

ANALISIS PENGUJIAN KUALITAS TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR TEGANGAN 150 KV BAY GUNUNG SARI 2 DI GARDU INDUK WARU

Abizar Alghifari¹, Aditya Pratama Putra², Andika Fadli Pratama³, Sujito^{4*}

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Malang
^{1,2,3,4}Jln. Semarang 5, Kota Malang, 65145, Indonesia

email: ¹abizar.alghifari.2005346@students.um.ac.id, ²aditya.pratama.2005346@students.um.ac.id,
³andika.fadli.2005346@students.um.ac.id, ⁴sujito.ft@um.ac.id^{*}

Abstract - The use of electrical energy in Indonesia continues to increase along with the times, so that the Perusahaan Listrik Negara (PLN) as a state electricity provider has the task of meeting the needs of electrical energy in Indonesia. For this reason, the reliability of equipment such as transformers which are important equipment in the electrical energy distribution system is needed. Analysis of insulation resistance testing was carried out by researchers to determine whether the quality of insulation resistance in voltage transformers at the Gunung Sari 2 Bay Substation was in accordance with VDE standards (catalogue 228/4). This research starts from a literature study, followed by collecting data on the results of 2-year maintenance of voltage transformers, then conducting CVT maintenance by testing the insulation resistance of the CVT. The results of the test are then analyzed for data processing and compared with CVT maintenance guidelines (SK Dir PLN). Based on the results of testing the insulation resistance in 6 tests at different measuring points, in the R, S, and T phases, the insulation resistance value is $> 1 \text{ MOhm} / 1 \text{ kV}$, so based on the recommendations of the results of the shutdown testing / measurement insulation resistance value quality is in good condition and meets the standards.

Keywords - Maintenance, Protection, Insulation Resistance

Abstrak – Penggunaan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan berkembangnya zaman, sehingga Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai penyedia listrik negara memiliki tugas memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia. Untuk itu diperlukan keandalan peralatan seperti transformator yang merupakan peralatan penting dalam sistem distribusi energi listrik. Analisis pengujian tahanan isolasi dilakukan peneliti untuk mengetahui apakah kualitas tahanan isolasi pada transformator tegangan di Gardu Induk Bay Gunung Sari 2 sudah sesuai standard VDE (catalogue 228/4). Penelitian ini dimulai dari studi literatur, dilanjutkan dengan pengumpulan data hasil pemeliharaan 2 tahunan transformator tegangan, selanjutnya melakukan pemeliharaan CVT dengan menguji tahanan isolasi pada CVT. Hasil dari pengujian kemudian di analisis data untuk pengolahan data dan dibandingkan dengan pedoman pemeliharaan CVT (SK Dir PLN). Berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi pada 6 pengujian di titik ukur berbeda, pada fasa R, S, dan T, nilai tahanan isolasi $> 1 \text{ MOhm} / 1 \text{ kV}$, maka berdasarkan rekomendasi hasil tahanan isolasi shutdown testing/measurement kualitas nilai tahanan isolasi dalam kondisi bagus dan memenuhi standar.

Kata kunci - Pemeliharaan, Proteksi, Tahanan Isolasi

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu bagian penting bagi manusia di zaman ini. Pemakaian energi listrik yang terus meningkat, dipengaruhi oleh perkembangan teknologi yang sangat masif. Transisi dari revolusi industri 4.0 menuju *society* 5.0 yang mana menggunakan teknologi modern, namun tetap menggunakan manusia sebagai komponen utama mengakibatkan kebutuhan energi listrik di dunia semakin meningkat. Dalam memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat, tentunya pasokan energi listrik harus dapat diselaraskan agar pemanfaatannya dapat terus dirasakan di masa mendatang.

Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai penyedia listrik negara memiliki tugas untuk menjamin penyebaran energi listrik sampai ke pelanggan. Untuk itu agar distribusi energi listrik dapat maksimal, keandalan peralatan meliputi sistem proteksi atau pengamanan menjadi penting agar tidak terjadi gangguan saat peralatan dalam keadaan operasi. Transformator tegangan merupakan peralatan yang mentransformasi tegangan sistem yang lebih tinggi ke tegangan sistem yang lebih rendah yang salah satu fungsinya untuk proteksi pada peralatan sistem tenaga listrik.

Berdasarkan pengertian menurut Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Tegangan (CVT) Kepdir 0520.2.K/DIR/2014, transformator tegangan adalah peralatan yang mentransformasikan tegangan sistem yang lebih tinggi ke suatu tegangan sistem yang lebih rendah untuk kebutuhan peralatan indikator, alat ukur/meter, dan relay.

Transformator tegangan secara umum memiliki beberapa bagian, mulai dari *expansion chamber*, terminal primer, terminal sekunder, sistem pentanahan, struktur mekanikal, dan *dielectric*. Pada bagian *dielectric* terdiri dari minyak isolasi dan kertas-plastik film, hal ini merupakan salah satu aspek penting yang memiliki peranan sebagai sistem isolasi pada transformator tegangan. Isolasi pada transformator tegangan berfungsi sebagai isolator pada bagian-bagian yang bertegangan dan sebagai media *dielectric* untuk memperoleh nilai kapasitansi dari 2 (dua) kapasitor atau lebih sebagai pembagi tegangan yang terhubung seri.

Isolasi yang buruk pada transformator tegangan dapat mengakibatkan kegagalan peralatan saat dalam keadaan beroperasi, mulai dari *overheating*, *flash-over*, dan gangguan

pada jaringan listrik. Faktor yang dapat mempengaruhi kualitas isolasi pada transformator tegangan seperti, material isolasi, tegangan operasional, suhu operasional, kelembaban, pencemaran dari partikel-partikel debu atau kotoran, dan tekanan yang dipengaruhi oleh lingkungan.

Dalam menjaga keandalan transformator tegangan agar bisa beroperasi secara maksimal, maka perlu dilakukan pemeliharaan rutin pada peralatan. Salah satu pemeliharaan rutin yang dilakukan adalah pemeliharaan rutin 2 tahunan, pemeliharaan ini meliputi pengujian tahanan isolasi, tan delta, *ratio*, dan tahanan pentanahan.

Pengujian tahanan isolasi berfungsi untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada transformator tegangan dimana menggunakan alat ukur tahanan isolasi 5 kV untuk sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder. Kualitas tahanan isolasi dari hasil pengujian tahanan isolasi mengacu pada *standard* VDE (*catalogue* 228/4). Nilai minimum besarnya tahanan isolasi kumparan trafo, pada suhu operasi dihitung $1 \text{ kV} = 1 \text{ MOhm}$.

Pengujian tahanan isolasi transformator tegangan sangat penting untuk dilakukan karena untuk menjaga kualitas dari transformator tegangan itu sendiri. Kontribusi utama penelitian ini untuk memberi pengetahuan kepada pembaca terkait pengujian kualitas tahanan isolasi pada transformator tegangan yang mana penelitian ini dilakukan pengembangan dari penelitian sebelumnya.

*) **penulis korespondensi:** Abizar Alghifari
Email: abizar.alghifari.2005346@students.um.ac.id

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Terdapat beberapa penelitian terkait mengenai analisis tahanan isolasi pada transformator tegangan. Penelitian sebelumnya dijadikan acuan untuk penelitian kali ini.

