

Analisis Pengujian Unjuk Kerja Pemisah (*Disconnecting Switch*) di Gardu Induk 150kV Otam

Mohammad Arnata A. Gonibala, Sartje Silimang, Lily S. Patras

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu, 95115, Indonesia

Email : apinggonibala27@gmail.com, sartje.silimang@unsrat.ac.id, patraslilys48@gmail.com

Abstract- Substation as one part of the electric power system which has a very important function in the distribution of electricity from the generating center to the load. Maintenance of substation installations is very important to optimize equipment function, worker safety and distribution of the electricity industry. One of the equipment that needs to be maintained is the Disconnecting Switch, which is a protective device that functions to disconnect and connect other equipment with voltage without a load current. To determine the performance of this PMS, several tests were carried out, namely insulation resistance testing, contact resistance testing, grounding resistance testing, and temperature measurement (thermovision). The purpose of this study is to find out how to measure the value of resistance and temperature and analyze the measurement results against the standard measurement values. The method used in this research is data collection at ULTG Lopana and looking for references to books, journals related to this research. All data obtained and used as a component of manual mathematical calculations. After doing the tests and calculations, the results that meet the standards have been obtained, therefore the performance test of the PMS at the 150kV Otam substation can carry out or carry out normal operations or is said to be still suitable for use.

Keywords : *Disconnecting Switch; Performance; Insulation Resistance; Contact Resistance; Thermovision*

Abstrak- Gardu Induk sebagai salah satu bagian sistem tenaga listrik yang mempunyai fungsi amat penting dalam peyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit menuju beban. Pemeliharaan instalasi gardu induk sangat penting untuk mengoptimalkan fungsi peralatan, keselamatan pekerja dan penyaluran industri listrik. Salah satu peralatan yang perlu dilakukan pemeliharaan adalah Pemisah / DS (*Disconnecting Switch*) yaitu peralatan proteksi yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan peralatan lain yang bertegangan tanpa arus beban. Untuk mengetahui kinerja dari PMS ini maka dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian tahana isolasi, pengujian tahanan kontak, pengujian tahanan pentanahan, dan pengukuran suhu (*thermovision*). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana mengukur nilai tahanan dan suhu serta menganalisis hasil pengukuran terhadap nilai standar pengukuran. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengambilan data di ULTG Lopana dan mencari referensi – referensi buku, jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini. Seluruh data didapat dan digunakan sebagai komponen perhitungan matematis secara manual. Setelah melakukan pengujian dan perhitungan, telah mendapatkan hasil yang memenuhi standar , maka dari itu pengujian unjuk kerja dari PMS di gardu induk 150kV Otam dapat melaksanakan atau melakukan pengoperasian dengan normal atau dikatakan masih layak pakai.

Kata kunci : Pemisah; Unjuk Kerja; Tahanan Isolasi; Tahanan Kontak; *Thermovision*

I. PENDAHULUAN

Pemeliharaan (*maintenance*) instalasi gardu induk sangat penting untuk mengoptimalkan fungsi peralatan, keselamatan pekerja dan penyaluran industri listrik. Pemeliharaan peralatan jaringan memainkan peran penting dalam meningkatkan kesehatan perangkat dan menjamin keamanan jaringan listrik. Mekanisme pemeliharaan (*maintenance*) di gardu induk dapat dilakukan seperti memeriksa kondisi fisik pada peralatan apakah terdapat keretakan atau tanda – tanda kerusakan lainnya, pengukuran tahanan isolasi, tahanan kontak, tahanan pentanahan dan juga pemeriksaan suhu pada peralatan.

Salah satu peralatan yang perlu dilakukan pemeliharaan adalah DS/PMS (Pemisah), yaitu peralatan proteksi yang terpasang di Gardu Induk dan berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan tenaga listrik dalam keadaan tanpa beban. Pemisah atau DS harus dijaga kinerjanya agar dapat melaksanakan tugas sebagaimana mestinya. Untuk itu, perlu diadakan adanya pemeliharaan yang bertujuan untuk menjaga kinerja dari Pemisah.

Penelitian ini dilakukan pada Bay Lopana, Bay Lolak, Bay Trafo 1 dan Bay Trafo 2. Di Gardu Induk 150kV Otam ini mempunyai 2 jenis pemisah, yaitu Pemisah Siku (150kV) dan Pemisah Luncur (20kV). Dan jenis Pemisah (*Disconnecting Switch*) yang di ambil untuk penelitian ini yaitu Pemisah yang memiliki jenis pemisah siku (150kV).

A. Landasan Teori

1). Gambaran Umum Gardu Induk

Gardu Induk Otam didirikan dan beroperasi tahun 2000, pada saat itu masih masuk PT PLN (Persero) Wilayah 7 yang sekarang dikenal dengan PT PLN (Persero) Unit Induk Wilayah Suluttenggo. Dengan adanya reorganisasi pada tahun 2018 di PT PLN (Persero), Gardu Induk Teling dibawah PT PLN (Persero) Unit Induk Pembangkit dan Penyaluran (UIKL) Sulawesi dan Unit Pelaksanaan Transmisi (UPT) Manado. Alamat Gardu Induk Otam berlokasi di jalan Desa Otam Lingkungan 4 Kecamatan Passi Barat Kabupaten Bolaang Mongondow Induk. Gardu Induk Otam terinterkoneksi dengan

4 Gardu Induk lainnya, yaitu Gardu Induk Lopana, Gardu Induk Lolak, Gardu Induk Tutuyan, dan Gardu Induk Molibagu. Rating Tegangan yang ada di Gardu Induk Otam yaitu 150kV, 20kV, 380 V, dan 220 V. Gardu Induk Otam mempunyai 10 Bay Peralatan Primer Gardu Induk, antara lain 8 Bay Line, dan 2 Bay Trafo, dengan rating peralatan transmisi utama Gardu Induk yaitu 150kV.

