

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Teoritis**

##### **1. Gardu Induk**

Gardu induk adalah bagian dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik, atau bagian dari sistem penyaluran (transmisi). Gardu induk didefinisikan sebagai satu koherensi dari sistem transmisi, atau tempat peralatan peralatan induk transmisi, yaitu peralatan yang mengontrol, menaikkan, dan menurunkan tegangan, dan alur penghubung. (Pertiwi et al., 2021).

Gardu induk termasuk dalam sistem tenaga listrik dan berfungsi sebagai terminal sistem tenaga listrik yang menghubungkan jaringan transmisi dan distribusi. Dengan demikian, gardu induk merupakan komponen penting dari penyaluran tenaga listrik. "Koordinasi Isolasi" adalah proses yang digunakan dalam Gardu Induk untuk melindungi peralatan yang terletak di dalamnya dari bahaya tegangan tambahan dan untuk mengurangi biaya perawatan. (R et al., 2018)

##### **2. Tahanan Isolasi**

Mengingat 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. Tahanan antara satu kabel dan netral (N) atau di antara dua kabel yang diisolasi satu sama lain

disebut tahanan isolasi. (Yusniati et al., 2021) 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. (Megger, 2006)

Resistansi isolasi merupakan nilai resistansi listrik yang diukur Antara dua konduktor berinsulasi dalam sistem kabel, atau Antara konduktor dengan ground. (Makkulau et al., 2018)

### **3. Pengujian Tahanan Isolasi**

Pengukuran adalah proses mengumpulkan data terukur menggunakan alat ukur. Dalam pengukuran listrik, kita membandingkan besaran yang diukur dengan nilai referensi menggunakan peralatan khusus. Jenis pengukuran harus ditentukan dulu, seperti apa yang akan diukur (tegangan, arus, atau hambatan) dan tingkat ketelitian yang dibutuhkan. (Rahman, 2018)

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. (PT PLN (Persero), 2024)

### **4. Resistansi / Hambatan**

Resistansi merupakan sifat material yang menghambat aliran arus listrik, diukur dalam satuan ohm ( $\Omega$ ). Fenomena ini terjadi karena interaksi antara

elektron dengan struktur atom material, menciptakan efek seperti gesekan yang membatasi kapasitas arus yang dapat dialirkan dalam suatu rangkaian listrik. (Wibowo, 2022)

Cara menghitung elemen dalam Hukum Ohm:

$$V = I.R \dots\dots\dots(2.1)$$

Hukum Ohm menjelaskan hubungan antara tegangan, arus, dan resistansi dalam suatu rangkaian listrik. Prinsip ini menyatakan bahwa besarnya arus listrik yang mengalir melalui suatu penghantar berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan pada kedua ujungnya. Artinya, semakin tinggi beda potensial (tegangan) yang diterapkan, semakin besar pula arus yang akan mengalir melalui penghantar tersebut, asalkan nilai resistansinya tetap. (Nasution, 2023)

## 5. Grounding / Pertanahan

Sistem pentanahan merupakan instalasi penting yang dirancang untuk menetralkan perbedaan potensial listrik dengan cara menyediakan jalur aman bagi elektron untuk mengalir ke bumi. Ketika terjadi kebocoran arus atau tegangan yang tidak diinginkan, sistem ini akan mengalirkannya langsung ke tanah, sehingga mencegah terjadinya kejutan listrik dan melindungi peralatan dari kerusakan. Dengan demikian, sistem pentanahan berperan sebagai pengaman pasif yang krusial dalam instalasi listrik. (Budi Pramono et al., 2016)

Sistem pertanahan berperan sebagai jalur pengaman yang menghubungkan bagian-bagian logam peralatan listrik dan instalasi ke bumi. Prinsip kerjanya

menciptakan jalur aman bagi arus listrik yang tidak diinginkan untuk mengalir ke tanah, sehingga melindungi manusia dari sengatan listrik sekaligus mencegah kerusakan pada peralatan akibat lonjakan tegangan. (Katu, 2022)

## 6. Current Transformer (CT)

Trafo arus (Current Transformer - CT) adalah peralatan yang digunakan untuk mengukur besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer (TET, TT, dan TM) yang berskala besar. Ini melakukan transformasi yang tepat dari besaran arus yang besar ke besaran arus yang kecil untuk tujuan pengukuran dan perlindungan. (PT PLN (Persero), 2024)



*Gambar 2. 1 Current Transformator*

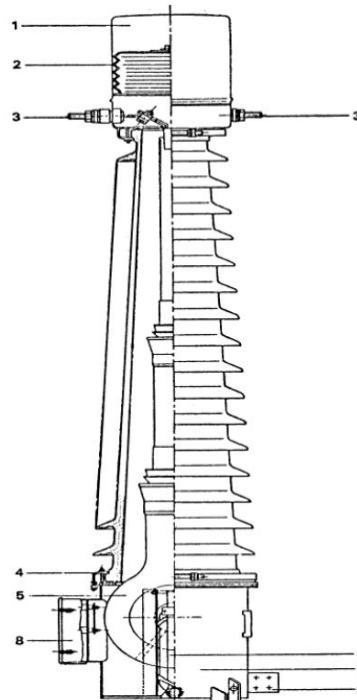
(Sumber Buku Pedoman Trafo Arus PLN 2014 )

