

Analisis Pengujian dan Pengukuran Tahanan Isolasi Transformator dan Kabel Outgoing IPTL-TM 690kVA di Semarang Sport Center

Muhammad Cahya Rofiqi¹, Afeef Kurnia Rahmawan¹, Margono¹

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang¹

Gedung Pusat Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

Email : 22660010@upgris.ac.id

Abstrak

Kebutuhan energi listrik pada fasilitas industri menuntut sistem ketenagalistrikan yang handal, khususnya pada transformator daya sebagai peralatan utama dalam proses penyaluran tenaga listrik. Keandalan transformator daya sangat dipengaruhi oleh kondisi tahanan isolasi, karena penurunan kualitas isolasi dapat memicu gangguan operasional hingga kerusakan peralatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai tahanan isolasi transformator daya dan kabel tegangan menengah pada instalasi di Semarang Sport Center sebagai indikator kelayakan operasional. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan pengukuran di lapangan menggunakan alat ukur insulation tester atau megger. Pengukuran dilakukan saat kondisi lepas beban serta dilakukan pengamatan tambahan menggunakan thermography untuk mengukur suhu operasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi transformator daya pada sisi primer terhadap tanah sebesar 17,2 GΩ, sisi sekunder terhadap tanah sebesar 5,55 GΩ, dan primer terhadap sekunder sebesar 506 MΩ, dimana seluruh hasil pengukuran tersebut memenuhi standar kelayakan PUIL 2000, SPLN D3.002-1:2007 untuk pengujian transformator dan SPLN 43-5-1:1995 untuk pengujian kabel yang mensyaratkan nilai lebih dari 2 kΩ / Volt. Hasil pada kabel tegangan menengah dari Panel Hubung Bagi menuju transformator, dari kubikel menuju Panel Hubung Bagi, serta dari transformator menuju Panel Hubung Beban rendah juga menunjukkan keseluruhan nilai tahanan isolasi yang memenuhi standar kelayakan instalasi. Dengan demikian, kondisi sistem isolasi pada instalasi tersebut masih dalam kategori baik dan layak untuk dioperasikan, namun tetap diperlukan pemeliharaan preventif dan perbaikan berkelanjutan guna menjaga keandalan transformator dalam jangka panjang.

Kata Kunci: transformator daya, tahanan isolasi, megger, keandalan sistem listrik, kelayakan instalasi.

I. PENDAHULUAN

PT.PLN (Persero) adalah satu-satunya perusahaan yang bergerak di bidang penyaluran tenaga listrik harus mampu menjaga ketersediaan stabilitas listrik bahkan sampai ke pelosok wilayah Indonesia (Pln & Up, 2022). Saat ini kebutuhan listrik menjadi salah satu bagian kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia. Hampir semua manusia setiap harinya membutuhkan energi listrik (Arus et al., 2022). Fungsi utama dari sistem tenaga listrik adalah untuk memenuhi kebutuhan energi listrik setiap konsumen secara terus-menerus. Transformator salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang dapat menjaga agar kebutuhan listrik masyarakat dapat terpenuhi secara terus-menerus, oleh karena itu transformator harus dipelihara agar dapat beroperasi secara maksimal dan jauh dari gangguan-gangguan yang dapat membuat kegagalan transformator (Vol et al., 2021). Salah satu yang sangat vital dari transformator arus ialah sistem isolasinya, isolasi transformer berperan untuk membagi 2 bagian yang bertegangan, bersamaan dengan umur isolasi dapat mengalami kerusakan (Arus et al., 2022). Pengujian tahanan isolasi sangat penting karena untuk mencegah terjadinya arus bocor pada belitan yang dapat menyebabkan gangguan pada