2). PMS / DS Disconnecting Switch

PMS/DS (*Disconnecting Switch*) adalah suatu alat untuk memisahkan tegangan pada peralatan instalasi tegangan tinggi. Prinsip kerja PMS pada dasarnya hampir sama dengan *Circuit Breaker* namun perbedaannya adalah PMS tidak dapat memutuskan arus gangguan. Pada dasarnya, PMS dipakai untuk membebaskan PMT dari tegangan yang mengalir agar dapat dilakukan perawatan atau perbaikan pada PMT tersebut, maka PMS harus dibuka agar PMT bebas dari tegangan dan PMT aman bagi teknisi yang akan melakukan pemeliharaan. Ada dua macam fungsi PMS, yaitu:

- Pemisah Peralatan: Berfungsi untuk memisahkan peralatan listrik dari peralatan lain atau instalasi lain yang bertegangan. PMS ini boleh dibuka atau ditutup hanya pada rangkaian jaringan yang tidak berbeban.
- Pemisah Tanah (Pisau Pentanahan/Pembumian): Berfungsi untuk mengamankan dari arus tegangan yang timbul sesudah saluran tegangan tinggi diputuskan atau induksi tegangan dari penghantar atau kabel lainnya. Hal ini perlu untuk keamanan bagi orang-orang yang bekerja pada peralatan instalasi.



Gambar 1 Pemisah (*Disconnecting Switch*)

3). Penempatan Posisi Pemisah

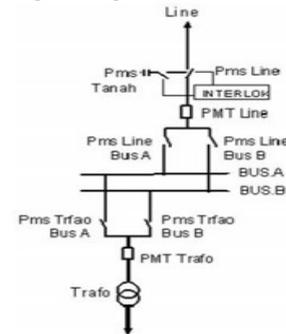
Sesuai dengan penempatannya di daerah mana Pemisah tersebut dipasang, PMS dapat dibagi menjadi:

- Pemisah Penghantar/Line*
Pemisah yang terpasang di sisi penghantar
- Pemisah Rel/Bus*
Pemisah yang terpasang di sisi rel
- Pemisah Kabel*
Pemisah yang terpasang di sisi Kabel
- Pemisah Seksi*

Pemisah yang terpasang pada suatu rel sehingga rel tersebut dapat terpisah menjadi dua seksi

e. Pemisah Tanah

Pemisah yang terpasang pada penghantar/*Line*/kabel untuk menghubungkan ke tanah



Gambar 2 *Single Line* Penempatan PMS

4). Komponen dan Fungsi Pemisah

Pemisah terdiri dari beberapa komponen yang masing-masing mempunyai fungsinya adalah sebagai berikut:

a. Dielektrik

Komponen subsistem pada peralatan pemisah adalah *dielektrik/isolator*. Isolator adalah alat yang berfungsi sebagai isolasi dan pemegang mekanis dari perlengkapan atau penghantar yang dikenai beda potensial. Jika isolator gagal dalam kegunaannya memisahkan antara dua saluran maupun saluran dengan pentanahan maka penyaluran energi tersebut akan gagal atau tidak optimal. Isolator berbentuk piringan-piringan yang terbuat dari bahan porselin atau komposit yang ukurannya disesuaikan dengan tegangan, jenis, ukuran penghantar, kekuatan mekanis dan konstruksi penopangnya.



Gambar 3 Isolator pada PMS

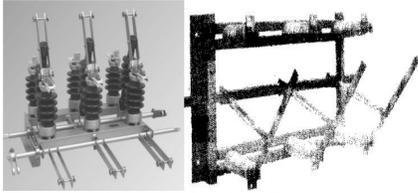
b. Primary

Subsistem primary merupakan bagian dari PMS yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menghantarkan/mengalirkan arus listrik. Subsistem primary terdiri dari dua bagian, yakni: terdiri dari pisau-pisau/Kontak PMS dan klem.

1. Pisau – pisau Kontak PMS

Macam-macam pisau pemisah berdasarkan gerakan lengan/pisau pemisahannya antara lain:

- Pemisah Engsel



Gambar 4 Pemisah Engsel

- Pemisah Putar

Dimana terdapat 2(dua) buah kontak diam dan 2(dua) buah kontak gerak yang dapat berputar pada sumbunya.



Gambar 5 Pemisah Putar

- Pemisah Siku

Pemisah ini tidak mempunyai kontak diam, hanya terdapat 2 (dua) kontak gerak yang gerakannya mempunyai sudut 90^0 .



Gambar 6 Pemisah Siku

- Pemisah Luncur

PMS ini gerakan kontaknya ke atas–ke bawah (vertikal) atau ke samping (horisontal). Banyak dioperasikan pada instalasi 20kV. Pada PMT 20kV type *draw-out* setelah posisi *Off* dan dilepas/dikeluarkan dari *Cubicle* maka pisau kontak penghubung dengan *Busbar* adalah berfungsi sebagai PMS.



Gambar 7 Pemisah Luncur

- 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 500kV.



Gambar 8 Pemisah Pantograph

5). Mekanik Penggerak

Memposisikan pisau/kontak PMS untuk membuka dan menutup yang terdiri dari Stang/Tuas Penggerak dan Tenaga Penggerak. Jenis tenaga penggerak PMS dapat dibedakan:

a. Secara Manual

Pengoperasian PMS ini (membuka /menutup) secara manual dengan memutar/ menggerakkan lengan PMS melalui fasilitas mekanik.



