

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan tulang punggung peradaban modern, memastikan pasokan energi yang stabil dan andal untuk berbagai sektor kehidupan. Di jantung sistem ini, gardu induk memegang peranan vital sebagai simpul penghubung berbagai komponen kelistrikan, mulai dari transformator, switchgear, hingga peralatan proteksi. Dalam kompleksitas gardu induk, Current Transformer (CT) menonjol sebagai komponen esensial yang berfungsi ganda: mengukur arus secara akurat dan menyediakan sinyal penting bagi sistem proteksi. Tanpa kinerja CT yang optimal, stabilitas dan keamanan pasokan listrik akan terancam, mengingat perannya dalam mendeteksi anomali arus dan mencegah kerusakan yang lebih besar. Menurut (Ananto et al., 2023), "Transformator arus sangat penting untuk sistem penyaluran tenaga listrik, jadi mereka harus bekerja dengan baik baik dalam keadaan normal maupun gangguan agar peralatan proteksi dapat merespon arus gangguan dan mengamankan peralatan." Pernyataan ini menggarisbawahi betapa krusialnya CT dalam menjaga integritas seluruh sistem.

Namun, seiring berjalannya waktu dan paparan terhadap kondisi lingkungan yang dinamis, Current Transformer yang beroperasi di gardu induk rentan mengalami penurunan kualitas isolasi. Faktor-faktor seperti kelembaban tinggi, fluktuasi suhu ekstrem, atau bahkan usia current

transformator dapat secara bertahap mengikis integritas material isolasi. Penurunan kualitas ini seringkali tidak terdeteksi secara kasat mata, namun berpotensi besar menurunkan kinerja sistem proteksi dan mengganggu kestabilan pasokan listrik secara keseluruhan. Degradasi isolasi dapat berujung pada kegagalan fungsi yang tidak hanya merugikan secara finansial, tetapi juga membahayakan keselamatan operasional. (Yusniati et al., 2021) menegaskan, "Meningat peran utama isolasi sebagai metode untuk melindungi instalasi listrik, ketahanan (resistansi) isolasi dari kabel instalasi listrik merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas instalasi listrik." Oleh karena itu, pemantauan berkala terhadap kualitas isolasi CT menjadi sebuah keharusan.

Pengujian tahanan isolasi menjadi metode diagnostik yang sangat penting untuk memantau kondisi isolasi peralatan listrik secara berkala. Tahanan isolasi yang baik adalah indikator bahwa komponen tersebut masih mampu bekerja dengan aman, meminimalkan risiko gangguan listrik. Sebaliknya, nilai tahanan isolasi yang buruk mengindikasikan adanya kerusakan pada isolasi, yang dapat memicu korsleting atau kerusakan serius pada peralatan listrik lainnya. Pengujian ini memungkinkan deteksi dini degradasi material isolasi, sehingga tindakan perbaikan dapat segera dilakukan sebelum masalah berkembang menjadi kegagalan sistem yang lebih besar. Sebagaimana dijelaskan oleh (PT PLN (Persero), 2024), "Pengukuran tahanan isolasi merupakan metode diagnostik penting untuk memantau kondisi isolasi peralatan listrik secara berkala. Tujuan utama

pengujian ini adalah untuk memperoleh nilai kuantitatif resistansi isolasi sekaligus mendeteksi secara dini adanya degradasi pada material isolasi."

Pentingnya pengujian tahanan isolasi juga terletak pada kemampuannya untuk memastikan Current Transformer berfungsi secara optimal dan andal. Dengan melakukan pengujian secara rutin, pihak pengelola gardu induk dapat mengidentifikasi potensi masalah yang mungkin tidak terlihat dalam operasi normal, namun dapat berujung pada kegagalan fatal. Ini adalah langkah proaktif dalam pemeliharaan prediktif, yang tidak hanya meningkatkan keselamatan dan keandalan sistem tenaga listrik, tetapi juga mencegah biaya pemeliharaan yang jauh lebih tinggi akibat kerusakan parah. (Megger, 2006) dalam panduannya menyatakan, "Fungsi utama isolasi justru bertolak belakang dengan konduktor - sementara konduktor harus menghantarkan arus dengan baik, isolasi harus mampu menahan aliran arus dan memastikan arus hanya mengalir melalui konduktor yang seharusnya." Prinsip ini menegaskan bahwa isolasi yang kuat adalah fondasi keamanan dan efisiensi.

