



EVALUASI KINERJA ISOLASI DAN PARAMETER LISTRIK PADA CAPACITIVE VOLTAGE TRANSFORMER (CVT) DI BAY TANJUNG 2 GARDU INDUK 150 KV SWITCHING

Anur Ramadhan^{1*}, Agung B Muljono²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram; Jl. Majapahit No 62 Mataram; telp/Fax: 0370636126

Keywords:

Capacitive Voltage Transformer (CVT);
Tahanan Isolasi;
Tan Delta;
Kapasitansi;
Shutdown Measurement.

Correspondent Email:

anurramadhan99@gmail.com

Abstrak. Salah satu komponen penting dalam gardu induk adalah CVT. Pemeliharaan merupakan salah satu proses kegiatan yang bertujuan menjaga kondisi peralatan agar optimal dalam melaksanakan fungsinya sehingga nilai keandalannya dapat terpenuhi. Salah satu pemeliharaan yaitu *shutdown measurement*. Penelitian ini menguji tahanan isolasi, tan delta dan kapasitansi pada Peralatan *Capacitive Voltage Transformer* (CVT) Di Bay Tanjung 2 Gardu Induk 150 kV Switching. Pengujian tahanan isolasi mengacu pada Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014 Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Tegangan yang mengacu pada standar VDE. Pengujian tan delta dan kapasitansi mengacu pada Standar yang digunakan IEC 60044-5 “*Instrument Transformer Part-5*” Edisi I tahun 2004. Hasil pengujian tahanan isolasi CVT untuk fasa R adalah 1,96 GΩ; 2,06 GΩ; 2,24 GΩ; 323 MΩ; 450 MΩ; 948 MΩ. Hasil Fasa S adalah 14 GΩ; 16,71 GΩ; 19,56 GΩ; 496 MΩ; 252 MΩ; 826 MΩ. Hasil Fasa T adalah 19,48 GΩ; 17,2 GΩ; 8,76 GΩ; 1,13 GΩ; 2,46 GΩ; 2,5 GΩ. Hasil pengujian Tan Delta fasa R, S, dan T sebesar 0,683%, 0,69%, dan 0,701%. Untuk pengujian nilai kapasitansi di fasa R, S dan T yaitu 4446, 4439, dan 4447 pF,



Copyright © JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. One of the important components in a substation is the Capacitive Voltage Transformer (CVT). Maintenance is one of the activities aimed at keeping equipment in optimal condition to ensure it performs its functions reliably. One type of maintenance is shutdown measurement. This study examines insulation resistance, tan delta, and capacitance of the CVT equipment at Bay Tanjung 2 of the 150 kV Switching Substation. The insulation resistance test refers to the Decree of the Board of Directors of PT.PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014 Transformer Maintenance Manual, which is based on the VDE standard. The tan delta and capacitance tests refer to the IEC 60044-5 standard “*Instrument Transformers Part-5*,” First Edition, 2004. The results of the CVT insulation resistance tests for phase R were 1.96 GΩ, 2.06 GΩ, 2.24 GΩ, 323 MΩ, 450 MΩ, and 948 MΩ. For phase S, the results were 14 GΩ, 16.71 GΩ, 19.56 GΩ, 496 MΩ, 252 MΩ, and 826 MΩ. For phase T, the results were 19.48 GΩ, 17.2 GΩ, 8.76 GΩ, 1.13 GΩ, 2.46 GΩ, and 2.5 GΩ. The tan delta test results for phases R, S, and T were 0.683%, 0.69%, and 0.701%. The capacitance test results for phases R, S, and T were 4446 pF, 4439 pF, and 4447 pF, respectively.

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem kelistrikan, gardu induk memiliki peranan vital sebagai pusat

pengendali distribusi energi listrik dari pembangkit menuju konsumen akhir. Salah satu komponen penting dalam gardu induk adalah

Capacitive Voltage Transformer (CVT), yang digunakan untuk mengukur tegangan tinggi pada jaringan transmisi [1],[2]. Sistem transmisi tegangan tinggi umumnya beroperasi pada rentang voltase yang sangat besar, CVT berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi tersebut ke level yang lebih aman dan sesuai untuk diukur dan dianalisis oleh perangkat pengawasan dan proteksi [3],[4].