Gambar 9 PMS Penggerak Manual

b. Tenaga Penggerak dengan Motor

Pengoperasian PMS ini (membuka/menutup) dengan memutar/ menggerakkan lengan PMS melalui fasilitas penggerak dengan motor



Gambar 10 PMS Mekanik PMS dengan Penggerak Motor

c. Tenaga Penggerak Penuematik

Pengoperasian PMS ini (membuka/menutup) dengan memutar/ menggerakkan lengan PMS melalui fasilitas penggerak dengan pneumatik (tekanan udara).



Gambar 11 PMS Mekanik PMS Tekanan Udara

6). Pisau Pentanahan

Berfungsi untuk mentanahkan/membumikan tegangan induksi atau tegangan sisa sesudah jaringan diputus dari sumber tegangan. Pemisah tanah atau *Earth Switch* mempunyai sistem *interlock* dengan pemisah penghantar dimana jika pemisah dalam posisi masuk maka pemisah tanah posisi keluar, begitu pula sebaliknya.



Gambar 12 Pisau Pentanahan

7). Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Pemisah yang sedang beroperasi memiliki potensi mengalami kegagalan, gangguan/kerusakan. Penyebab dari kerusakan tersebut memiliki banyak kemungkinan. Setiap komponen pemisah memiliki potensi kerusakan/kegagalan fungsi yang akan mengarah kepada kerusakan/kegagalan dari seluruh sistem pemisah tersebut. Pola kerusakan pun memiliki banyak kemungkinan. Untuk mengetahui peluang kerusakan dari setiap komponen dan seperti apa jalur kerusakannya digunakanlah metoda *Failure mode Effect Analysis* (FMEA).

Adapun langkah dalam pembuatan *FMEA* ini adalah dengan mengelompokkan komponen pemisah berdasarkan fungsinya, tiap kelompok ini disebut *Subsystem*, yakni:

- Dielektrik
- Primary
- Drive Mechanism / Mekanik Penggerak
- Secondary
- Pisau Pentanahan

B. Alat Ukur Yang Digunakan

Adapun alat ukur yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1) Insulation Tester merk Megger, Tipe BM5200

Insulation Tester ini adalah alat ukur yang digunakan untuk pengukuran atau pengujian tahanan isolasi pada Pemisah. Prinsip kerjanya yaitu memberikan tegangan dari alat ukur ke isolasi peralatan sebesar 5kV, kemudian di ukur nilai arus bocornya.



Gambar 13 Insulation Tester merk Megger

2) OMICRON CPC 100 merk Programma

OMICRON CPC 100 adalah alat ukur yang digunakan untuk pengukuran atau pengujian tahanan kontak Pemisah. Cara Pengukuran dalam melakukan pengukuran atau pengujian tahanan kontak pada Pemisah, digunakan arus sebesar 100 A karena dibagi dengan angka 100 akan memudahkan dalam menentukan nilai tahanan kontak.



Gambar 14 OMICRON CPC 100 merk Programma

3) Earth Resistance Tester

Untuk mengukur tahanan pentanahan digunakan alat ukur tahanan pentanahan (*Earth Resistance Tester*). 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.



Gambar 15 Earth Resistance Tester

4) FLIR Tipe E5

FLIR Tipe E5 adalah alat ukur suhu atau *Thermovision Thermal Imaging* yang digunakan untuk memantau kondisi Pemisah saat berbeban. Dimana akan dilihat pola temperatur pada bagian – bagian Pemisah yang akan diukur. Terdapat 2(dua) macam pelaksanaan *Thermovision* yaitu pemeriksaan bagian klem dan pemeriksaan pada konduktor.



Gambar 14 OMICRON CPC 100 merk Programma

C. Perhitungan – perhitungan yang akan dilakukan

Adapun perhitungan – perhitungan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut

1) Perhitungan Arus Bocor

Pada perhitungan arus bocor ini adalah untuk mengetahui besar (nilai) kebocoran arus yang terjadi berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi dari titik ukur pada terminal atas dan ground.. Berikut rumus perhitungan arus bocor tahanan isolasi :

$$I_{(\text{bocor})} = V_{(\text{inject})} / R_{(\text{pengukuran})}$$

Keterangan :

I = Arus Bocor (mA)

V = Tegangan yg di inject dari alat pengukuran (V)

R = Tahanan Isolasi yang di ukur langsung (M Ω)

2) Perhitungan Rugi – rugi Daya

Perhitungan ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai rugi – rugi daya berdasarkan hasil dari pengukuran tahanan kontak pada pisau – pisau dan klem – klem PMS. Posisi PMS pada saat dilakukan pengujian adalah dalam keadaan close, didapatkan rumus sebagai berikut

$$P_{(\text{loss})} = I_{(\text{inject})}^2 / R_{(\text{pengukuran})}$$

Keterangan :

P = Rugi – rugi daya (Watt)

I = Arus yg di inject dari alat pengukuran (A)

R = Tahanan Isolasi yang di ukur langsung ($\mu\Omega$)

3) Perhitungan Selisih Suhu

Berdasarkan hasil pengujian pada komponen pemisah dengan thermovisi, evaluasi akan dilakukan apabila terdapat masalah atau persoalan yang timbul pada bagian atau komponen pada pemisah yang terindikasi dalam kondisi abnormal atau berbeda dari seharusnya, sehingga kesalahan ataupun indikasi adanya kerusakan bisa dihindari. Berikut hasil dan perhitungan selisih suhu antara klem dan konduktor berdasarkan pengukuran thermovisi pada PMS yaitu :

$$\Delta T = T_{\text{Klem}} - T_{\text{Konduktor}}$$

Keterangan :

