0,5.



Gambar 13. *Pattern* Busbar Atas Penyulang Cemara

Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 13. di atas termasuk kategori *noise* dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel penyulang Cemara pada komponen busbar atas tidak memerlukan perhatian atau tidak terdapat indikasi *partial discharge* namun tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

Berikut merupakan persamaan matematis (1) dengan menggunakan rumus penguatan tegangan.

$$\begin{aligned}
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 5 \text{ dB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{5\text{dB}}{20} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 0,25 \text{ dB} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{V_{in}}{V_{out}} &= \frac{0,25\text{dB}}{\log_{10}} \\
 &= 0,25 \text{ dB} \\
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 &= 20\log_{10} (0,25 \text{ dB}) \\
 &= 5 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

## 3. PMT

Setelah dilakukan pengukuran *partial discharge* pada komponen PMT diperoleh hasil data seperti pada tabel 3. di bawah.

TABEL III  
PMT PENYULANG CEMARA

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	04
2.	Nama Aset	Penyulang Cemara
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	PMT
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	12 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	0,98

Dari hasil tabel 3., dapat disimpulkan bahwa kubikel penyulang Cemara pada komponen PMT kemungkinan terdapat *internal partial discharge* level rendah karena berada di antara 10-19 dB dan nilai PPC diantara 0,5 - 6.



Gambar 14. *Pattern* PMT Penyulang Cemara

Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 14. di atas termasuk kategori *internal PD* tingkat rendah dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel penyulang Cemara pada komponen PMT ada indikasi awal *partial discharge* sehingga tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

Berikut merupakan persamaan matematis (1) dengan menggunakan rumus penguatan tegangan.

$$\begin{aligned}
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 12 \text{ dB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{12\text{dB}}{20} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 0,6 \text{ dB} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{V_{in}}{V_{out}} &= \frac{0,6\text{dB}}{\log 10} \\
 &= 0,6 \text{ dB} \\
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 &= 20\log_{10} (0,6 \text{ dB}) \\
 &= 12 \text{ Db}
 \end{aligned}$$

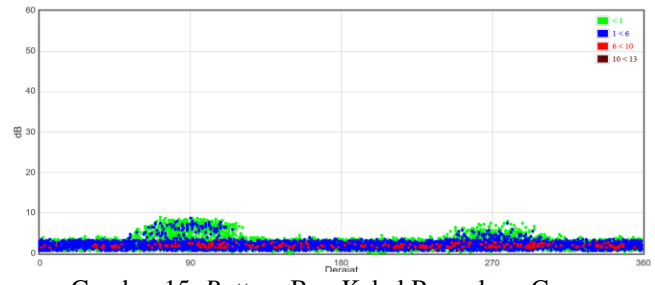
#### 4. Box Kabel

Setelah dilakukan pengukuran *partial discharge* pada komponen box kabel diperoleh hasil data seperti pada tabel 4. di bawah.

TABEL IV  
BOX KABEL PENYULANG CEMARA

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	04
2.	Nama Aset	Penyulang Cemara
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	Box Kabel
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	9 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	0

Dari hasil tabel 4., dapat disimpulkan bahwa kubikel penyulang Cemara pada komponen box kabel masih dalam kondisi yang bagus karena nilai TEV kurang dari 10 - 19 dB dan nilai PPC < 0,5.



Gambar 15. *Pattern* Box Kabel Penyulang Cemara

Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 15. di atas termasuk kategori *noise* dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel penyulang Cemara pada komponen box kabel tidak memerlukan perhatian atau tidak terdapat indikasi *partial discharge* namun tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

Berikut merupakan persamaan matematis (1) dengan menggunakan rumus penguatan tegangan.

$$\begin{aligned}
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 9 \text{ dB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{9\text{dB}}{20} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 0,45 \text{ dB} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{V_{in}}{V_{out}} &= \frac{0,45\text{dB}}{\log 10} \\
 &= 0,45 \text{ dB} \\
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 &= 20\log_{10} (0,45 \text{ dB}) \\
 &= 9 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

#### B. Data Hasil Pengujian Partial Discharge Kubikel Penyulang Cemara

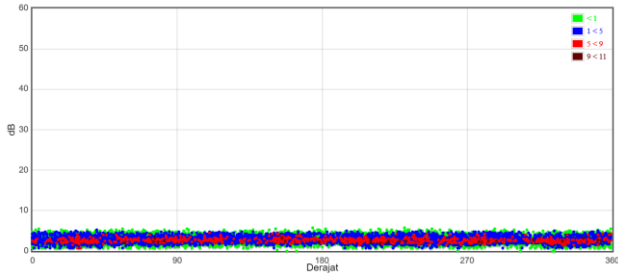
##### 1. Ruang CT

Setelah dilakukan pengukuran *partial discharge* pada komponen ruang CT diperoleh hasil data seperti pada tabel 5. di bawah.