Pemeliharaan merupakan salah satu proses kegiatan yang bertujuan menjaga kondisi peralatan tenaga listrik agar tetap optimal dalam melaksanakan fungsinya sehingga nilai keandalannya dapat terpenuhi [5]. Sebagai perusahaan utama penyedia dan pemasok energi listrik di Indonesia, PT PLN (Persero) memiliki pedoman tersendiri dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan terhadap aset-aset kelistrikan yang dimilikinya diantaranya tegangan tembus minyak trafo [6] dan Tahanan Kontak Pemisah (PMS) [7]. Mengacu pada KEPDIR 0520.K/DIR/2014 salah satu penggolongan pemeliharaan yang penting dalam peralatan CVT yaitu *shutdown measurement* [8],[9].

Shutdown measurement merupakan metode pengujian yang dilakukan saat peralatan tidak beroperasi (*shutdown*), yang memungkinkan pengujian parameter-parameter penting seperti tahanan isolasi, tan delta (*dissipation factor*), dan kapasitansi [10]. Nilai-nilai ini menjadi indikator utama dalam menilai kondisi isolasi peralatan. Standar-standar seperti IEC 60044-5 dan pedoman internal PT PLN (Persero) menjadi acuan dalam pelaksanaan pengujian *shutdown measurement* [11],[9].

Seiring berjalannya waktu, peralatan seperti CVT mengalami degradasi isolasi akibat faktor lingkungan, beban berlebih, maupun usia operasi. Degradasi ini dapat memengaruhi keandalan dan keselamatan sistem tenaga secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemeliharaan rutin, khususnya melalui pengujian *shutdown measurement*, menjadi sangat krusial untuk memastikan bahwa CVT tetap berfungsi dengan baik [12],[4].

Penelitian bertujuan untuk mengetahui hasil dan evaluasi pengujian pada Inspeksi Level 3 (*shutdown measurement*) dalam pemeliharaan pada peralatan *Capacitive Voltage Transformer (CVT)* [13],[14]. Pada Peralatan *Capacitive Voltage Transformer (CVT)* Di Bay Tanjung 2 Gardu Induk 150 kV *Switching*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi pada trafo tegangan CVT dilakukan dengan menggunakan megger bertegangan uji 5 kV pada sisi primer dan 500 V pada sisi sekunder. Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan tingkat kualitas isolasi yang ada antara gulungan trafo dengan komponen lainnya, sehingga dapat memastikan keandalan dan keamanan operasi trafo tersebut. Pengukuran tahanan isolasi dilakukan secara kontinu selama 60 detik, dan nilai tahanan yang tercatat pada waktu tersebut digunakan sebagai parameter evaluasi untuk menilai kondisi isolasi trafo secara keseluruhan.

Tabel 1. Rekomendasi Hasil Tahanan Isolasi

No.	Hasil Uji	Keterangan	Rekomendasi
1	> 1MΩm/1kV	Good	Normal
2	< 1MΩm/1kV	Poor	Lakukan pengujian lebih lanjut

Standar VDE (katalog 228/4) menetapkan bahwa pada suhu operasi, nilai minimum tahanan isolasi kumparan trafo harus memenuhi rasio 1 MΩ untuk setiap 1 kilo Volt tegangan uji yang diberikan. Dengan kata lain, untuk setiap 1 kV tegangan pengujian yang diterapkan, tahanan isolasi minimum yang diharapkan adalah sebesar 1 MΩ. Ketentuan ini digunakan sebagai acuan dalam evaluasi kualitas isolasi pada trafo tegangan guna memastikan bahwa peralatan dapat beroperasi dengan aman dan andal sesuai dengan kondisi lingkungan dan beban kerja yang berlaku.

