

## ***Testing of The Insulation Resistance and Turns Test Ratio (TTR) of The Distribution Transformers at PT. XYZ***

### **Pengujian Tahanan Isolasi dan Tes Rasio Tegangan (TTR) Trafo Distribusi di PT. XYZ**

Muhammad Shofiyuddin<sup>1</sup>, Arief Wisaksono<sup>2\*</sup>

\* Email corresponding author: [ariefwisaksono@umsida.co.id](mailto:ariefwisaksono@umsida.co.id)

<sup>1,2</sup>Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jl. Mojopahit No. 666 B, Sidowayah, Celep, Kec. Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61271

**Abstract.** *Electricity plays a vital role in human life and the economic growth of Indonesia. Therefore, a reliable electrical transmission and distribution system is essential. Transformers, especially in an industrial context, play a key role in power supply. Transformer maintenance is a critical step in maintaining a stable flow of electricity. This study adopts the Research and Development (R&D) method and focuses on measuring insulation resistance and voltage ratios in the context of transformer maintenance. The research was conducted at the Pole Transformer Substation (GTT) in P. Melati, Sidoarjo Regency, East Java, starting in August 2023. The research variables involve measuring the insulation resistance referring to IEC standards and measuring the voltage ratio to ensure proper transformer performance. The test results indicate that the insulation resistance in the transformer, both on the primary and secondary sides, meets the standards, demonstrating that the transformer functions well and safely. Voltage ratio measurements closely approximate theoretical calculations and fall within a tolerance of  $\pm 0.5\%$ . This study underscores the importance of transformer maintenance in maintaining a stable flow of electricity. Proper maintenance will prevent disruptions that can be detrimental, such as current leakage or short circuits. With good maintenance, the continuity of a reliable and safe electricity distribution service for consumers can be ensured.*

**Keywords :** *Distribution Transformers; electrical energy, transformer, maintenance, insulation resistance, voltage ratio, Pole Transformer Substation.*

**Abstrak.** Energi listrik memainkan peran vital dalam kehidupan manusia dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Oleh karena itu, sistem transmisi dan distribusi listrik yang handal menjadi esensial. Transformator, terutama dalam konteks industri, memiliki peran kunci dalam penyediaan daya. Pemeliharaan transformator adalah langkah kritis untuk menjaga aliran listrik yang stabil. Penelitian ini mengadopsi metode Research and Development (R&D) dan berfokus pada pengukuran tahanan isolasi dan rasio tegangan dalam konteks pemeliharaan transformator. Penelitian dilakukan di Gardu Trafo Tiang (GTT) P. Melati, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, dimulai pada Agustus 2023. Variabel penelitian melibatkan pengukuran tahanan isolasi yang mengacu pada standar IEC dan pengukuran rasio tegangan untuk memastikan kinerja transformator yang tepat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tahanan isolasi pada trafo baik di sisi primer maupun sisi sekunder memenuhi standar, menunjukkan bahwa transformator tersebut berfungsi dengan baik dan aman. Pengukuran rasio tegangan mendekati perhitungan teoritis dan berada dalam toleransi  $\pm 0,5\%$ . Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pemeliharaan transformator untuk menjaga aliran listrik yang stabil. Pemeliharaan yang tepat akan mencegah gangguan yang dapat merugikan seperti kebocoran arus atau hubung singkat. Dengan pemeliharaan yang baik, kontinuitas pelayanan distribusi listrik yang handal dan aman bagi konsumen dapat dijaga.