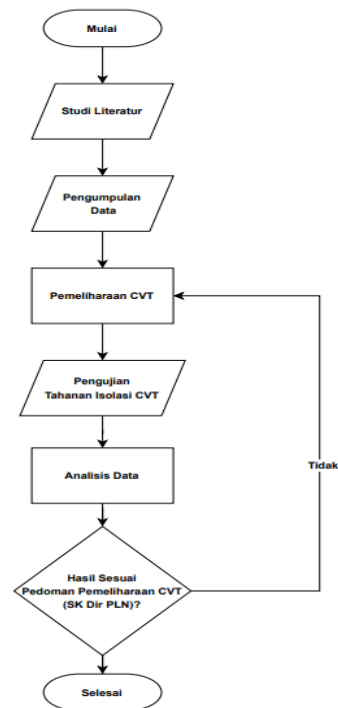
Penelitian sebelumnya [1] Analisis Kelayakan CVT (*Capacitive Voltage Transformer*) Fasa S Bay Busbar 2 150 kV di GI PT. XYZ, membahas kelayakan peralatan CVT di gardu induk saat pemeliharaan CVT untuk menjaga performa CVT. Kegiatan pemeliharaan meliputi pengujian tan delta, tahanan isolasi, *ratio*, dan tahanan pentanahan. Adapun penelitian serupa yaitu [2] Pengujian Tahanan Isolasi *Capacitive Voltage Transformer* (CVT) 500 kV Bay GT 2 Dalam Upaya Meningkatkan Peralatan Proteksi di GITET Muara Tawar, penelitian ini membahas pengujian tahanan isolasi dan tahanan pentanahan yang bertujuan untuk melakukan pemeliharaan guna menghindari terjadinya kerusakan pada peralatan transformator tegangan agar tetap optimal dalam menyalurkan tenaga listrik kepada konsumen. Hasil penelitian ini pada pengujian tahanan isolasi memiliki nilai $>1 \text{ G}\Omega$ untuk semua titik ukur di fasa R dan S dan pada pengujian tahanan pentanahan mendapatkan nilai $<1 \Omega$ baik di fasa R maupun fasa S. Kedua pengujian tersebut dalam kondisi bagus sesuai dengan rekomendasi hasil tahanan isolasi dan tahanan pentanahan.

Penelitian ini terfokus pada pembahasan pengujian kualitas tahanan isolasi transformator tegangan di fasa R, S, dan T, di bay Gunung Sari 2 150 kV Gardu Induk Waru, untuk mengetahui kualitas dari nilai tahanan isolasi pada transformator tegangan apakah sesuai dengan *standard* VDE

(*catalogue* 228/4) dan rekomendasi hasil nilai pengujian tahanan isolasi.

III. METODE PENELITIAN

Dalam pengujian kualitas nilai tahanan isolasi pada transformator tegangan terdapat beberapa tahapan. Berikut merupakan diagram alir dan tahap dalam melakukan penelitian :



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dari studi literatur untuk mengumpulkan teori-teori pendukung pada penelitian ini, dilanjutkan dengan pengumpulan data hasil pemeliharaan 2 tahunan transformator tegangan bay Gunung Sari 2 150 kV di Gardu Induk Waru, dilanjutkan dengan pemeliharaan CVT dan pengujian tahanan isolasi CVT.

Hasil dari pengujian dilakukan analisis data untuk pengolahan data yang telah terkumpul dan dari hasil analisis data dilakukan perbandingan hasil, apakah sesuai dengan [3] Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Tegangan CVT.

A. Bahan Pengujian

Transformator tegangan yang digunakan dalam pengujian tahanan isolasi adalah transformator tegangan bay Gunung Sari 2 150 kV. Berikut ini spesifikasi transformator tegangan yang digunakan :

TABEL 3.1
SPESIFIKASI TRANSFORMATOR TEGANGAN

Bay Gunung Sahari 2	Fasa R	Fasa S	Fasa T
Merk	ALSHTOM	ALSHTOM	ALSHTOM
Type	CCU-170	CCU-170	CCU-170
Teg. Primer	$150 \text{ kV}/\sqrt{3}$	$150 \text{ kV}/\sqrt{3}$	$150 \text{ kV}/\sqrt{3}$