2.2. Tan Delta dan Kapasitansi

Minyak sebagai media isolasi pada trafo tegangan memiliki karakteristik konduktansi rendah dan kapasitansi yang relatif tinggi. Pengujian tan delta digunakan untuk mengukur faktor disipasi (tan delta) serta kapasitansi pada Voltage Transformer (VT). Kenaikan nilai kapasitansi menjadi indikasi penurunan kualitas isolasi kertas, yang berpotensi menyebabkan degradasi isolasi secara menyeluruh. Namun, pada peralatan CVT, pengujian terbatas hanya pada pengukuran kapasitansi saja.

Pengujian tan delta pada *Voltage Transformer (VT)* menggunakan mode GST-Ground bertujuan untuk memperoleh nilai tan delta secara menyeluruh dari peralatan. Tegangan uji yang digunakan berkisar antara 1

kV hingga 2 kV, disesuaikan dengan tingkat isolasi pada terminal sisi netral *High Voltage* (HV). Pendekatan ini menjamin pengujian dilakukan dengan aman sekaligus memberikan gambaran yang akurat mengenai kondisi isolasi.

Untuk rumus tan delta dan kapasitansinya yaitu [15]:

$$\tan \delta = \frac{I_{RP}}{I_{CP}} = \frac{I}{R_p \times \omega \times C_p}$$

$$\cos \varphi = \frac{I_{RP}}{I_{tot}}$$

Pengukuran tan delta umumnya diterapkan pada trafo tegangan jenis magnetik, sedangkan pengukuran kapasitansi dapat dilakukan baik pada trafo tegangan magnetik maupun kapasitif, termasuk CVT. Perbedaan ini disebabkan oleh karakteristik internal masing-masing jenis trafo tegangan, di mana trafo magnetik memiliki komponen inti besi, sedangkan CVT memanfaatkan prinsip pembagi kapasitif dalam pengoperasiannya.

Tegangan uji yang digunakan dalam pengukuran tan delta dan kapasitansi pada Potential Transformer (PT) disesuaikan dengan tingkat isolasi pada terminal netral sisi tegangan tinggi. Untuk pengukuran kapasitansi pada peralatan CVT, tegangan uji yang digunakan umumnya sebesar 10 kV, sesuai dengan spesifikasi teknis pabrikan dan tingkat isolasi internal perangkat. Acuan standar yang digunakan dalam pengujian ini adalah IEC 60044-5: Instrument Transformer Part-5, Edisi I tahun 2004, serta pedoman dari manual peralatan atau nameplate yang tertera pada unit yang diuji.

Adapun standar nilai yang digunakan untuk mengevaluasi hasil pengukuran tan delta dan kapasitansi merujuk pada batas ambang yang telah ditentukan dalam standar tersebut, guna memastikan keandalan fungsi isolasi dan integritas sistem secara keseluruhan sebagaimana pada Tabel 2. Nilai-nilai ini menjadi dasar untuk menilai apakah peralatan masih berada dalam kondisi laik operasi atau memerlukan tindakan korektif.

Tabel 2. Rekomendasi Hasil Tangen Delta dan Kapasitansi

No	Hasil Uji	Keterangan	Rekomendasi
1	Tangen Delta PT		
	<1 %	<i>Acceptable</i>	Melakukan pengujian sesuai periode yang dijadwalkan
	≥ 1%	<i>Unacceptable</i>	a. Melakukan pengujian ulang diperlukan untuk memastikan keakuratan hasil pengujian, atau dapat mengacu pada panduan teknis yang tercantum dalam manual peralatan. b. Melakukan peninjauan terhadap tren hasil pengujian periode sebelumnya atau membandingkannya dengan data uji dari pabrikan dapat membantu dalam evaluasi lebih lanjut. c. Melakukan perbandingan dengan hasil pengujian lainnya, seperti tahanan isolasi, diperlukan apabila ditemukan indikasi kondisi isolasi yang menurun secara konsisten. d. Melakukan tindakan sesuai dengan rekomendasi teknis dari pabrikan merupakan langkah yang disarankan jika hasil tetap berada di luar batas standar
2	Kapasitansi total CVT		
	< + 10 atau > -5%	<i>Acceptable</i>	Melakukan pengujian sesuai periode yang dijadwalkan
	> + 10 atau < -5%	<i>Unacceptable</i>	a. Melakukan pengujian ulang untuk memastikan keakuratan hasil atau rujuk ke manual peralatan. b. Melakukan penggantian jika hasil tetap di luar batas standar.
	> 1%	<i>Unacceptable</i>	a. Melakukan pengujian ulang untuk memastikan akurasi hasil atau rujuk pada manual peralatan. b. Melakukan penggantian jika hasil pengukuran masih di luar batas standar. c. Ikuti rekomendasi pabrik untuk tindakan selanjutnya.

3. METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan menggunakan tiga pengujian terhadap inspeksi level 3 CVT di

- j. Memasang ujung lainnya dari Kabel RS 232 Serial Data yang sudah terpasang di terminal "Serial" TESTRANO 600 ke Channel "SERIAL" CPTD 12.
- k. Menekan tombol ON untuk menghidupkan TESTRANO 600 (pada panel TESTRANO 600 di sisi sebelah Kanan). Setelah TESTRANO 600 menyala, tunggu sampai TESTRANO 600 selesai melakukan proses Booting. Setelah proses booting selesai, lampu LED Indikator Hijau depan panel TESTRANO 600 akan menyala (*Standby*).
- l. Buka atau operasikan Software Primary Test Manager (PTM) pada laptop.
- m. Membuka new guide job dan mengisi beberapa properti kolom seperti Location dan Asset berdasarkan peralatan CVT yang akan diuji.
- n. Pasang ujung kabel High Voltage 12 kV (warna hitam) dengan defferential Clamp dan jepitkan pada terminal Bushing dari CVT yang diuji.
- o. Pasanglah ujung lain dari kabel High Voltage 12 kV ke Channel output "HV Output" dari CPTD 12 (posisi di belakang panel CPTD 12).
- p. Membuka menu test pada bagian job yaitu pengujian tan delta manual, kemudian mengisi kembali beberapa bagian yang dibutuhkan.
- q. Mengatur mode pengujian menjadi GST-GROUND dan menekan start
- r. Mencatat hasil nilai tan delta dan nilai kapasitansi.
- s. Mengulangi dari langkah percobaan n untuk mendapatkan nilai tan delta dan kapasitansi dari fasa CVT yang lainnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Shutdown Measurement, atau yang dikenal sebagai Inspeksi Level 3, merupakan prosedur pengujian yang dilakukan pada kondisi peralatan dalam keadaan tidak beroperasi. Prosedur ini biasanya diterapkan selama kegiatan pemeliharaan rutin maupun dalam rangka investigasi terhadap ketidakwajaran atau gangguan yang terdeteksi pada peralatan. Jenis-jenis pengujiannya meliputi beberapa metode yang akan dijelaskan lebih lanjut berikut ini:

4.1. Pengujian Tahanan Isolasi

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3, pengujian tahanan isolasi bertujuan untuk memastikan bahwa sistem isolasi yang memisahkan sisi primer dan sisi sekunder pada Capacitive Voltage Transformer (CVT) berfungsi dengan baik. Pemeriksaan ini penting untuk mendeteksi potensi gangguan pada isolator yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi peralatan.

Selain itu, pemahaman terhadap respons impuls dari karakteristik CVT sangat krusial dalam menganalisis kemungkinan terjadinya kerusakan atau gangguan pada sistem isolasi internal. Pada bagian sekunder CVT terdapat terminal box, yang di dalamnya berisi inti (*core*) dengan dua fungsi utama, yaitu sebagai metering (pengukuran) dan relay (proteksi). Keberadaan dan kondisi inti ini juga perlu diperhatikan karena berperan langsung dalam akurasi pengukuran dan keandalan sistem proteksi.



