



## Analisis Tahanan Kontak dan Tahanan Pentanahan Pada PMT 150 Kv Di Ultg Panakukang

<u>INFO PENULIS</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
Saiful Hidayat Abdul Jabar Muhammad Ikram Nur Universitas Muhammadiyah Makassar <a href="mailto:saiful.hidayat.abdul.jabar@gmail.com">saiful.hidayat.abdul.jabar@gmail.com</a>	ISSN: 3026-3603 Vol. 2, No. 2 Oktober 2024 <a href="http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst">http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst</a>
Muhammad Ikram Nur Universitas Muhammadiyah Makassar <a href="mailto:muhikramnur6@gmail.com">muhikramnur6@gmail.com</a>	
Abdul Hafid Universitas Muhammadiyah Makassar	
Andi Faharuddin Universitas Muhammadiyah Makassar	

© 2024 Arden Jaya Publisher All rights reserved

### *Saran Penulisan Referensi:*

Jabar, S. H. A., Nur, M. I., Hafid A., & Faharuddin A. (2024). Analisis Tahanan Kontak dan Tahanan Pentanahan Pada PMT 150 Kv Di Ultg Panakukang. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 2 (2), 550-563.

### **Abstrak**

Proses pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) sangat penting di lakukan diantaranya pengukuran tahanan kontak masih beroperasi dengan baik atau perlu dilakukan perbaikan, serta tahanan pentanahan untuk mengetahui nilainya agar mencegah terjadinya tegangan kejut yang berbahaya bagi manusia dan peralatan. Dalam pengukuran tahanan kontak dan tahanan pentanahan PMT Gardu Induk 150 kV pada Ultg Panakukang Makassar telah dianalisis dan dilakukan perbandingan antara pengukuran masing-masing micro ohm meter. Nilai tahanan kontak PMT pada masing-masing fasa R, S, dan T , sebesar  $32.3 \mu\Omega$ ,  $30.9 \mu\Omega$ ,  $32,1 \mu\Omega$  hal ini menunjukkan bahwa tahanan kontak pada PMT masinh dibawah batas normal, menurut standar PLN sebesar  $R < 100 \mu\Omega$ . Pengukuran tahanan pentanahan pada 3 Gi Pada ultg Panakukang PMT sebesar  $0.09 \Omega$ ,  $0.57 \Omega$  ,  $0.09 \Omega$  hal ini menunjukkan bahawa sistem pentanahan masih baik menurut standar PULL 2000 sebesar  $< 1 \Omega$ .

**Kata kunci:** Gardu Induk, Tahanan Kontak, Tahanan Pentanahan

### Abstract

Process of maintaining the power breaker (PMT) is very important to do including the measurement of contact resistance still operating properly or needs to be repaired, as well as grounding resistance to determine its value in order to prevent the occurrence of shock voltages that are harmful to humans and equipment. In the measurement of the contact resistance and grounding resistance of the 150 kV Substation PMT at Ultg Panakukang Makassar, it has been analyzed and a comparison between the measurements of each micro ohm meter has been made. The value of PMT contact resistance in each phase R, S, and T, amounting to 32.3  $\mu\Omega$ , 30.9  $\mu\Omega$ , 32.1  $\mu\Omega$  this shows that the contact resistance on the PMT is still below normal limits, according to PLN standards of  $R < 100 \mu\Omega$ . Measurement of grounding resistance on 3 Gi at Panakukang PMT ultg amounted to 0.09  $\Omega$ , 0.57  $\Omega$ , 0.09  $\Omega$  this shows that the grounding system is still good according to the PULL 2000 standard of  $< 1 \Omega$ .

**Keywords:** Substation, Contact Resistance, Grounding Resistance

### A. Pendahuluan

Pembangkit menghasilkan energi listrik, yang kemudian ditransmisikan ke jaringan distribusi untuk didistribusikan ke tegangan yang lebih rendah untuk dikonsumsi oleh konsumen. Perkembangan teknologi modern telah menjadikan energi listrik sebagai kebutuhan vital dalam kehidupan sehari-hari (Ariana, 2016). Sistem tenaga listrik terdiri dari sistem saluran udara bertegangan ekstra tinggi 270-500 kV (Azhari, 2020). Saklar mekanis yang disebut pemutus daya dirancang untuk memantau titik gangguan dan kondisi gardu. PMT akan berfungsi ketika terjadi kerusakan. PMT akan terbuka (open) jika sistem transmisi gardu induk mengalami kerusakan hubung singkat. PMT dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan lain jika terjadi kerusakan dan tidak bekerja. Memiliki peralatan sangat penting, karena ketidakmampuan melakukannya dapat mengganggu pelayanan masyarakat. Oleh karena itu, perawatan rutin secara berkala diperlukan agar peralatan listrik beroperasi dengan lebih baik dan lebih lama. Ini akan memastikan bahwa pelanggan menerima layanan yang optimal (Deden, 2021).

