KAMPUS AKADEMIK PUBLISING
Jurnal Sains Student Research (JSSR)
Vol.4, No.6 Desember 2026
e-ISSN: 3025-9851, p-ISSN : 3025-986X, Hal 1328-1335
DOI : https://doi.org/10.61722/jssr.v4i6.13358

ANALISIS KELAYAKAN ISOLASI TRANSFORMATOR #4 70 /20 KV 20 MVA DENGAN METODE INSPEKSI LEVEL 3 DI GARDU INDUK 70 kV TULUNGAGUNG

Latifah Rahmawati [1*], Riska Nur Wakidah[2], Aulidina Dwi Nur Andriyanti[3], Dwi Sari Ida Aflaha[4]
[1-4] Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kahuripan Kediri
Jl. Raya Kediri - Pare No.110, Pelem, Pare, Kediri, Jawa Timur 64213, Indonesia.
*Penulis Korespondensi: ltfhrhmwt@gmail.com

Abstract. *The reliability of power transformers is influenced by insulation quality, which requires evaluation through maintenance testing. This study aimed to determine the results of polarization index, tangent delta, and breakdown voltage (BDV) tests and assess the insulation suitability of Transformer #4, rated at 20 MVA with a voltage of 70/20 kV, at the 70 kV Tulungagung Substation. A quantitative method with a descriptive analytical approach was applied using data from the two-year maintenance inspection conducted on April 23, 2024. The results showed that the polarization index ranged from 1.26 to 1.89, while tangent delta values ranged from 0.12% to 0.34%. The average BDV of the bottom main tank oil was 71.6 kV/2.5 mm, whereas the oil in the On-Load Tap Changer (OLTC) reached 66.1 kV/2.5 mm. The test results met the reference limits specified in SKDIR No. 0520-2.K/DIR/2014. Based on the three testing parameters, the transformer insulation met the applicable maintenance standards, and the transformer was considered suitable for operation.*

Keywords: *polarization index, transformer insulation, tangent delta, breakdown voltage*

Abstrak. Keandalan transformator daya dipengaruhi oleh kualitas sistem isolasi yang perlu dievaluasi melalui pengujian pemeliharaan. Penelitian ini bertujuan mengetahui hasil pengujian indeks polarisasi, *tangen delta*, dan *Breakdown Voltage* (BDV) serta menentukan kelayakan isolasi Transformator #4 70/20 kV berkapasitas 20 MVA di Gardu Induk 70 kV Tulungagung. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif analitis berdasarkan data pemeliharaan dua tahunan pada 23 April 2024. Hasil pengujian menunjukkan nilai indeks polarisasi berkisar antara 1,26–1,89 dan nilai *tangen delta* sebesar 0,12–0,34%. Nilai BDV rata-rata minyak *main tank* bagian bawah mencapai 71,6 kV/2,5 mm, sedangkan minyak *On-Load Tap Changer* (OLTC) sebesar 66,1 kV/2,5 mm. Hasil pengujian memenuhi batas acuan yang digunakan dalam SKDIR No. 0520-2.K/DIR/2014. Berdasarkan ketiga parameter pengujian, isolasi transformator dinyatakan masih memenuhi standar pemeliharaan dan transformator layak dioperasikan.

Kata kunci: *indeks polarisasi, isolasi transformator, tangen delta, breakdown voltage*

1. LATAR BELAKANG

Naskah Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan perkembangan infrastruktur dan pemanfaatannya untuk kebutuhan rumah tangga maupun fasilitas umum, seperti penerangan jalan dan pengaturan lalu lintas [1]; [2]. Penyaluran energi listrik secara andal dan berkesinambungan memerlukan sistem kelistrikan yang memadai, termasuk gardu induk sebagai bagian penting dalam proses penyaluran tenaga listrik kepada konsumen [3]. Salah satu peralatan utama pada gardu induk adalah transformator daya yang berfungsi mengubah tingkat tegangan listrik sesuai kebutuhan

Naskah Masuk:01 November 2026; Revisi: 02 November 2026; Diterima: 03 November 2026; Terbit: 11 November 2026

sistem. Keandalan transformator perlu dijaga karena kerusakan pada sistem isolasi dapat mengganggu operasional dan menyebabkan terputusnya pasokan listrik kepada konsumen.