ΔT = Selisih Suhu Klem dan Konduktor ($^{\circ}\text{C}$)

T_{Klem} = Suhu pada Klem (Sambungan) ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{\text{Konduktor}}$ = Suhu Pada Konduktor ($^{\circ}\text{C}$)

R = Tahanan Isolasi yang di ukur langsung ($\mu\Omega$)

II. DATA TEKNIS

Untuk jenis pemeliharaan Disconnecting Switch ini digunakan jenis pemeliharaan *Shutdown Measurement* dan *In Service Measurement* . Periode pemeliharaan *Shutdown Measurement* dilaksanakan setiap 2 tahun sedangkan untuk pemeliharaan *In Services Measurement* dilaksanakan setiap bulan. Pengujian untuk Disconnecting Switch yang dilakukan adalah mengukur tahanan isolasi, mengukur tahanan kontak, mengukur tahanan pentanahan dan pengukuran *Thermovision*.

A. 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*. Macam – macam pengujian *Shutdown Measurement* pada PMS yaitu :

1) Pengukuran Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi pemisah yaitu metode penilaian melalui alat ukur agar mendapatkan nilai tahanan isolasi pemisah antara *body (base plat)* yang ditanahkan dengan terminal utama tiap fasa. Pengujian tahanan isolasi dilaksanakan agar dapat mendeteksi dan menyadari secara dini nilai tahanan isolasi maupun kondisi isolasi/isolator pada pemisah.

Adapun hasil pengukuran tahanan isolasi dari peralatan PMS berdasarkan pemeliharaan pada tanggal 12 Juli 2021 diperoleh hasil sebagai berikut.

TABEL 1 HASIL PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI BAY LOPANA 1 TEGANGAN INJECT 5kV

No.	Line Lopana 1	Titik Ukur	Hasil Pengukuran ($G\Omega$)		
			Fasa R	Fasa S	Fasa T
1.	PMS Busbar A	Atas - Ground	5,1	15,5	26,7
2.	PMS Busbar B	Atas - Ground	5,2	14,7	26,2
3.	PMS Line	Atas - Ground	11,7	20,5	20,4

2) Pengukuran Tahanan Kontak

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.

Adapun hasil pengukuran tahanan kontak dari peralatan PMS berdasarkan pemeliharaan pada tanggal 12 Juli 2021 diperoleh hasil sebagai berikut.

TABEL 2 HASIL PENGUKURAN TAHANAN KONTAK BAY LOPANA 1 ARUS INJECT 100 A

No.	Line Lopana 1	Titik Ukur PMS	Hasil Pengukuran ($\mu\Omega$)		
			Fasa R	Fasa S	Fasa T
1.	PMS Busbar A	Pisau – pisau	72	88	90
		Klem – klem	36	108	41
2.	PMS Busbar B	Pisau – pisau	44	74	42
		Klem – klem	54	62	78
3.	PMS Line	Pisau – pisau	65	52	47
		Klem – klem	82	40	52

3) Pengukuran Tahanan 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*).

Adapun hasil pengukuran tahanan pentanahan dari peralatan PMS berdasarkan pemeliharaan pada tanggal 12 Juli 2021 diperoleh hasil sebagai berikut.

TABEL 3 HASIL PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN BAY LOPANA 1

No.	Line Lopana 1	Titik Ukur	Hasil Pengukuran (Ω)		
			Fasa R	Fasa S	Fasa T
1.	PMS Busbar A	Tahanan Pentanahan	0,93	0,93	0,93
2.	PMS Busbar B		0,93	0,93	0,93
3.	PMS Line		0,93	0,93	0,93

B. 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.

1) Pengukuran Suhu (*Thermovision*)

Metode *thermovision thermal imager* pada pemisah bertujuan untuk memantau kondisi pemisah saat berbeban. Dimana akan dilihat pola temperatur pada bagian-bagian pemisah yang akan diukur. Dari pola temperatur tersebut, akan dilihat bagian mana pada pemisah yang diukur tersebut yang terdapat ketidaknormalan. Dari hasil pengukuran tersebut akan dievaluasi kembali apa permasalahan yang terjadi pada bagian yang teridentifikasi mengalami ketidaknormalan tersebut, sehingga kerusakan yang fatal dapat dihindarkan.

Adapun hasil pengukuran Thermovisi dari peralatan PMS berdasarkan pemeliharaan pada tanggal 01 Maret 2022 diperoleh hasil sebagai berikut.

TABEL 4 HASIL PENGUKURAN THERMOVISION BAY LOPANA 1

No.	Objek/Instalasi	Suhu	
		Klem saat Shooting ($^{\circ}C$)	Konduktor saat Shooting ($^{\circ}C$)
PMS Busbar A Lopana 1			
1.	Fasa R	22,1	20,4
	Fasa S	22,2	20,3
	Fasa T	22,3	20,9
PMS Busbar B Lopana 1			
2.	Fasa R	22,1	20,6
	Fasa S	22,6	20,3
	Fasa T	21,9	20,4
PMS Line Lopana 1			
3.	Fasa R	22,5	15,1
	Fasa S	22,2	16,0
	Fasa T	22,4	17,3

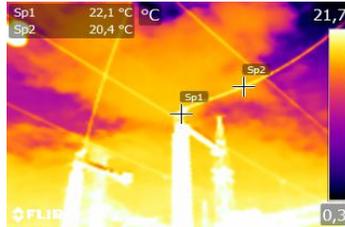
2) Gambar Pengukuran Suhu

Berikut adalah hasil gambar saat *Thermovisi* pada PMS Bay Lopana 1 dengan keterangan :