transformator sehingga dapat membuat transformator mengalami kerusakan (Pln & Up, 2022). Pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada beberapa kabel/konduktor, pengukuran dilakukan dengan mengukur antara konduktor yang satu dengan yang lainnya dan selubung isolasinya (Akhmad & Jamin, 2021). Pengujian dilakukan agar mengetahui kualitas isolasi yang ada di bagian-bagian transformator apakah dalam keadaan yang baik atau mengalami suatu masalah (Akhmad & Jamin, 2021). Oleh sebab itu, diperlukan kajian yang menganalisis secara langsung kondisi tahanan isolasi transformator daya dan kabel outgoing sebagai dasar penilaian kelayakan dan keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tahanan isolasi transformator daya dan kabel tegangan menengah pada instalasi Semarang Sport Center serta membandingkan dengan standar kelayakan yang ditetapkan oleh PUIL dan SPLN. Selain itu, penelitian ini bertujuan memberikan gambaran kondisi aktual tahanan isolasi sebagai rekomendasi pemeliharaan preventif. Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa nilai tahanan isolasi transformator daya dan kabel distribusi pada instalasi Semarang Sport Center masih berada di atas batas minimum standar, sehingga sistem dinyatakan layak dan aman untuk dioperasikan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam evaluasi keandalan instalasi tenaga listrik serta referensi praktis bagi kegiatan pemeliharaan pada instalasi serupa.

II. METODOLOGI PENELITIAN

1. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Rancangan penelitian ini dilakukan melalui serangkaian kegiatan pengujian dan pengukuran langsung di lapangan terhadap nilai tahanan isolasi transformator daya dan kabel tegangan menengah (TM) di Semarang Sport Center. Penelitian bersifat eksperimental karena melibatkan pemberian tegangan uji menggunakan alat ukur insulation tester untuk memperoleh data numerik yang selanjutnya dianalisis secara kuantitatif berdasarkan standar kelayakan instalasi tenaga listrik.

2. Persamaan Matematika

Batas minimum tahanan isolasi sesuai dengan PUIL dan SPLN besarnya tahanan isolasi pada tegangan operasi dihitung lebih besar dari $2 \text{ k}\Omega / \text{ Volt}$. Bila dilihat dari hitungan teori standar minimal tahanan isolasi dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$R = \frac{1000 \cdot U}{Q} \cdot U \cdot 2,5 \quad (1)$$

Keterangan:

R = Tahanan Isolasi Minimal

U = Tegangan Kerja

Q = Tegangan Megger

1000 = Bilangan Tetap

2,5 = Faktor Keamanan (apabila baru)

Megger ini banyak digunakan petugas dalam mengukur tahanan isolasi pada

- Kabel instalasi pada rumah-rumah / bangunan
- Kabel tegangan rendah
- Kabel tegangan tinggi

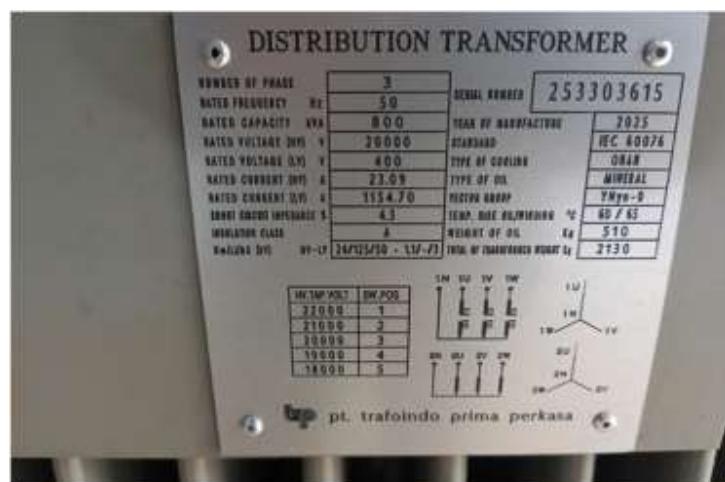
- Transformator, OCB dan peralatan listrik lainnya. [8](ref 3)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian tahanan isolasi merupakan proses pengukuran menggunakan suatu alat ukur untuk memperoleh nilai tahanan isolasi pemutus tenaga pada bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap tanah maupun antara terminal atas dengan terminal bawah (Tenaga et al., 2019). Transformator yang menjadi objek penelitian di Semarang Sport Center merupakan transformator distribusi tiga fasa dengan kapasitas 800kVA merk Trafindo tahun pembuatan 2025. Transformator ini dirancang sesuai dengan standar IEC 60076 yang merupakan standar nasional untuk transformator daya.