Seiring lamanya pengoperasian pemutus tenaga (PMT), pengukuran dan pengecekan salah satunya pada tahanan kontak sangat penting. Sebagian besar, sirkuit daya listrik memiliki banyak sekali titik penghubung. Persimpangan tercipta ketika dua atau lebih permukaan dari jenis konduktor yang berbeda secara fisik bertemu. Persimpangan konduktor ini menghasilkan (resistance). PMT akan mengalami kehilangan daya yang besar jika resistansi kontak menyimpang dari standar, yang akan mengakibatkan penumpukan panas pada titik sambungan penjepit. Nilai pada grounding PMT yang tidak memadai dapat berbahaya bagi manusia dan konstituen lainnya (Farras).

#### a. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan Kumpulan atau gabungan dari komponen-komponen atau alat perangkat listrik yang saling berhubungan dan membentuk suatu sistem. Peralatan listrik yang dimaksud termasuk generator, transformator, busbar, saluran transmisi, saluran distribusi, dan beban. Stabilitas atau kestabilan transien tenaga listrik adalah kemampuan dari sistem untuk Kembali bekerja normal setelah mengalami gangguan, sedangkan ketidakstabilan mengacu pada hilangnya sinkronisme dari sistem. Sistem saluran transmisi listrik mengalami berbagai macam gangguan dalam hal ukuran dan sifatnya. Gangguan pada sistem saluran transmisi daya adalah keadaan tidak biasa yang berpotensi menyebabkan penyediaan layanan transmisi listrik terganggu. Ada dua variabel yang sering kali menjadi dasar klasifikasi gangguan pada sistem tenaga listrik, yaitu sebagai berikut:

- a) Gangguan yang merupakan hasil dari masalah sistemik.
- b) Gangguan yang berasal dari sumber eksternal.

Berikut penyebab gangguan sistem internal adalah sebagai berikut:

- a) Arus dan tegangan yang berlebihan.
- b) Penyiapan yang tidak efektif.
- c) Masalah mekanis yang disebabkan oleh usia.
- d) Terjadinya beban yang berlebihan (*Overload*).

Kerusakan material, seperti kabel yang rusak, isolator yang pecah, atau isolasi yang tidak tepat pada kabel.

### b. Pemutus Tenaga (PMT)

Berdasarkan *IEV (International Electrotechnical Vocabulary)* disebutkan bahwa *Circuit Breaker (CB)* atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar/*switching* mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal/gangguan sesuai dengan ratingnya. Sedangkan definisi standar untuk *Power Switchgear* mendefinisikan PMT sebagai saklar mekanis atau peralatan saklar yang dapat menutup, mengalirkan, dan memutus arus beban dalam kondisi normal sesuai dengan ratingnya. Ini juga dapat menutup, mengalirkan, dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal atau gangguan tertentu sesuai dengan ratingnya, tetapi hanya untuk waktu yang terbatas (Hajar, 2023).



**Gambar 1.** Macam-Macam PMT

### c. Transmisi dan Gardu Induk

Gardu induk merupakan gardu induk yang mempunyai fungsi untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan pada sistem distribusi primer. Saluran akan melewati alat pemutus dan proteksi gardu induk sebelum masuk dan keluar dari transformator daya. Penyedot primer meninggalkan gardu induk melalui kabel bawah tanah, dan kemudian muncul sebagai hantaran udara atau kemudian melalui kabel bawah tanah (Kemendikbud, 2013).