**Kata Kunci :** Trafo Distribusi; energi listrik, transformator, pemeliharaan, tahanan isolasi, rasio tegangan, Gardu Trafo Tiang

#### **I. PENDAHULUAN**

Pada zaman sekarang ini energi listrik memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Di Indonesia pemanfaatan energi listrik secara tepat guna dapat membantu pertumbuhan ekonomi negara kita. Karena luasnya wilayah negara Indonesia maka dibutuhkan sistem transmisi dan distribusi yang handal didalam penyaluran energi listrik dari sumber energi sampai ke beban. Seiring dengan pesatnya perkembangan ekonomi Indonesia, terbukti dengan lajunya pertumbuhan dan perkembangan industri-industri dalam skala kecil maupun skala besar, juga industri-industri berat dan ringan, memungkinkan masyarakat industri untuk menyerap dan menggunakan daya listrik dalam jumlah yang besar. Industri-industri tersebut umumnya menggunakan daya listrik dari PT. XYZ ataupun dari

swasta dengan menggunakan transformator penurun tegangan (trafo step -down), yang mentransformasikan tegangan dari 20 kV menjadi 400/231 Volt.[1]

Kerusakan trafo tentu akan menyebabkan terputusnya aliran listrik yang berakibat matinya peralatan listrik. Kerusakan trafo untuk peralatan rumah tangga memang tidak terlalu merugikan, namun untuk kebutuhan industri pasti sangat merugikan.[2] Oleh karena itu, dilakukan

Metode pemeliharaan dilakukan dengan cara pemeriksaan fisik berkala pada transformator. Namun pemeliharaan transformator tidak hanya pemeriksaan fisik secara langsung tapi juga diperlukan suatu perencanaan yang baik dan pengawasan terhadap pelaksanaannya, sehingga pemeliharaan transformator dapat dilakukan dengan teratur yang sesuai dengan petunjuk dan ketentuan yang berlaku berdasarkan SOP (Standart Operating Procedure). Pemeliharaan itu diharapkan mampu untuk menjaga kontinuitas pelayanan distribusi ke konsumen.[3] Metode pengujian trafo pada saat pemeliharaan yaitu pengujian tahanan isolasi dan rasio tegangan.

Saat transformator mengalami gangguan maka prosedur yang dilakukan adalah memeriksa serta memperbaiki gangguan pada transformator atau manajemen transformator jika terjadi pembebanan lebih dan ketika transformator mengalami kerusakan maka dilakukan penggantian dengan transformator baru yang dalam pengadaannya ini akan membutuhkan waktu yang cukup lama dan biaya yang tidak sedikit.[3]

## II. METODE

### 2.1. Jenis Penelitian

Peneliti menggunakan metode Research and Development dalam penelitian ini. Metode penelitian research and development (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.[4] Dengan teknik yang digunakan, data yang didapatkan dari lapangan adalah Pengukuran Tahanan isolasi, Pengukuran Rasio Tegangan dan Perpindahan Fasa (TTR).

Penelitian dilaksanakan di Gardu Trafo Tiang (GTT) P. Melati, Kec. Krian yang berlokasi di Kec. Krian, Kab. Sidoarjo, Jawa Timur. Penelitian dilaksanakan mulai Agustus 2023. Objek pada penelitian ini adalah Pengukuran Tahanan isolasi, Pengukuran Rasio Tegangan dan Perpindahan Fasa (TTR) pada Gardu Trafo Tiang (GTT).

### 2.2. Variabel Penelitian

Variabel merupakan indikator penting yang menentukan keberhasilan penelitian, sebab variabel penelitian menjadi titik perhatian dalam suatu penelitian.

Variabel dalam penelitian ini adalah nilai Pengukuran Tahanan Isolasi Berdasarkan IEC standar, ketentuan tahanan isolasi adalah  $1\text{kV} = 1\text{M ohm}$ . Catatan :  $1\text{kV} =$  besar tegangan fase terhadap tanah. Kebocoran arus yang diizinkan setiap  $\text{kV} = 1\text{mA}$ . [5]