Sistem isolasi transformator berfungsi memisahkan bagian yang bertegangan dan tidak bertegangan [4]. Pengujian tahanan isolasi diperlukan untuk mengetahui kemampuan isolasi dalam menahan tegangan serta mencegah terjadinya hubung singkat dan kerusakan peralatan [1]; [5]; [6]. Penilaian kualitas isolasi transformator dapat dilakukan melalui pengujian indeks polarisasi, *tangen delta*, dan tegangan tembus atau *Breakdown Voltage* (BDV). Pemeliharaan dan pengujian secara berkala diperlukan untuk mengetahui kondisi peralatan serta memastikan kelayakannya dalam menunjang kontinuitas penyaluran tenaga listrik.

Penelitian ini berfokus pada analisis kelayakan isolasi Transformator #4 berkapasitas 20 MVA dengan tegangan 70/20 kV di Gardu Induk 70 kV Tulungagung. Analisis dilakukan berdasarkan hasil pemeliharaan dua tahunan melalui metode Inspeksi Level 3 dengan mengacu pada SKDIR No. 0520-2.K/DIR/2014 tentang Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. Pengujian yang dianalisis meliputi indeks polarisasi, *tangen delta*, dan BDV. Hasil pengujian dibandingkan dengan standar yang berlaku untuk mengetahui kondisi dan tingkat kelayakan isolasi transformator serta mengidentifikasi anomali yang berpotensi menunjukkan penurunan kualitas isolasi.

Tujuan penelitian adalah mengetahui hasil pengujian indeks polarisasi, *tangen delta*, dan BDV pada Transformator #4 GI 70 kV Tulungagung serta menentukan tingkat kelayakan isolasinya berdasarkan standar pemeliharaan yang digunakan. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pemahaman mengenai evaluasi isolasi transformator, menyediakan informasi perbandingan hasil pengujian dengan standar pemeliharaan, serta mendukung upaya peningkatan keandalan penyaluran tenaga listrik.

2. METODE PENELITIAN

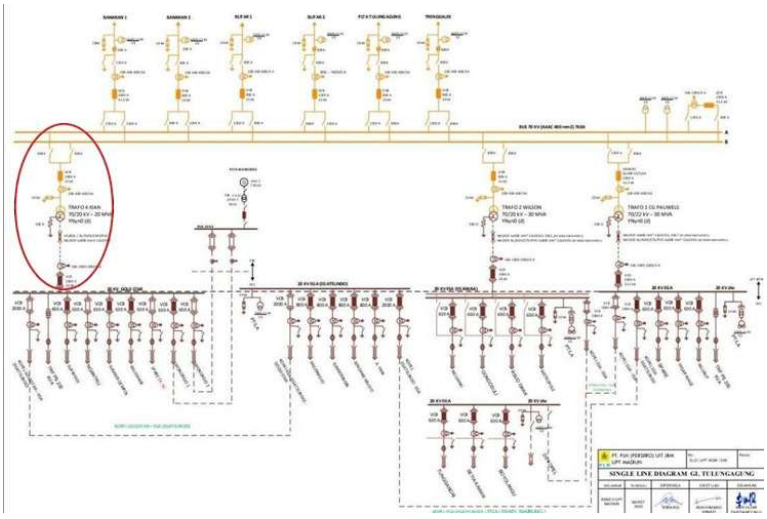
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif analitis. Analisis dilakukan terhadap data hasil pengujian pemeliharaan dua tahunan Transformator #4 70/20 kV berkapasitas 20 MVA di Gardu Induk 70 kV Tulungagung. Penelitian dilaksanakan pada 23 April 2024 saat pekerjaan pemeliharaan transformator.