Gambar 3. Pengujian tahanan isolasi

Pengujian dilakukan menggunakan alat MEGGER Type MIT1025 dengan standar hasil pengujian $<1\text{M}\Omega/1\text{kV}$.

4.1.1. Analisis Hasil Uji Tahanan Isolasi

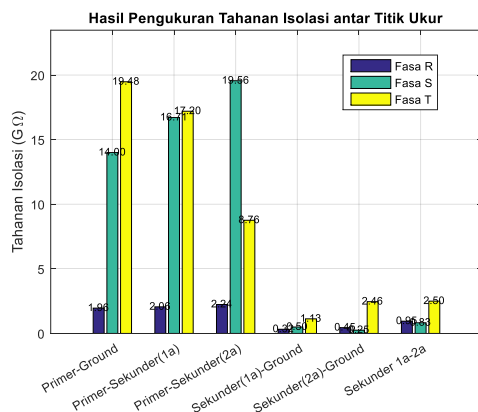
Berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi pada perangkat CVT untuk fasa R, S, dan T yang terpasang di *Bay Line* Tanjung 2 GI Switching, diperoleh nilai tahanan lebih dari $1\text{M}\Omega/1\text{kV}$, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 4. Nilai ini mengindikasikan bahwa sistem isolasi CVT masih berada dalam batas yang dapat diterima dan menunjukkan performa yang baik dalam menahan tegangan uji.

Pencapaian nilai tersebut telah memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan dalam [16], yang merujuk pada standar VDE sebagai

acuan teknis. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kondisi isolasi pada ketiga fasa CVT berada dalam kategori baik dan peralatan dinyatakan laik untuk dioperasikan secara andal.

Tabel 3. Tabel Hasil Pengujian Tahanan Isolasi CVT

Titik Ukur	Tegangan Uji	Hasil Ukur		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Primer-Ground	10 kV	1,96 GΩ	14 GΩ	19,48 GΩ
Primer-Sekunder(1a)	5 kV	2,06 GΩ	16,71 GΩ	17,2 GΩ
Primer-Sekunder(2a)		2,24 GΩ	19,56 GΩ	8,76 GΩ
Sekunder(1a)-Ground	500 V	323 MΩ	496 MΩ	1,13 GΩ
Sekunder(2a)-Ground		450 MΩ	252 MΩ	2,46 GΩ
Sekunder 1a-2a		948 MΩ	826 MΩ	2,5 GΩ



Gambar 4. Grafik hasil pengujian tahanan isolasi CVT

4.2. Pengujian Tan Delta dan Kapasitansi

Pengujian tan delta pada CVT bertujuan untuk mengidentifikasi potensi degradasi pada sistem isolasi internal, khususnya pada material kertas isolasi. Peningkatan nilai kapasitansi yang terdeteksi selama pengujian dapat mengindikasikan adanya penurunan kualitas isolasi akibat faktor-faktor seperti kelembaban, penuaan material, atau kontaminasi. Konfigurasi rangkaian pengujian tan delta ditunjukkan pada Gambar 5, yang menjadi acuan pelaksanaan pengujian di lapangan.

Karakteristik minyak sebagai media isolasi pada CVT memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil pengujian. Minyak isolasi umumnya memiliki nilai konduktansi yang rendah dan kapasitansi yang tinggi, sehingga

mampu menjaga performa isolasi secara efektif. Pengujian ini menghasilkan dua parameter utama, yaitu nilai faktor disipasi ($\tan \delta$) dan kapasitansi, yang digunakan sebagai indikator kondisi dielektrik peralatan. Nilai tan delta yang rendah dan stabil menunjukkan bahwa isolasi masih berada dalam kondisi baik dan layak untuk dioperasikan.