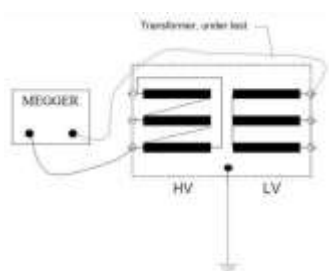
Pengukuran Rasio Tegangan (TTR) untuk mengetahui kesesuaian hasil bagi tegangan antara tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah pada setiap tapping, sehingga tegangan output yang dihasilkan oleh transformator sesuai dengan yang dikehendaki. Untuk mengetahui apakah rasio tegangan hasil pengukuran itu betul, nilainya harus berada pada daerah toleransi  $\pm 0,5\%$  dari perhitungan. [1]

### 2.3. Pengujian Pada Trafo

Pengujian yang dilakukan pada transformator adalah pengujian tahanan isolasi, pengujian rasio tegangan dan perpindahan Fasa (TTR).

#### 2.3.1. Pengujian Tahanan Isolasi ( Insulation Resistance Test )

Gambar 1 merupakan rangkaian pengujian pada Tahanan Isolasi menggunakan alat ukur bernama Megger. Pengukuran dilakukan dengan mengukur tahanan antara kumparan sisi HV dengan kumparan sisi LV.



Gambar 1. Rangkaian Pengujian Pengujian Tahanan Isolasi

Dengan memberikan tegangan dc dan merepresentasikan kondisi isolasi dengan satuan Mega ohm. Tahanan isolasi yang diukur merupakan fungsi dari arus bocor yang menembus melewati isolasi atau melalui jalur bocor pada permukaan eksternal. Pengujian tahanan isolasi ini dapat dipengaruhi suhu, kelembaban, dan jalur bocor pada

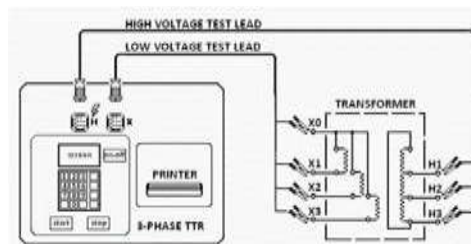
permukaan eksternal seperti kotoran pada bushing atau isolator. Megaohm meter biasanya memiliki kapasitas pengujian 500, 1000, 2500, atau 5000 V DC.[6]

Berikut prosedur pengujian tahanan isolasi :

- Cek baterai insulation tester, pastikan baterai dalam keadaan baik dan bisa bekerja normal.
- pastikan trafo dalam kondisi tidak tersambung dengan sumber tegangan sebelum dilakukan pengukuran.
- Rangkai alat yang telah disiapkan sesuai dengan gambar rangkaian pengujian seperti pada gambar 1.
- Lakukan pengukuran sesuai tabel.
- Catat hasil pengukuran.
- Analisa hasil pengukuran.

### 2.3.2. Pengujian Rasio Tegangan dan Perpindahan Fasa [ TTR ( Turn Test Rasio) ]

Gambar 2 merupakan rangkaian pengujian Rasio tegangan dan perpindahan fasa dimana cable H untuk mengukur rasio di sisi Primer dan cable X untuk mengukur rasio di sisi sekunder.



Gambar 2. Rangkaian Pengujian Tes Rasio Tegangan dan Perpindahan Fasa

Mengukur perbandingan belitan antara sisi HV dan LV. Dengan menghubungkan sisi positive alat dengan sisi HV dan sisi negative terhadap sisi LV dan menghubungkan sisi ground alat terhadap ground. Berikut rumus untuk mengetahui perbandingan pada tes TTR[7] dengan vektor group Dyn:

$$A = \frac{V_p}{\frac{(V_s/\sqrt{3})}{3}} \dots [8]$$

Dimana :

- A: Angka transformasi
- V<sub>p</sub> : Tegangan primer (Tegangan taping)
- V<sub>s</sub> : Tegangan sekunder
- √3 : Rumus 3 phase

Berikut prosedur pengujian tahanan isolasi :