**Gambar 2.** Gardu Induk

### d. Klasifikasi Pemutus Tenaga (PMT)

Klasifikasi Pemutus Tenaga berdasarkan media insulator dan material dielektriknya, dibagi menjadi empat jenis yaitu:

#### a) PMT Minyak (*Oil*)

PMT minyak (*Oil*) digunakan pada tegangan 500 kV dan arus hingga 10 KA. Busur api terbentuk di dalam minyak ketika terjadi pemutusan kontak, hal ini menyebabkan minyak menguap dan menghasilkan gelembung gas yang menutupi busur api. Panas busur api menyebabkan minyak terurai dan melepaskan gas hidrogen, yang mencegah pembentukan ion. Akibatnya, pemadaman busur api tergantung pada perpanjangan dan pendinginan busur serta jenis gas yang dihasilkan ketika minyak rusak.

#### b) PMT Udara Hembus

PMT dengan hembusan udara adalah PMT yang memiliki peniup udara yang terpasang padanya. Peniup udara ini digunakan untuk menghembuskan busur api hingga padam, sehingga mencegah bahaya. Pada sirkuit dengan tegangan 765 kV, PMT dengan hembusan

udara dapat memutuskan arus hingga 40 kA. Mereka dibuat untuk mengatasi kekurangan PMT dengan menggunakan bahan yang tidak mudah terbakar sebagai media isolator kontak dan tidak menghalangi pemisahan kontak, yang memungkinkan pemisahan kontak terjadi dengan cepat. Udara ini juga berfungsi untuk mencegah restriking voltage (Tegangan Pukul Ulang).

c) PMT Vakum

Pengisap busur adalah fitur dari PMT vakum. Idenya adalah bahwa ketika busur terbentuk, lata vakum akan menarik busur dan mencegah terjadinya kerusakan. Ketika kontak diposisikan di dalam ruang vakum, PMT vakum dapat beroperasi pada tegangan hingga 38 kV. Ruang tersebut harus disegel dan kontak yang bergerak harus disambungkan dengan aman segel dengan segel logam untuk mencegah masuknya udara.

d) PMT SF6

Arus hingga 40 kA dapat diputus dalam sirkuit dengan tegangan hingga 765 kV oleh PMT yang dilengkapi dengan media isolasi gas. Gas SF6 (Sulfur Hexafluoride) adalah media gas yang digunakan pada jenis ini. Gas SF6 murni tidak memiliki warna, tidak berbau, tidak beracun, dan tidak mudah terbakar. Gas SF6 memberikan kualitas yang mencegah kerusakan pada plastik, metal, dan material lain yang banyak digunakan pada pemutus tenaga tegangan tinggi pada suhu di atas 150°C. Gas SF6 juga memiliki kemampuan untuk memulihkan kekuatan dielektrik dengan cepat, tidak menghasilkan karbon selama lengkung, dan tidak bersuara saat pemutus tenaga membuka dan menutup (Mujitahidin, 2022).

e. Komponen Pemutus Tenaga (PMT)

Sistem Pemutus Tenaga (PMT) terdiri dari beberapa subsistem, yang masing-masing memiliki beberapa bagian. Berdasarkan Failure Modes Effect Analysis (FMEA), bagian-bagian ini dibagi sebagai berikut:

a) Primer (*Primary*)

Bagian Primer (*Primary*) yang membentuk sebagian besar PMT, menghantarkan energi listrik dengan nilai kehilangan yang rendah dan bersifat konduktif. Baik dalam keadaan normal maupun tidak normal (gangguan), PMT juga dapat menghubungkan dan memutuskan arus beban.

b) Dielektrik (*Dielectric*)

Dielektrik (*Dielectric*) dapat memadamkan busur api dengan sempurna dan berfungsi sebagai perangkat isolasi.

c) Mekanisme Penggerak (*Driving Mechanism*)

Mekanisme Penggerak (*Driving Mechanism*) menyimpan energi sehingga, sesuai dengan parameter kontak bergerak PMT, kontak dapat digerakkan dalam waktu yang diterapkan.

d) Sub Sistem Sekunder (*Secondary Sub System Secondary*)

*Secondary Sub System Secondary* berfungsi dengan mengirim sinyal *control/trigge* untuk mengaktifkan subsistem mekanik pada saat yang tepat (Pahiyanti, 2021).