Teg. Sekunder	110 V $\sqrt{3}$	110 V $\sqrt{3}$	110 V $\sqrt{3}$
Tahun Pembuatan	2019	2019	2019
Nomor Seri	XS120166	37992005041	37992005042
Burden	30 VA	30 VA	30 VA
Class	0,2;3P	0,2;3P	0,2;3P
Tegangan Kerja	170 kV	170 kV	170 kV
Insulation	325/750 kV	325/750 kV	325/750 kV
Cn	4500 pF	4500 pF	4500 pF

B. Alat Pengujian

Alat pengujian yang digunakan dalam pengujian tahanan isolasi pada peralatan gardu induk adalah Kyoritsu tipe 3125 A. Dari data hasil pemeliharaan 2 tahunan transformator tegangan bay Gunung Sari 2 150 kV pada tanggal 12 Maret 2022, Penggunaan alat ini bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan isolasi pada trafo tegangan.



Gambar 3. 2 Insulation Tester

C. Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi pada transformator tegangan berfungsi untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada transformator tegangan tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji *insulation tester* dengan input 5 kV pada sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder.

Tahapan pengujian tahanan isolasi transformator tegangan antara lain :

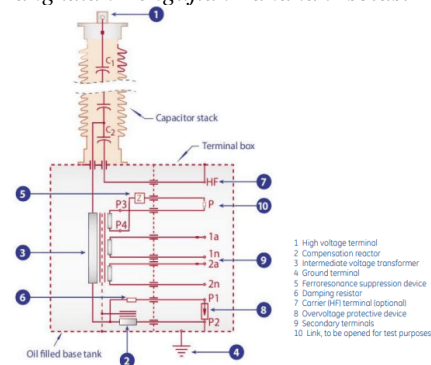
1. Pengujian dilakukan saat peralatan dalam keadaan tidak beroperasi.
2. Pemasangan *grounding* lokal untuk mencegah terjadinya induksi pada sistem.
3. Mempersiapkan alat pengujian tahanan isolasi
4. Membuka panel *box* CVT untuk melakukan pengukuran tahanan isolasi
5. Pelepasan wiring sekunder CVT
6. Mengatur selector tegangan uji alat pengujian sesuai dengan titik ukur.

7. Melakukan pengujian dan catat hasil pengujian setelah 60 detik.

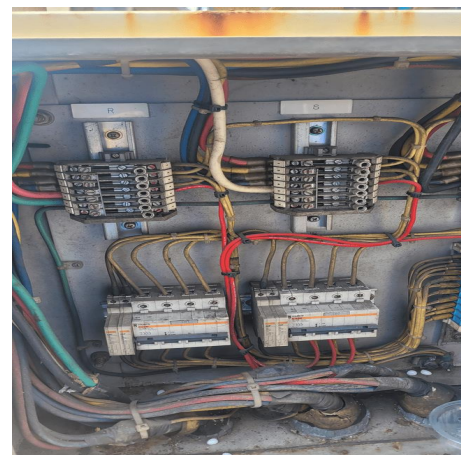
TABEL 3.2
REKOMENDASI HASIL TAHANAN ISOLASI *SHUTDOWN TESTING/MEASUREMENT*

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

D. Rangkaian Pengujian Tahanan Isolasi



Gambar 3. 3 Circuit Diagram Trafo Tegangan (CVT)



Gambar 3. 4 Panel Box CVT

Pengujian tahanan isolasi pada transformator tegangan (CVT) dilakukan pada titik ukur :

1. Primer – Ground
2. Primer – Sekunder 1a
3. Primer – Sekunder 2a
4. Sekunder 1a – Sekunder 2a
5. Sekunder 1a – Ground
6. Sekunder 2a – Ground

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian tahanan isolasi dilakukan pada fasa R, S, dan T dengan titik ukur pada sisi primer diberikan tegangan sebesar 5 kV dan pada sisi sekunder 500 V, mengacu pada standar: VDE (*catalogue* 228/4) besanya tahanan isolasi pada

kumparan trafo pada suhu operasi dihitung 1 Kilo Volt = 1 MOhm. Nilai tahanan isolasi dibawah standar VDE (*catalogue* 228/4) akan mempengaruhi kualitas tahanan isolasi pada transformator tegangan yang dapat mempengaruhi keandalan peralatan sebagai proteksi saat dalam keadaan beroperasi.