TABEL V  
RUANG CT PENYULANG INCOMING TD #1

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	05
2.	Nama Aset	Incoming TD #1
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	Ruang CT
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	6 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	0

Dari hasil tabel 5, maka kubikel penyulang *Incoming* TD #1 pada komponen ruang CT masih dalam kondisi yang bagus, karena nilai TEV kurang dari 10 - 19 dB dan nilai PPC < 0,5.



Gambar 16. *Pattern* Ruang CT Penyulang Incoming TD #1

Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 16. di atas termasuk kategori *noise* dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel *Incoming* TD #1 pada komponen ruang CT tidak memerlukan perhatian atau tidak terdapat indikasi *partial discharge* namun tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

Berikut merupakan persamaan matematis dengan menggunakan rumus penguatan tegangan (1).

$$\begin{aligned} \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\ 6 \text{ dB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\ \frac{6\text{dB}}{20} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\ 0,3 \text{ dB} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\ \frac{V_{in}}{V_{out}} &= \frac{0,3\text{dB}}{\log_{10}} \\ &= 0,3\text{dB} \\ \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\ &= 20\log_{10}(0,3 \text{ dB}) \\ &= 6 \text{ dB} \end{aligned}$$

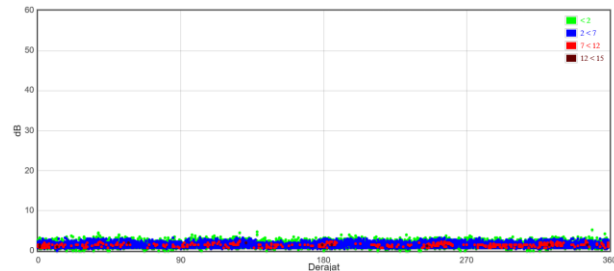
## 2. Busbar Atas

Setelah dilakukan pengukuran *partial discharge* pada komponen busbar atas diperoleh hasil data seperti pada tabel 6. di bawah.

TABEL VI  
BUSBAR ATAS PENYULANG INCOMING TD #1

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	05
2.	Nama Aset	Incoming TD #1
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	Busbar Atas
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	5 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	0

Dari hasil tabel 6, dapat disimpulkan bahwa kubikel *incoming* TD 1 pada komponen busbar atas masih dalam kondisi yang bagus, karena tidak melebihi batas normal di bawah 10 dB dan nilai PPC < 0,5.



Gambar 17. *Pattern* Busbar Atas Penyulang Incoming TD #1

Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 17. di atas termasuk kategori *noise* dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel *Incoming* TD #1 busbar atas tidak memerlukan perhatian atau tidak terdapat indikasi *partial discharge* namun tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

Berikut merupakan persamaan matematis (1) dengan menggunakan rumus penguatan tegangan.

$$\begin{aligned} \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\ 5 \text{ dB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\ \frac{5\text{dB}}{20} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\ 0,25 \text{ dB} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\ \frac{V_{in}}{V_{out}} &= \frac{0,25\text{dB}}{\log_{10}} \\ &= 0,25 \text{ dB} \\ \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\ &= 20\log_{10}(0,25 \text{ dB}) \\ &= 5 \text{ dB} \end{aligned}$$

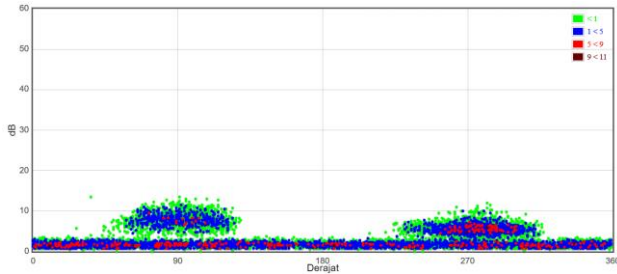
## 3. PMT

Setelah dilakukan pengukuran *partial discharge* pada komponen PMT diperoleh hasil data seperti pada tabel 7. di bawah.

TABEL VII  
PMT PENYULANG INCOMING TD #1

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	05
2.	Nama Aset	Incoming TD #1
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	PMT
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	11 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	1,23

Dari hasil tabel 7, dapat disimpulkan bahwa kubikel incoming TD 1 pada komponen PMT terdapat *internal partial discharge* level rendah karena berada di antara 10-19 dB dan nilai PPC diantara 0,5 - 6.