Current Transformer (CT) adalah perangkat yang berfungsi sebagai alat pengukur sekaligus pelindung relay pada industri dengan sistem tegangan

tinggi. Trafo ini dirancang untuk melakukan pengukuran secara aman terhadap arus berkapasitas besar dan tegangan tinggi. (Magrianto dalam Mesin et al., 2025)

## 7. Struktur *Current Tranformator* dan Fungsi Komponen

Komponen internal dan tata letak fisik transformator arus (CT) membentuk strukturnya. Gambar 2.2 merupakan struktur dari Current Tranformator :



*Gambar 2. 2 Struktur Current Tranformator*

(Sumber Buku Pedoman Trafo Arus PLN 2014 )

1. Bagian atas trafo (*transformator head*)
2. Peredam perlawanan pemuaiian minyak (*oil resistant expansion bellows*).

3. Terminal utama (*primary terminal*).
4. Penjepit (clamps)
5. Inti kumparan dengan belitan berisolasi utama (*core and coil assembly with primary winding and main insulation*).
6. Inti dengan kumparan sekunder (*core with secondary windings*).
7. Tangki (*tank*)
8. Tempat terminal (*terminal box*).
9. Plat untuk pentanahan (*earthing plate*). (PT PLN (Persero), 2024)

Secara umum bagian – bagian dari sebuah *current traformator* adalah sebagai berikut :

a. Kumparan (Lilitan)

Berperan sebagai komponen utama yang melakukan konversi besaran arus listrik dari tingkat tinggi/menengah ke level yang lebih rendah melalui prinsip induksi elektromagnetik. Transformasi ini memungkinkan pengukuran dan pengamanan sistem tenaga listrik yang lebih aman dan efisien.

b. Sistem Isolasi

Menggunakan media isolasi berupa cairan (biasanya minyak transformator) yang berfungsi memisahkan bagian-bagian bertegangan. Minyak ini mencegah terjadinya flashover antara komponen yang berbeda potensial maupun antar fasa yang berbeda dalam sistem tiga fase.

### c. Dehydrating Breather

Merupakan perangkat pengatur sirkulasi udara yang dilengkapi material penyerap kelembaban. Alat ini bekerja mencegah masuknya udara lembab ke dalam tangki transformator yang dapat menyebabkan degradasi kualitas minyak isolasi dan mempercepat penuaan material isolasi padat.

### d. Terminal - terminal

Berfungsi sebagai titik interkoneksi antara kumparan transformator (primer/sekunder) dengan peralatan eksternal. Terminal dirancang untuk memastikan koneksi yang aman dan andal, sekaligus meminimalkan losses pada titik sambungan. (Tapparan, 2020)

## 8. Jenis-jenis *Current Transformer*

### a) Jenis *Current transformer* berdasarkan konstruksi jenis inti

#### 1. *Current transformer* dengan inti besi

*Current transformer* konvensional yang menggunakan inti besi merupakan jenis yang paling banyak diaplikasikan dalam sistem tenaga listrik. Namun, jenis ini memiliki keterbatasan karakteristik operasional. Pada kondisi arus yang sangat rendah (jauh di bawah nilai nominalnya), *Current transformer* ini cenderung menghasilkan pengukuran yang kurang akurat. Sebaliknya,

ketika menghadapi arus yang sangat tinggi (beberapa kali lipat dari nilai nominalnya), inti besi pada trafo akan mengalami saturasi magnetik yang mengakibatkan distorsi pada keluaran sekunder. (PT PLN (Persero), 2024)

## 2. *Current transformer* tanpa inti besi

Jenis tanpa inti besi menawarkan karakteristik unik dalam pengukuran arus listrik. Desain ini menghilangkan masalah saturasi magnetik dan rugi-rugi histerisis yang umum terjadi pada trafo berbasis inti besi. Hasilnya, transformasi besaran arus dari sisi primer ke sekunder terjadi secara linier sempurna di seluruh rentang pengukurannya. Salah satu contoh penerapan teknologi ini adalah koil Rogowski (Rogowski coil), yang mampu memberikan akurasi tinggi baik untuk arus kecil maupun besar tanpa mengalami distorsi. (PT PLN (Persero), 2024)

## b) Jenis trafo arus berdasarkan jenis isolasi

### 1. *Current transformer* kering

Trafo arus kering (dry-type current transformer) merupakan jenis transformator pengukuran yang umum diaplikasikan pada sistem tegangan rendah. Karakteristiknya yang tidak menggunakan media isolasi cair membuatnya lebih sesuai untuk instalasi dalam ruangan (indoor), terutama di lokasi yang memerlukan peralatan dengan perawatan

minimal dan risiko kebocoran yang lebih rendah dibandingkan jenis trafo arus berinsulasi minyak.

2. *Current transformer cast resin*

Trafo arus jenis ini umum diaplikasikan pada sistem tegangan menengah, khususnya untuk instalasi dalam ruangan (indoor). Salah satu contoh implementasinya adalah trafo arus tipe cincin (ring-type) yang terpasang pada kubikel penyulang bertegangan 20 kV.