Gambar 5. Pengujian tan delta dan kapasitansi

Pengujian Tan Delta bertujuan untuk mengukur nilai faktor disipasi pada material isolasi. Proses pengujian dilakukan menggunakan perangkat Testrano 600, CPTD 12, serta *Software Primary Test Manager* untuk memperoleh hasil pengujian secara akurat. Metode pengujian diterapkan dengan mode GST-GROUND dan tegangan uji diatur pada 10 kV guna menentukan nilai tan delta secara keseluruhan.

4.2.1. Analisis Hasil Uji Tan Delta dan Kapasitansi

Nilai tan delta yang memenuhi syarat untuk peralatan CVT adalah kurang dari 1%, berdasarkan standar pengujian menggunakan Delta Tester. Kriteria ini sesuai dengan ketentuan dalam Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) [16], serta merujuk pada standar IEC 60044-5 "Instrument Transformer Part 5," Edisi I Tahun 2004. Tabel 4 menyajikan nilai tan delta yang diperoleh dari pengujian CVT.

Tabel 4. Hasil Pengujian Tan Delta *Current Voltage Transformer* (CVT)

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian		
		R	S	T
Tan Delta (%)	<1%	0,683%	0,69%	0,701%
Kapasitansi (pF)	+10% <nilai kapasitansi > -5%	4446	4439	4447

Nilai tan delta yang terukur pada CVT fasa R, S, dan T masing-masing adalah 0,683%,

0,690%, dan 0,701%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi isolasi pada CVT untuk ketiga fasa berada dalam batas yang dapat diterima dan mengindikasikan bahwa peralatan masih laik untuk dioperasikan tanpa risiko kegagalan isolasi.

Nilai kapasitansinya fasa R, S, dan T ialah 4.446; 4.329 dan 4.447 pF yang mana sesuai dengan [16], dengan batasan nilai kapasitansi $< + 10\%$ ataupun $> - 5\%$. Maka dapat dikatakan pengujian tan delta CVT pada Bay Line Tanjung 2 masih layak atau berkerja dengan baik. Jika hasil pengujian yang didapatkan $> 1\%$ maka harus dilakukan pengecekan ulang terhadap alat uji dan membandingkan dengan hasil uji lainnya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil uji CVT yang diperoleh dari inspeksi level 3 (*Shutdown Measurement*) pada Bay Tanjung 2 dapat disimpulkan:

- Hasil pengujian tahanan isolasi CVT untuk fasa R adalah 1,96 G Ω ; 2,06 G Ω ; 2,24 G Ω ; 323 M Ω ; 450 M Ω ; 948 M Ω . Hasil Fasa S adalah 14 G Ω ; 16,71 G Ω ; 19,56 G Ω ; 496 M Ω ; 252 M Ω ; 826 M Ω . Hasil Fasa T adalah 19,48 G Ω ; 17,2 G Ω ; 8,76 G Ω ; 1,13 G Ω ; 2,46 G Ω ; 2,5 G Ω . Hasil pengujian tahanan isolasi CVT dapat dikatakan dalam kondisi baik karena melebihi 1 MOhm/1kV, dengan prosedur pengujian sesuai standar VDE (catalogue 228/4)
- Hasil pengujian Tan Delta fasa R, S, dan T sebesar 0,683%, 0,69%, dan 0,701%, dengan standar bahwa nilai tan delta tidak boleh lebih dari 1%. Untuk pengujian nilai kapasitansi di fasa R, S dan T yaitu 4446, 4439, dan 4447 pF, dengan toleransi pada pengukuran bahwa nilai kapasitansinya $< + 10\%$ ataupun $> - 5\%$ [16].