Tabel 1. Data Spesifikasi Transformator

Tabel 1. Data Spesifikasi Transistor			
rk	AFINDO	un Pembuatan	5
ial Number	3303615	ndar	60076
pe / Jenis	DOOR	pe Cooling	IAN
ing Kapasitas) kVA	ector Group	lyn - 0
gangan (HV) / (LV)	kV / 400 V	nsformator Oil) Kg
as (HV) / (LV)	09 A / 1154,70		
	A	nsformator Weight	30 Kg
ort Circuit	%		
Impedansi			



Gambar 1. Nameplate Transformator

A. Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Transformator

Pengujian tahanan isolasi transformator daya berkapasitas 800 kVA dilakukan pada tiga titik pengukuran, yaitu sisi primer terhadap ground, sisi sekunder terhadap ground, dan sisi primer terhadap sekunder. Hasil pengukuran ditunjukkan dalam tabel:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Transformator

transformator (800 kVA)		
mer – Ground	2	2
under – Ground	5	2
mer – Sekunder	5	2



Gambar 2. Hasil pengukuran tahanan isolasi transformator

Jika dibandingkan dengan standar kelayakan instalasi maka seluruh yang diperoleh dari pengukuran menggunakan megger dengan tegangan uji 1000 VDC jauh di atas batas minimum yang dipersyaratkan yaitu $>2 \text{ k}\Omega / \text{ Volt}$. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi transformator berada dalam kategori isolasi yang sangat baik dan memenuhi standar kelayakan operasional.

B. Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Kabel Tegangan Menengah

Pengujian tahanan isolasi kabel tegangan menengah dilakukan pada tiga titik jalur distribusi, yaitu dari Panel Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB TM) menuju transformator, kabel dari kubikel PLN menuju Panel Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB TM), serta kabel dari transformator menuju Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB TR)

1. Data Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Kabel Tegangan Menengah (PHB ke Transformator)

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Kabel Dari PHB TM Pelanggan ke Trafo

N2XSY 4 x 1 x 120 mm ² (Dari PHB TM Pelanggan ke Trafo Distribusi)		
- Ground	9	Ω
- Ground	3	Ω
- Ground	8	Ω
- S	5	Ω
- T	5	Ω
- T	9	Ω



Gambar 3. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Kabel Dari PHB TM Pelanggan ke Trafo

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan isolasi kabel pada PHB TM ke transformator menggunakan megger/isolasi tester hasil yang didapatkan sudah memenuhi standarisasi $>2 \text{ k}\Omega / \text{ Volt}$.

2. Data Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Kabel Tegangan Menengah (Cubical PLN ke PHB TM)

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Kabel Dari Cubicle PLN ke PHB TM Pelanggan

N2XSY 4 x 1 x 120 mm ² (Dari Cubicle PLN ke PHB TM Pelanggan)		
- Ground	2	2
- Ground	5	2
- Ground	2	2
- S	9	2
- T	5	2
- T		2



Gambar 5. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Kabel Dari Cubicle PLN ke PHB TM Pelanggan

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan isolasi kabel pada cubical ke PHB TM menggunakan megger/isolasi tester hasil yang didapatkan sudah memenuhi standarisasi $>2 \text{ k}\Omega / \text{ Volt}$.

3. Data Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Kabel Dari Transformator ke PHB TR

Tabel 5. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Kabel Dari Trafo ke PHB TR

Y 3(4 x 1 x 240 mm ²), dari Transformator ke PHB TR		
- Ground		2
- Ground		2
- Ground		2
- S)	2
- T	2	2
- T	7	2



Gambar 6. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Kabel Dari Trafo ke PHB TR

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan isolasi kabel pada transformator ke PHB TR menggunakan megger/isolasi tester hasil yang didapatkan sudah memenuhi standarisasi $> 2 \text{ k}\Omega / \text{ Volt}$.

