



FEASIBILITY ANALYSIS OF 20 KV CIRCUIT BREAKER USING INSULATION RESISTANCE, CONTACT RESISTANCE, AND SYNCHRONIZATION TESTING AT SERPONG SUBSTATION

ANALISIS KELAYAKAN PEMUTUS TENAGA 20 KV DENGAN PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI, TAHANAN KONTAK DAN KESEREMPAKAN DI GARDU INDUK SERPONG

Gilang Ramadan

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

E-mail: gilangsud73@gmail.com

ARTICLE INFO

Correspondent:

Gilang Ramadan

gilangsud73@gmail.com

Key words:

PMT 20 kV, Insulation Resistance, Contact Resistance, Simultaneity, Substation

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Page: 322 - 336

ABSTRACT

In the effort to provide reliable and efficient electrical energy, which can distribute electrical power continuously and of good quality, the role of the power breaker (PMT) is required. PMT is a switch that is useful for connecting and/or disconnecting electric current if there is a disruption in the electric power distribution system automatically. Damage to the PMT has quite a big influence on the operation of the electric power system. For this reason, it is necessary to carry out PMT feasibility testing periodically so that it can meet operating standards. This research aims to analyze the results of testing for insulation resistance, contact resistance and simultaneity at the 20 kV PMT at the Serpong Main Substation during the 2020-2023 period. The method used uses an insulation tester for insulation resistance, a Micro Ohm Meter for contact resistance. Simultaneity testing is carried out with a Circuit Breaker Analyzer. The results showed that PMT Pam 2, Molotov, and Lithium had good performance in insulation resistance testing. PMT Pam 2 and Molotov show a significant increase in insulation resistance values after the maximum cleaning process, while PMT Lithium shows high and consistent values from 2020 to 2023. The contact resistance of the three PMTs also meets the established standards, with stable values every year. Simultaneity testing showed the Pam 2 PMT required improvements to improve its unison performance, while the Molotov and Lithium PMTs met established standards. PMT 20 kV Pam 2, Molotov, and Lithium are suitable for operation based on the results of tests for insulation resistance, contact resistance, and simultaneity during the 2020-2023 period. Recommendations for improvements to PMT Pam 2 regarding simultaneity performance. The results of this research contribute to ensuring the reliability of the 20 kV electric power system at the main substation.

Copyright ©2025 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL

Koresponden

Gilang Ramadan
gilangsud73@gmail.com

Kata kunci:

PMT 20 kV, Tahanan Isolasi, Tahanan Kontak, Keserempakan, Gardu Induk

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Hal: 322 - 336

ABSTRAK

Dalam usaha penyediaan energi listrik yang handal dan efisien, yang dapat menyalurkan tenaga listrik secara kontinuitas dan berkualitas yang baik diperlukan peranan dari pemutus tenaga (PMT). PMT merupakan saklar yang berguna untuk menghubungkan dan atau memutuskan arus listrik apabila terjadi gangguan pada sistem penyaluran tenaga listrik secara otomatis. Kerusakan pada PMT memiliki pengaruh yang cukup besar dalam pengoperasian sistem tenaga Listrik. Untuk itu perlu dilakukan pengujian kelayakan PMT secara berkala agar dapat memenuhi standar operasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak, dan keserempakan pada PMT 20 kV di Gardu Induk Serpong selama periode tahun 2020-2023. Metode yang digunakan menggunakan alat ukur insulation tester untuk tahanan isolasi, Micro Ohm Meter untuk tahanan kontak. Pengujian keserempakan dilakukan dengan Circuit Breaker Analyzer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PMT Pam 2, Molotov, dan Lithium memiliki kinerja yang baik dalam pengujian tahanan isolasi. PMT Pam 2 dan Molotov menunjukkan peningkatan signifikan pada nilai tahanan isolasi setelah proses pembersihan maksimal, sementara PMT Lithium menunjukkan nilai yang tinggi dan konsisten dari tahun 2020 hingga 2023. Tahanan kontak dari ketiga PMT juga memenuhi standar yang ditetapkan, dengan nilai yang stabil setiap tahunnya. Pengujian keserempakan menunjukkan PMT Pam 2 memerlukan perbaikan untuk meningkatkan kinerja keserempakannya, sementara PMT Molotov dan Lithium memenuhi standar yang ditetapkan. PMT 20 kV Pam 2, Molotov, dan Lithium layak untuk dioperasikan berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak, dan keserempakan selama periode 2020-2023. Rekomendasi perbaikan pada PMT Pam 2 terkait kinerja keserempakan. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi dalam memastikan keandalan sistem tenaga listrik 20 kV di Gardu Induk.

Copyright ©2025 JSCR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Kehidupan pada zaman modern ini sangat bergantung pada tenaga listrik, kebutuhan akan tenaga listrik baik di daerah perkampungan maupun di daerah perkotaan dijadikan kebutuhan utama karena hampir semua peralatan penunjang kebutuhan sehari-hari membutuhkan tenaga listrik (Anjastama, 2020)

Distribusi tenaga listrik sangat penting untuk menjaga kestabilan dalam penyaluran tenaga listrik dari sistem pembangkitan ke transmisi lalu disalurkan ke distribusi agar sampai ke konsumen atau pusat beban, dengan memastikan agar tidak terjadinya gangguan, mutu dan keselamatan alat, masyarakat dan pekerja (Anjastama, 2020)

Dalam usaha penyediaan energi listrik yang handal dan efisien, yang dapat menyalurkan tenaga listrik secara kontinuitas dan berkualitas yang baik diperlukan peranan dari Gardu Induk (GI) untuk mengatur kebutuhan beban tenaga listrik serta sebagai pusat pengaman komponen-komponen sistem tenaga listrik di satu wilayah tertentu yang terjadi gangguan (Anwar, 2019)

Sebuah alat atau bagian yang disebut pemutus tenaga (PMT) dipasang di setiap Gardu Induk. PMT adalah saklar yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus listrik jika terjadi gangguan pada sistem penyaluran tenaga listrik (Ariyanto, 2019)