3. *Current transformer isolasi minyak*

Trafo arus dengan isolasi minyak merupakan solusi yang banyak diaplikasikan untuk pengukuran arus pada sistem tegangan tinggi. Jenis ini terutama digunakan untuk instalasi outdoor, seperti pada trafo arus tipe bushing yang secara khusus dirancang untuk mengukur arus penghantar bertegangan 70 kV hingga 150 kV.

4. *Current transformer isolasi SF6/compound*

Trafo arus jenis ini banyak diaplikasikan dalam sistem pengukuran arus bertegangan tinggi, terutama untuk instalasi luar ruangan (outdoor). Salah satu contoh implementasinya adalah trafo arus tipe top-core yang dirancang khusus untuk pemasangan pada jaringan distribusi tegangan tinggi. (PT PLN (Persero), 2024)

c) Jenis trafo arus berdasarkan pemasangan

1. Trafo arus pemasangan luar ruangan (outdoor)

Trafo arus yang dirancang untuk instalasi luar ruang memiliki konstruksi yang secara khusus dikembangkan untuk menahan berbagai kondisi lingkungan. Badannya dibangun dengan material yang kokoh dan tahan lama, sementara sistem isolasinya menerapkan pendekatan ganda.

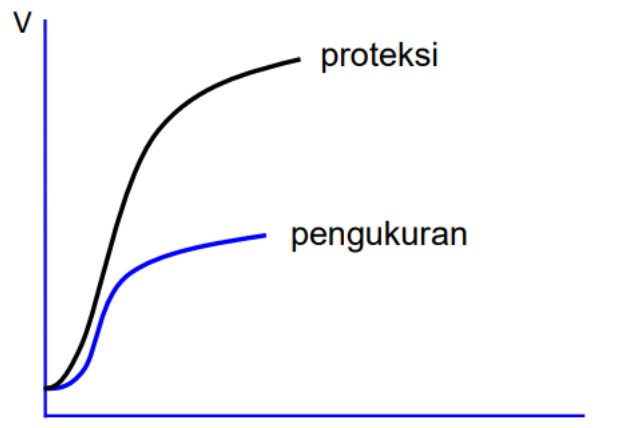
2. Trafo arus pemasangan dalam ruangan (indoor)

Trafo arus yang dirancang untuk instalasi indoor umumnya memiliki dimensi fisik yang lebih kompak dibandingkan versi outdoor. Perbedaan ukuran ini terutama disebabkan oleh faktor lingkungan yang lebih terkendali dalam ruangan. Untuk sistem isolasinya, trafo jenis ini biasanya memanfaatkan bahan resin sebagai material isolator utama, yang memberikan perlindungan elektrik sekaligus mempertahankan bentuknya yang ringkas. (PT PLN (Persero), 2024)

## 9. Fungsi *Current Transformer*

CT merupakan komponen penting dalam sistem proteksi tenaga listrik karena berfungsi untuk mengubah arus besar menjadi arus kecil yang aman dan

akurat bagi perangkat pengukuran maupun sistem proteksi. (Yandi & Kurniawan, 2025).



*Gambar 2. 3 Kurva kejenuhan CT untuk Pengukuran dan Proteksi*

(Sumber Buku Pedoman Trafo Arus PLN 2014 )

Current Transformer (CT) pengukuran didesain dengan karakteristik saturasi yang lebih cepat dibandingkan CT proteksi, sehingga secara konstruktif menggunakan penampang inti magnetik yang lebih kecil (Gambar 2.3). (PT PLN (Persero), 2024).

Current Transformer (CT) berperan dalam melakukan transformasi besaran arus listrik dari nilai tinggi ke nilai rendah guna keperluan instrumentasi pengukuran energi elektrik, sistem pembatasan daya, serta proteksi pada jaringan transmisi tenaga listrik. (Ilyas & Agassy, 2022).

## 10. Standar Uji Tahanan Isolasi

Standar merupakan pedoman teknis yang disusun sebagai acuan baku untuk memastikan kesesuaian spesifikasi suatu produk, sistem, atau proses. Pembuatannya melibatkan berbagai pemangku kepentingan terkait guna mencapai manfaat optimal, baik dari segi kinerja, efisiensi, maupun keandalan. Selain itu, penetapan standar juga mempertimbangkan aspek keselamatan, kesehatan, perkembangan teknologi, serta dampak lingkungan, sehingga dapat menjamin kualitas dan keamanan dalam penerapannya. (Arfan, 2008)

Pada penelitian ini penulis menggunakan 2 standart pengujian:

### 1. Standart Uji Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)

Table 2. 1 Standart Uji Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)

No	Hasil Uji	Keterangan	Rekomendasi
1.	> 1Mohm/1kV	Good	-
2.	< 1MOhm/1kV	Poor	Lakukan pengujian lebih lanjut

Sumber: (PT PLN (Persero), 2024)

Dari data diatas dapat disimpulkan Standar minimum tahanan isolasi untuk current transformer adalah 1 MΩ/1 kV. Maka batas minimum nilai tahanan isolasi harus :

$$R = \frac{1 \text{ M}\Omega}{1 \text{ kV}} \times \text{Tegangan Kerja/ Oprasional} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan keterangan :