Data diperoleh dari tim pemeliharaan Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Kediri serta Gardu Induk 70 kV Tulungagung. Studi pustaka dilakukan melalui penelaahan skripsi, tugas akhir, jurnal, buku pedoman, dan karya ilmiah yang berkaitan dengan pengujian isolasi transformator.

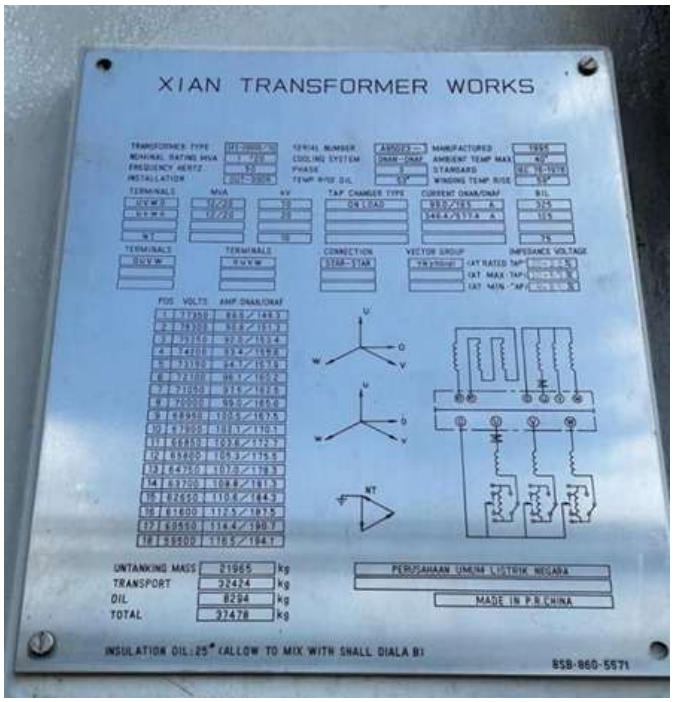
Objek penelitian adalah Transformator #4 yang berada di wilayah kerja PT PLN (Persero), ULTG Kediri. Gardu Induk 70 kV Tulungagung merupakan gardu induk konvensional dengan penempatan peralatan di luar ruangan dan konfigurasi double busbar. Gardu induk ini terhubung dengan Subsistem Kediri, Wlingi, dan Ponorogo serta memiliki 10 bay, yang terdiri atas tiga bay transformator, enam bay penghantar, dan satu bay kopel. Transformator yang diteliti merupakan transformator daya step-down dengan spesifikasi teknis sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Transformator #4 GI 70 kV Tulungagung

Parameter	Spesifikasi
Merek	XIAN
Nomor seri	A95023
Tahun pembuatan	1995
Kapasitas	20 MVA
Tegangan primer	70 kV
Tegangan sekunder	20 kV
Tipe pendingin	ONAN/ONAF
Frekuensi	50 Hz



Gambar 1. Single-Line Diagram GI 70 kV Tulungagung



Gambar 2. Nameplate Trafo #4 70/20 kV GI 70 kV Tulungagung [7]

Tahapan penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data pengujian, pengolahan data, dan evaluasi hasil pengujian. Pengumpulan data dilakukan melalui pengujian indeks polarisasi, tangen delta, dan Breakdown Voltage (BDV) pada Transformator #4 saat pemeliharaan dua tahunan. Data hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan perhitungan sesuai dengan masing-masing metode pengujian. Hasil analisis dibandingkan dengan standar pemeliharaan transformator yang ditetapkan dalam SKDIR No. 0520-2.K/DIR/2014 tentang Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. Perbandingan tersebut digunakan untuk menentukan tingkat kelayakan isolasi transformator dan mengidentifikasi hasil pengujian yang tidak memenuhi standar. Apabila ditemukan nilai di luar batas kelayakan, evaluasi dapat dilanjutkan dengan membandingkan hasil pengujian tahun sebelumnya dan mempertimbangkan tindakan pemeliharaan yang sesuai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian Pengujian kelayakan isolasi Transformator #4 70/20 kV berkapasitas 20 MVA di Gardu Induk 70 kV Tulungagung dilakukan berdasarkan hasil pemeliharaan dua tahunan pada 23 April 2024. Analisis meliputi pengujian *Breakdown Voltage* (BDV), indeks polarisasi, dan *tangen delta*. Hasil pengujian dibandingkan dengan standar SKDIR

No. 0520-2.K/DIR/2014 tentang Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga untuk menilai kelayakan isolasi transformator

Hasil Pengujian *Breakdown Voltage*

Pengujian BDV dilakukan terhadap minyak *main tank* bagian bawah dan minyak *On-Load Tap Changer* (OLTC). Setiap sampel minyak diuji sebanyak enam kali, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel.