Sangat mungkin terjadi gangguan selama proses penyaluran tenaga listrik, baik internal maupun eksternal. Gangguan – gangguan internal yang terjadi biasanya berasal dari peralatan itu sendiri seperti kegagalan isolasi, kebocoran arus, arus lebih, ledakan pada PMT 20 kV yang disebabkan oleh tikus masuk kedalam kubikel dan sebagainya. Sementara gangguan eksternal di akibatkan dari kondisi alamiah seperti kabel SUTM yang terkena pohon, kabel bawah tanah yang tergeruk oleh excavator, surja petir dan lain-lain (Ilham, 2022)

Gangguan adalah ketidaknormalan pada sistem penyaluran tenaga listrik yang menyebabkan terbukanya PMT. Pada sistem penyaluran tenaga listrik gangguan bisa terjadi dimana saja, maka dari itu diperlukan sistem proteksi yang baik agar dapat mengidentifikasi serta memisahkan bagian yang terganggu dengan bagian lainnya secepat mungkin (Prakoso, 2024)

Jika PMT 20 kV tidak berfungsi pada saat terjadi gangguan kemudian akan menyebabkan kerusakan pada peralatan lain. Selain itu, kita dapat mengatakan bahwa sistem penyaluran listrik dibagi menjadi bagian-bagian yang dibatasi oleh PMT 20 kV. Kerusakan pada PMT 20 kV pasti akan menghambat proses penyaluran energi listrik ke konsumen, yang akan menyebabkan kerugian yang sangat besar. Oleh karena itu, untuk memastikan bahwa kualitas dan kontinuitas tenaga listrik tetap handal dan efisien, peralatan listrik (PMT) harus dirawat atau diuji secara berkala (Ariyanto, 2019)

Sangat penting untuk melakukan pengujian kinerja PMT, terutama untuk mengetahui apakah PMT berfungsi dengan baik saat digunakan. Pengujian kinerja PMT ini menguji tahanan kontak, isolasi, dan keserempakan. Diharapkan bahwa pengujian ini dapat mencegah kegagalan fungsi yang dapat menyebabkan kerusakan PMT dan komponen Gardu Induk lainnya (Sri Hartanto, 2023)

Pengujian ini dilakukan sebagai langkah pencegahan untuk mengetahui lebih awal jika peralatan memiliki kemampuan diambang batas atau hampir tidak layak operasi karena memiliki nilai pengukuran yang tidak sesuai standar. Hal ini dilakukan untuk menjaga kondisi sistem dan mencegah gangguan yang disebabkan oleh kondisi peralatan yang buruk (Satriani Said Akhmad, 2021)

Oleh sebab itu, dilakukan penelitian terhadap hasil pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan PMT 20 kV pada Gardu Induk Serpong untuk melihat kinerja dari PMT, serta membahas nilai perbandingan hasil uji dari PMT dari tahun 2020 sampai dengan 2023.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan pada Gardu Induk Serpong, Jl. Raya Serpong, Muncul, Kec. Setu, Kota Tangerang Selatan, Banten. Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2023 hingga Juli 2023 untuk mengetahui kelayakan pengoperasian PMT 20kV dengan membandingkan hasil pengujian tahun 2020 dan 2023.



Gambar 1. Lokasi Gardu Induk Serpong

Adapun pengujian yang dilakukan pada 3 PMT 20kV menggunakan pabrikan dari ABB, Siemens, dan EGA. Adapun Data sheet dari 3 PMT tersebut yaitu:

1. PMT PAM 2 (ABB)

Tabel 1. Data Sheet PMT Pam 2 (Schneider)

Merk	SCHNEIDER
Type	HVX24-25-12E210
No. Seri	V-009540/20/59/2013
Pembuatan	2013
Standar	IEC 62271
Nilai Arus	630 A
Nilai Tegangan	24 kV
Frekuensi	50 Hz
Tegangan Impuls Petir	125 kV
Ketahanan Arus Hubung Singkat	25 kA
Durasi Hubung Singkat	4 s

2. PMT Molotov (Siemens)

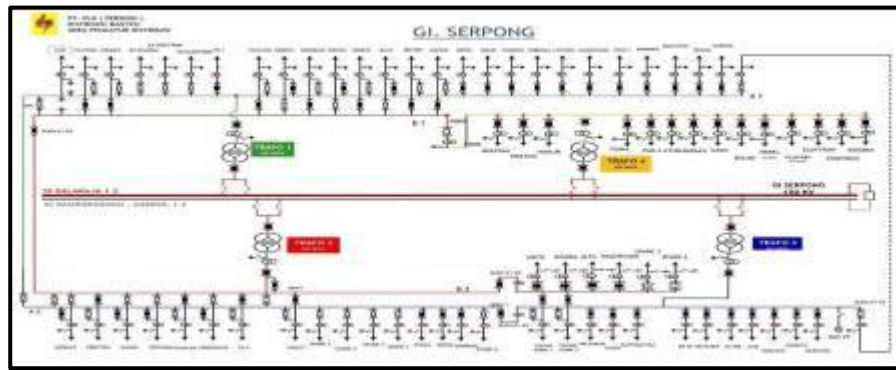
Tabel 2. Data Sheet PMT Molotov (Siemens)

Merk	SIEMENS
Type	3AH5272-2
No. Seri	3AH52/00008391
Pembuatan	2009
Standar	IEC 62271
Nilai Arus	1250 A
Nilai Tegangan	24 kV
Frekuensi	50 Hz
Tegangan Impuls Petir	125 kV
Ketahanan Arus Hubung Singkat	25 kA
Durasi Hubung Singkat	3 s

3. PMT Lithium (EGA)

Tabel 3. Data Sheet PMT Lithium (EGA)

