

ANALISIS KINERJA PMS REL 2 BAY TRAF0 6 MENGGUNAKAN *THERMOVISION METHODE* DI GARDU INDUK SUNYARAGI

Agus Siswanto¹⁾, Reza Alfian²⁾, Erfan Subyanta³⁾

^{1,2,3)} Prodi Teknik Elektro-FT, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon

Kampus Jl Perjuangan 17 Cirebon

e-mail : asiswanto.untagcrb@gmail.com, ralfian854@gmail.com,

Abstract

In an effort to provide reliable and efficient electrical energy, substations have an important role in regulating the demand for electric power loads and as a center for securing electrical power system components in a certain area. Frequent disturbances become a benchmark for an electric power system whether or not it is good or not in an effort to provide reliable and efficient energy. One of the maintenance measures is temperature measurement using thermal imagers, which is commonly referred to as thermovision measurement. Thermal imager is a tool that can be used for predictive maintenance activities to monitor the condition and performance of an equipment so that the possibility of equipment failure can be minimized. In October 2020, after thermovisiting transformer bay 6 at the Sunyaragi substation, it was discovered that there was a hotspot on the T-phase separation blade, causing heating of the blade, the above conditions can result in a decrease in PMS performance, with the worst condition if left alone can result in damage to the PMS blade and can also melt when the peak load is on the transformer 6. Under these conditions, maintenance is carried out by maintaining contact resistance, insulation resistance, and grounding resistance. The results of the analysis of contact resistance after maintenance show that the equipment is in good condition and still suitable for use, with a value of $7\mu\Omega$ for the R phase, $6.5\mu\Omega$ for the S phase, and $6.7\mu\Omega$ for the T phase.

Keywords: PMS, Thermovisi, Thermal Imager

I. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia yang penting dan tidak dapat dilepaskan dari keperluan sehari-hari. Di zaman modern, energi listrik sangat penting

guna menunjang kegiatan dan aktifitas masyarakat serta industri. Energi listrik dengan kualitas dan kontinuitas yang baik didapat dengan cara melakukan pemeliharaan secara berkala guna menjaga kondisi setiap peralatan agar dapat mencegah gangguan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada sistem [1].

energi yang diradiasikan oleh objek terhadap energi yang diradiasikan oleh benda hitam pada suhu dan gelombang yang sama.

Alat untuk melakukan pengamatan dan pencarian nilai emisivitas objek yaitu alat *thermo imagers* tipe SATIR D300. Dengan demikian dapat dideteksi peralatan yang ada di *switchyard* dalam keadaan baik atau rusak.

Pada bulan Oktober 2020 setelah melakukan thermovisi pada bay trafo 6 di gardu induk Sunyaragi diketahui terdapat hotspot pada bagian pisau PMS fasa T sehingga menyebabkan pemanasan pada pisau tersebut.

Dengan kondisi tersebut di atas dapat mengakibatkan penurunan unjuk kerja PMS, dengan kondisi terburuk apabila di biarkan saja akan mengakibatkan kerusakan pada pisau PMS dan bisa juga meleleh jika saat beban puncak pada trafo 6 itu.

Oleh karena itu untuk memperbaiki temuan anomali hotspot di atas, pada Maret 2021 PT PLN (Persero) UPT Cirebon telah melaksanakan perbaikan temuan thermovisi pada pisau PMS fasa T bay Trafo 6 di GI Sunyaragi untuk mengatasi masalah hotspot tersebut.

Dari serangkaian kegiatan pemeliharaan didapatkan hasil tahanan kontak, (sesuai standar SK DIR. No :0520-2.K/DIR/2014), dan sudah tidak terdapat lagi hotspot. Sehingga disimpulkan bahwa PMS dalam kondisi baik dan aman untuk di operasikan.