- Kalibrasi alat ukur terlebih dahulu.
- Sambungkan alat ke grounding.
- Pasang kabel merah dan hitam ke tes TTR lalu sambungkan ke trafo yang akan diuji sesuai dengan gambar dan skema koneksi yang ada di manual alat.
- Mulai pengukuran dan simpan hasilnya.
- Bandingkan hasil pengukuran dengan nilai minimal rasio belitan trafo. Jika hasilnya sesuai atau berada dalam toleransi yang ditentukan, maka trafo dapat dikatakan baik. Jika tidak, maka trafo perlu diperbaiki atau diganti.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengujian Tahanan Isolasi ( Insulation Resistance Test )

Pengukuran Tahanan Isolasi dilaksanakan bertujuan untuk mengetahui mutu tahanan isolasi pada trafo arus baik antar belitan (fasa R,S dan T) maupun antara belitan dan *ground* dan jika transformator arus yang mempunyai isolasi dengan nilai resistansi di bawah standar minimum, akan mengakibatkan beragam gangguan dalam beroperasi misalnya kebocoran arus listrik, hubung singkat / *Short Circuit*, kebakaran dan kecelakaan yang lebih serius.[9]

Tabel 1 ditunjukkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada sisi primer ke body / ground trafo. Pada tabel kita dapat melihat apakah ada atau tidaknya kebocoran tegangan pada belitan primer ke body trafo.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Primer – Body dengan Tegangan Pengujian 5000 V

Titik Ukur	Acuan	Hasil Pengukuran (MΩ)		
		R	S	T
Primer - Body	1 kV/1 MΩ	19.560	21.400	22.600

Tabel 2 ditunjukkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada sisi sekunder ke body / ground trafo. Pada tabel kita dapat melihat apakah ada atau tidaknya kebocoran tegangan pada belitan sekunder ke body trafo.

Tabel 2. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Sekunder – Body dengan Tegangan Pengujian 1000 V

Titik Ukur	Acuan	Hasil Pengukuran (MΩ)			
		R	S	T	N
Primer - Body	1 kV/1 MΩ	20.700	18.480	17.550	15.300

### 3.2. Hasil Pengujian Rasio Tegangan dan Perpindahan Fasa

Pengukuran rasio/perbandingan tegangan adalah untuk mengetahui kesesuaian hasil bagi tegangan antara tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah pada setiap tapping, sehingga tegangan output yang dihasilkan oleh transformator sesuai dengan yang dikehendaki.

Untuk mengetahui apakah rasio tegangan hasil pengukuran itu betul, nilainya harus berada pada daerah toleransi  $\pm 0,5 \%$  dari perhitungan[1]

Pengujian dilakukan pada Trafo dengan merek Lucky Light 20 kV 400V / 230V daya 250 kVA dengan vektor group Dyn-5 pada tapping 3 dengan tegangan 20.000 V dan tapping 4 dengan tegangan 19.500 V. Berikut perhitungan TTR pada tapping 3 dan tapping 4 :

Tap 3 : (20.000 V / 400 V)

$$A = \frac{V_p}{(V_s/\sqrt{3})}$$

$$A = \frac{20.000 \text{ kV}}{(400 \text{ V}/\sqrt{3})}$$

$$A = 86,602$$

Tap 4 : (19.500 V / 400 V)

$$A = \frac{V_p}{(V_s/\sqrt{3})}$$

$$A = \frac{19.500 \text{ kV}}{(400 \text{ V}/\sqrt{3})}$$

$$A = 84,437$$

Dengan diketahui nilai dari perhitungan TTR di atas, maka dapat di dilihat pada tabel 3 di bawah ini menunjukkan perbandingan antara pengujian dan perhitungan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Rasio Tegangan dan Perpindahan Fasa

Taping	Hasil TTR Fasa R, S, T			Toleransi +/- 0,5%		Penjelasan
	R	S	T			
3	86,738	86,620	86,622	+ 87,035	-86,169	Tingkat eror tidak melebihi batas toleransi.
4	84,611	84,452	84,454	+84,859	-84,015	Tingkat eror tidak melebihi batas toleransi.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini membahas pentingnya pemeliharaan transformator dalam penyaluran energi listrik, terutama dalam konteks industri di Indonesia. Kerusakan transformator dapat menyebabkan gangguan dalam aliran listrik, yang pada gilirannya dapat merugikan kebutuhan industri. Oleh karena itu, pemeliharaan transformator yang tepat dan berkala sangat penting.

Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D), yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji efektivitasnya. Penelitian ini dilakukan di Gardu Trafo Tiang (GTT) P. Melati, Kec. Krian, Kab. Sidoarjo, Jawa Timur, dengan fokus pada pengukuran tahanan isolasi, pengukuran rasio tegangan, dan perpindahan fasa (TTR).

Variabel penelitian melibatkan pengukuran tahanan isolasi berdasarkan standar IEC, di mana ketentuan tahanan isolasi adalah  $1 \text{ kV} = 1 \text{ M ohm}$ . Selain itu, pengukuran rasio tegangan (TTR) dilakukan untuk memastikan kesesuaian hasil pengukuran dengan nilai yang diharapkan.

Pengujian tahanan isolasi dilakukan menggunakan alat bernama Megger, dengan pengukuran antara kumparan sisi HV dan kumparan sisi LV. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tahanan isolasi pada trafo dalam keadaan baik dan memenuhi standar. Kebocoran tegangan pada belitan primer ke body trafo berada di atas standar minimum yang ditentukan.

Pengujian rasio tegangan dan perpindahan fasa dilakukan untuk mengukur perbandingan tegangan antara tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah pada setiap tapping. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rasio tegangan sesuai dengan yang diharapkan, dan tingkat eror tidak melebihi batas toleransi.

Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan transformator di Gardu Trafo Tiang (GTT) P. Melati telah dilakukan dengan baik, dan transformator dalam kondisi baik dan memenuhi standar. Hal ini penting untuk menjaga kontinuitas pelayanan distribusi listrik ke konsumen, terutama dalam konteks industri. Pemeliharaan yang baik dapat mencegah gangguan dan kerusakan yang dapat merugikan kebutuhan listrik industri.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

“Ucapan terima kasih penulis kepada semua pihak yang telah membantu baik pihak universitas Muhammadiyah Sidoarjo maupun pihak PT. XYZ khususnya kepala bagian jaringan dan jajarannya yang telah mengizinkan untuk melakukan pengumpulan data.

#### REFERENSI

- [1] K. Ajang And D. I. A. D. Koswara, “Analisis Pengujian Transformator Distribusi Daya 160kva-Tegangan 20kv/400v-4,6a/231a.”
- [2] “2215105016-Undergraduate\_Theses”.
- [3] “Studi Pemeliharaan Transformator Distribusi Pt.Pln(Persero) Rayon Panakukkang.”
- [4] “Sri Sumarni - Model Final Hki\_2019”.
- [5] “Makalah\_Standar\_Pengujian\_Transformator”.

- [6] “Penguujian Isolasi Trafo – Magatrika Ugm.” Accessed: Sep. 24, 2023. [Online]. Available: <https://Ugmmagatrika.Wordpress.Com/2016/10/15/Penguujian-Isolasi-Trafo/>
- [7] A. Ghazan Gifari, “Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi Dan Otomasi Sneto 2021 Analisis Penguujian Rutin Dan Spesial Pada Transformator Distribusi 5 Mva 20 Kv/6,3 Kv.”
- [8] “Transformer Turn Ratio Test | Sinergi Servis Engineering.” Accessed: Sep. 24, 2023. [Online]. Available: <https://servistrafojawatengah.blogspot.com/2018/12/transformer-turn-ratio.html>
- [9] “2646-10622-1-PB”.