Gambar 18. Pattern PMT Penyulang Incoming TD #1

Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 18. di atas termasuk kategori *internal PD* tingkat rendah dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel incoming TD 1 pada komponen PMT ada indikasi awal *partial discharge* sehingga tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

Berikut merupakan persamaan matematis (1) dengan menggunakan rumus penguatan tegangan.

$$\begin{aligned}
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 11 \text{ dB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{11\text{dB}}{20} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 0,55 \text{ dB} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{V_{in}}{V_{out}} &= \frac{0,55\text{dB}}{\log_{10}} \\
 &= 0,55 \text{ dB} \\
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 &= 20\log_{10}(0,55 \text{ dB}) \\
 &= 11 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

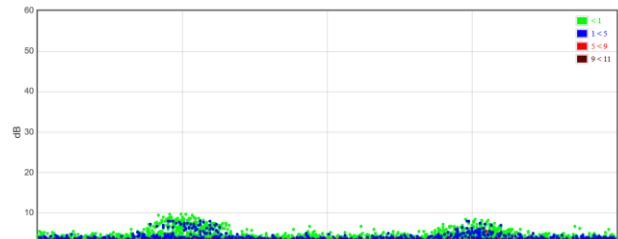
#### 4. Ruang VT

Setelah dilakukan pengukuran *partial discharge* pada komponen ruang VT diperoleh hasil data seperti pada tabel 8. di bawah.

TABEL VIII  
RUANG VT PENYULANG INCOMING TD #1

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	05
2.	Nama Aset	Incoming TD #1
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	Ruang VT
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	9 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	0

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, dapat disimpulkan bahwa kubikel incoming TD #1 pada komponen ruang VT masih dalam kondisi yang bagus atayu normal karena nilai TEV kurang dari 10 - 19 dB dan nilai PPC < 0,5.



Gambar 19. Pattern Ruang VT Penyulang Incoming TD #1

Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 19. di atas termasuk kategori *noise* dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel incoming TD 1 pada komponen ruang VT tidak memerlukan perhatian atau tidak terdapat indikasi *partial discharge* namun tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

Berikut merupakan persamaan matematis (1) dengan menggunakan rumus penguatan tegangan.

$$\begin{aligned}
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 9 \text{ dB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{9\text{dB}}{20} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 0,45 \text{ dB} &= \log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 \frac{V_{in}}{V_{out}} &= \frac{0,45\text{dB}}{\log_{10}} \\
 &= 0,45 \text{ dB} \\
 \text{PPdB} &= 20\log_{10} \frac{V_{in}}{V_{out}} \\
 &= 20\log_{10}(0,45 \text{ dB}) \\
 &= 9 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

### C. Data Hasil Pengujian Partial Discharge Kubikel Penyulang Palembang

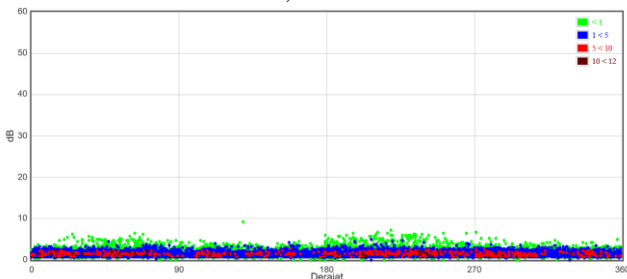
#### 1. Ruang CT

Setelah dilakukan pengukuran *partial discharge* pada komponen ruang CT diperoleh hasil data seperti pada tabel 9. di bawah.

TABEL IX  
RUANG CT PENYULANG PALEM

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	06
2.	Nama Aset	Palem
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	Ruang CT
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	5 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	0

Dari hasil tabel 9, maka kubikel penyulang Palembang pada komponen ruang CT masih dalam kondisi yang bagus atau normal, karena nilai TEV kurang dari 10 - 19 dB dan nilai PPC < 0,5.