II. Landasan Teori

2.1 Pengertian Thermovisi

Pada pada setiap peralatan listrik pasti memiliki nilai konduktivitas yang tinggi, hal tersebut dikarenakan agar mampu menghantarkan listrik. dan sebagian besar peralatan listrik tersebut terbuat dari bahan logam, seperti tembaga, alumunium, dan lain sebagainya. Selain memiliki nilai konduktivitas yang tinggi, peralatan listrik pada umumnya juga memiliki nilai resistansi, sehingga apabila peralatan listrik tersebut dialiri oleh listrik atau dapat dikatakan dalam keadaan operasi maka dapat menghasilkan panas. Panas tersebut terjadi karena nilai resistansi yang dimiliki oleh peralatan. Bagian yang sering mengalami pemanasan dan harus sering diperhatikan adalah terminal dan sambungan (klem dengan konduktor) serta pada pisau atau kontak gerak pada peralatan seperti pada pemisah [2].

Sambungan konduktor menghasilkan tahanan sambungan (tahanan kontak). Sambungan yang memiliki tahanan kontak yang lebih besar dari tahanan konduktor akan mengakibatkan panas yang lebih tinggi pada sambungan tersebut (*hot point*), sehingga semakin besar arus listrik yang mengalir maka semakin tinggi temperaturnya [3].

Pemeriksaan yang dilakukan secara operasi tersebut menggunakan *Thermal Imager* atau Thermovisi. Pengukuran ini menggunakan sinar *infrared* yang dipancarkan oleh *thermal imagers* sehingga pada *display thermal imager* dapat terlihat suhu dari peralatan yang diukur. dan apabila suatu peralatan yang telah dilakukan pengukuran thermovisi dengan menggunakan *thermal imagers* menunjukkan hasil yang tidak baik (suhu peralatan yang terlalu tinggi), maka salah satu bentuk penyelesaian dari penanganan kondisi tersebut adalah dengan melakukan penguatan (pengencangan) klem dan konduktor, atau perbaikan peralatan listrik tersebut dan bahkan memungkinkan untuk dilakukan penggantian peralatan [4].

Prinsip kerja dari pengukuran ini yaitu, dengan mengukur nilai perbandingan energi yang diradiasikan oleh suatu objek (gelombang elektromagnet) terhadap energi yang diradiasikan oleh benda hitam pada suhu dan gelombang yang sama [4].

2.2 Standard Thermovisi

Pengukuran thermovisi dimuat dalam *Buku Pedoman Pemeliharaan PLN No. 0520-2.K/DIR/2014*, sebagai salah satu acuan prosedur pemeliharaan peralatan PLN yang terdapat di GI. Berdasarkan standar dari buku pedoman tersebut interpretasi hasil thermovisi dapat dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 1. Standard thermovisi

No.	ΔT (perbedaan suhu antar fasa)	Rekomendasi
1	1 °C – 3 °C	Dimungkinkan ada ketidaknormalan, perlu investigasi lanjut
2	4 °C – 15 °C	Mengindikasikan adanya defesiensi, perlu dijadwalkan perbaikan
3	> 16 °C	Ketidaknormalan Mayor, perlu dilakukan perbaikan / penggantian segera

Standar Pengukuran Thermovisi berdasarkan *Buku Pedoman Pemeliharaan PLN No. 0520-2.K/DIR/2014*

Berdasarkan Tabel. 1, pelaksanaan pengukuran dilaksanakan minimal 1 bulan sekali. Untuk kondisi tertentu, periode pengukuran dapat dilakukan sesuai kebutuhan. Dan pada umumnya pengukuran thermovisi dilakukan per minggu

2.3 Kamera Infrared (Thermal Imager)

Thermal imager adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk kegiatan *predictive maintenance* untuk memonitor kondisi dan performance suatu peralatan sehingga kemungkinan terjadinya kegagalan peralatan dapat diperkecil. Teknologi

thermography merupakan salah satu peralatan teknologi *Non Destructive Testing Non-Contact* atau *NDT of Materials Evaluation*. Seperti halnya thermometer, alat ini juga berfungsi untuk mengukur suhu suatu benda (peralatan listrik) tanpa menyentuh benda tersebut. Hal tersebut dapat terjadi karena alat tersebut memancarkan sinar *infrared* kemudian menangkap kembali radiasi dari objek yang diukur. Peralatan listrik yang diukur disini haruslah dalam keadaan operasi, karena saat elektron bergerak, memberikan kenaikan kepada kemampuan penghantaran arus listrik yang dapat menimbulkan panas terhadap apa yang dilewati elektron tersebut [3].