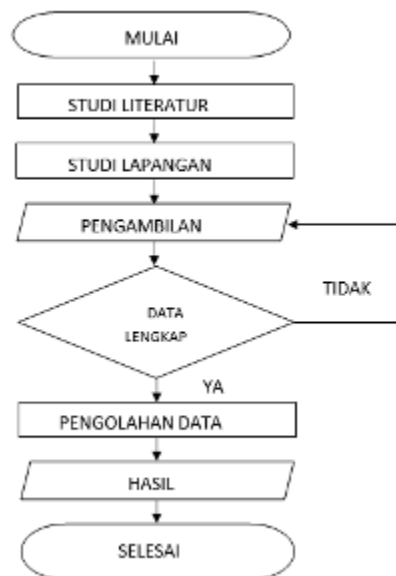
Merk	EGA
Type	Cakra
No. Seri	0023.19.135
Pembuatan	2019
Standar	IEC 62271
Nilai Arus	630 A
Nilai Tegangan	24 kV
Frekuensi	50 Hz
Tegangan Impuls Petir	125 kV
Ketahanan Arus Hubung Singkat	25 kA
Durasi Hubung Singkat	1 s



Gambar 2. Single Line Diagram Gardu Induk Serpong

METODE PENELITIAN

Berikut diagram alur dari prosedur penelitian yang telah dilakukan :



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

Penjelasan:

1. Mulai: Tahapan memulai penelitian.
2. Studi literatur: Proses mencari referensi dari buku pedoman kubikel dan jurnal yang berkaitan dengan tugas akhir.
3. Studi lapangan: Proses observasi pada PMT 20 kV dan pengenalan pada alat uji yang akan digunakan.
4. Pengambilan data: Proses pengambilan data hasil uji dari 2020 sampai dengan 2022 melihat hasil pada catatan PLN, dan hasil 2023 menggunakan hasil alat uji tahanan isolasi, tahanan kontak, dan *circuit breaker analyzer*. Apabila data masih belum lengkap kembali mengumpulkan data yang masih belum lengkap.
5. Pengolahan data: Tahap melakukan pengolahan data – data seperti hasil uji PMT apakah sudah sesuai dengan standar yang berlaku pada hasil uji antara tahun 2020 sampai dengan 2023.
6. Hasil: Menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan.
7. Selesai : Ketika semua analisa dan penelitian telah dilakukan.

Bahan dan Alat

Adapun Komponen, Bahan dan Alat serta yang digunakan untuk menganalisa dan mengolah data pemutus tenaga (PMT) dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop

Sebagai alat untuk membuat laporan skripsi, merangkum data - data observasi.



Gambar 4. Laptop

2. Tahanan Isolasi merk Chauvin Arnoux 6555

Batasan tahanan isolasi PMT kubikel menurut standar VDE (katalog 228/4) dan SK DIR 114 minimum besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung 1 kilo Volt = 1 M Ω (Mega Ohm) dengan catatan 1 KV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA.



Gambar 5. Tahanan Isolasi merk Chauvin Arnoux 6555

[illegible]

Gambar 6. Data Sheet Tahanan Isolasi Chauvin Arnoux 6555

3. Tahanan Kontak merk Vanguard DMOM 200-s3

Pengukuran tahanan kontak PMT dilakukan pada saat posisi *close*, dengan menggunakan alat ukur *Micro Ohm Meter*. Ketentuan arus yang digunakan pada saat mengukur besarnya tahanan kontak PMT yaitu: 100 A, 200 A, 300 A. Nilai tahanan kontak PMT kubikel yang normal harus (acuan awal) disesuaikan dengan petunjuk/manual dari masing-masing pabrikan PMT kubikel.

Adapun standar: R (*resistansi*) ≤ 120 % nilai pabrikan atau $\leq 40\mu$ Ohm per sambungan (*Standar IEC62271 & IEC 60694*), dan standar PLN $\leq 200\mu$ Ohm.



Gambar 7. Tahanan Kontak merk Vanguard DMOM 200-s3

DMOM-200 S3 technical specifications			
physical specifications	Dimensions: 18" W x 7" H x 15" D (45.7 cm x 17.8 cm x 38.1 cm) Weight: 15.8 lbs (7.1 kg)	input power	100 - 240 VAC, 50/60 Hz
resistance reading range	1 micro-ohm to 5 ohms (max 10 milliohms @ 200A and 5 ohms @ 1A)	test current range	1A - 200A (selectable in 1A steps) thermally protected DC power supply
resolution	0.1 $\mu\Omega$ - 999.9 $\mu\Omega$ @ 1A 10.00 m Ω - 99.99 m Ω @ 1A 1.000 m Ω - 9.999 m Ω @ 1A 100.0 m Ω - 999.9 m Ω @ 1A		
typical accuracy	±0.5% of reading + 0.05% FS at test current of 10-200A		
display	backlit LCD screen (28 x 4 pixels) immutable in bright sunlight and low-light levels		
internal test record storage	128 test records. Each record can contain up to 64 readings		
pc software	Windows® based analysis software is included with purchase price		
safety	designed to meet IEC 61010 (1995), IEC 60384-4, and IEC 61010-2 standards		
temperature	Operating: -30°C to +50°C (+10°F to +122°F) Storage: -30°C to +70°C (-22°F to +158°F)		
cables	30 ft (9.1 m) 40 AWG test cables, power cord, ground cable, RS-232C cable		
options	shipping case, C-clamp set, hand spike set, dual ground system		
	keypad	suggested 44-key "QWERTY" membrane keypad	
	external test record storage	up to 999 test records on external USB flash drive	
	computer interfaces	one RS-232C PC interface, one USB flash drive interface	
	printer	built-in 2.5" wide thermal printer	
	humidity	90% RH @ 40°C (104°F) non-condensing	
	altitude	2,000 m (6,562 ft) to full safety specifications	
	warranty	one year on parts and labor	

Gambar 8. Data Sheet Tahanan Kontak Vanguard DMOM 200-s3

4. Circuit Breaker analyzer merk DV POWER CAT-H

Pengujian keserempakan PMT bertujuan untuk memastikan PMT dapat bekerja dengan cepat saat adanya arus gangguan yang melewati penyulang akan langsung trip (*open*), sehingga komponen tidak akan rusak karna arus gangguan, dan cepat untuk pengoperasian *close*-nya kembali. Jika nilai pengukurannya semakin kecil, maka semakin baik.