Sp1 : Klem PMS

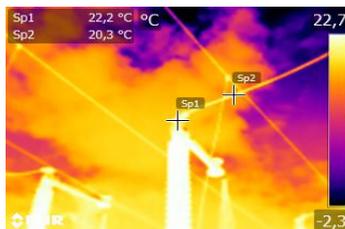
Sp2 : Konduktor PMS

- PMS Busbar A Lopana 1 Fasa R



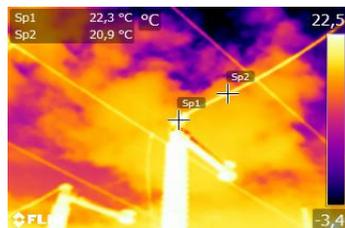
Gambar 15 Thermovision PMS

- PMS Busbar A Lopana 1 Fasa S



Gambar 16 Thermovision PMS

- PMS Busbar A Lopana 1 Fasa T



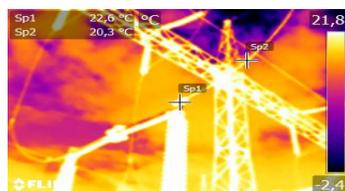
Gambar 17 Thermovision PMS

- PMS Busbar B Lopana 1 Fasa R



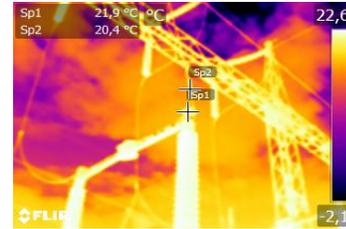
Gambar 18 Thermovision PMS

- PMS Busbar B Lopana 1 Fasa S



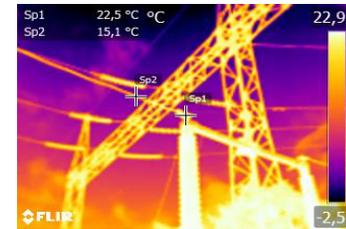
Gambar 19 Thermovision PMS

- PMS Busbar B Lopana 1 Fasa T



Gambar 20 Thermovision PMS

- PMS Line Lopana 1 Fasa R



Gambar 21 Thermovision PMS

- PMS Line Lopana 1 Fasa S



Gambar 22 Thermovision PMS

- PMS Line Lopana 1 Fasa T



Gambar 23 Thermovision PMS

III. ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Buku Pedoman Pemeliharaan, ada beberapa tahap untuk pemeliharaan pemisah. Namun, pada pembahasan tugas akhir kali ini hanya akan menggunakan 4 tahap pengujian dan perhitungan yaitu Pengujian Tahanan Isolasi, Pengujian Tahanan Kontak, Pengujian Tahanan Pentanahan, dan Pengujian Thermovisi. Perhitungan berikut ini dilakukan berdasarkan data hasil dari pengukuran langsung.

A. Perhitungan Arus Bocor

Berikut perhitungan kebocoran arus pada peralatan PMS 150kV Gardu Induk Otam tanggal 12 Juli 2021

berdasarkan hasil pengukuran tahanan isolasi yang telah diperoleh.

Perhitungan Arus Bocor titik Atas – Ground pada PMS Bay Lopana 1

- PMS Busbar A

$$\text{Fasa R : } I = \frac{V}{R} = \frac{5000 \text{ V}}{5100 \text{ M}\Omega} = 0,980 \text{ mA}$$

$$\text{Fasa S : } I = \frac{V}{R} = \frac{5000 \text{ V}}{15500 \text{ M}\Omega} = 0,322 \text{ mA}$$

$$\text{Fasa T : } I = \frac{V}{R} = \frac{5000 \text{ V}}{26700 \text{ M}\Omega} = 0,187 \text{ mA}$$

- PMS Busbar B

$$\text{Fasa R : } I = \frac{V}{R} = \frac{5000 \text{ V}}{5200 \text{ M}\Omega} = 0,961 \text{ mA}$$

$$\text{Fasa S : } I = \frac{V}{R} = \frac{5000 \text{ V}}{14700 \text{ M}\Omega} = 0,340 \text{ mA}$$

$$\text{Fasa T : } I = \frac{V}{R} = \frac{5000 \text{ V}}{26200 \text{ M}\Omega} = 0,190 \text{ mA}$$

- PMS Line

$$\text{Fasa R : } I = \frac{V}{R} = \frac{5000 \text{ V}}{11700 \text{ M}\Omega} = 0,427 \text{ mA}$$

$$\text{Fasa S : } I = \frac{V}{R} = \frac{5000 \text{ V}}{20500 \text{ M}\Omega} = 0,243 \text{ mA}$$

$$\text{Fasa T : } I = \frac{V}{R} = \frac{5000 \text{ V}}{20400 \text{ M}\Omega} = 0,245 \text{ mA}$$

TABEL 5 STANDAR DAN REKOMENDASI HASIL PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI

Peralatan yang diperiksa	Tegangan Operasi	Standar	REKOMENDASI
Isolator	150kV	1 M Ω / 1kV	Pembersihan isolator, perbaiki, ganti secepatnya

Sumber : Standard VDE (*catalogue 228/4*)

Dari data pengujian diatas menunjukkan bahwa disetiap fasa memiliki nilai ketahanan atau kemampuan isolasi yang berbeda. Nilai berbeda tersebut dipengaruhi dari kondisi pada masing-masing isolator. Jika pada isolator terdapat banyak debu atau kotoran maka akan sangat mempengaruhi kemampuan pada isolator tersebut. Angka hasil yang diperoleh saat pengukuran tahanan isolasi dibandingkan dengan batas pada tahanan isolasi seperti yang telah ditetapkan dalam buku pemeliharaan peralatan SE.032/PST/1984 yaitu: berdasarkan standard VDE (*catalogue 228/4*) angka terkecil atau nilai minimum tahanan isolasi saat suhu operasi dinilai “ 1 kilo Volt = 1 M Ω (Mega Ohm) “. Dengan kata lain 1 M Ω perlu mempunyai kapasitas mengisolasi tegangan sebanyak 1kV dan hasil perhitungan kebocoran arus disemua nilai yang diperoleh jauh dibawah nilai kebocoran arus yang diizinkan yaitu 1kV = 1 mA. Nilai Tahanan Isolasi PMS di Gardu Induk 150kV