SATIR D300 dan D600 adalah kamera termografi multi aplikasi dengan fitur lengkap untuk inspeksi dalam dan luar ruangan. Alat ini dilengkapi dengan lensa tele yang berfungsi untuk zoom objek dan untuk menambah presisi pengukuran [5].



Gambar 1. Satir D300

2.4 Pengertian PMS

Pemisah (PMS) merupakan peralatan sistem tenaga listrik yang mempunyai fungsi bahwa saklar pemisah rangkaian listrik tidak ada arus beban (dipisahkan peralatan listrik dari peralatan lain yang mempunyai daya tegang). Hal inilah, pembuka dan penutup PMS digunakan secara langsung dengan kondisi tanpa beban. *Disconnecting Switch* mempunyai fungsi sebagai pemisah alat listrik dari alat lain ke instansi lain juga yang mempunyai arus tegangan. PMS juga dapat dibuka dan ditutup dengan kondisi bagian-bagian yang tidak terbeban [6].

2.5 Penempatan Posisi

Sesuai dengan penempatannya di daerah mana Pemisah tersebut dipasang, PMS dapat dibagi menjadi:

1. Pemisah Penghantar/*Line*
Pemisah yang terpasang di sisi penghantar.
2. Pemisah Rel/ Bus
Pemisah yang terpasang di sisi Rel
3. Pemisah Kabel
Pemisah yang terpasang di sisi kabel
4. Pemisah Seksi
Pemisah yang terpasang pada suatu rel sehingga rel tersebut dapat terpisah menjadi dua seksi
5. Pemisah Tanah
Pemisah yang terpasang pada penghantar line / kabel untuk menghubungkan ke tanah [7].

2.6 Pisau atau Kontak Pemisah

Menghubungkan atau memisahkan bagian yang bertegangan. Macam-macam pisau pemisah berdasarkan gerakan lengan/pisau pemisahannya antara lain:

1. Pemisah engsel
Dimana pemisah tersebut gerakannya seperti engsel.
2. Pemisah putar
Dimana terdapat 2 (dua) buah kontak diam dan 2 (dua) buah kontak gerak yang dapat berputar pada sumbunya.
3. Pemisah siku
Pemisah ini tidak mempunyai kontak diam, hanya terdapat 2 (dua) kontak gerak yang gerakannya mempunyai sudut 90°.
4. Pemisah luncur
Pemisah ini Gerakan kontakannya keatas-kebawah (*vertical*) atau kesamping (*horizontal*), banyak dioperasikan pada instalasi 20 kV.
5. Pemisah pantograph
PMS ini mempunyai kontak diam yang terletak pada rel dan kontak gerak yang terletak pada ujung lengan pantograph. Jenis ini banyak dioperasikan pada sistem tegangan 500 kV [8].

III. Metode Penelitian

Dalam penulisan ini penulis melakukan penelitian di PT. PLN (Persero) UITJBT Unit Pelaksana Transmisi Cirebon Gardu Induk

Sunyaragi, yang beralamat di Jl. Brigjen Dharsono (By Pass), Kec. Kesambi, Kota Cirebon Jawa Barat 45131.

Pada penyelesaian ini ada beberapa langkah kerja yang dilakukan antara lain:

- 1. Studi literatur**, dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi baik dari buku, jurnal, bahan dari internet maupun sumber-sumber lain seperti Foto hasil thermovisi pada pemisah rel trafo 6 GI Sunyaragi, Single line GI Sunyaragi.
- 2. Pengambilan data**, Pada penelitian ini, data yang diambil dan di analisa adalah data hasil pengujian saat pemeliharaan tahunan, setelah dilaksanakan perb⁴⁹ dan sebelum dilaksanakan perbaikan, hasil thermovisi selama tahun 2020.
- 3. Analisa**, Pada tahap ini dilakukan analisa hasil dari data yang sudah didapat, apakah peralatan tersebut masih layak operasi sesuai standar yang ditentukan atau perlu penggantian.