Pada saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, diharapkan PMT bekerja dengan cepat. *Clearing Time* sesuai dengan standar SPLN No. 52-1 1983 untuk sistem dengan tegangan 20 kV adalah ≤ 50 ms dan $\Delta t \leq 2$ ms. Toleransi perbedaan waktu antar fasa R, S, dan T saat PMT beroperasi (*open/close*) ditentukan dengan melihat nilai Δt yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antar fasa R, S, dan T.



Gambar 9. Circuit Breaker analyzer merk DV POWER CAT-H



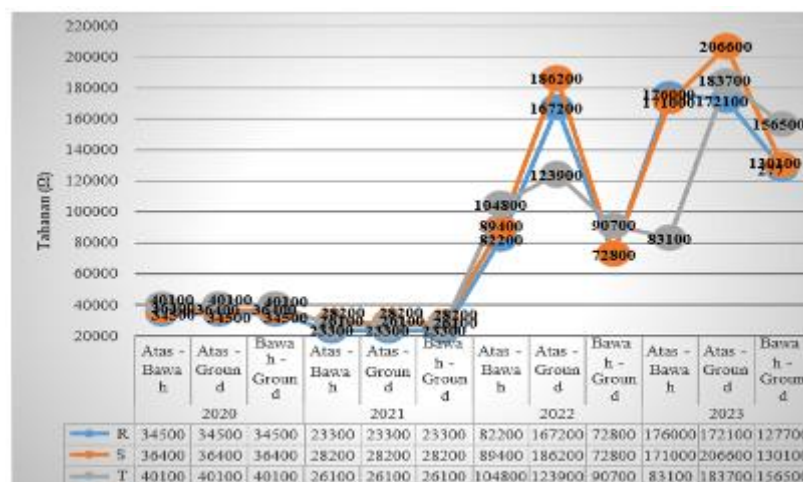
Gambar 10. Data Sheet Circuit Breaker analyzer DV POWER CAT-H

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Hasil Uji PMT Terhadap Tahanan Isolasi Tahun 2020-2023

Data yang dihasilkan pada pengujian PMT terhadap tahanan isolasi dari tahun 2020 – 2023 akan digabungkan dalam satu diagram pengujian pada ke tiga PMT 20kV, dan hasilnya sebagai berikut:

1. PMT Pam 2

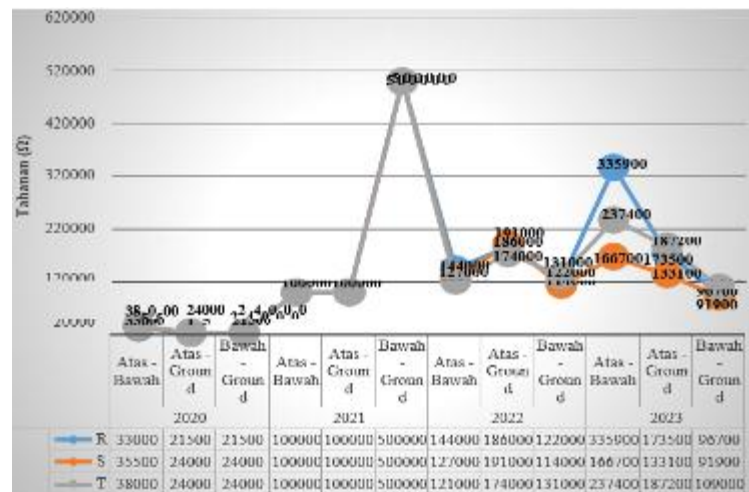


Gambar 11. Diagram Hasil Uji PMT pam 2 Terhadap Tahanan Isolasi Tahun 2020 – 2023

Gambar 11 menunjukkan diagram hasil uji tahanan isolasi yang diperoleh PMT Pam 2 tahun 2020 – 2023 yang menggunakan alat ukur *insulation tester*. Pada tahun 2020 dan 2021 nilai hasil uji mendekati standar yang berlaku yaitu 1 kV = 1 M Ω , hasil tersebut terbilang rendah dikarenakan PMT masih kotor atau pembersihan pada PMT kurang maksimal, namun hasil tersebut masih layak dioperasikan, dan pada tahun 2022 dan 2023 nilai hasil uji sangat tinggi dan jauh dari standar yang ditentukan hal tersebut dikarenakan PMT dibersihkan dengan maksimal dan penggunaan alat uji yg baik dan benar. Dan persentase hasil uji tahanan isolasi PMT Pam 2 tahun 2020 – 2023 mengalami kenaikan persentase yang signifikan tiap tahunnya dengan mengambil nilai

rata-rata persentase pada setiap kontak atas – bawah : 103%, atas – ground : 180%, dan bawah – ground : 88%.

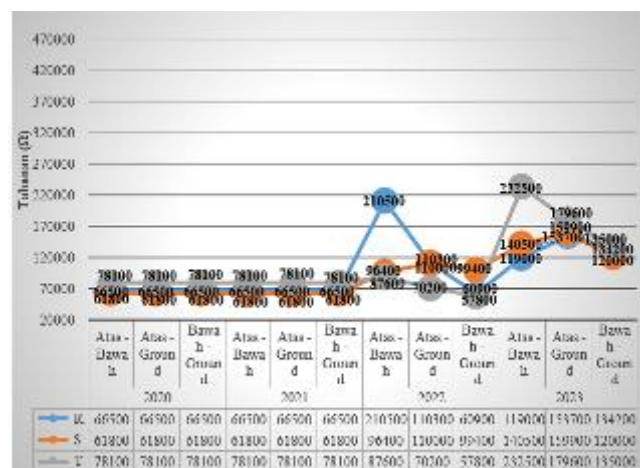
2. PMT Molotov



Gambar 12. Diagram Hasil Uji PMT Molotov Terhadap Tahanan Isolasi Tahun 2020 - 2023