C. Data Hasil Pengukuran Temperatur Menggunakan Thermography

Pengukuran temperatur dilakukan sebagai data pendukung untuk mengevaluasi kondisi operasional transformator dan sistem distribusi tenaga listrik dalam keadaan berbeban. Pengukuran ini dilakukan menggunakan thermography pada titik bushing transformator, PHB TM, dan PHB TR.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Temperatur Saat Pembebanan

Minimal Bushing Trafo TM	Fasa R = 35,2 °C Fasa S = 37,0 °C Fasa T = 36,2 °C N = 31,3 °C
Minimal Bushing Trafo TR	Fasa R = 30,7 °C Fasa S = 31,2 °C Fasa T = 31,3 °C N = 32,2 °C
Minimal PHB TM	R/S/T (tidak bisa dilakukan tertutup npartement terminasi)
Minimal PHB TR	Fasa R = 27,6 °C Fasa S = 30,1 °C Fasa T = 28,0 °C N = 27,1 °C

Secara keseluruhan, hasil pengukuran temperatur menggunakan thermography mendukung hasil pengujian tahanan isolasi, dimana tidak ditemukannya indikasi panas berlebih yang dapat mempercepat degradasi isolasi, overheating akibat kontak longar, korosi, atau beban lebih. Dengan demikian, transformator dan sistem kabel distribusi tenaga listrik pada instalasi di Semarang Sport Center masih beroperasi dalam batas aman dan sesuai dengan standar teknis yang berlaku.

D. Pembahasan

Berdasarkan perhitungan standar minimal tahanan isolasi menurut PUIL dan SPLN:

$$R = \frac{1000 \cdot U}{Q} \cdot U \cdot 2,5$$

Untuk transformator dengan tegangan kerja 20 kV, maka nilai minimal tahanan isolasi adalah:

$$R = \frac{1000 \cdot 20000 \text{ V}}{5000} \cdot 20000 \text{ V} \cdot 2,5$$

$$R = 200 \text{ M}\Omega$$

Nilai 200 MΩ merupakan batas minimal tahanan isolasi yang harus dipenuhi untuk dinyatakan layak beroperasi sesuai standar nasional.

Berdasarkan perbandingan antara hasil perhitungan standar minimal tahanan isolasi dengan hasil pengukuran menggunakan megger, diketahui bahwa nilai perhitungan sebagai batas kelayakan minimum, sedangkan nilai pengukuran menunjukkan kondisi aktual sistem isolasi di lapangan. Hasil pengukuran pada transformator dan kabel distribusi menunjukkan hasil nilai tahanan isolasi yang seluruhnya berada di atas batas minimum hasil perhitungan khususnya kabel dari transformator ke PHB TR pada pengujian kabel terhadap tanah menunjukkan kondisi open line, yang menandakan kualitas isolasi sangat baik. Namun masih ada hasil pengujian diperoleh nilai tahanan isolasi yang mendekati hasil perhitungan. Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas isolasi kabel tersebut masih memenuhi persyaratan standar, tetapi memiliki margin keamanan yang lebih kecil jika dibandingkan titik pengujian lainnya. Perbedaan ini dipengaruhi oleh faktor teknis seperti karakteristik peralatan, jenis dan panjang kabel, kondisi material isolasi, kualitas terminasi, serta pengaruh lingkungan pengujian. Dengan demikian, perbandingan antara hasil perhitungan dan hasil pengujian menggunakan megger menunjukkan bahwa seluruh tahanan isolasi transformator daya dan kabel distribusi tegangan menengah memenuhi standar kelayakan yang berlaku. Nilai pengukuran yang berada jauh di atas hasil perhitungan mengindikasikan bahwa kondisi isolasi yang baik, sedangkan nilai tahanan isolasi yang mendekati hasil perhitungan dapat dijadikan indikator untuk dilakukan pemantauan dan pemeliharaan preventif guna menjaga keandalan sistem tenaga listrik secara berkelanjutan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, pengukuran dan analisis yang sudah dilakukan, penelitian ini berhasil menunjukkan kondisi akurat sistem isolasi transformator daya dan kabel distribusi tegangan menengah pada instalasi pemanfaatan tenaga listrik tegangan menengah di Semarang Sport Center. Pengukuran tahanan isolasi menggunakan insulation tester atau megger pada transformator daya berkapasitas 800 kVA dan kabel distribusi tegangan menengah menunjukkan nilai tahanan isolasi yang sangat tinggi pada seluruh titik pengujian, seluruhnya berada jauh dari batas minimum yang dipersyaratkan oleh PUIL dan SPLN. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem tahanan isolasi transformator berada dalam kondisi sangat baik dan layak untuk dioperasikan secara andal.