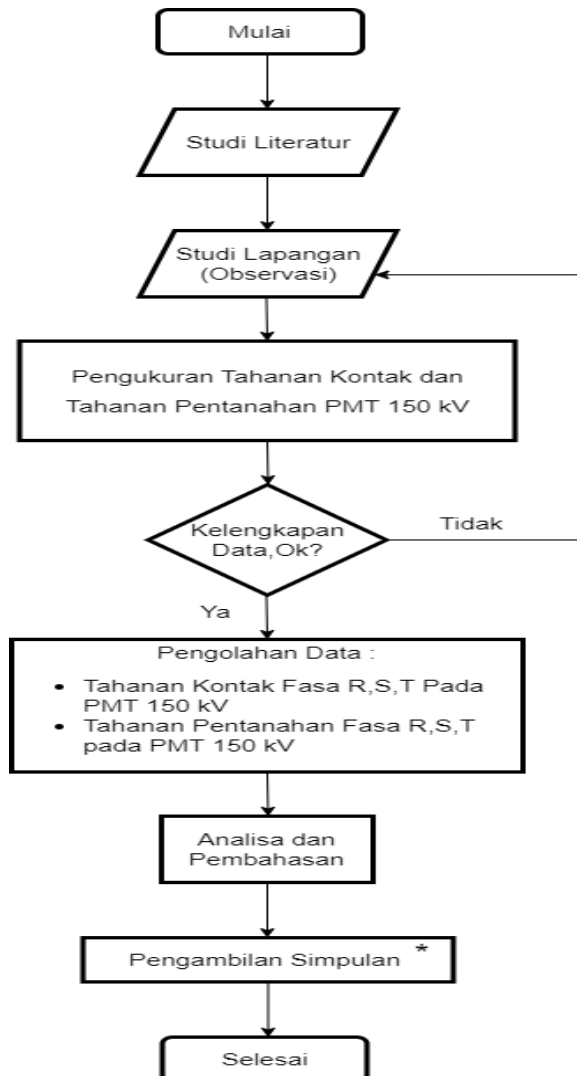
Pengukuran tahanan kontak, dilakukan saat kondisi kontak-kontak PMT tertutup (close). Pengukuran ini dilakukan terhadap terminal fasa R, S, dan T, dan juga pada titik grounding pada R, S, T. Nilai standar pengukuran tahanan kontak pada pemutus tenaga ditetapkan sebesar  $R < 100 \mu\Omega$  (Pasra, 2023). Nilai dari posisi tahanan kontak close yaitu 10-100 MicroOhm.

f. Tahanan Pentanahan

Pentanahan, juga dikenal sebagai pembumian, adalah sambungan listrik yang sengaja dibuat dari beberapa bagian instalasi listrik ke sistem pentanahan untuk melindungi terhadap petir. Pentanahan adalah bagian dari sistem proteksi. Bagian yang diketanahkan dari suatu instalasi dihubungkan ke elektroda pentanahan melalui kawat pentanahan. Terdapat beberapa bagian sistem pentanahan yang harus ditanahkan, ini termasuk bagian atas penangkap petir, *down conductor*, dan titik netral dari perangkat listrik. Agar sistem pentanahan berfungsi dengan baik, sistem harus memiliki tahanan yang digunakan, sistem dapat digunakan selama berbagai musim, elektroda yang digunakan, dan biaya serendah mungkin. Elektroda pentanahan sendiri berbentuk bulat, batang, plat, dan pita (Permata, 2020).

## B. Metodologi

Studi ini dilakukan selama dua bulan, dari April hingga Mei 2024, di Unit Layanan Transmisi Gardu Induk (ULTG) Panakukang PT PLN (Persero). Unit ini terletak di jalan Letjen Hertasning, Kec Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Dalam studi ini, metode kuantitatif akan digunakan untuk menganalisis data. Penelitian lapangan akan digunakan untuk mengukur tahanan kontak dan tahanan pentanahan pada Pemutus Tenaga (PMT). Metode perhitungan yang digunakan adalah perhitungan manual.



### C. Hasil dan Pembahasan

#### a. Pengujian Tahanan Kontak

Tujuan pengujian ini dilakukan untuk mengonfirmasi bahwa kontak tetap dan kontak bergerak PMT telah tersambung dengan benar dan untuk menentukan nilai resistansi pemutus daya pada titik sambungan penyebab gangguan.