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi (UPT) Mataram beserta Tim ULTG Lombok Barat atas kesempatan yang diberikan untuk melakukan pengujian langsung di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahmat Hasrul, "Studi Kelayakan Peralatan Voltage Transformator 150 kV Gardu Induk

Tengkawang," *Pros. Snitt Poltekba*, no. 0520, pp. 71–78, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/view/1951>

- [2] S. R. Pertiwi, U. Latifa, R. Hidayat, and I. Ibrahim, "Analisis Kelayakan CVT (Capacitive Voltage Transformer) Fasa S Bay Busbar 2 150 kV di GI PT. XYZ Indonesia," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 20, no. 1, pp. 35–42, 2021, doi: 10.31358/techne.v20i1.259.
- [3] R. R. A. Saputra Dwi, "Pengujian Tahanan Isolasi Capacitive Voltage," *J. POLEKTRO J. Power Elektron.*, vol. 11, no. 2, pp. 209–212, 2022.
- [4] Y. S. Handayani, Z. A. Sa'adah, M. Arfan, and I. Priyadi, "Pengujian Tahanan Isolasi pada Capacitive Voltage Transformer (CVT) di Bay Penghantar Tes 1/70 kV PT PLN (Persero) ULTG/GI Pekalongan," *Appl. Eng. Innov. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 88–94, 2024, doi: 10.62777/aeit.v1i2.37.
- [5] E. Yulianto, A. Sofwan, and J. Windarta, "Metode Pemilihan Tindak Lanjut Pemeliharaan Pemutus Tegangan (PMT) 150 kV Berdasarkan Nilai Condition Assesment Factor (CAF) dan Certainty Level (CL)," *J. Profesi Ins. Indones.*, vol. 2, no. 4, pp. 238–242, 2024.
- [6] C. P. Maharani, I. M. A. Nrratha, S. I. Nugroho, and A. Hasibuan, "Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Pada Bay Trafo 1 Di GI 150 kV Tanjung," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4347.
- [7] Y. A. Saputra *et al.*, "Analisa Tahanan Kontak Pemisah (PMS) 150 kV Busbar B Bay Kopel di Gardu Induk Maligi," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, pp. 2182–2186, 2025, doi: <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6769>.
- [8] P. Situmorang, *Environmental and Social Management Plan Monitoring Report 2023*, no. May 2019. PT PLN (Persero) UID Bali, 2022.
- [9] T. Rusdjaja, C. Yani, A. Salam, I. Puspanugraha, and R. Siregar, *Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Arus (CT)*, no. 3. PT PLN (Persero) No.0309.K/DIR/2013, 2020.
- [10] I. M. Djodding and A. Rasyid, "Analisis Pengujian Shutdown Measurement Transformator Arus 150 kV Pada Gardu Induk Tello," *Kohesi J. Multidisiplin Saintek*, vol. 2, no. 7, pp. 102–131, 2024.
- [11] Menteri ESDM, "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2020 Aturan

- Jaringan Sistem Tenaga Listrik (Grid Code),” *Peratur. menteri ESDM*, no. 3, pp. 417–607, 2020.
- [12] S. Imammah and M. I. Marzuki, “Implementasi Strategi Pemeliharaan Preventif untuk Mengoptimalkan Kinerja Disconnecting Switch Line dan Lightning Arrester pada Gardu Induk 150kV,” *JSI J. Sist. Inf.*, vol. 15, no. 1, pp. 3060–3079, 2023, doi: 10.18495/jsi.v15i1.108.
- [13] M. Agung Suardi, “Analisis Tiga Level Inspeksi Peralatan Lightning Arrester Sebagai Pengaman Pada Unit Layanan Transmisi Dan Gardu Induk Tengkawang,” *Pros. SNITT POLTEKBA*, pp. 48–54, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/index>
- [14] T. Prasetyo, “Analisis Pemeliharaan Tiga Level Inspeksi Lightning Arrester Bay Jajar 2 Di Gardu Induk 150 kV Gondangrejo,” 2021.
- [15] H. R. Febrijanto and R. Hidayat, “Analisis Pengujian Tan Delta Pada Transformator Arus Di Gidet Tasikmalaya Bay Penghantar Bandung Selatan-1,” *Teknokon*, vol. 6, no. 2, pp. 86–95, 2022, doi: 10.31943/teknokon.v6i2.143.
- [16] A. Salam, I. Puspanugraha, R. Siregar, M. Ferdian, and T. Rusdjaja, *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tegangan (CVT) - PT PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014*. PT PLN (Persero), 2014.