$R$  = Tahanan isolasi minimal

Rumus ini menyatakan bahwa untuk setiap 1 kV tegangan kerja, peralatan harus memiliki setidaknya 1 MΩ tahanan isolasi agar aman dari risiko kebocoran arus listrik. (Nur & Latifa, 2022)

## 2. *International Electrotechnical Commission (IEC)*

Standar IEC 60044-1 menetapkan spesifikasi teknis untuk transformator instrumentasi, termasuk persyaratan tahanan isolasi minimum sebesar 1 ohm pada tegangan pengujian nominal 0,001 volt. Berdasarkan ketentuan ini, perhitungan teknis dapat dilakukan dengan pendekatan sebagai berikut:

$$R = 1000 \times \text{Tegangan Kerja/Oprasionl} \dots \dots \dots (2.3)$$

*Dengan keterangan :*

$$R = \text{Tahanan isolasi minimal}$$

Angka 1000 pada rumus diatas adalah nilai faktor batas minimal resistensi per volt, atau yang disebut juga sebagai *minimum insulation resistance per volt*. (Rianti. et al., 2021)

## 11. **Faktor yang mempengaruhi nilai tahanan isolasi**

Isolasi perlu diukur secara berkala karena nilai resistansinya dapat berubah akibat pengaruh lingkungan dan sifat bahan itu sendiri. Faktor eksternal seperti suhu yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kualitas isolasi seiring waktu. (Yusniati et al., 2021)

Beberapa hal bisa menurunkan kualitas isolasi transformator, seperti suhu yang terlalu tinggi, kotoran menempel pada bushing atau isolator, usia

peralatan yang sudah tua, dan ketepatan alat ukur yang digunakan. (Indra et al., 2022)

Faktor kelembaban dapat memengaruhi tahanan isolasi sebesar 14 % dari 3 faktor lainnya seperti kotoran, isolasi terkelupas, dan kesalahan penggunaan komponen. (Desryanto et al., 2024)

## 12. Spesifikasi Current Tranfomator

*Current Tranfomator* yang digunakan untuk melaksanakan pengujian tahanan isolasi adalah *Current Tranfomator* yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Table 2. 2 Spesifikasi current Tranfomator

<b>Fasa</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>
Serial Number	7143 082	7143 081	7143 083
Tegangan Operasional	70	70	70
Buatan	Swedia	Swedia	Swedia
Tahun Buat	1979	1979	1979
Tanggal Operasi	8/11/1982	8/11/1982	8/11/1982
Tipe Nama	IMBD72.A2	IMBD72.A2	IMBD72.A2
I_RATED_PRI	1250	1250	1250
Jumlah Core	2	2	2
Ratio_Core_1	300-600/5	300-600/5	300-600/5
Class_Core_1	5P20	5P20	5P20
Burden_Core_1	15/30	15/30	15/30
Ratio_Core_2	300-600/5	300-600/5	300-600/5
Class_Core_2	5P20	5P20	5P20
Burden_Core_1	15/30	15/30	15/30
Rating Arus	600/5	600/5	600/5

Sumber: (Nur & Latifa, 2022)

### 13. Alat Uji Tahanan Isolasi (Megger)

Dalam pengukuran tahanan isolasi kubikel, alat utama yang digunakan adalah Insulation Tester atau yang lebih dikenal sebagai Megger. Alat ini berfungsi untuk mengukur nilai resistansi isolasi pada kabel instalasi, sehingga dapat diketahui kondisi dan karakteristik isolasi kabel tersebut. Megger bekerja dengan prinsip menginjeksikan tegangan DC tinggi ke sistem yang diuji dan mengukur arus bocor yang dihasilkan. (Romdoni & Cahyono, 2025)



*Gambar 2. 4 Insulation Tester*

Adapun merek dan type alat uji tanhanan isolasi yang digunakan sebagai berikut :

*Table 2. 3 Spesifikasi Insulation Tester*

<b>Resistansi Insulasi</b>	
Uji Tegangan DC	250, 500, 1000, 2500, 5000 (V)
Rentang Pengukuran (Perubahan Otomatis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pada 250V: 0.0 MΩ - 100 GΩ</li> <li>➤ Pada 500V: 0.0 MΩ - 200 GΩ</li> <li>➤ Pada 1000V: 0.0 MΩ - 400 GΩ</li> <li>➤ Pada 2500V: 0.0 MΩ - 1000 GΩ</li> <li>➤ Pada 5000V: 0.0 MΩ - 1000 GΩ (atau 2000 GΩ)</li> </ul>
Akurasi	±5% dari pembacaan
Sumber Daya	Baterai

Ukuran (L X W X D)	200 (L) × 140 (W) × 80 (D) mm
Berat	1000 gram
Aksesoris	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Test leads (kabel uji)</li> <li>➤ Probe (penjepit buaya atau probe dengan pegangan)</li> <li>➤ Tas jinjing</li> <li>➤ Baterai</li> <li>➤ Manual pengoperasian</li> </ul>