Temuan ini diperkuat oleh hasil pengukuran temperatur menggunakan thermography yang tidak menunjukkan adanya panas berlebih, ketidakseimbangan beban, maupun potensi gangguan termal yang dapat mempercepat degradasi sistem isolasi instalasi tenaga listrik. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menilai kelayakan isolasi suatu instalasi tenaga listrik berdasarkan satu parameter saja, tetapi memberikan gambaran komprehensif kondisi operasional sistem melalui pendekatan pengujian listrik dan termal secara terpadu. Penelitian ini tidak hanya memverifikasi kelayakan operasional sistem tenaga listrik dilokasi penelitian, tetapi juga memberikan referensi lapangan yang konkret tentang evaluasi keandalan sistem distribusi melalui

kombinasi pengujian tahanan isolasi dan analisis termal, yang dapat diadopsi dalam praktik pemeliharaan preventif di instalasi serupa.

Kontribusi utama peneliti terletak pada penyedia data hasil pengujian lapangan yang terverifikasi langsung terhadap standar nasional, sehingga dapat menjadi referensi praktis bagi evaluasi keandalan instalasi transformator daya dan kabel distribusi tegangan menengah pada fasilitas yang serupa. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam bidang pengujian dan pemeliharaan instalasi pemanfaatan tenaga listrik tegangan menengah, khususnya dalam mendukung praktik evaluasi kondisi peralatan berbasis data aktual dan standar teknis yang berlaku.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak pengelola Semarang Sport Center dan PT. Berkah Energi Safety atas fasilitas dan akses yang diberikan selama pelaksanaan pengujian dan pengukuran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing serta rekan-rekan dari program studi Teknik Elektro Universitas PGRI Semarang atas dukungan dan masukan selama penelitian.

VI. REFERENSI

- [1] Akhmad, S. S., & Jamin, A. S. (2021). *Pengujian Tahanan Isolasi pada Pemutus Tenaga (PMT) 20 kV Di Gardu Induk Tello 150 kV*. September, 40–43.
- [2] Arus, T., Kuningan, B. A. Y., Di, I. I., Induk, G., & Cirebon, S. (2022). *ANALISIS PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI*. 11(1), 98–102.
- [3] Pln, P. T., & Up, P. (2022). *Pengujian Tahanan Isolasi Pada Transformator Distribusi 160*. 12(2), 8–15.
- [4] Tenaga, P., Dan, P., & Gardu, P. (2019). *ANALISIS HASIL PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI DAN KESEREMPAKAN PEMUTUS TENAGA 150 kV BAY PALUR 1 DAN PALUR 2 GARDU INDUK GONDANGREJO*.
- [5] Vol, S., No, X., Muis, A., Industri, F. T., Sains, I., Moh, J., Ii, K., Sawah, S., & Selatan, K. J. (2021). *Analisa Kualitas Tahanan Isolasi Transformator Daya*. XXIII(2), 1–10.