#### b. Cara pengukuran

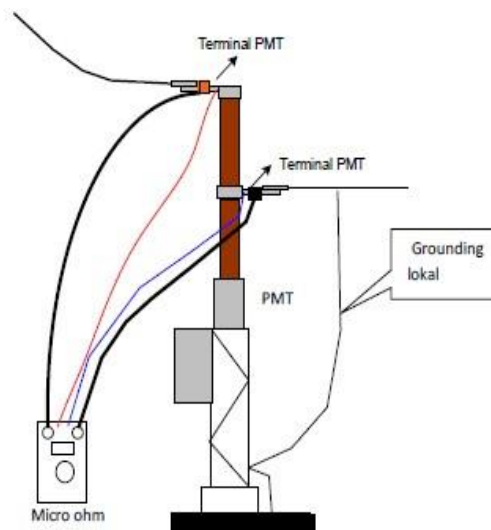
Alat ukur resistansi kontak Mjolner 600 (megger) yang terdiri dari alat ukur tegangan (penurunan tegangan pada objek yang diukur) dan sumber arus, digunakan untuk menguji unit ULTG Panakukang Makassar. Pembacaan dapat dipahami secara menyeluruh dan ketepatannya juga cukup baik apabila menggunakan sistem elektronik digital. Menggunakan arus 100 ampere, karena dengan membagi besaran resistansi kontak dengan 100, akan mempercepat dan menyederhanakan prosesnya.



**Gambar 3.** Alat Ukur Tahanan Kontak MJOLNER 600 (MEGGER)

a) Cara pengujian

1. Putuskan sambungan catu daya PMT
2. Untuk menghentikan arus masuk ke peralatan PMT
3. Pasang dua kabel pengujian arus-satu di atas dan satu di bawah unit uji PMT ke setiap sisi.
4. Pasang dua kabel tegangan ke setiap sisi, satu di atas dan satu di bawah alat uji PMT.
5. Periksa apakah semuanya telah terhubung dengan kuat, kemudian nyalakan alat uji MJOLNER 600 dengan menekan tombol *Start*.



**Gambar 4.** Terminal PMT

c. Hasil pengujian tahanan kontak

**Tabel 1.** hasil dari pemeliharaan tahanan kontak trafo GI PANAKKUKANG

TITIK UKUR	FASE R		FASE S		FASE T				
	Standar	TH. 2022	TH.2023	Standar	TH.2022	TH.2023	Standar	TH. 2022	TH.2023
Atas - Bawah (PMT posisi ON) $\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$
100 A < 100	40	32.3	< 100	40	30.9	< 100	40	32.1	
200 A < 100	40	32.4	< 100	40	31.0	< 100	40	31.7	
300 A < 100	40	32.5	< 100	40	31.1	< 100	50	31.7	

Nilai drop tegangan pada tahanan kontak dengan arus yang mengalir 100 Ampere adalah:

$$\begin{aligned}
 \Delta V \text{ standar} &= 100\text{A} \times 100\mu\Omega \\
 &= 10^2 \times 100 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 100 \times 10^{-4}\text{V} \\
 &= 10^{-2} \text{ V} \\
 &= 0,01 \text{ V} \\
 &= 10 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase R**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 100 \text{ A} \times 32,3 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 32,3 \times 10^{-4} \\
 &= 32,3 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 32,3 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 32,3 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 3,23 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase S**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 100 \text{ A} \times 30,9 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 30,9 \times 10^{-4} \\
 &= 30,9 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 30,9 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 30,9 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 3,09 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase T**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 100 \text{ A} \times 32,1 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 32,1 \times 10^{-4} \\
 &= 32,1 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 32,1 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 32,1 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 3,21 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

Nilai drop tegangan pada tahanan kontak dengan arus yang mengalir 200 Ampere adalah:

$$\begin{aligned}
 \Delta V \text{ standar} &= 200\text{A} \times 100 \mu\Omega \\
 &= 200 \times 100 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 200 \times 10^{-4}\text{V} \\
 &= 20^{-2} \text{ V} \\
 &= 0,02 \text{ V} \\
 &= 20 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase R**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 200 \text{ A} \times 32,4 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 64,8 \times 10^{-4} \\
 &= 64,8 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 64,8 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 64,8 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 6,48 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase S**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 200 \text{ A} \times 31,0 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 62 \times 10^{-4} \\
 &= 62 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 62 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 62 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 6,2 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase T**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 200 \text{ A} \times 32,1 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 64,2 \times 10^{-4} \\
 &= 64,2 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 64,2 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 64,2 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 6,4,2 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