Gambar 12 menunjukkan diagram hasil uji tahanan isolasi yang diperoleh PMT Molotov tahun 2020 - 2023 yang menggunakan alat ukur *insulation tester*. Pada tahun 2020 nilai hasil uji mendekati standar yang berlaku yaitu $1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$, hasil tersebut terbilang rendah dikarenakan PMT masih kotor atau pembersihan pada PMT kurang maksimal, namun hasil tersebut masih layak dioperasikan, dan pada tahun 2021, 2022 dan 2023 nilai hasil uji sangat tinggi dan jauh dari standar yang ditentukan hal tersebut dikarenakan PMT dibersihkan dengan maksimal dan penggunaan alat uji yg baik dan benar. Dan persentase hasil uji tahanan isolasi PMT Molotov tahun 2020 - 2023 mengalami kenaikan persentase yang signifikan tiap tahunnya dengan mengambil nilai rata-rata persentase pada setiap kontak atas – bawah : 113%, atas – ground : 84%, dan bawah – ground : 59%.

3. PMT Lithium



Gambar 13. Diagram Hasil Uji PMT Lithium Terhadap Tahanan Isolasi Tahun 2020 - 2023

Gambar 13 menunjukkan diagram hasil uji tahanan isolasi yang diperoleh PMT Lithium tahun 2020 - 2023 yang menggunakan alat ukur *insulation tester*. Pada tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023 mendapatkan nilai hasil uji yang tinggi dan jauh dari standar yang berlaku yaitu $1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$ hal tersebut dikarenakan PMT dibersihkan dengan maksimal dan penggunaan alat uji yg baik dan benar. Dan persentase hasil uji tahanan

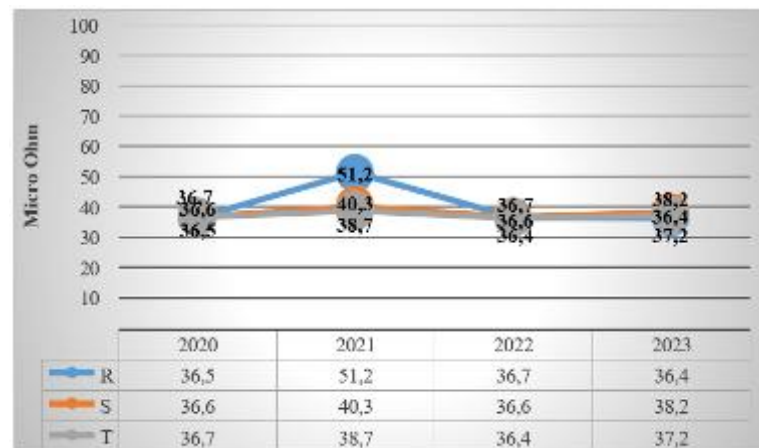
isolasi PMT Lithium tahun 2020 – 2023 mengalami kenaikan persentase yang signifikan signifikan tiap tahunnya dengan mengambil nilai rata-rata persentase pada setiap kontak atas – bawah: 60%, atas – ground: 35%, dan bawah – ground : 21%.

Perbandingan Hasil Uji PMT Terhadap Tahanan Kontak Tahun 2020 - 2023

Data yang dihasilkan pada pengujian PMT terhadap tahanan kontak dari tahun 2020 – 2023 akan digabungkan dalam satu diagram pengujian pada ke tiga PMT

20kV, dan hasilnya sebagai berikut:

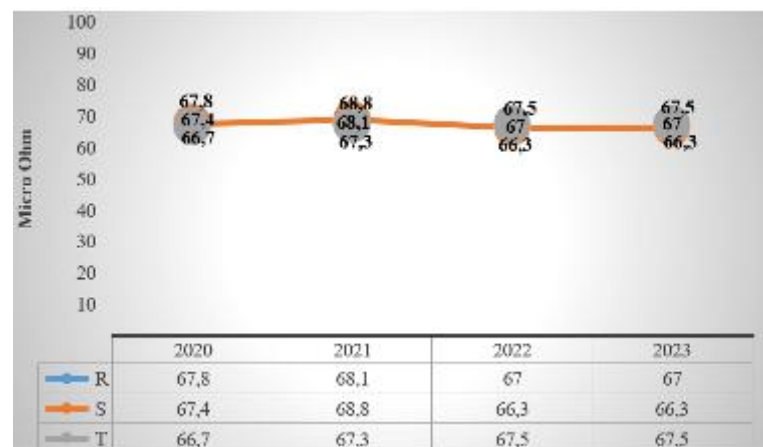
1. PMT Pam 2



Gambar 14. Diagram Hasil Uji PMT Pam 2 Terhadap Tahanan Kontak Tahun 2020 – 2023

Gambar 14 menunjukkan diagram hasil uji tahanan kontak yang diperoleh PMT Pam 2 tahun 2020 – 2023 yang menggunakan alat ukur *Micro Ohm Meter*, berdasarkan standar yang dipakai yaitu R (*resistansi*) ≤ 120 % nilai pabrik atau $\leq 40\mu$ Ohm per sambungan (*Standar IEC62271 & IEC 60694*), dan standar PLN $\leq 200\mu$ Ohm. Hasil uji yang diperoleh tidak jauh berbeda dan rata – rata nilainya $38,4\mu\Omega$ setiap tahunnya, dan masih dibawah standar yang ditentukan, hasilnya kondisi PMT masih dalam keadaan yang baik dan layak dioperasikan. Adapun hasil uji tahanan kontak berbeda setiap tahun dikarenakan faktor dari kurang kencang/kendur antar sambungan, kurang maksimalnya pembersihan pada PMT, dan usia pemakaian PMT tersebut.