Untuk aplikasi pada instalasi tegangan menengah, Megger umumnya menggunakan rentang pengukuran antara 5.000 hingga 10.000 volt DC. Sementara untuk instalasi tegangan rendah, alat ini memiliki batas pengukuran yang lebih rendah, yaitu sekitar 500 volt DC. Pemilihan rentang tegangan pengujian ini disesuaikan dengan tingkat tegangan operasional peralatan yang diuji, sehingga dapat memberikan hasil pengukuran yang akurat dan representatif terhadap kondisi isolasi sebenarnya. (Romdoni & Cahyono, 2025)

#### 14. Tahapan Pengukuran Tahanan Isolasi Current Tranformator

Tahapan pengukuran tahanan isolasi ini dilakukan berdasarkan ketentuan tahapan pengukuran dari PLN dengan urutan sebagai berikut:

##### 1. Implementasi Sistem Pembumian Lokal

Dilakukan pemasangan grounding pada kedua terminal utama setiap fasa untuk mendisipasi tegangan residu (*residual voltage*) yang mungkin tertinggal pada sistem, guna memastikan kondisi *zero-potential* sebelum pengukuran.

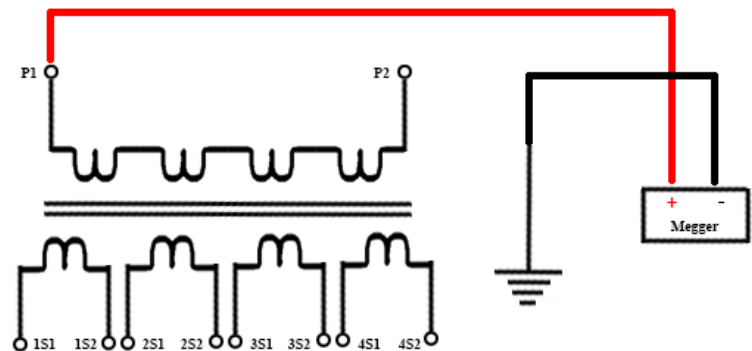
##### 2. Isolasi Konduktor

Seluruh koneksi konduktor pada kedua sisi terminal utama harus dilepaskan (konduktor dari PMT dan konduktor menuju tranformator) untuk menghindari interferensi pengukuran dan memastikan akurasi hasil.

### 3. Rangkaian pengujian

Disusun sesuai diagram pengujian yang tertera pada Gambar 2.5 hingga 2.14 dengan memperhatikan prinsip keselamatan dan ketepatan pengukuran.

#### a) Pengujian tahanan isolasi *primer – ground*

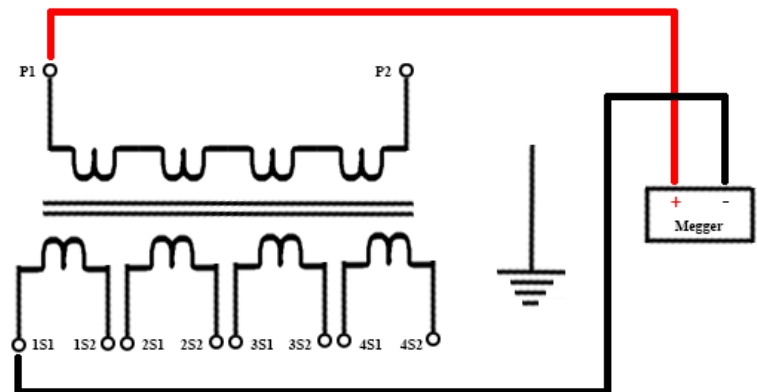


Gambar 2. 5 skema pengujian primer – ground

Dengan keterangan :

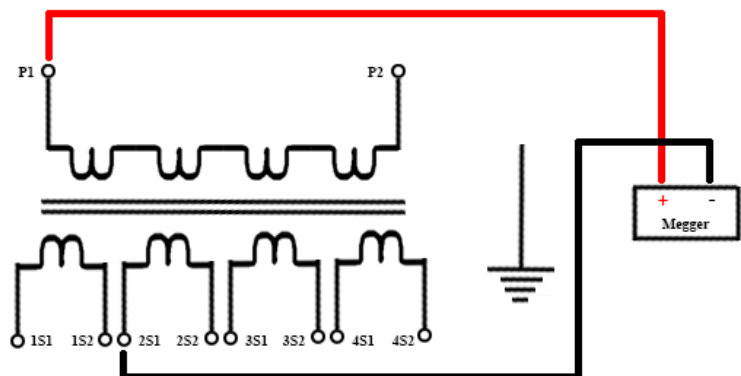
1S1	:	Core 1 Sekunder 1
1S2	:	Core 1 Sekunder 2
P1	:	Primer 1
P2	:	Primer 2
-	:	Kutub Negatif
+	:	Kutub Positif