Nilai drop tegangan pada tahanan kontak dengan arus yang mengalir 300 Ampere adalah:

$$\begin{aligned}
 \Delta V \text{ standar} &= 300\text{A} \times 100 \mu\Omega \\
 &= 300 \times 100 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 300 \times 10^{-4}\text{V} \\
 &= 30^{-2} \text{ V} \\
 &= 0,03 \text{ V} \\
 &= 30 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase R**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 300 \text{ A} \times 32,5 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 97,5 \times 10^{-4} \\
 &= 97,5 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 97,5 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 97,5 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 9,75 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase S**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 300 \text{ A} \times 31,1 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 93,3 \times 10^{-4} \\
 &= 93,3 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 93,3 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 93,3 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 93,3 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase T**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 300 \text{ A} \times 31,7 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 95,1 \times 10^{-4} \\
 &= 95,1 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 95,1 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 95,1 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 9,51 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Tabel 2.** pemeliharaan tahanan kontak trafo GI SUNGGUMINASA

TITIK UKUR	FASE R			FASE S			FASE T		
	Standar	TH. 2022	TH. 2023	Standar	TH. 2022	TH. 2023	Standar	TH. 2022	TH.2023
Atas - Bawah ( PMT posisi ON )	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$
$\mu\Omega$									
100 A	< 100	50	40	< 100	40	40	< 100	40	40
200 A	< 100	50	40	< 100	40	40	< 100	40	40
300 A	< 100	50	40	< 100	40	40	< 100	50	40

Nilai drop tegangan pada tahanan kontak dengan arus yang mengalir 100 Ampere adalah:

$$\begin{aligned}
 \Delta V \text{ standar} &= 100\text{A} \times 100\mu\Omega \\
 &= 10^2 \times 100 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 100 \times 10^{-4}\text{V} \\
 &= 10^{-2} \text{ V} \\
 &= 0,01 \text{ V} \\
 &= 10 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase R**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 100 \text{ A} \times 40 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 40 \times 10^{-4} \\
 &= 40 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 40 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 40 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 4 \text{ Mv}
 \end{aligned}$$

**Fase S**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 100 \text{ A} \times 40 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 40 \times 10^{-4} \\
 &= 40 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 40 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 40 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 4 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase T**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 100 \text{ A} \times 40 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 40 \times 10^{-4} \\
 &= 40 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 40 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 40 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 4 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

Nilai drop tegangan pada tahanan kontak dengan arus yang mengalir 200 Ampere adalah:

$$\begin{aligned}
 \Delta V \text{ standar} &= 200 \text{ A} \times 100 \mu\Omega \\
 &= 200 \times 100 \times 10^{-6} \\
 &= 200 \times 10^{-4} \\
 &= 20^{-2} \text{ V} \\
 &= 0,02 \text{ V} \\
 &= 20 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase R**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 200 \text{ A} \times 40 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 80 \times 10^{-4} \\
 &= 80 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 80 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 80 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 8 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase S**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 200 \text{ A} \times 40 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 80 \times 10^{-4} \\
 &= 80 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 80 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 80 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 8 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase T**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 200 \text{ A} \times 40 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 80 \times 10^{-4} \\
 &= 80 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 80 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 80 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 8 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

Nilai drop tegangan pada tahanan kontak dengan arus yang mengalir 300 Ampere adalah:

$$\begin{aligned}
 \Delta V \text{ standar} &= 300 \text{ A} \times 100 \mu\Omega \\
 &= 300 \times 100 \times 10^{-6} \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 300 \times 10^{-4} \text{V} \\
 &= 30^{-2} \text{ V} \\
 &= 0,03 \text{ V} \\
 &= 30 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fasa R**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 300 \text{ A} \times 40 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 120 \times 10^{-4} \\
 &= 120 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 120 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 120 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 12 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase S**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 300 \text{ A} \times 40 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 120 \times 10^{-4} \\
 &= 120 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 120 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 120 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 12 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase T**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 300 \text{ A} \times 40 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 120 \times 10^{-4} \\
 &= 120 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 120 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 120 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 12 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Tabel 3.** pemeliharaan tahanan kontak trafo GI BONTOALA

TITIK UKUR	FASE R			FASE S				FASE T	
	Standar	TH. 2022	TH. 2023	Standar	Standar	TH. 2022	TH. 2023	TH. 2022	Standar
Atas - Bawah (PMT posisi ON) $\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	Atas - Bawah (PMT posisi ON) $\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	$\mu\Omega$	Atas - Bawah (PMT posisi ON) $\mu\Omega$	$\mu\Omega$
100 A	< 100	0,04	38	100 A	< 100	0,04	38	100 A	< 100
200 A	< 100	0,05	38	200 A	< 100	0,05	38	200 A	< 100
300 A	< 100	0,06	41	300 A	< 100	0,06	41	300 A	< 100