Pengukuran suhu dengan thermography akan selalu memberikan nilai *absolut* dari objek terukur. Untuk menentukan dengan benar apakah suhu objek terlalu panas (*overheating*).

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 Inspeksi Visual

Inspeksi visual merupakan inspeksi yang dilakukan dengan menggunakan panca indera dengan pelaksanaan periode tertentu dalam keadaan peralatan bertegangan. Inspeksi / pengecekan bertujuan untuk memonitor kondisi komponen peralatan.

4.2 In Service Measurement

In service measurement merupakan pengukuran yang dilakukan dengan alat ukur yang yaitu thermovision Thermal Imager dengan pelaksanaan periode bulanan yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan Supervisor Gardu Induk dalam keadaan peralatan bertegangan.

4.3 Hasil Thermovisi Sebelum Perbaikan

Hasil thermovisi sebelum perbaikan dari PMS rel 2 bay trafo 6 pukul 19.00 WIB, fasa R

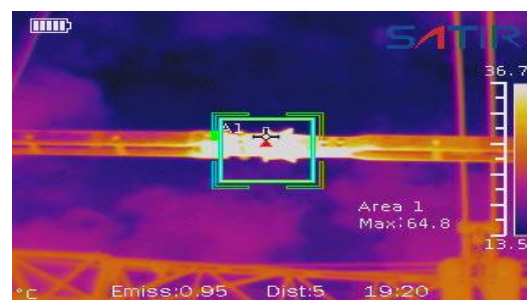
dapat dilihat pada Gambar 2, fasa S Gambar 3, fasa T Gambar 4



Gambar 2. hasil thermovisi sebelum perbaikan fasa R



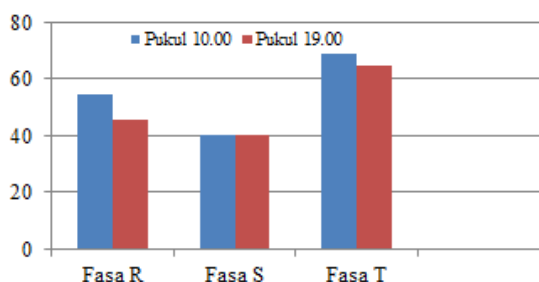
Gambar 3. hasil thermovisi sebelum perbaikan fasa S



Gambar 4. hasil thermovisi sebelum perbaikan fasa T

Nilai Ukur Thermovisi							
Pukul 10.00 WIB				Pukul 19.00 WIB			
Fasa R	Fasa S	Fasa T	Konduktor	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Konduktor
54,4	40,5	69,0	41,2	45,8	40,5	64,8	28,2
Perbaikan segera				Perbaikan segera			

Berdasarkan Tabel 2, untuk hasil pengukuran thermovisi sebelum perbaikan, pukul 10.00 WIB menunjukkan hasil rekomendasi perbaikan segera dengan batas selisih suhu antar fasa yang menunjukan nilai yaitu 28,5. dan pada pukul 19.00 WIB menunjukan hasil rekomendasi perbaikan segera dengan batas selisih suhu antar fasa yang menunjukan nilai yaitu 35,6.

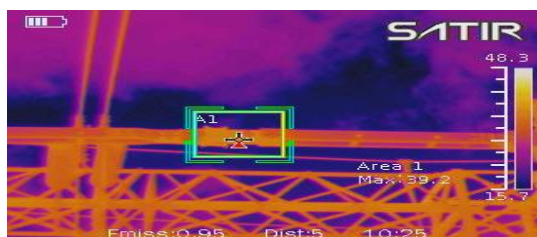


Gambar 5. Grafik hasil thermovisi sebelum perbaikan

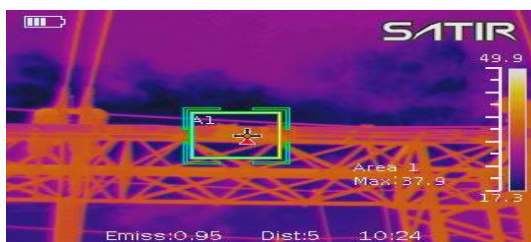
Dilihat dari Grafik pada Gambar 5, menunjukkan hasil pengukuran thermovisi sebelum perbaikan, pada fasa T diperoleh hasil lebih tinggi dibandingkan dengan fasa R dan fasa S, baik pada pukul 10.00 WIB maupun pada pukul 19.00 WIB. Hal ini menunjukkan bahwa pada fasa T terjadi hotspot atau dalam kondisi anomali.