b) Pengujian tahanan isolasi *primer – 1S1*



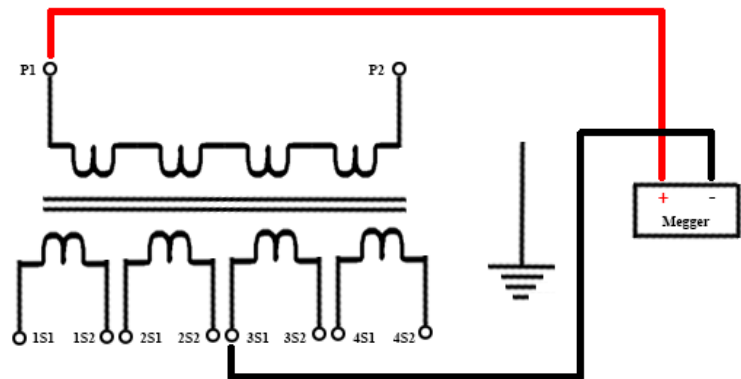
Gambar 2. 6 skema pengujian primer - 1S1

c) Pengujian tahanan isolasi *primer – 2S2*



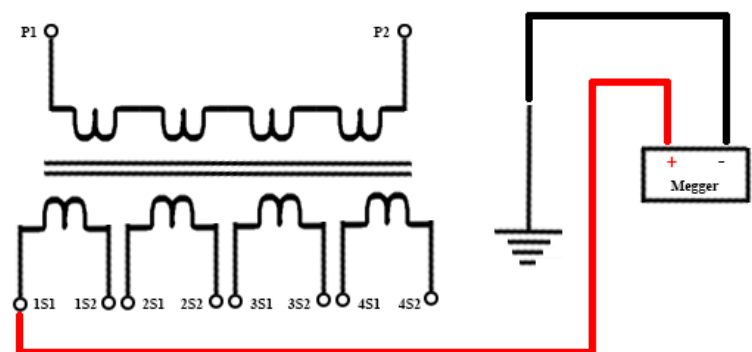
Gambar 2. 7 Skema pengujian primer - 2S1

d) Pengujian tahanan isolasi *primer – 3S1*



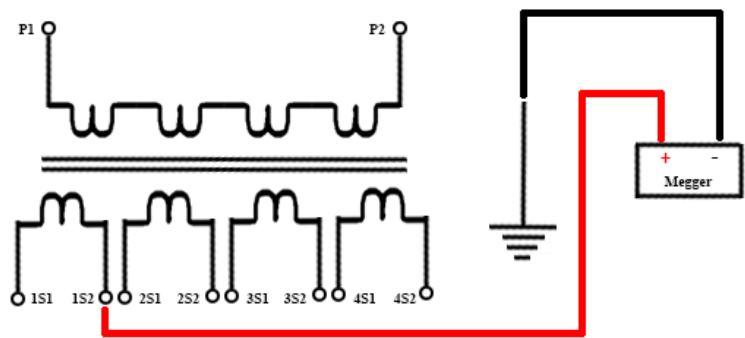
Gambar 2. 8 Skema pengujian Primer - 3S1

e) Pengujian tahanan isolasi 1S1 – Ground



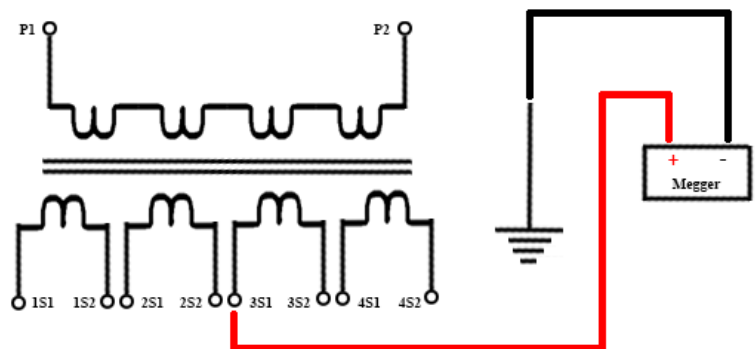
Gambar 2. 9 Skema pengujian 1S1 – Ground

f) Pengujian tahanan isolasi 2S1 – *Ground*



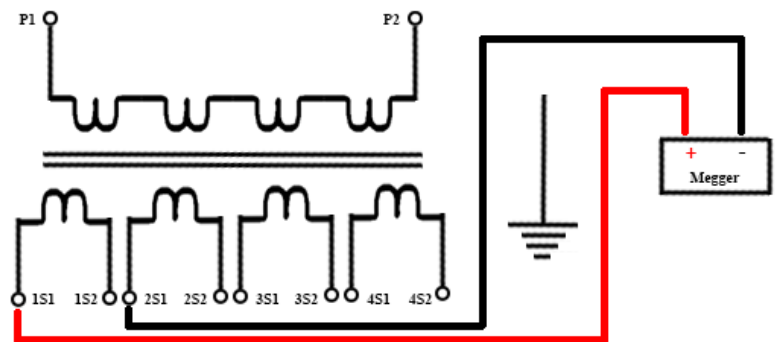
Gambar 2. 10 Skema pengujian 2S1 - *Ground*