Nilai drop tegangan pada tahanan kontak dengan arus yang mengalir 100 Ampere adalah:

$$\begin{aligned}
 \Delta V \text{ standar} &= 100 \text{ A} \times 100 \mu\Omega \\
 &= 10^2 \times 100 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 100 \times 10^{-4} \text{V} \\
 &= 10^{-2} \text{ V} \\
 &= 0,01 \text{ V} \\
 &= 10 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase R**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 100 \text{ A} \times 38 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 38 \times 10^{-4} \\
 &= 38 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 38 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 38 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 3,8 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase S**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 100 \text{ A} \times 37 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 37 \times 10^{-4} \\
 &= 37 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 37 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 37 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 3,7 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase T**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 100 \text{ A} \times 37 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 37 \times 10^{-4} \\
 &= 37 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 37 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 37 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 3,7 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

Nilai drop tegangan pada tahanan kontak dengan arus yang mengalir 200 Ampere adalah:

$$\begin{aligned}
 \Delta V \text{ standar} &= 200 \text{ A} \times 100 \mu\Omega \\
 &= 200 \times 100 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 200 \times 10^{-4} \text{ V} \\
 &= 20^{-2} \text{ V} \\
 &= 0,02 \text{ V} \\
 &= 20 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase R**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 200 \text{ A} \times 38 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 76 \times 10^{-4} \\
 &= 76 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 76 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 76 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 7,6 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase S**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 200 \text{ A} \times 38 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 76 \times 10^{-4} \\
 &= 76 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 76 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 76 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 7,6 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase T**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 200 \text{ A} \times 38 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 76 \times 10^{-4} \\
 &= 76 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 76 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 76 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 7,6 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

Nilai drop tegangan pada tahanan kontak dengan arus yang mengalir 300 Ampere adalah:

$$\begin{aligned}
 \Delta V \text{ standa} &= 300 \text{ A} \times 100 \mu\Omega \\
 &= 300 \times 100 \times 10^{-6} \Omega \\
 &= 300 \times 10^{-4} \text{ V} \\
 &= 30^{-2} \text{ V} \\
 &= 0,03 \text{ V} \\
 &= 30 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase R**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 300A \times 41 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 123 \times 10^{-4} \\
 &= 123 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 123 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 123 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 12,3 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase S**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 300A \times 40 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 120 \times 10^{-4} \\
 &= 120 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 120 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 120 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 12 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

**Fase T**

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 300A \times 40 \times 10^{-6}\Omega \\
 &= 120 \times 10^{-4} \\
 &= 120 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^3 \\
 &= 120 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 10^{-3} \\
 &= 120 \times 10^{-1} \times 10^{-3} \\
 &= 12 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

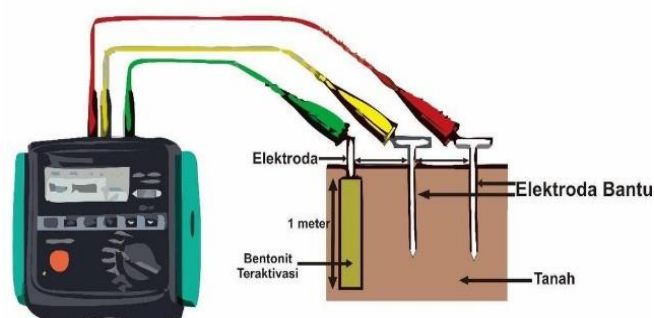
Berdasarkan data hasil pengujian pada tabel, diketahui bahwa hasil pengujian pada tahanan kontak fasa R, S dan T tahun lalu dan hasil ukur tahun ini masih dalam batas standar yaitu tidak lebih dari  $100\mu\Omega$  pada arus 100, 200 dan 300A dan untuk drop tegangan nilai yang di hasilkan masih normal dan tidak melebihi standar yang di tentukan.