Hasil Pengujian BDV Minyak Transformator

Tabel 1. . Hasil Pengujian BDV Minyak Transformator

Objek pengujian	Rata-rata BDV (kV/2,5 mm)	Standar SKDIR 0520	Keterangan
Minyak *main tank* bagian bawah	71,6	50 kV	Memenuhi standar
Minyak OLTC	66,1	50 kV	Memenuhi standar

Hasil pengujian menunjukkan bahwa minyak *main tank* bagian bawah memiliki nilai BDV rata-rata 71,6 kV/2,5 mm, sedangkan minyak OLTC mencapai 66,1 kV/2,5 mm. Kedua nilai tersebut melampaui batas 50 kV yang digunakan sebagai acuan dalam skripsi. Berdasarkan perhitungan kekuatan dielektrik dengan membagi tegangan tembus terhadap jarak pengujian 2,5 mm, minyak *main tank* bagian bawah memperoleh nilai 28,64 kV/mm dan minyak OLTC sebesar 26,44 kV/mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua sampel minyak memenuhi kriteria tegangan tembus yang digunakan dalam penelitian.

Hasil Pengujian Indeks Polarisasi

Pengujian indeks polarisasi dilakukan menggunakan *MegaOhm meter* merek Kyoritsu tipe 3125. Tegangan uji yang digunakan sebesar 5.000 V pada sisi primer dan 500 V pada sisi sekunder. Nilai indeks polarisasi dihitung berdasarkan perbandingan tahanan isolasi pada menit ke-10 dengan menit ke-1. Ringkasan hasil perhitungan disajikan pada Tabel.

Tabel 2. Hasil Pengujian Indeks Polarisasi Transformator

No	Pengukuran	Menit ke-1 (GΩ)	Menit ke-10 (GΩ)	Indeks polarisasi
1	Primer–Ground	2,35	6,45	1,89
2	Sekunder–Ground	2,65	4,42	1,67
3	Tertier–Ground	1,95	4,88	1,26
4	Primer–Sekunder	4,25	7,89	1,84
5	Primer–Tertier	4,48	6,79	1,52
6	Sekunder–Tertier	3,45	5,59	1,62

Hasil pada Tabel memperlihatkan bahwa nilai indeks polarisasi yang tercantum dalam tabel perhitungan berkisar antara 1,36 hingga 1,89. Nilai tertinggi terdapat pada pengukuran primer terhadap *ground*, yaitu 1,89, sedangkan nilai terendah terdapat pada pengukuran tertier terhadap *ground*, yaitu 1,26. Seluruh nilai pada tabel melampaui 1,2, sehingga berdasarkan acuan yang digunakan dalam skripsi, hasil pengujian menunjukkan bahwa isolasi belitan transformator memenuhi kriteria yang ditetapkan.

Hasil Pengujian *Tangen Delta*

Pengujian *tangen delta* dilakukan menggunakan alat Megger 4100. Tegangan uji sebesar 10 kV digunakan pada pengujian sisi primer dan sekunder, sedangkan tegangan 2 kV digunakan pada sisi tertier. Pengukuran meliputi kapasitansi antarbelitan dan antara belitan dengan *ground*.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengujian dan Perhitungan Tangen Delta

Parameter	Nilai pengujian (%)	Nilai perhitungan (%)	Batas acuan
CHG	0,18	0,18	< 0,5%
CHL	0,12	0,12	< 0,5%
CHT	0,20	0,19	< 0,5%
CHL + CHT	0,13	0,13	< 0,5%