Gambar 20. *Pattern* Ruang CT Penyulang Palembang

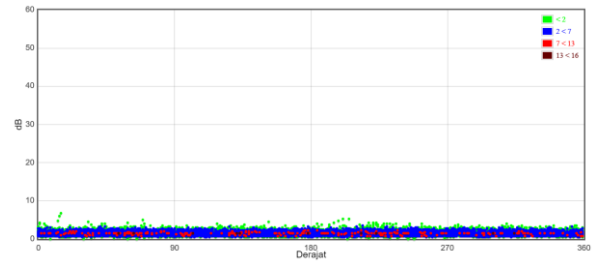
Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 20. di atas termasuk kategori *noise* dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel penyulang Palembang pada komponen ruang CT tidak memerlukan perhatian atau tidak terdapat indikasi *partial discharge* namun tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

#### 2. Busbar Atas

TABEL X  
RUANG CT PENYULANG PALEM

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	06
2.	Nama Aset	Palem
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	Busbar Atas
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	5 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	0

Dari hasil tabel 10, dapat disimpulkan bahwa kubikel Palembang pada komponen busbar atas masih dalam kondisi yang bagus, karena tidak melebihi batas normal di bawah 10 dB dan nilai PPC < 0,5.



Gambar 21. *Pattern* Busbar Atas Penyulang Palembang

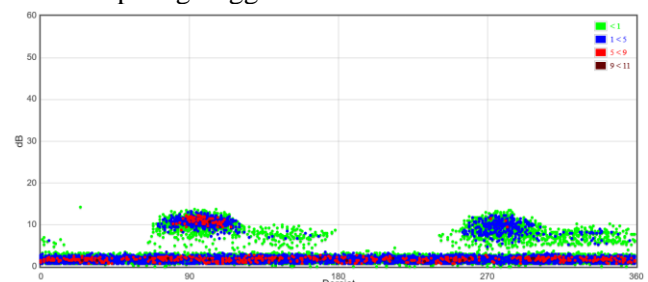
Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 21 di atas termasuk kategori *noise* dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel penyulang Palembang pada komponen busbar atas tidak memerlukan perhatian atau tidak terdapat indikasi *partial discharge* namun tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

#### 3. PMT

TABEL XI  
PMT PENYULANG PALEM

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	06
2.	Nama Aset	Palem
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	PMT
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	12 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	4,62

Dari hasil tabel 11, dapat disimpulkan bahwa kubikel penyulang Palembang pada komponen PMT terdapat *internal partial discharge* level rendah karena berada di antara 10-19 dB dan nilai PPC diantara 0,5 - 6. Dan pada komponen PMT penyulang Palembang memiliki nilai TEV dan PPC paling tinggi.



Gambar 22. *Pattern* PMT Penyulang Palembang

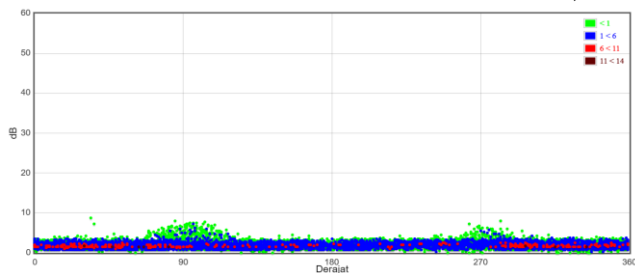
Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 22, di atas termasuk kategori *internal PD* tingkat rendah dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel penyulang Palembang pada komponen PMT ada indikasi awal *partial discharge* sehingga tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

#### 4. Box Kabel

TABEL XII  
BOX KABEL PENYULANG PALEM

No.	METADATA	
1.	Nomor Panel	06
2.	Nama Aset	Palem
3.	Merk	Schneider
4.	Komponen yang diukur	PMT
5.	Hasil Pengukuran metode TEV	7 dB
6.	PPC ( <i>Pulse Per Cycle</i> )	0

Dari hasil tabel 12, dapat disimpulkan bahwa kubikel penyulang Palembang pada komponen box kabel terdapat *internal partial discharge* level rendah karena berada di antara 10-19 dB dan nilai PPC diantara 0,5 – 6.