2. PMT Molotov

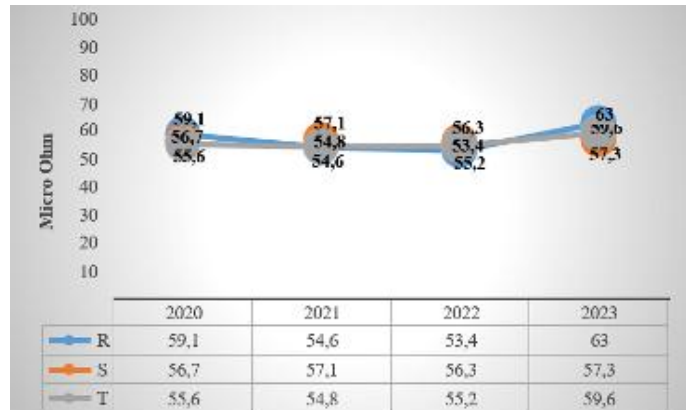


Gambar 15. Diagram Hasil Uji PMT Molotov Terhadap Tahanan Kontak Tahun 2020 – 2023

Gambar 15 menunjukkan diagram hasil uji tahanan kontak yang diperoleh PMT Molotov tahun 2020 – 2023 yang menggunakan alat ukur *Micro Ohm Meter*, berdasarkan standar yang dipakai yaitu R (*resistansi*) ≤ 120 % nilai pabrik atau

$\leq 40\mu$ Ohm per sambungan (*Standar IEC62271 & IEC 60694*), dan standar PLN $\leq 200\mu$ Ohm. Hasil uji yang diperoleh tidak jauh berbeda dan rata – rata nilainya $67,3\mu\Omega$ setiap tahunnya, dan masih dibawah standar yang ditentukan, hasilnya kondisi PMT masih dalam keadaan yang baik dan layak dioperasikan. Adapun hasil uji tahanan kontak berbeda setiap tahun dikarenakan faktor dari kurang kencang/kendur antar sambungan, kurang maksimalnya pembersihan pada PMT, dan usia pemakaian PMT tersebut.

3. PMT Lithium



Gambar 16. Diagram Hasil Uji PMT Lithium Terhadap Tahanan Kontak Tahun 2020 – 2023

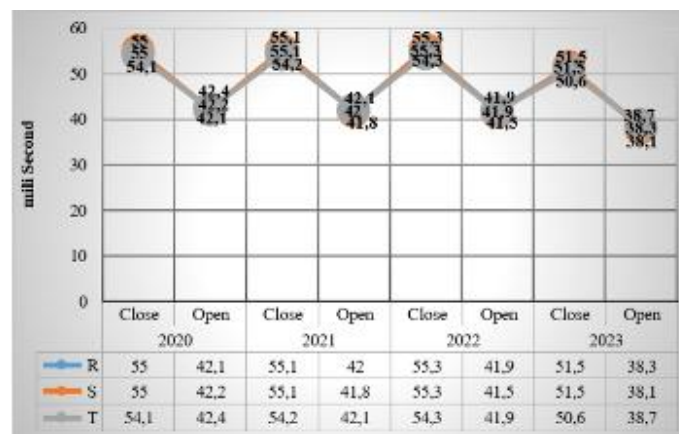
Gambar 16 menunjukkan diagram hasil uji tahanan kontak yang diperoleh PMT Lithium tahun 2020 – 2023 yang menggunakan alat ukur *Micro Ohm Meter*, berdasarkan standar yang dipakai yaitu R (*resistansi*) $\leq 120\%$ nilai pabrik atau

$\leq 40\mu$ Ohm per sambungan (*Standar IEC62271 & IEC 60694*), dan standar PLN $\leq 200\mu$ Ohm Hasil uji yang diperoleh tidak jauh berbeda dan rata – rata nilainya $56,8\mu\Omega$ setiap tahunnya, dan masih dibawah standar yang ditentukan, hasilnya kondisi PMT masih dalam keadaan yang baik dan layak dioperasikan. Adapun hasil uji tahanan kontak berbeda setiap tahun dikarenakan faktor dari kurang kencang/kendur antar sambungan, kurang maksimalnya pembersihan pada PMT, dan usia pemakaian PMT tersebut.

Perbandingan Hasil Uji PMT Terhadap Kecerempakan Tahun 2020 – 2023

Data yang dihasilkan pada pengujian PMT terhadap keserempakan dari tahun 2020 – 2023 akan digabungkan dalam satu diagram pengujian pada ke tiga PMT 20kV, dan hasilnya sebagai berikut :

1. PMT Pam 2



Gambar 17. Diagram Hasil Uji PMT Pam 2 Terhadap Kecerempakan Tahun 2020 – 2023

Gambar 17 menunjukkan diagram hasil uji keserempakan PMT yang diperoleh PMT Pam 2 tahun 2020 – 2023 yang menggunakan alat ukur *circuit breaker analyzer*, berdasarkan SPLN No. 52-1 1983 untuk sistem dengan tegangan 20 kV adalah ≤ 50 ms dan $\Delta t \leq 2$ ms.

Adapun Δt yang didapat berdasarkan perhitungan $\Delta t = t_{maks} - t_{min}$:

Tahun 2020

$$\Delta t_{Close} = 55 \text{ ms} - 54,1 \text{ ms} = 0,9 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 42,4 \text{ ms} - 42,1 \text{ ms} = 0,3 \text{ ms}$$

Tahun 2021

$$\Delta t_{Close} = 55,1 \text{ ms} - 54,2 \text{ ms} = 0,9 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 42,1 \text{ ms} - 41,8 \text{ ms} = 0,3 \text{ ms}$$

Tahun 2022

$$\Delta t_{Close} = 55,3 \text{ ms} - 54,3 \text{ ms} = 1 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 41,9 \text{ ms} - 41,5 \text{ ms} = 0,4 \text{ ms}$$

Tahun 2023

$$\Delta t_{Close} = 51,5 \text{ ms} - 50,6 \text{ ms} = 0,9 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 38,7 \text{ ms} - 38,1 \text{ ms} = 0,6 \text{ ms}$$

Dilihat pada tabel hasil pengujian posisi *close* melebihi standar yang ditentukan, namun hasil selisih waktu memenuhi dari standar, hal tersebut tentunya menjadi perhatian terhadap waktu kinerja PMT yang di mana harus di lakukan perbaikan dan atau pengujian ulang terhadap PMT Pam 2, dapat di lakukan dengan melakukan beberapa pemeriksaan antara lain seperti pemeriksaan tegangan kerja, pemeriksaan koil, atau penggantian part mekanik yang rusak. Adapun faktor hasil uji dari tahun 2020 – 2023 mengalami kenaikan atau penurunan disebabkan karna PMT tidak mengalami proses *close/open* atau pada tahun tertentu mengalami proses *open/close* karna gangguan atau manuver pekerjaan pada jaringan.