4.4 Hasil Thermovisi Setelah Perbaikan

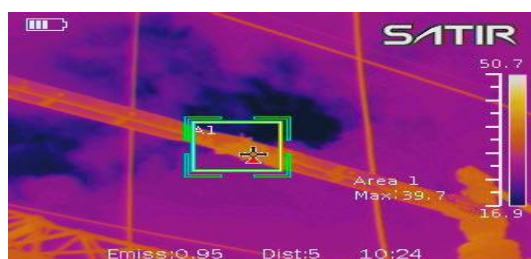
Hasil thermovisi setelah perbaikan dari PMS rel 2 bay trafo 6, fasa R dapat dilihat pada Gambar 6, fasa S Gambar 7, fasa T Gambar 8.



Gambar 6. hasil thermovisi setelah perbaikan Fasa R



Gambar 7. hasil thermovisi setelah perbaikan Fasa S

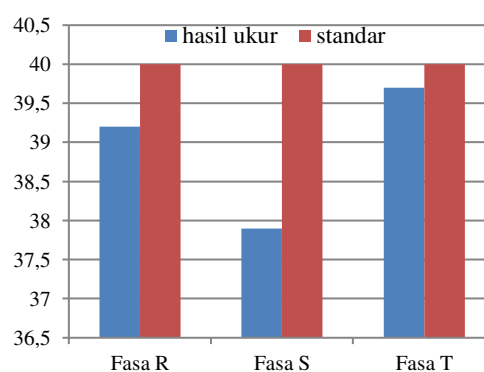


Gambar 8. hasil thermovisi setelah perbaikan Fasa T

Tabel 3. Hasil ukur Thermovisi Setelah perbaikan

Nilai Ukur Thermovisi			
Fasa R	Fasa S	Fasa T	Konduktor
39,2	37,9	39,7	37,6
Kondisi baik			

Berdasarkan Tabel 3, hasil pengukuran thermovisi setelah perbaikan, baik pada Fasa R, S, dan T menunjukkan kondisi baik. Hal ini dibuktikan bahwa hasil pengukuran tersebut sudah sesuai standar PLN yaitu $< 40^{\circ}\text{C}$.



Gambar 9. Grafik hasil thermovisi setelah perbaikan

Dilihat dari Grafik pada Gambar 9, menunjukkan hasil pengukuran thermovisi setelah perbaikan, pada Fasa R, S, dan T menunjukkan nilai masing-masing yaitu 39,2 , 37,9 dan 39,7. Hal ini menunjukkan bahwa pada Fasa R, S, dan T dalam keadaan normal. Semakin rendah hasil pengukuran thermovisi maka semakin baik pula keadaan peralatan tersebut.

4.5 Shutdown Measurement

Shutdown measurement merupakan pengukuran yang dilakukan dengan alat ukur dengan periode 2 tahunan. Umumnya peralatan PMS yang baru selesai pemasangan sebelum dioperasikan maupun yang sudah jatuh tempo pemeliharaan, perlu dilakukan pengujian-pengujian untuk mendapatkan unjuk kerja dari peralatan tersebut, dalam keadaan peralatan tidak beroperasi. Selama

pengujian posisi switch harus dalam posisi local dan mini circuit breaker (MCB) motor dalam posisi off.

4.6 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi

Berikut hasil pengukuran tahanan isolasi Pemisah (PMS) Sebelum dan Sesudah perbaikan bay trafo 6 150/20 kV Sunyaragi :

Tabel 4. Hasil ukur tahanan isolasi

Titik Ukur	Fasa R			Fasa S			Fasa T		
	Standard	Tahun lalu	Hasil ukur	Standard	Tahun lalu	Hasil ukur	Standard	Tahun lalu	Hasil ukur
Atas-ground	1kV/1MΩ	>1000G	>1000G	1kV/1MΩ	>1000G	>1000G	1kV/1MΩ	>1000G	>1000G

keadaan cukup baik dan memenuhi standard karena hasil pengukuran menunjukkan >1kV/1MΩ. Sedangkan dari tabel hasil pengukuran tahanan isolasi setelah perbaikan dapat dikatakan dalam keadaan cukup baik memenuhi standard karena hasil pengukuran menunjukkan >1kV/1MΩ.