Gambar 23. *Pattern* Box Kabel Penyulang Palembang

Berdasarkan standar pabrikan, hasil seperti gambar *pattern* 23, di atas termasuk kategori *internal PD* tingkat rendah dan dapat diinterpretasikan bahwa kubikel penyulang Palembang pada komponen box kabel tidak memerlukan perhatian segera namun tetap dilakukan pengecekan secara berkala dan rutin apakah terdapat kenaikan intensitas *partial discharge*.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian, dapat disimpulkan hasil pada komponen ruang CT, busbar atas, box kabel, dan ruang VT pada setiap kubikel penyulang tidak terindikasi adanya *partial discharge*, karena nilai TEV masih di bawah 10 – 19 dB dan nilai PPC di bawah 0,5 – 6. Hasil pada komponen PMT pada kubikel penyulang Mahoni dan penyulang Lavender tidak terindikasi adanya *partial discharge*, karena nilai TEV masih di bawah 10 – 19 dB dan nilai PPC di bawah 0,5 – 6. Hasil pada komponen PMT pada kubikel penyulang Cemara dengan nilai TEV 12 dB termasuk dalam rentang nilai 10 – 19 dB nilai PPC 0,98 termasuk dalam rentang nilai 0,5 – 6 sehingga komponen PMT pada penyulang Cemara termasuk *partial discharge* level rendah. Komponen PMT pada kubikel penyulang *Incoming TD #1* dengan nilai TEV 11 dB berada dalam rentang nilai 10 – 19 dB nilai PPC 1,23 termasuk dalam rentang nilai 0,5 – 6 sehingga komponen PMT pada penyulang *Incoming TD #1* termasuk *partial discharge* level rendah. Hasil pada komponen PMT pada kubikel penyulang Palembang dengan nilai TEV 12 dB berada dalam rentang nilai 10 – 19 dB nilai PPC 4,62 termasuk dalam rentang nilai 0,5 – 6 sehingga komponen PMT pada penyulang Palembang termasuk *partial discharge* level rendah. Komponen PMT pada kubikel penyulang Lavender dengan nilai TEV 10 dB berada dalam rentang nilai 10 – 19 dB nilai PPC 0,69 termasuk dalam rentang nilai 0,5 – 6 sehingga komponen PMT pada penyulang Palembang termasuk *partial discharge* level rendah.

Dari pengujian yang telah dilakukan, pada seluruh kubikel penyulang TD #1 terdapat indikasi *partial discharge* level rendah pada komponen PMT sehingga

perlu dilakukan penjadwalan untuk pengecekan dan perbaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Novemsa, “Analisis Keandalan Konduktor Kubikel Penyulang Outgoing Menggunakan Alat Ukur Partial Discharge Pada PT. PLN (Persero) Gardu Induk Rengat,” 2022.
- [2] C. D. Yusri, “Karakteristik Partial Discharge Pada Permukaan PCB (Epoxy Resin) Menggunakan Elektroda Plat-Batang,” 2023.
- [3] V. Savira, “Analisa Data Kontrol Suhu dan Kelembapan pada Kubikel Gardu Distribusi Pasang Dalam Berbasis Mikrokontroler”.
- [4] T. Sugiono and Firdaus, “Analisa Pola dan Spektrum Partial Discharge Terhadap Kerusakan Transformator,” vol. 7, p. 2, Jul. 2020.
- [5] A. T. Mustari, S. Pranoto, and T. Tadjuddin, “Analisis Rugi-rugi Daya Akibat Kerusakan Jointing Melalui Hotspot Thermovision Pada PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Rantepao,” in *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2021, pp. 93–97.
- [6] R. T. Jurnal, “Studi Analisis Pengaruh Partial Discharge Pada Sktm Terhadap Keandalan Penyulang: Supriadi Legino, Firman Jurjani,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 8, no. 2, pp. 67–73, 2016.
- [7] J. Anggriawan, “Analisa Pengujian Jointing Cable Dengan Tegangan Pengenal 12/20 (24) Kv Menggunakan Tegangan Impuls Dan Partial Discharge (suatu studi laboratorium di PT.PLN Puslitbang),” *Universitas Negeri Jakarta*, May 2022.
- [8] R. S. Sipahutar, “Pendeteksian dan Identifikasi Jenis Partial Discharge Dengan Metode Analisa Pola Phase Resolved Partial Discharge (PRPD),” 2021.
- [9] M. Mika, L. S. Patras, and F. Lisi, “Perancangan Pendeteksi Partial Discharge Pada Isolasi Padat,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 8, no. 3, pp. 161–170, 2019.
- [10] “Ultra TEV Plus 2,” PT. Multi Inovasi Teknologi. Accessed: Jan. 15, 2024. [Online]. Available: [https://multiinovasiteknologi.com/ultra-tev-plus-2/#:~:text=Ultra%20TEV%20Plus%20merupakan,dll\)%20yang%20terletak%20pada%20kubicle](https://multiinovasiteknologi.com/ultra-tev-plus-2/#:~:text=Ultra%20TEV%20Plus%20merupakan,dll)%20yang%20terletak%20pada%20kubicle).
- [11] G. A. P. Yoga, “Analisa Keandalan Sistem Tenaga Listrik Di Wilayah Lampung Berdasarkan Ketersediaan Daya Pada Tahun 2016,” 2017.
- [12] J. N. V. Wasida, L. S. Patras, and G. M. C. Mangindaan, “Analisa Efek Korona pada Saluran Transmisi Gardu Induk Paniki,” 2022.