Berikut ini adalah hasil pengujian tahanan isolasi transformator tegangan fasa R, S, dan T bay Gunung Sari 2 di Gardu Induk Waru.

TABEL 4.1
HASIL PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR
TEGANGAN PHASA R,S, DAN T

Titik Ukur	Tegangan Uji	Phasa R	Phasa S	Phasa T
Primer – Ground	1 - 5 kV	259000 MOhm	544000 MOhm	344000 MOhm
Primer – Sekunder 1a		67400 MOhm	8210 MOhm	8170 MOhm
Primer – Sekunder 2a		48000 MOhm	13500 MOhm	11600 MOhm
Sekunder 1a – Sekunder 2a	500 V	508 MOhm	1000 MOhm	1000 MOhm
Sekunder 1a- Ground		568 MOhm	1000 MOhm	1000 MOhm
Sekunder 2a- Ground		973 MOhm	1000 MOhm	1000 MOhm

Berdasarkan tabel hasil pengujian tahanan isolasi pada 6 pengujian di titik ukur berbeda, pada fasa R, S, dan T, nilai tahanan isolasi > 1 MOhm/1kV. Dari tabel rekomendasi hasil tahanan isolasi *shutdown testing/measurement* kualitas nilai tahanan isolasi dalam kondisi bagus dan memenuhi standar. Apabila tidak memenuhi standar maka harus dilakukan pengujian ulang pada transformator tegangan.

V.KESIMPULAN

Pengujian kualitas tahanan isolasi pada pemeliharaan 2 tahunan transformator tegangan bay Gunung Sari 2 150 kV di Gardu Induk Waru pada pengujian di fasa R, S, dan T memiliki nilai tahanan isolasi yang baik sesuai dengan standar VDE (*catalogue* 228/4) dan merekomendasi hasil tahanan isolasi dimana nilai tahanan isolasi dapat dikatakan baik atau normal jika > 1 MOhm/1kV. Dapat dinyatakan bahwa transformator tegangan memiliki keandalan proteksi karena kualitas nilai tahanan isolasi yang baik. [Click or tap here to enter text.](#)

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT PLN (Persero) UPT Surabaya ULTG Surabaya Selatan Gardu Induk Waru yang telah mengizinkan penulis melakukan Praktik Industri serta dosen yang telah membina dan mengakomodasi penulis dalam melakukan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang mendukung penelitian ini dari awal hingga akhir, teruntuk orang tua, keluarga, dan teman - teman serta kampus kebanggaan Universitas Negeri Malang. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat di masa yang akan datang. [Click or tap here to enter text.](#)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. R. Pertiwi, U. Latifa, R. Hidayat, and I. Ibrahim, "Analisis Kelayakan CVT (Capacitive Voltage Transformer) Phasa S Bay Busbar 2 150 kV di GI PT. XYZ Indonesia," *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 20, no. 1, pp. 37–54, 2021.
- [2] A. D. Saputra and R. Rahmadewi, "PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI CAPASITIVE VOLTAGE TRANSFORMATOR (CVT) 500KV BAY GT 2 DALAM UPAYA MENINGKATKAN PERALATAN PROTEKSI DI GITET MUARA TAWAR," *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 209–212, 2022.
- [3] PT PLN, *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tegangan (CVT)*. Jakarta: PT PLN, 2014.
- [4] D. C. SITORUS, "PENGUJIAN PADA PERALATAN PRIMER GARDU INDUK DI ULTG GANDUL".
- [5] M. Muhijrah and A. Muis, "ANALISIS GANGGUAN CVT LINE SIDRAP 2 DI PT. PLN (PERSERO) GARDU INDUK MAROS 150 KV," *Ainet: Jurnal Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 30–38, 2020.