g) Pengujian tahanan isolasi 3S1 – *Ground*



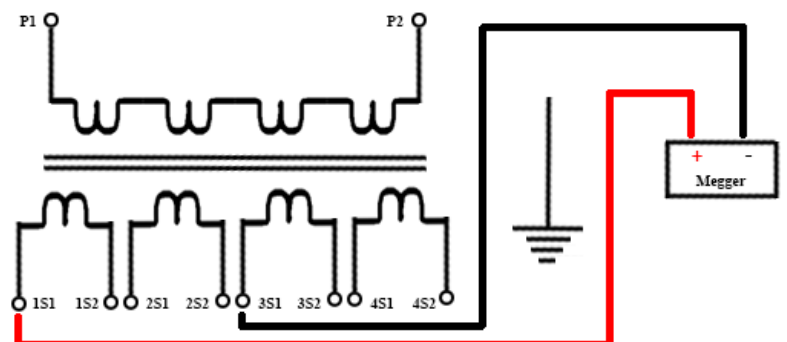
Gambar 2. 11 Skema pengujian 3S1 – *Ground*

h) Pengujian tahanan isolasi 1S1 – 2S1



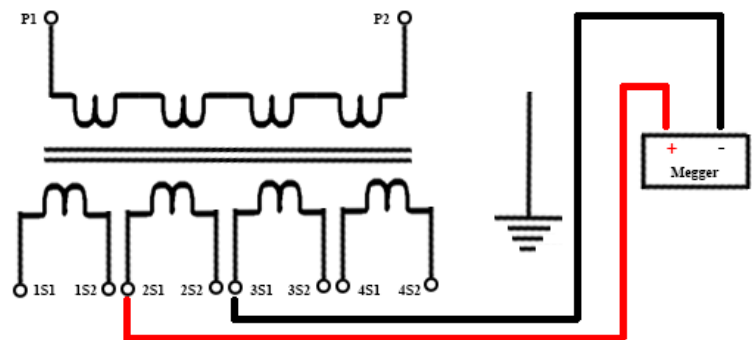
Gambar 2. 12 Skema pengujian 1S1 - 2S1

i) Pengujian tahanan isolasi 1S1 – 3S1



Gambar 2. 13 Skema pengujian 1S1 - 3S1

## j) Pengujian tahanan isolasi 2S1 – 3S1



*Gambar 2. 14 Skema pengujian 2S1 - 3S1*

## 4. Inisialisasi Insulation Tester

Alat pengukur resistansi isolasi diaktifkan dengan memindahkan seleksi parameter off ke seleksi parameter yang akan digunakan.

## 5. Seleksi Parameter Pengukuran

Ditentukan batas pengukuran berdasarkan aspek yang diuji 5 kV DC untuk pengukuran sisi primer dan 500 V DC untuk pengukuran sisi sekunder.

## 6. Pelaksanaan Pengujian

Dilakukan penekanan tombol 'Press to Test' selama 60 detik untuk menstabilkan pembacaan nilai resistansi, kemudian dilepaskan sesuai protokol standar pengukuran.

## 7. Dokumentasi Hasil

Nilai resistansi isolasi yang telah terukur dicatat secara sistematis dengan seleksi parameter pengukuran yang digunakan.

## B. Kajian Empiris

Table 2. 4 Kajian Empiris

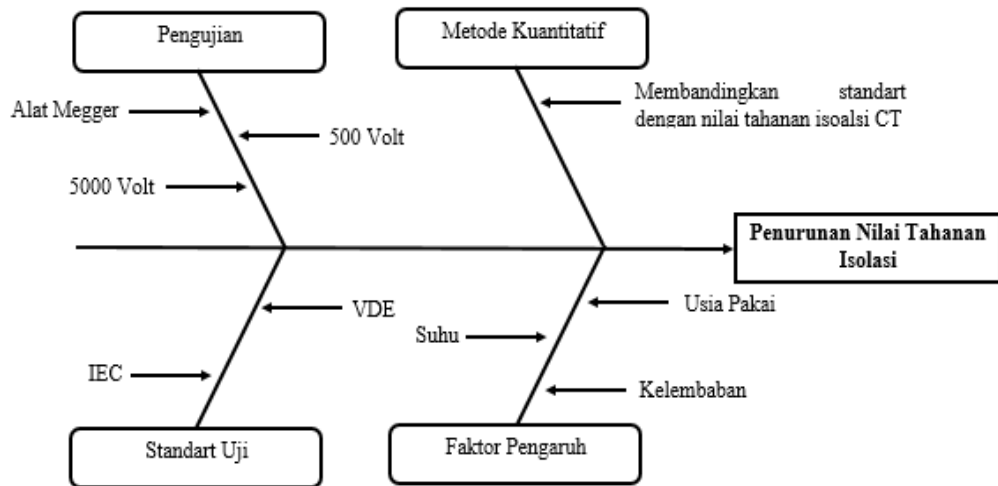
No.	Nama Penelitian dan Judul Penelitian	Variable dan Metode Analisis	Hasil Penelitian
1.	<p><b>Nama Peneliti:</b> Sohip Romdoni, Bagus Dwi Cahyono</p> <p><b>Judul Penelitian:</b> USE OF MEGGER MEASURING TOOLS IN MEASURING THE INSULATION RESISTANCE OF CT CUBICLE 20KV DUKUH REFEDERS (ULP SERANG) (Romdoni &amp; Cahyono, 2025)</p>	<p><b>Variable:</b></p> <p>- Tahanan isolasi fasa R,S,T terhadap ground.</p> <p>- Tegangan uji 5000 volt DC</p> <p><b>Metode Analisis:</b></p> <p>Studi literatur: Menganalisa teori dari buku, artikel, dan standart teknis terkait pengukuran tahanan isoalasi dan penggunaan megger,Obeservasi lapangan: pengamatan langsung di PT PLN (ULP Serang) untuk</p>	<p>Megger Kyoritsu terbukti akurat mengukur tahanan isolasi CT 20kV (200 MΩ/fasa) dengan seletor tegangan 5000 volt, mendukung pemeliharaan preventif dan keandalan sistem listrik.</p>