4.7 Hasil Pengukuran Tahanan Kontak

Alat ukur tahanan kontak merek programma terdiri dari sumber arus dan alat ukur tegangan (drop tegangan pada objek yang diukur) dengan sistem elektronik maka pembacaan dapat diketahui dengan baik dan ketelitian yang cukup baik pula (digital).

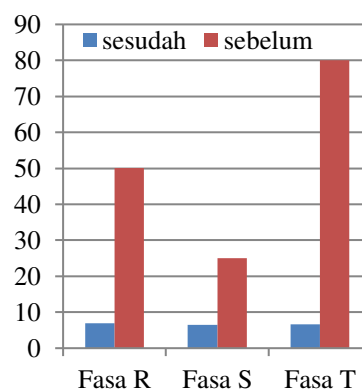
Rangkaian tenaga listrik sebagian besar terdiri dari banyak titik sambungan. Sambungan adalah dua atau lebih permukaan dari beberapa jenis konduktor bertemu secara fisik sehingga arus/energi listrik dapat disalurkan tanpa hambatan yang berarti. Pertemuan dari beberapa konduktor menyebabkan suatu hambatan/resistan terhadap arus yang melaluinya sehingga akan terjadi panas dan menjadikan kerugian teknis. Rugi ini sangat signifikan jika nilai tahanan kontakannya tinggi.

Tabel 5. Hasil ukur tahanan kontak

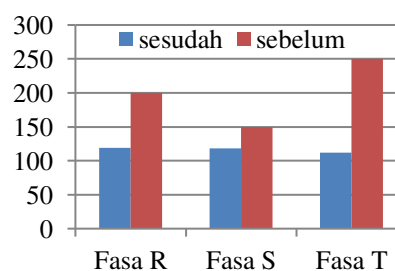
Titik Ukur	Fasa R			Fasa S			Fasa T		
	Standard	Sebelum	Sesudah	Standard	Sebelum	Sesudah	Standard	Sebelum	Sesudah
Pisau-Pisau	<10 μΩ	50.1 μΩ	7 μΩ	<10 μΩ	25 μΩ	6.5 μΩ	<10 μΩ	80 μΩ	6.7 μΩ
Total	<100 μΩ	200 μΩ	119 μΩ	<100 μΩ	150 μΩ	118 μΩ	<100 μΩ	250 μΩ	112 μΩ

Dilihat dari Tabel 5, dapat dinyatakan bahwa fasa R, S, dan T pada saat sebelum perbaikan tahanan kontak pisau-pisau menunjukkan nilai diatas standard PLN yaitu < 10μΩ, serta untuk nilai tahanan kontak PMS secara total juga menunjukkan nilai diatas standard PLN yaitu < 100 μΩ.

Dan dari Tabel 5, dapat dinyatakan bahwa fasa R, S, dan T pada saat setelah perbaikan tahanan kontak pisau-pisau menunjukkan nilai standard PLN yaitu < 10 μΩ, serta untuk nilai tahanan kontak pemisah secara total juga menunjukkan nilai standard PLN yaitu < 100 μΩ.



Gambar 10. Grafik hasil pengukuran tahanan kontak titik ukur pisau-pisau



Gambar 11. Grafik hasil pengukuran tahanan kontak titik ukur total

4.8 Hasil Pengukuran Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan bertujuan untuk menentukan tahanan antara besi atau plat tembaga yang ditanam dalam tanah yang digunakan untuk melindungi peralatan listrik

terhadap gangguan petir dan hubung singkat. Dengan demikian pelat tersebut harus ditanam hingga mendapatkan tahanan terhadap tanah yang sekecil-kecilnya. Untuk mengukur tahanan pentanahan digunakan alat ukur tahanan pentanahan (*Earth Resistance Tester*).