Otam yang terkecil yaitu 5,1 G Ω sedangkan yang terbesar yaitu 26,7 G Ω , artinya material isolasi yang di uji masih dalam kondisi baik dan aman dan sesuai standar. Adapun arus bocor terkecil yaitu 0,187 mA dan arus bocor terbesar yaitu 0,980 mA.

Dari hasil pengujian tahanan isolasi dan perhitungan arus bocor yang telah diperoleh maka dapat dipastikan bahwa material isolasi yang diuji pada PMS tersebut masih dalam kondisi baik dan aman. Apabila setelah dilakukan pengujian kemudian dilakukan pembersihan dan perbaikan dan diuji kembali tetapi hasil yang diperoleh masih dibawah standar, maka disarankan untuk mengganti PMS tersebut dengan PMS yang baru dengan kemampuan isolasi yang lebih baik.

B. Perhitungan Rugi – rugi Daya

Berikut perhitungan rugi – rugi daya pada peralatan PMS 150kV Gardu Induk Otam tanggal 12 Juli 2021 berdasarkan hasil pengukuran tahanan kontak yang telah diperoleh

Perhitungan Rugi – rugi Daya pada PMS Bay Lopana 1

- PMS Busbar A (Pisau – pisau PMS)

Fasa R :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (7,2 \times 10^{-5} \Omega) = 0,72 \text{ Watt}$$

Fasa S :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (8,8 \times 10^{-5} \Omega) = 0,88 \text{ Watt}$$

Fasa T :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (9,0 \times 10^{-5} \Omega) = 0,90 \text{ Watt}$$

- PMS Busbar A (Klem – klem PMS)

Fasa R :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (3,6 \times 10^{-5} \Omega) = 0,36 \text{ Watt}$$

Fasa S :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (1,08 \times 10^{-4} \Omega) = 1,08 \text{ Watt}$$

Fasa T :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (4,1 \times 10^{-5} \Omega) = 0,40 \text{ Watt}$$

- PMS Busbar B (Pisau – pisau PMS)

Fasa R :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (4,4 \times 10^{-5} \Omega) = 0,44 \text{ Watt}$$

Fasa S :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (7,4 \times 10^{-5} \Omega) = 0,74 \text{ Watt}$$

Fasa T :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (4,2 \times 10^{-5} \Omega) = 0,42 \text{ Watt}$$

- PMS Busbar B (Klem – klem PMS)

Fasa R :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (5,4 \times 10^{-5} \Omega) = 0,54 \text{ Watt}$$

Fasa S :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (6,2 \times 10^{-5} \Omega) = 0,62 \text{ Watt}$$

Fasa T :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (7,8 \times 10^{-5} \Omega) = 0,78 \text{ Watt}$$

- PMS Line (Pisau – pisau PMS)

Fasa R :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (6,5 \times 10^{-5} \Omega) = 0,65 \text{ Watt}$$

Fasa S :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (5,2 \times 10^{-5} \Omega) = 0,52 \text{ Watt}$$

Fasa T :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (4,7 \times 10^{-5} \Omega) = 0,47 \text{ Watt}$$

- PMS Line (Klem – klem PMS)

Fasa R :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (8,2 \times 10^{-5} \Omega) = 0,82 \text{ Watt}$$

Fasa S :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (4,0 \times 10^{-5} \Omega) = 0,40 \text{ Watt}$$

Fasa T :

$$P = I^2 \times R = (100)^2 A \times (5,2 \times 10^{-5} \Omega) = 0,52 \text{ Watt}$$

TABEL 6 STANDAR DAN REKOMENDASI HASIL PENGUJIAN TAHANAN KONTAK

Peralatan yang diperiksa	Tegangan Operasi	Standar	REKOMENDASI
Pisau – pisau dan Klem PMS	150kV	< 500 $\mu\Omega$	Pembersihan, Perbaiki dan penggantian

Sumber : SKDIR 114.K/DIR/2010,2010, Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Penyaluran Tenaga Listrik - Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah No dokumen : 7-22/ HURLUR-PST/2009, PT PLN (Persero), Jakarta, Indonesia

Perbedaan yang terjadi antara nilai tahanan kontak di setiap Fasa R, S, dan T dapat disebabkan oleh beberapa macam hal antara lain seperti kebersihan kontak saat pengujian lalu kerapatan pada kontak saat pengukuran dan alat uji yang berbeda dapat mengakibatkan hasil nilai yang berbeda saat pengujian tahanan kontak. Nilai tahanan kontak pada pemisah diminimalisir seminimum mungkin, karna nilai tahanan kontak yang lebih kecil dapat menghasilkan rugi daya yang lebih minim. Nilai Tahanan Kontak PMS di Gardu Induk 150kV Otam yang terkecil yaitu 36 $\mu\Omega$ sedangkan yang terbesar yaitu 108 $\mu\Omega$. Dapat dilihat bahwa nilai rugi – rugi daya terkecil terdapat pada pisau – pisau PMS yaitu 0,36 Watt dan yang terbesar pada klem – klem PMS yaitu 1,08 Watt.