		memastikan prosedur pengukuran tahanan isolasi CT kubibel 20 kV sesuai standart.	
2.	<p><b>Nama Peneliti:</b> Nurhedhi Desryanto, Made Aditya sptra, Riyanto Saputro, Yenni Arnas</p> <p><b>Judul Penelitian:</b> ANALISIS PENYEBAB PENURUNAN TAHANAN ISOLASI RUNWAY EDGE LIGHT CIRCUIT 2 DENGAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DI BANDAR UDARA HUSEIN SASTRANEGARA</p>	<p><b>Variable:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kelembaban</li> <li>- Kotoran pada</li> <li>- Isolasi terkelupas</li> <li>- Kesalahan penggunaan komponen</li> </ul> <p><b>Metode Analisis:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Triangulasi data: Proses ini bertujuan untuk memastikan validitas data yang diperoleh melalui titik pengumpulan data yaitu observasi dan wawancara.</li> <li>- Fault tree analysis: Metode ini menyajikan faktor-</li> </ul>	<p>Penelitian mengungkap penurunan tahanan isolasi runway light akibat faktor lingkungan (kotor, lembab) mewakili 15% , usia instalasi (12 tahun) mewakili 15%, dan kerusakan komponen seperti isolasi terkelupas mewakili 44% .</p>

	BANDUNG.  (Desryanto et al., 2024)	faktor penyebab secara sistematis dalam bentuk diagram pohon, yang memetakan hubungan sebab-akibat untuk mengidentifikasi akar permasalahan	
3.	<b>Nama Peneliti:</b> Lety Hatiffatul, Ulinuha  <b>Judul Penelitian:</b> Analisis Pengujian Tahanan isolasi Tranformator Arus 70kV Bay Kuningan II di Gardu Induk Sunyaragi Cirebon (Nur & Latifa, 2022)	<b>Variable:</b> - Nilai tahan isolasi melebihi standart VDE Catalogue - Nilai tahan isolasi tidak melebihi standart VDE Catalogue <b>Metode Analisis:</b> Analisis kuantitatif digunakan untuk menilai tahanan isolasi yang diperoleh perbandingan dengan standart kelayakan	Standar Tahanan isolasi yang sering digunakan adalah $1M\Omega/1KV$ . Transformator arus memiliki tegangan operasional sebesar 70KV maka nilai minimum dari transformator arus yang diizinkan adalah $(1M\Omega/1KV) \times 70 M\Omega = 70 M\Omega/1KV = 70M\Omega$ .

### C. Kerangka Berfikir

Gambar 2. 15 Kerangka Berpikir



Kerangka berpikir pada bagan fishbone tersebut menjelaskan berbagai faktor yang mempengaruhi penurunan nilai tahanan isolasi pada Current Transformer (CT). Masalah utama yang dikaji adalah penurunan nilai tahanan isolasi pada current transformator, yang kemudian dianalisis berdasarkan empat kategori utama: pengujian, standar uji, metode kuantitatif, dan faktor pengaruh. Dari sisi pengujian alat yang digunakan dalam pengujian adalah Megger dengan tegangan uji yang diberikan 500 Volt maupun 5000 Volt. Tegangan uji 500 volt digunakan untuk pengujian pada titik ukur Primer-Ground dan Primer-Sekunder sedangkan 5000 Volt digunakan pada titik ukur Sekunder-Sekunder.

Kemudian, standar uji juga menjadi acuan penting dalam menilai hasil pengujian. Standar seperti IEC dan VDE digunakan untuk menentukan apakah nilai tahanan isolasi yang diukur masih dalam batas aman atau tidak. Perbedaan standar

ini bisa memberikan variasi dalam interpretasi hasil uji. Selanjutnya, melalui metode kuantitatif, peneliti melakukan analisis dengan cara membandingkan hasil pengukuran dengan nilai standar yang telah ditentukan. Tujuannya adalah untuk melihat sejauh mana nilai tahanan isolasi pada CT telah menurun dibandingkan kondisi idealnya menurut standar yang berlaku. Terakhir, faktor pengaruh juga berperan penting dalam penurunan nilai tahanan isolasi. Faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, dan usia pakai dari CT dapat mempercepat degradasi isolasi. Suhu dan kelembaban merupakan faktor lingkungan yang seringkali tidak bisa dikontrol, sedangkan usia pakai berhubungan langsung dengan lamanya peralatan digunakan dalam kondisi kerja tertentu.

Secara keseluruhan, kerangka berpikir ini menggambarkan bagaimana berbagai aspek teknis dan lingkungan dapat saling berkaitan dan berdampak terhadap performa isolasi suatu Current Transformer, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi keandalan sistem kelistrikan secara keseluruhan.