## d. Pengukuran tahanan pentanahan

Peralatan atau titik netral sistem daya yang diarde di gardu induk, di mana sistem pengardean dibuat dengan menggunakan struktur berbentuk jala di dalam tanah, dihubungkan ke tanah. Alat ukur untuk mengukur tahanan pentanahan adalah (*Tester Ground*) merek Kyoritsu model 4120. Hasil pengukuran tahanan pentanahan pada pemutus tenaga (PMT) by ULTG Panakukang. Cara pengujian menggunakan alat ukur Kyoritsu model 4120, Kabel merah, kuning, dan hijau dirangkai pada terminal C, P, dan E pada pengukur. Ujung kabel kemudian harus dipasang pada pembatas logam C1 dan P1, yang berfungsi sebagai alat bantu pengardean. Kabel arde ditanam dalam garis lurus, dan ujung kabel hijau dipasang ke kaki menara.

## e. Cara pengujian tahanan pentanahan

- Sebelum pengukuran, lampu harus dalam keadaan on, karna untuk mengidentifikasi terminal pada C dan E terhubung dengan baik.
- Ketika jarum meter menunjukkan nilai total, tekan tombol X10 dan kemudian tombol MEAS.
- Untuk mendapatkan nilai tahanan yang tepat, tekan tombol 100 dan baca hasilnya. Jika tahanan di bawah 10 ohm, maka tekan tombol X1



**Gambar 5.** Skema Pengukuran Tahanan Pentanahan



- Pemeliharaan Dua Tahunan Di Gardu Induk Purwodadi* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Ariana, R. (2016). Analisa Kelayakan PMT 150 KV Di Gardu Induk Bulukumba. *Skripsi*, 1-23.
- Hidayat, A. R., Santoso, D. B., & Bangsa, I. A. (2021). Analisis Isolation Resistance Pemutus Tenaga 150Kv Bay Trafo 2 Gardu Induk Lagadar. *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, 4(1), 10.
- Husnil, F. (2023). *Evaluasi Kinerja Ground Fault Relay Penyulang Feeder 4 Sungayang dan Gardu Hubung Kota Pada Kondisi Paralel Jaringan dari Trafo Daya Berbeda Di Gardu Induk Batusangkar* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT).
- Jurnal, R. T. (2018). Analisa Nilai Saidi Saifi Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya Pt. Pln (Persero) Area Ciputat: Ibnu Hajar; Muhammad Hasbi Pratama. *energi & kelistrikan*, 10(1), 70-77.
- Masarrang, R., Patras, L. S., & Tumaliang, H. (2019). Efek korona pada saluran transmisi gardu induk Tello Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 8(2), 67-74.
- Mujitahidin. (2022). *Pembangunan GI Krui Ditargetkan Tahun 2026*. MEDIALAMPUNG.
- Pahiyanti, N. G., Sukmajati, S., & Malik, A. (2021). Nilai Tahanan Kontak Pada PMS Bay Cengkareng Terhadap Rugi Daya di Gardu Induk Duri Kosambi. *Sutet*, 11(2), 61-70.
- Pasra, N., Bhaskara, A., Mauriraya, K. T., & Suryana, N. (2023, April). Analisa Penggunaan Metode Direct Grounding Pada Perhitungan Pentanahan Sistem Transmisi 150 KV ULTG Panakukang. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung* (pp. 168-175).
- PLN, P. (2014). Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga. *Jakarta: PT PLN*.
- Ri, K. (2013). Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Salam, D. E., & Mulyana, E. ANALISIS UJI KELAYAKAN PMT PADA JARINGAN TENAGA LISTRIK 150 KV. *Gunahumas*, 4(2), 1-9.
- Saragih, R., Yusniati, Y., Nasution, R., & Armansyah, A. (2020). Studi Peralatan Proteksi Sambaran Petir Lightning Arrester Pada Jaringan Distribusi 20 KV. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 5(1), 32-37.
- Setiono, I. (2017). Gas SF<sub>6</sub> (Sulfur Hexa Fluorida) Sebagai Pemadam Busur Api Pada Pemutus Tenaga (PMT) Di Saluran Transmisi Tegangan Tinggi. *METANA*, 13(1), 1-6.
- Sumarna, Z. F., & Hamidi, E. A. Z. (2022, January). Analisis Pengukuran Tahanan Kontak dan Tahanan Pertanahan Pada Pemutus Tenaga (PMT). In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung* (pp. 191-200).
- Winantara, B., & Husodo, B. (2019). Evaluasi Tahanan Kontak Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi Di Gardu Induk 150 KV Bandung Selatan Berdasarkan Failure Mode Effect Analysis (FMEA). *J. Teknol. Elektro*, 10(2), 103.