Dari perhitungan rugi-rugi daya yang telah dihitung maka mendapat hasil kerugian yang bisa dibilang kecil, hal ini dipengaruhi dari hasil pengujian tahanan kontak yang telah memenuhi standar. Karna semakin kecil nilai tahanan yang di peroleh maka semakin kecil juga rugi-rugi yang ditimbulkan

C. Perhitungan Selisih Suhu

Berikut perhitungan selisih suhu klem dan konduktor pada peralatan PMS 150kV Gardu Induk Otam tanggal 01 Maret 2022 berdasarkan hasil pengukuran thermovisi yg telah diperoleh.

Peerhitungan Selisih Suhu antara klem dan konduktor PMS Bay Lopana 1.

- PMS Busbar A

$$\text{Fasa R : } \Delta T = T_{\text{Klem}} - T_{\text{Konduktor}} = 22,1 \text{ }^\circ\text{C} - 20,4 \text{ }^\circ\text{C} = 1,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Fasa S : } \Delta T = T_{\text{Klem}} - T_{\text{Konduktor}} = 22,2 \text{ }^\circ\text{C} - 20,3 \text{ }^\circ\text{C} = 1,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Fasa T : } \Delta T = T_{\text{Klem}} - T_{\text{Konduktor}} = 22,3 \text{ }^\circ\text{C} - 20,9 \text{ }^\circ\text{C} = 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

- PMS Busbar B

$$\text{Fasa R : } \Delta T = T_{\text{Klem}} - T_{\text{Konduktor}} = 22,1 \text{ }^\circ\text{C} - 20,6 \text{ }^\circ\text{C} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Fasa S : } \Delta T = T_{\text{Klem}} - T_{\text{Konduktor}} = 22,6 \text{ }^\circ\text{C} - 20,3 \text{ }^\circ\text{C} = 2,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Fasa T : } \Delta T = T_{\text{Klem}} - T_{\text{Konduktor}} = 21,9 \text{ }^\circ\text{C} - 20,4 \text{ }^\circ\text{C} = 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

- PMS Line

$$\text{Fasa R : } \Delta T = T_{\text{Klem}} - T_{\text{Konduktor}} = 22,5 \text{ }^\circ\text{C} - 15,1 \text{ }^\circ\text{C} = 7,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Fasa S : } \Delta T = T_{\text{Klem}} - T_{\text{Konduktor}} = 22,2 \text{ }^\circ\text{C} - 16,0 \text{ }^\circ\text{C} = 6,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Fasa T : } \Delta T = T_{\text{Klem}} - T_{\text{Konduktor}} = 22,4 \text{ }^\circ\text{C} - 17,3 \text{ }^\circ\text{C} = 5,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

TABEL 7 STANDAR DAN REKOMENDASI HASIL PENGUJIAN TAHANAN KONTAK

No	Keterangan	Suhu ($^\circ\text{C}$)	Rekomendasi
1.	Batasan suhu klem terhadap konduktor	0 s/d 10	Kondisi baik
		>10 s/d 25	Ukur 1 bulan lagi
		>25 s/d 40	Rencanakan perbaikan
2.	Batasan suhu saat shooting	>40 s/d 70	Perbaikan segera
		>70	Darurat
		0 s/d 39	Kondisi baik
		> 40 s/d 69	Perbaikan segera
		>70	Darurat

Sumber : Buku PLN SK DIR 520 2014

Dari hasil perhitungan tersebut dapat menunjukkan beberapa kondisi tindakan dalam menentukan suhunya apakah temperatur tersebut masih dalam kondisi aman atau berbahaya yaitu, kondisi suhu klem saat *shooting* masih sesuai standar, kondisi suhu konduktor saat *shooting* masih sesuai standar dan selisih suhu klem terhadap konduktor masih sesuai standar. Kondisi – kondisi tersebut dapat sebagai acuan untuk bertindak lanjuti keadaan pada sambungan peralatan yang ada di gardu induk 150kV Otam, sehingga dapat meminimalisir kerusakan yang akan terjadi di peralatan gardu induk. Hasil pengukuran di atas dapat diketahui bahwa kondisi klem dan konduktor pada kontak maupun terminal pada pemisah masih baik, karena suhu klem saat *shooting* kurang dari 30 $^\circ\text{C}$ dan selisih suhu belum melebihi 10 $^\circ\text{C}$. Rekomendasi di atas berdasarkan dari PLN SK DIR 520 2014. Untuk suhu klem tertinggi yaitu 22,6 $^\circ\text{C}$, untuk suhu konduktor tertinggi yaitu 20,9 $^\circ\text{C}$, dan selisih suhu klem dan konduktor tertinggi yaitu 7,4 $^\circ\text{C}$.

Adapun penyebab terdapat perbedaan nilai suhu antara klem saat *shooting* dengan konduktor saat *shooting* antara lain yaitu luas penampang yang berbeda antara klem dengan konduktor lalu kebersihan atau kendornya klem ataupun konduktor bisa jadi penyebab mengapa terdapat perbedaan nilai klem saat *shooting* dengan konduktor saat *shooting*.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan kalkulasi dan penguraian dari hasil data, angka dan teori yang didapat dan berkesinambungan dengan analisis pengujian unjuk kerja pemisah di gardu induk 150kV Otam bisa disimpulkan seperti berikut.

- 1) Keadaan atau kondisi peralatan pemisah dapat dikategorikan dengan baik karena tidak ada kerusakan dari hasil pengecekan kondisi fisik peralatan pemisah.
- 2) Nilai Tahanan Isolasi PMS di Gardu Induk 150kV Otam yang terkecil yaitu 5,1 G Ω sedangkan yang terbesar yaitu 26,7 G Ω , artinya material isolasi yang di uji masih dalam kondisi baik dan aman sesuai standar. Adapun arus bocor terkecil yaitu 0,187 mA dan arus bocor terbesar yaitu 0,980 mA
- 3) Nilai Tahanan Kontak PMS di Gardu Induk 150kV Otam yang terkecil yaitu 36 $\mu\Omega$ sedangkan yang terbesar yaitu 108 $\mu\Omega$. Dapat dilihat bahwa nilai rugi – rugi daya terkecil terdapat pada pisau – pisau PMS yaitu 0,36 Watt dan yang terbesar pada klem – klem PMS yaitu 1,08 Watt
- 4) Nilai Tahanan Pentanahan terbesar peralatan PMS di Gardu Induk 150kV Otam adalah 0,93 Ω . Angka yang tercantum masih sesuai dengan standar yang di tentukan yakni < 1 Ohm
- 5) Nilai suhu hasil Thermovisi di Gardu Induk 150kV Otam masih terbilang normal karena nilai suhu klem dan konduktor saat *shooting* tidak lebih dari 30 °C dan selisih suhu klem terhadap konduktor tidak lebih dari 10 °C dimana, untuk suhu klem tertinggi yaitu 22,6 °C, untuk suhu konduktor tertinggi yaitu 20,9 °C, dan selisih suhu klem dan konduktor terbesar yaitu 7,4 °C
- 6) Setelah melakukan pengujian dan perhitungan dari Tahanan Isolasi, Tahanan Kontak, Tahanan Pentanahan, dan Thermovisi mendapatkan hasil yang telah memenuhi standar, maka dari itu pengujian unjuk kerja dari *Disconnecting Switch* / Pemisah di Gardu Induk 150kV Otam dapat melaksanakan atau melakukan pengoperasian dengan normal atau dikatakan masih layak di pakai

B. Saran

- 1) *Disconnecting Switch* / Pemisah memang masih mampu melindungi atau memisahkan peralatan dari yang bertegangan dan yang tidak bertegangan, tetapi kegagalan – kegagalan yg tidak diharapkan bisa saja terjadi. Untuk itu, perlu untuk melakukan pengecekan atau pengujian terhadap Pemisah secara rutin sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan agar dapat memastikan umur komponen supaya lebih lama dan unjuk kerja yang lebih baik dan normal sesuai dengan fungsinya.
- 2) Tetap memperhatikan K3 / peralatan *Safety* agar pada saat pemeliharaan, tidak terjadi sesuatu yang tidak diinginkan dan juga pemeliharaan terlaksana dengan aman

V. KUTIPAN

- [1] Ariyanto, Eri and , Agus Supardi, S.T., M.T (2019) *Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi dan Keserempakan Pemutus Tenaga 150kV Bay Palur 1 dan Palur 2 Gardu Induk Gondangrejo*. Skripsi thesis, Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [2] Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah No dokumen : NO.0520-2.K/DIR/2014, PT PLN (Persero), Jakarta. Indonesia.
- [3] Buku Pemeliharaan Peralatan Utama Gardu Induk (PMT , PMS dan LA), PT PLN (Persero) Pusdiklat, 2009
- [4] Dewa ardhika randi. 2020. *EVALUASI HASIL PEMELIHARAAN PEMISAH DI GARDU INDUK 150kV GONDANGREJO*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [5] FLIR *Thermovisionon, Manual Instruction Book and www.flir.com*
- [6] Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) no 0520-2.K/DIR/2014
- [7] Maulana, Agung & Martiningsih, Wahyuni. *Analisa Kinerja Disconnecting Switch (PMS) Pada Bay Pucam 2 Gardu Induk 150kV Gorda ULTG Suralaya*
- [8] Novalin, Shintauli Theresia & Hidayat, Rahmat. (2021). *Analisa Pengujian Tahanan Kontak Disconnecting Switch atau PMS Terhadap Rugi Daya Penghantar di Gardu Induk Telukjambe. Jurnal Electro Luceat*
- [9] Putra, Roni Rhamadani. (2018). *Thermovisi Dalam Melihat Hotpoint Pada Gardu Induk 150kV Palur*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [10] Shagawari, Alfa & Tumaliang, Hans & Tulung, Novi. *Analisa Kinerja Circuit Breaker Saat Gangguan Pada Sisi 70kV Gardu Induk Teling. Jurnal Teknik Elektro*
- [11] SKDIR 114.K/DIR/2010, 2010, *Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Penyaluran Tenaga Listrik - Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah* No dokumen : 7-22/ HARLUR-PST/2009, PT PLN (Persero), Jakarta. Indonesia
- [12] Standard VDE, *Catalogue 228/4*

TENTANG PENULIS



Mohammad Arnata A. Gonibala anak pertama dari pasangan suami istri (Ayah) Sony L. Gonibala, S.T dan (Ibu) Tiwy Lomamay, S.Sos. Lahir di Kotamobagu pada tanggal 25 Oktober 1999. Penulis menempuh pendidikan pertama di Sekolah Dasar Negeri 1 Matali pada Tahun 2005 sampai 2011, setelah itu masuk ke Sekolah

Menengah Pertama Negeri 2 Kotamobagu pada tahun 2011 sampai 2014, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Kejuruan Cokroaminoto Kotamobagu pada tahun 2014 sampai 2017 dengan menempuh kompetensi Teknik Komputer dan Jaringan. Sekarang penulis telah menyelesaikan pendidikan di Universitas Sam Ratulangi. Selama Menempuh Pendidikan di Universitas Sam Ratulangi penulis juga melaksanakan kegiatan non-akademik kerja praktek di PT Jago Elfah Anugerah (JEA) selama 2 bulan saat menjadi mahasiswa.