Parameter	Nilai pengujian (%)	Nilai perhitungan (%)	Batas acuan
CLG	0,34	0,34	< 0,5%
CLH	0,12	0,12	< 0,5%
CLT	0,15	0,15	< 0,5%
CLH + CLT	0,14	0,14	< 0,5%
CTG	0,27	0,27	< 0,5%
CTL	0,15	0,15	< 0,5%
CTH	0,19	0,19*	< 0,5%
CTH + CTL	0,15	0,15	< 0,5%

Nilai tangen delta hasil pengujian dan perhitungan pada seluruh parameter berada di bawah batas acuan 0,5%. Nilai pengujian berkisar antara 0,12% hingga 0,34%, dengan nilai tertinggi pada parameter CLG sebesar 0,34% dan nilai terendah pada parameter CHL dan CLH sebesar 0,12%. Hasil pengujian dan perhitungan pada sebagian besar parameter menunjukkan nilai yang sama, sedangkan parameter CHT memiliki nilai pengujian 0,20% dan perhitungan 0,19%. Berdasarkan batas acuan yang digunakan, seluruh parameter memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam SKDIR No. 0520-2.K/DIR/2014. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai tangen delta pada Transformator #4 70/20 kV 20 MVA GI 70 kV Tulungagung masih memenuhi standar pemeliharaan yang digunakan.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian isolasi Transformator #4 70/20 kV berkapasitas 20 MVA di Gardu Induk 70 kV Tulungagung menunjukkan nilai indeks polarisasi di atas 1,2 dan tangen delta di bawah 0,5%, yang memenuhi standar SKDIR No. 0520-2.K/DIR/2014. Pengujian tegangan tembus minyak menghasilkan nilai 71,6 kV/2,5 mm pada main tank bagian bawah dan 66,1 kV/2,5 mm pada minyak On-Load Tap Changer (OLTC). Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa kondisi isolasi transformator masih memenuhi standar yang digunakan dan transformator masih layak dioperasikan meskipun telah berumur lebih dari 10 tahun. Penelitian berikutnya disarankan menerapkan metode Health Index dengan

menambahkan parameter pengujian, seperti Dissolved Gas Analysis (DGA) dan furan minyak. Peningkatan jadwal inspeksi peralatan gardu induk, terutama Inspeksi Level 3 melalui pengujian saat peralatan padam, juga diperlukan dengan memprioritaskan peralatan yang menunjukkan anomali dan memiliki usia operasi panjang. Upaya tersebut diharapkan dapat meningkatkan keandalan gardu induk, mengurangi risiko gangguan, dan menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik kepada konsumen.penelitian, serta rekomendasi untuk penelitian yang akan datang.

DAFTAR REFERENSI

[1] G. Arinsyah Prima, A. Zuriman, and A. Anggun, "Analisa Tahanan Isolasi pada Transformator Daya 150/30 kV Gardu Induk Padang Luar PT PLN (Persero) Bukittinggi," 2023.

[2] U. Muhammadiyah and S. Oleh, "Analisa Tahanan Isolasi pada Transformator Tenaga di Gardu Induk Wonogiri," 2017.

[3] N. Fidianti, "Skripsi Teknik Elektro," 2013.

[4] V. Alfionita, "Analisa Tahanan Isolasi Transformator Tenaga di Gardu Induk Sepatan dengan Metode Indeks Polarisasi, Tangen Delta dan Break Down Voltage," Universitas Mercu Buana, Jakarta, 2020.

[5] A. R. Hidayat, "Analysis of Power Transformer Insulation: A Case Study in 150 kV Bantul Substation," *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 3, no. 2, 2019.

[6] A. G. Cahyani, "Analisa Kinerja PMT dan PMS pada GI Pasir 150 kV dengan Metode Thermography," 2023.

[7] P. T. P. L. N. (Persero), "Buku Petunjuk Pengoperasian Peralatan Gardu Induk 70 kV Tulungagung," PT PLN (Persero), Tulungagung, 2024.