2. PMT Molotov



Gambar 18. Diagram Hasil Uji PMT Molotov Terhadap Keserempakan Tahun 2020 – 2023

Gambar 18 menunjukkan diagram hasil uji keserempakan PMT yang diperoleh PMT Molotov tahun 2020 – 2023 yang menggunakan alat ukur *circuit breaker analyzer*, berdasarkan SPLN No. 52-1 1983 untuk sistem dengan tegangan 20 kV adalah ≤ 50 ms dan $\Delta t \leq 2$ ms.

Adapun Δt yang didapat berdasarkan perhitungan $\Delta t = t_{maks} - t_{min}$:

Tahun 2020

$$\Delta t_{Close} = 45,8 \text{ ms} - 45,7 \text{ ms} = 0,1 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 39 \text{ ms} - 38,9 \text{ ms} = 0,1 \text{ ms}$$

Tahun 2021

$$\Delta t_{Close} = 45,4 \text{ ms} - 45,3 \text{ ms} = 0,1 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 39,8 \text{ ms} - 39,7 \text{ ms} = 0,1 \text{ ms}$$

Tahun 2022

$$\Delta t_{Close} = 38,1 \text{ ms} - 38 \text{ ms} = 0,1 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 34,1 \text{ ms} - 33,9 \text{ ms} = 0,2 \text{ ms}$$

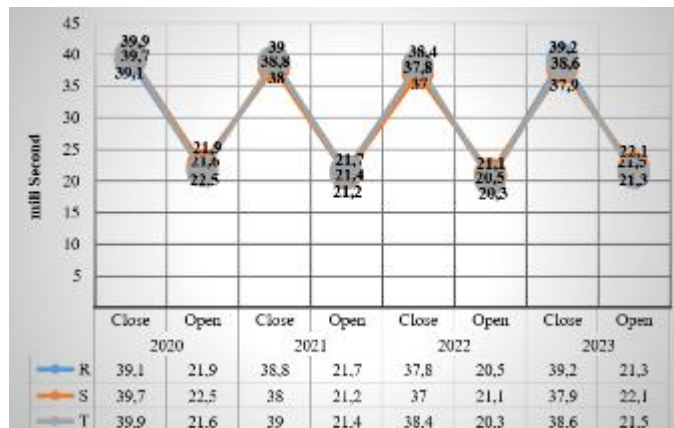
Tahun 2023

$$\Delta t_{Close} = 39,2 \text{ ms} - 39,2 \text{ ms} = 0 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 32,4 \text{ ms} - 32,2 \text{ ms} = 0,4 \text{ ms}$$

Pada tabel diatas dan hasil perhitungan selisih waktu menunjukan hasil uji PMT Molotov masih dibawah standar, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa PMT masih dalam kondisi baik dan layak dioperasikan. Adapun faktor hasil uji dari tahun 2020 – 2023 mengalami kenaikan atau penurunan disebabkan karna PMT tidak mengalami proses *close/open* atau pada tahun tertentu mengalami proses *open/close* karna gangguan atau manuver pekerjaan pada jaringan.

3. PMT Lithium



Gambar 19. Diagram Hasil Uji PMT Lithium Terhadap Keserempakan Tahun 2020 – 2023

Gambar 19 menunjukkan diagram hasil uji keserempakan PMT yang diperoleh PMT Lithium tahun 2020 – 2023 yang menggunakan alat ukur *circuit breaker analyzer*, berdasarkan SPLN No. 52-1 1983 untuk sistem dengan tegangan 20 kV adalah $\leq 50 \text{ ms}$ dan $\Delta t \leq 2 \text{ ms}$.

Adapun Δt yang didapat berdasarkan perhitungan $\Delta t = t_{maks} - t_{min}$:

Tahun 2020

$$\Delta t_{Close} = 39,9 \text{ ms} - 39,1 \text{ ms} = 0,8 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 22,5 \text{ ms} - 21,6 \text{ ms} = 0,9 \text{ ms}$$

Tahun 2021

$$\Delta t_{Close} = 39 \text{ ms} - 38 \text{ ms} = 1 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 21,7 \text{ ms} - 21,2 \text{ ms} = 0,5 \text{ ms}$$

Tahun 2022

$$\Delta t_{Close} = 38,4 \text{ ms} - 37 \text{ ms} = 1,4 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 21,1 \text{ ms} - 20,3 \text{ ms} = 0,8 \text{ ms}$$

Tahun 2023

$$\Delta t_{Close} = 39,2 \text{ ms} - 38,6 \text{ ms} = 0,6 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{Open} = 22,1 \text{ ms} - 21,3 \text{ ms} = 0,8 \text{ ms}$$