Di Gardu Induk Mranggen, Caruban, dan Magetan, pengujian terhadap Current Transformer 70 kV menjadi sangat krusial, mengingat peran strategisnya dalam menjaga stabilitas pasokan listrik di wilayah tersebut. Gardu-gardu ini merupakan bagian integral dari infrastruktur kelistrikan yang melayani kebutuhan energi masyarakat dan industri. Oleh karena itu, memastikan bahwa CT di lokasi-lokasi ini beroperasi dalam kondisi prima adalah prioritas utama. Analisis mendalam terhadap kondisi

tahanan isolasi diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai sejauh mana CT tersebut masih memenuhi standar operasional yang ditetapkan, serta mengidentifikasi langkah-langkah pemeliharaan atau perbaikan yang diperlukan untuk menjaga kelangsungan operasional gardu induk. (Tolibin, 2025) dalam penelitiannya menekankan, "Pemeliharaan rutin CT sangat penting untuk mencegah kegagalan sistem proteksi dan pengukuran serta menghindari kerusakan lebih parah yang bisa mahal biaya perbaikannya."

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini akan berfokus pada pengujian tahanan isolasi Current Transformer 70 kV di Gardu Induk Magetan, Mranggen, dan Caruban. Dengan menganalisis hasil pengujian menggunakan standar internasional seperti IEC 60044-1 dan VDE Catalogue 228/4, serta mempertimbangkan faktor-faktor yang memengaruhi kualitas isolasi, diharapkan dapat diperoleh pemahaman komprehensif mengenai kondisi aktual CT. Hasil penelitian ini tidak hanya akan memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang teknik elektro, tetapi juga dapat menjadi referensi praktis bagi PT PLN (Persero) dalam merumuskan strategi pemeliharaan yang lebih efektif dan efisien, demi menjamin keandalan sistem tenaga listrik di masa mendatang. Seperti yang diungkapkan oleh (Arfan, 2008), Standar merupakan pedoman teknis yang disusun sebagai acuan baku untuk memastikan kesesuaian spesifikasi suatu produk, sistem, atau proses. Dengan demikian, penelitian ini **"ANALISIS TAHANAN ISOLASI CURRENT TRANSFORMATOR ULTG**

**MADIUN**” bertujuan untuk memastikan kepatuhan terhadap standar demi kinerja optimal dan menganalisa faktor suhu dan kelembaban apakah berpengaruh signifikan pada nilai tahanan isolasi.

## **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang menjadi pokok bahasan agar tidak meluas dan keluar dari tujuan. Maka pembahasan diberi batasan sebagai berikut :

1. Pengujian *Current Transformator* (CT) 70kV di Gardu Induk Magetan, Mranggen, dan Caruban. Pengujian dilakukan pada semua fase (R,S,T) dan semua core (*Primer, Ground, sekunder 1, Sekunder 2, dan Sekunder 3*).
2. Alat pengujian yang digunakan *Insulation Tester* merek *Megger* dengan spesifikasi tegangan uji 5000 V untuk sisi *primer*, 500 V untuk sisi sekunder. Standar kalibrasi alat mengacu pada IEC 60044-1 dan VDE Catalogue 228/4.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil pengujian yang dikumpulkan selama periode waktu yang telah ditentukan.
4. Pengujian ini dilakukan pada current transformator yang mulai dioperasikan pada tahun 2023 sampai 2024.
5. Pada semua *current Transformator* menggunakan type isolator gas SF6.

### **C. Perumusan Masalah**

Untuk perumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil pengujian tahanan isolasi Current Transformer pada Gardu Induk Magetan, Mranggen, dan Caruban ketika diuji menggunakan tegangan 500 volt dan 5000 volt ?
2. Bagaimana perbandingan standar uji tahanan isolasi antara IEC 60044-1 dan VDE Catalogue 228/4 dalam menentukan kelayakan hasil pengujian tahanan isolasi Current Transformer di Gardu Induk Magetan, Mranggen, dan Caruban?
3. Bagaimana faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas tahanan isolasi pada Current Transformer (CT) sehingga dapat berdampak pada performa dan keandalannya dalam sistem tenaga listrik?

### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari proposal Skripsi ini adalah :

1. Menentukan baik atau buruk tahanan isolasi pada *current transformer* dengan data telah dipadat dari hasil pengujian *current transformer* 70 kV gardu induk Mranggen, Magetan, dan Caruban.
2. Mengetahui apakah factor-faktor seperti suhu, kelembaban, dan usia pakai dapat mempengaruhi nilai tahanan isolasi.
3. Menyediakan dasar pembandingan hasil pengujian tahanan isolasi berdasarkan beberapa standar internasional, sehingga dapat

digunakan untuk analisis kelayakan yang lebih komprehensif dan presisi dalam evaluasi kondisi current transformer.

4. Sebagai salah satu syarat kelulusan sarjana teknik Universitas PGRI Madiun.

#### **E. Keunggulan Penelitian**

1. Memberikan cara menganalisa data nilai pengujian tahanan isolasi menggunakan *standart IEC 60044-1* dan *VDE Catalogue 228/4*
2. Memberikan analisa faktor-faktor suhu, kelembaban, dan usia pakai apakah mempengaruhi nilai tahanan isolasi.
3. Memberikan pengetahuan bagaimana cara melakukan pengujian tahanan isoalsi pada *current tranformator*.