Tabel 6. Hasil ukur pentanahan

Titik Ukur		Pentanahan grounding PMS
Fasa R	Standard	$<1 \Omega$
	Tahun lalu	0.17Ω
	Hasil ukur	0.17Ω
Fasa S	Standard	$<1 \Omega$
	Tahun lalu	0.17Ω
	Hasil ukur	0.17Ω
Fasa T	Standard	$<1 \Omega$
	Tahun lalu	0.17Ω
	Hasil ukur	0.17Ω

Dilihat dari Tabel 6, dapat dinyatakan bahwa pengukuran pentanahan pada grounding PMS baik Fasa R, S, dan T tidak terdapat perubahan dan sesuai dengan standar PLN yaitu $<1 \Omega$.

V. Kesimpulan

1. Dilihat dari serangkaian, menyatakan bahwa hasil uji PMS rel 2 bay Trafo 6 GI Sunyaragi masih dalam keadaan baik dan aman untuk dioperasikan.
2. Pemeliharaan PMS meliputi:
 - a. Dari hasil pelaksanaan inspeksi visual menggunakan panca indera yaitu secara visual dan pendengaran, peralatan masih dalam kondisi normal dan aman beroperasi.
 - b. Dari hasil pengukuran termovisi PMS sebelum dan sesudah perbaikan didapat hasil sebagai berikut:
 - 1) Pada fasa R suhu awal menunjukkan angka $54,4^{\circ}\text{C}$ dan setelah diperbaiki menunjukkan suhu normal yaitu $39,2^{\circ}\text{C}$.

- 2) Pada fasa S suhu awal menunjukkan angka $40,5^{\circ}\text{C}$ dan setelah diperbaiki menunjukkan suhu normal yaitu $37,9^{\circ}\text{C}$.
- 3) Pada fasa R suhu awal menunjukkan angka 69°C dan setelah diperbaiki menunjukkan suhu normal yaitu $39,7^{\circ}\text{C}$.
- c. Dari hasil pengukuran tahanan isolasi, dapat dikatakan dalam keadaan cukup baik karena hasilnya masih sesuai standar PLN yakni $>1000\text{G}\Omega$.

Dari hasil pengujian tahanan kontak, dapat dilihat bahwa hasil pengujian mengalami penurunan nilai tahanan kontak dari $50,1 \mu\Omega$ menjadi $7 \mu\Omega$ untuk fasa R, dari $25 \mu\Omega$ menjadi $6,5 \mu\Omega$ untuk fasa S, dan dari $80 \mu\Omega$ menjadi $6,7 \mu\Omega$ untuk fasa T.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anwar, Baharuddin, “*Penentuan Hot point menggunakan metode termovisi pada Gardu induk 150kV Purwodadi*”, Fakultas Teknik, University Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [2]. Hariyadi, Shahlan, “*Analisis Rugi-Rugi Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Pada Gardu Induk Palur-Masaran*”. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [3]. Ramadhani, Roni Putra, “*Termovisi dalam melihat Hot Point pada Gardu Induk 150kv palur*”, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [4]. Fazawi, Muhammad Lutfi, “*Analisa penentuan hot poin dan monitoring peralatan dengan metode termovisi pada GI 150 kV Glugur*”, Medan, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2020.
- [5]. PT.PLN (Persero), “*Instruksi Kerja Inspeksi Jaringan Transmisi dan Gardu Induk menggunakan kamera Termovisi SATIR D Series*”, PT.PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Tengah, 2018.

-
- [6]. Siregar, M. Sutan Iqbal, “*Penggantian rele differensial mekanik ke rele differensial numerik*”, Jakarta, Institut Teknologi-PLN, 2020.
- [7]. PT.PLN (Persero), “*Buku Petunjuk Gardu Induk, SE No.0520-2.K/DIR/2014*”, Jakarta, PT. PLN (Persero), 2014.
- [8]. PT.PLN (Persero), “*Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah (PMS), SE No.0520-2.K/DIR/2014*”, Jakarta, PT. PLN (Persero), 2014.