Pada tabel diatas dan hasil perhitungan selisih waktu menunjukan hasil uji PMT Lithium masih dibawah standar, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa PMT masih dalam kondisi baik dan layak dioperasikan. Adapun faktor hasil uji dari tahun 2020 – 2023 mengalami kenaikan atau penurunan disebabkan karna PMT tidak mengalami proses *close/open* atau pada tahun tertentu mengalami proses *open/close* karna gangguan atau manuver pekerjaan pada jaringan.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisis data yang didapat bisa ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis pengujian pemutus tenaga 20 kV menggunakan alat ukur Insulation Tester dengan acuan standar pengujian tahanan isolasi, menurut VDE (katalog 228/4) dan SK DIR 114 yaitu 1 kilo Volt = 1 M Ω (Mega Ohm). Lalu pada pengujian tahanan kontak menggunakan alat ukur Micro Ohm Meter dengan acuan standar yaitu R (resistansi) $\leq 120\%$ nilai pabrikan atau $\leq 40 \mu\Omega$ (micro Ohm) persambungan (standar IEC62271 & IEC60694) dan standar PLN $\leq 200 \mu\Omega$. Kemudian pada pengujian Keserempakan menggunakan alat Circuit Breaker Analyzer dengan acuan standar SPLN No. 52-1 1983 untuk sistem 20 kV yaitu ≤ 50 ms (mili Second) dan Δt selisih waktu ≤ 2 ms.
2. Pengujian tahanan isolasi pada PMT Pam 2 mendapatkan nilai hasil uji yang baik dengan acuan standar yang berlaku dengan rata – rata nilai persentase kenaikan tiap tahunnya yaitu pada kontak atas – bawah : 103%, atas – ground : 180%, bawah – ground : 88%. Kemudian pada PMT Molotov hasil uji yang didapat juga mengalami kenaikan yaitu pada kontak atas – bawah : 113%, atas – ground : 84%, bawah – ground : 59%. Dan pada PMT Lithium hasil uji yang didapat yaitu pada kontak atas – bawah : 60%, atas – ground : 35%, bawah – ground : 21%.
3. Pengujian tahanan kontak pada PMT Pam 2 mendapatkan nilai hasil uji yang tidak jauh berbeda setiap tahunnya dengan rata – rata 38,4 $\mu\Omega$, Kemudian pada PMT Molotov mendapatkan hasil uji tidak jauh berbeda juga setiap tahunnya dengan rata – rata 67,3 $\mu\Omega$. Dan pada PMT Lithium hasil uji yang didapat tidak jauh berbeda setiap tahunnya dengan rata – rata 56,8 $\mu\Omega$.
4. Pengujian keserempakan pada PMT Pam 2 mendapatkan nilai hail uji yang kurang baik atau diatas standar pada pengujian posisi close dan harus dilakukan perbaikan, dan untuk nilai selisih waktu rata - rata setiap tahunnya $\leq 0,7$ ms. Kemudian pada PMT Molotov nilai selisih waktu rata – rata setiap tahunnya $\leq 0,1$ ms. Dan pada PMT Lithium nilai selisih waktu rata – rata setiap tahunnya $\leq 0,9$ ms.
5. Hasil uji PMT Pam 2, Molotov, dan Lithium terhadap tahanan isolasi, tahanan kontak, dan keserempakan pada tahun 2020 – 2023 mendapatkan hasil yang bagus karna beracuan pada standar yang ada dan ke 3 PMT tersebut masih layak dipakai dan dioperasikan.

Saran

Adapun saran pada skripsi ini yaitu :

1. Melakukan pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak, keserempakan dan menganalisisnya secara baik dan benar agar hasil yang didapat dapat dipertanggung jawabkan.
2. Pada pengujian keserempakan PMT Pam 2 perlu dilakukan perbaikan pada posisi close karna hasilnya diatas standar yang ditentukan.
3. Melakukan pengujian yang teliti sehingga dapat hasil yang maksimal.

4. Skripsi ini dapat dikembangkan lagi dengan hasil pengujian PMT sebelum dibersihkan dan bandingkan dengan sesudah dibersihkan.
5. Untuk petugas yang melakukan pengujian dipastikan selalu memakai APD (Alat Pelindung Diri) yang sesuai dengan SOP (Standard Operational Procedure).

DAFTAR PUSTAKA

- Anjastama, R. (2020). Analisa Hasil Pengujian Over Current Relay (Ocr) Dan Ground Fault Relay (Gfr) Pada Incoming Trafo Daya# 2 Di Gardu Induk Simpang Tiga Dengan Aplikasi Etap 12.6.0. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Anwar, B. (2019). Penentuan Hot Point Dengan Menggunakan Metode Thermovisi Pada Gardu Induk 150 Kv Purwodadi. Jurnal Abdimas Dewantara, 53(9), 1689-1699.
- Ariyanto, E. (2019). Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Dan Keserempakan Pemutus Tenaga 150 Kv Bay Palur 1 Dan Palur 2 Gardu Induk Gondangrejo. Jurnal Teknik Elektro Ums.
- Fransisko, K. (2021). Pemeliharaan Pemutus Tenaga 20 Kv Gardu Induk Tangerang Lama Distribusi Banten. Laporan Magang.
- Harianja, F. E. (2019). Tanggungjawab Perdata Pt Pln (Persero) Terhadap Konsumen Akibat Pemadaman Aliran Listrik (Studi Di Pt. Pln Wilayah Sumut).
- Ilham, M. (2022). Analisa Hasil Pengujian Keserempakan Pemutus Tenaga 150 Kv Bay Trafo Daya 1 Gardu Induk Glugur Terhadap Kinerja Peralatan. Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Marniati, Y. (2018). Evaluasi Susut Daya Penyulang Cendana 20 Kv Pada Gardu Induk Bungaran Dengan Etap 12.6. Jurnal Teknik Elektro Itp, 7(1), 79-92.
- Prakoso, M. A. (2024). Analisis Pengujian Dan Pemeliharaan Dua Tahunan Pemutus Tenaga (Pmt) Di Gardu Induk Rungkut 150 Kv. 144-151.
- PT. PLN (Persero). (2014). Buku Pedoman Pemeliharaan Kubikel Tegangan Menengah. Keputusan Direksi Pt Pln (Persero) Nomor: 0520-2.K/Dir/2014 Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga (Pmt), 1-30.
- Simangunsong, B. P. (2022). Analisis Penyisipan Transformator Daya 60 Mva Pada Gardu Induk Bagan Batu Di Pt. Pln (Persero) Upt Pekanbaru. Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201, 2(1), 41-49.
- Sri Hartanto. (2023). Pengujian Kinerja Pmt 20 Kv Pada Kubikel Netto Gardu Induk Pltmg Senayan. 53-54.
- Satriani Said Akhmad, A. S. (2021). Pengujian Tahanan Isolasi Pada Pemutus Tenaga (Pmt) 20 Kv Di Gardu Induk Tello 150 Kv. Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang.