

Perawatan Tahunan Panel Distribusi TM P50 Pada Sistem Jaringan Listrik PT.X

Minggus Febrian Tuasuun^{*a)}, Novan Akhiriyanto^{a)}

(Received 08 Oktober 2023 || Revised 14 Februari 2024 || Accepted 15 Februari 2024)

Abstract: The electrical network system is the process of distributing electrical energy from power plants to end-users through distribution networks and substations. The distribution network's primary function is to reduce high-voltage electricity, typically from 150 kV to 20 kV, while substations further lower it to a low voltage of 220 VAC for consumer use. However, over time, supporting equipment such as panels, cables, and transformers in the electrical network system can experience a decrease in quality, with a potential decline of up to 20% over 10 years. This degradation is due to various factors, necessitating the installation of protective measures and routine or annual maintenance to prevent potential risks. To maintain equipment quality, maintenance activities include cleaning, testing protection devices, and coordination between substations and workers. These measures are essential for the efficient operation and the successful distribution of electricity. This study evaluates the reliability of equipment at substation panel P50, with test results indicating insulation resistance values of 64,500 MΩ, 73,600 MΩ, and 87,100 MΩ, as well as a delta time of 0.7 ms. The test results indicate that the equipment's reliability is still classified as good, in compliance with the Puil 2000 and IEC 62271-100 standards.

Keywords: Distribution network, electrical energy distribution, generator, load consumers, network system.

1. Pendahuluan

Tenaga listrik biasanya digunakan untuk menyalakan berbagai beban seperti lampu maupun beban motor. Pada sistem tenaga listrik, listrik dibangkitkan oleh generator 400Volt dan dinaikkan level tegangannya oleh trafo menjadi tegangan tinggi maupun extra tinggi sebesar 500 atau 150kV yang di salurkan melalui kabel transmisi menuju daerah yang jauh[1]. Kemudian di daerah-daerah tersebut dipasang gardu induk yang digunakan untuk menurunkan tegangan listrik menjadi tegangan menengah sebesar 20kV yang kemudian akan dibagi oleh gardu-gardu hubung distribusi yang pada akhirnya akan dilewatkan oleh trafo untuk menurunkan tegangan menjadi 220Volt maupun 400Volt[2].

Pada setiap gardu baik transmisi maupun distribusi memiliki beberapa Panel Hubung Bagi (PHB). Panel-panel ini berfungsi sebagai pengatur, pembagi, pengaman dari sistem listrik. Untuk itu PHB atau kubikel biasanya dirawat secara berkala dan diberi pengaman-pengaman berupa rele-rele yang telah dikoordinasikan antar panel maupun gardu-gardu yang diharapkan agar komponen tersebut selalu siap diandalkan ketika dalam keadaan normal maupun listrik padam (Power Outage)[3].

Pengaman *Circuit Breaker* (CB) atau yang biasa dikenal sebagai PMT dapat diketahui keandalannya melalui beberapa tes antara lain tes keserempakan yang menggunakan konsep perbedaan waktu untuk melakukan manuver *Open* atau *Close* maupun tes tahanan isolasi konduktor CB[2]. Kabel maupun busbar pun dapat diketahui keandalannya melalui tes tahanan isolasi yang bertujuan untuk melihat tahanan isolasi kabel maupun tahanan isolasi busbar yang menunjukkan apakah kabel atau busbar pada panel PHB memiliki ketahanan yang sesuai standar yang ada. Apabila kurang dari standar yang berlaku maka kemungkinan besar kabel tersebut ketika diberikan tegangan kerja dan arus maksimal (full load ampere) maka kabel akan panas ataupun mengalami kebakaran[4].

Penurunannya nilai isolasi kabel atau PMT dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, antara lain usia kabel, pengaruh kelembaban, dan injeksi arus dan tegangan yang terus menerus dapat menurunkan tahanan isolasi kabel atau PMT[5]. Untuk itu penelitian ini bertujuan agar mengetahui keandalan dari panel,

kabel, busbar dan CB pada PHB sesuai dengan SOP yang ada di industri, didapatkan dengan melakukan pembuktian keadalan kabel busbar dan CB berdasarkan data setiap perawatan tahunan peralatan listrik terutama peralatan yang pada Gardu PT.X [6].

2. Metode

2.1 Spesifikasi PMT SF1 T2 Schneider

Perlengkapan yang akan diuji dalam penelitian ini adalah PMT 20kV SF1 dengan rating tegangan di 24kV yang menggunakan media isolasi gas SF6 yang terpasang pada panel bertipe SM6-DM1W merk Schneider yang telah terpasang di gardu distribusi PT.X selama 3 tahun. PMT ini dapat dioperasikan dengan mencharging *spring* secara Mekanikal maupun *Electrical* yang digunakan sebagai penggerak kontak PMT[7].



GAMBAR 2.1 CIRCUIT BREAKER SCHNEIDER

Berikut adalah spesifikasi dari PMT 20kV yang diuji di perusahaan PT.X pada panel bertipe SM6-DM1W, dengan model yang dapat di *drawable* dari panel. Dapat dilihat pada Gambar 2.2.



GAMBAR 2.2 SPESIFIKASI PMT SF1 T2

2.2 Isolation Tester Megger MIT 1025

Tes tahanan isolasi adalah tes yang dilakukan pada peralatan listrik seperti kabel, Transformer, dan peralatan lain untuk

*Korespondensi: minggusfuasuun@gmail.com

a) Prodi Teknik Instrumentasi Kilang, Jurusan Teknik Listrik Perminyakan, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Indonesia

memastikan bahwa peralatan tersebut bekerja dengan baik dan tidak ada kerusakan atau kebocoran pada peralatan tersebut. Tes ini dilakukan dengan memasukkan arus listrik pada peralatan dan memantau arus yang kembali[8].

Hasil dari tes tahanan isolasi akan menunjukkan tingkat kebocoran arus pada peralatan, yang dapat memberikan petunjuk tentang kondisi peralatan. Jika hasil menunjukkan bahwa tingkat kebocoran arus melebihi batas normal, maka peralatan tersebut mungkin memerlukan perbaikan atau penggantian. Alat yang digunakan untuk mengukur tahanan isolasi adalah *isolation tester* merk Megger dengan tipe MIT 1025 [9].



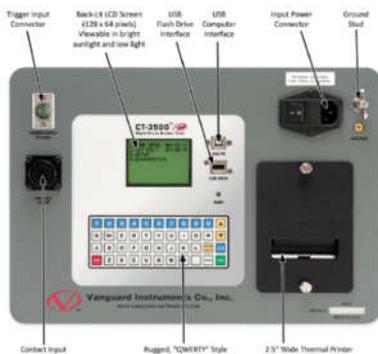
GAMBAR 2.3 ISOLATION TESTER MEGGER MIT 1025

Dengan menggunakan *isolation tester* maka akan didapat nilai tahanan isolasi yang dimana nilai tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai arus bocor yang terjadi pada konduktor ataupun pada peralatan:

$$\text{Arus Bocor (I)} = \frac{(\text{Tegangan Inject})}{(\text{Tahanan Isolasi})} \quad (2-1)$$

2.3 Circuit Breaker Analyzer

CT-3500 adalah *timer* pemutus sirkuit digital generasi kedua yang independent dan dikendalikan oleh mikroprosesor dari Vanguard. Alat ini mengukur waktu respon kontak pemutus sirkuit dan fungsi switching lainnya, dan dapat menganalisis waktu operasi semua kontak pemutus sirkuit [10]. Hasil waktu ditampilkan pada layar LCD dan dapat dicetak pada printer termal bawaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



GAMBAR 2.4 CIRCUIT BREAKER ANALYZER CT-3500

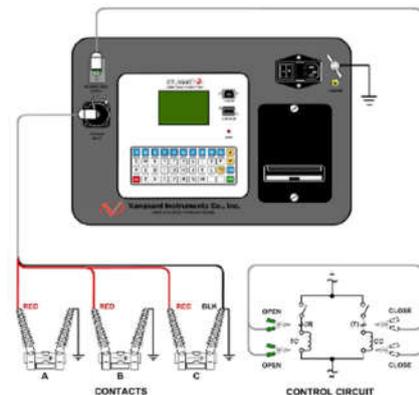
Tes keserempakan adalah suatu proses pengujian yang dilakukan pada peralatan proteksi seperti *Circuit Breaker* dalam sistem listrik untuk memastikan bahwa mereka dapat membuka sirkuit dengan cepat dan tepat pada saat terjadi kesalahan listrik seperti short circuit. Untuk menentukan *delta time* dari CB a, b dan c dapat menggunakan persamaan:

$$\Delta t (\text{Open} - \text{Close}) = \text{waktu tertinggi} - \text{waktu terendah} \quad (1-2)$$

Untuk melakukan tes keserempakan, beberapa rumus dasar yang digunakan antara lain:

- Rumus untuk menghitung arus gangguan:
- $I_{\text{fault}} = I_{\text{set}} \times 1,5$, dimana I adalah arus setingan sistem, dan I_{fault} adalah arus gangguan.
- Rumus untuk menghitung waktu delay respon proteksi: $t = (TMS \times (80 / (I_{\text{fault}} / I_s))^{2-1})$, dimana TMS adalah setting waktu proteksi untuk bekerja, dan I adalah arus operasi. Maka akan ditemukan waktu untuk *Pickup*.

Toleransi pada tes keserempakan *Circuit Breaker* (CB) adalah seberapa besar variasi dalam performa CB yang dapat diterima. Batasan ini biasanya ditentukan oleh standar industri dan regulasi yang berlaku, seperti standar IEC 62271-100[10], [11]. Toleransi berhubungan dengan waktu operasi dan arus operasi maksimum CB. Rentang toleransi didefinisikan sebagai antara 1,5 hingga 2 kali nilai nominal. Jika CB melakukan operasi dalam rentang toleransi, maka dianggap baik dan memenuhi spesifikasi teknis[2].



GAMBAR 2.5 RANGKAIAN PENGUJIAN KESEREMPAKAN PMT

Jika dilihat pada rangkaian Gambar 2.5 di atas maka untuk melakukan pengujian PMT memerlukan kabel yang langsung menuju ke kontak (*Contact Input connector*) dan kabel *Control* (*Trigger Input connector*) yang memberi sinyal secara langsung pada PMT untuk melakukan *Open-Close*. Dimana ketiga pole ini PMT A, B, C secara bersamaan di pasang pada terminal input menggunakan *Contact Input connector* agar dapat mengirimkan arus, yang dimana arus tersebut akan di kalkulasikan berdasarkan waktu pengiriman dan waktu trigger yang diberikan pada control PMT agar melakukan *Open-Close* sehingga didapatkan data perbedaan waktu (*Delta Time*) dari ketiga *input Contact* [2].

2.4 Metode Kerja *Insolation Tester*

Dalam pelaksanaan pengambilan data pengujian tahanan isolasi CB dibutuhkan metode atau prosedur kerja dasar yang diperlukan perusahaan, hal ini bertujuan untuk mengurangi resiko kesalahan dalam bekerja seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 [12].

TABEL 2.1. METODE KERJA INSULATION TESTER

SUB KOMPETENSI	KEGIATAN KERJA
Persiapan	a. Pastikan personil menggunakan peralatan APD dengan benar,
Pengukuran	b. Pastikan peralatan/ kabel yang akan uji sudah dalam keadaan <i>OFF</i> ;
	c. Hubungkan <i>probe</i> merah pada measurement terminal merah (+) dan <i>probe</i> hitam pada terminal hitam (-)
	d. Hubungkan ujung <i>probe</i> merah ke salah satu fasa (konduktor kabel), dan ujung <i>probe</i> hitam ke <i>ground</i> kabel.
	e. Pastikan di ujung kabel yang lain dinyatakan terbuka/ bebas (tidak menyentuh kabel / peralatan yang lain)
	f. Nyalakan <i>insulation tester</i> dengan menekan tombol <i>Power ON / OFF</i> .
	g. Atur tegangan inject dengan menekan tombol panah atas dan bawah pada samping kiri <i>display</i> megger.
	h. Atur waktu inject dengan menekan tombol panah atas dan bawah pada samping kanan <i>display</i> megger.
Pengambilan data	i. Tekan tombol <i>test</i> sampai terdengar bunyi "beep" lalu lepaskan dan tunggu sampai megger berhenti menginject.
	j. Lakukan hal yang sama (point e) pada kabel / belitan selanjutnya.
	k. Catat dan laporkan hasil megger.

2.5 Metode Kerja Penggunaan Alat Tes Keserempakan CB

Dalam pengetesan keserempakan *Circuit Breaker* (CB) yang dilaksanakan di perusahaan PT.X, dibutuhkan kerja prosedur

husus seperti yang terlihat pada Tabel 2.2 agar dapat memastikan bahwa CB siap kondisi dan efektif dalam menangani sistem kelistrikan yang ada.

TABEL 2.2. METODE KERJA PENGGUNAAN ALAT TES KESEREMPAKAN CB

SUB KOMPETENSI	KEGIATAN KERJA
Persiapan	a. Personil jaringan melakukan proses pemutusan sesuai dengan prosedur untuk 20 kV. Setelah dimatikan, lakukan persiapan pengujian menggunakan perlengkapan K3 dan dilanjutkan dengan merangkai rangkaian uji yang sesuai dengan diagram dengan memasang kabel <i>grounding</i> dan kabel PMT, memasang kabel dan kontak <i>input</i> , dan menyambungkan kabel Daya 220VAC CT-3500.
Pengukuran	b. Masukkan spesifikasi CB yang diuji melalui keyboard CT-3500 dan atur menu uji agar berfungsi dengan memilih menu pada layar LCD penganalisa sakelar. Atur menu pengujian yang akan dilakukan dengan memilih menu yang terdapat pada LCD <i>Display</i> CT-3500.
	c. Tes CB dan tunggu laporan hasil tes dicetak menggunakan printer <i>thermal</i> standar CT-3500.
	d. Memverifikasi apakah hasil tersebut sesuai dengan standar pabrik, maupun Standar PLN dan standar perusahaan.
	e. Jika hasil tidak memenuhi standar, lakukan beberapa langkah uji dan inspeksi sesuai langkah b.
	f. Jalankan tes lagi untuk memeriksa apakah hasil tes normal atau tidak.
	g. Jika hasil pengujian sesuai dengan standar yang berlaku, pengujian berhasil diselesaikan.
Pengambilan data	h. Cabut kabel rangkaian uji yang terhubung ke sakelar dan bersihkan alat yang digunakan selama uji pemeliharaan setelah selesai melakukan pengujian.

2.6 Circuit Breaker Analyzer

CT-3500 adalah *timer* pemutus sirkuit digital generasi kedua yang independent dan dikendalikan oleh mikroprosesor dari Vanguard. Alat ini mengukur waktu respon kontak pemutus sirkuit dan fungsi switching lainnya, dan dapat menganalisis waktu operasi semua kontak pemutus sirkuit. Hasil waktu ditampilkan pada layar LCD dan dapat dicetak pada printer termal bawaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengukuran

Dalam pemeliharaan tahunan, diperlukan pengambilan data nilai tahanan isolasi sebagai bahan evaluasi bagi perusahaan guna menilai kondisi perlengkapan kelistrikan yang umum digunakan di perusahaan tersebut. Pengukuran dilakukan pada kabel gardu distribusi, CB (*Circuit Breaker*), serta pengetesan keseragaman CB sebagaimana tercantum dalam Tabel 3.1, Tabel 3.2, dan Tabel 3.3.

TABEL 3.1. TAHANAN ISOLASI PADA KABEL

Pengukuran Tahanan Isolasi Kabel (5000V)	MCA	MCB
L1 – G	46.3 GΩ	47.1 GΩ
L2 – G	56.5 GΩ	74.5 GΩ
L3 – G	78.9 GΩ	46.8 GΩ
L1 – L2	172 GΩ	87.6 GΩ
L1 – L3	108 GΩ	80.3 GΩ
L2 – L3	124 GΩ	69.7 GΩ

Pengujian tahanan isolasi pada kabel gardu listrik PT.X telah dilakukan, dan hasil pengukuran tercantum dalam Tabel 3.1. Data tersebut mencakup nilai tahanan pada setiap kabel dari line ke ground dan line ke line. Nilai tahanan kabel ini umumnya menjadi indikator penting untuk mengevaluasi kualitas kabel tersebut. Dengan nilai tahanan isolasi tersebut, perusahaan dapat mengidentifikasi apakah kabel-kabel tersebut masih layak atau tidak untuk digunakan.

TABEL 3.2. TAHANAN ISOLASI PADA PMT

Pengukuran Tahanan Isolasi Circuit Breaker (5000V)	OPEN	CLOSE
L1 – L1	64,5 GΩ	-
L2 – L2	73,6 GΩ	-
L3 – L3	87,1 GΩ	-
L1 – G	-	52,8 GΩ
L2 – G	-	40,4 GΩ
L3 – G	-	48,9 GΩ

Pengujian tahanan isolasi juga telah dilakukan pada PMT. Data yang diperoleh dari pengujian tersebut tercantum pada Tabel 3.2 dan mencakup hasil pengukuran pada setiap pole, baik dari line ke ground dalam kondisi *close* maupun dari line atau pole atas dengan bawah dalam kondisi *open*.

TABEL 3.3. HASIL PENGUKURAN KESERAMPAKAN PMT

Pengukuran	Hasil Pengukuran (ms)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T
<i>Open</i>	39.0	39.7	39.7
<i>Close</i>	1,792.7	1,792.3	1,791.6
<i>Open-Close</i>	1,753.7	1,752.6	1,751.9
<i>Close</i>	73.7	73.4	72.7
<i>Open</i>	7,328.5	7,329.2	7,329.2
<i>Close-Open</i>	7,254.8	7,255.8	7,256.5

Dengan mengamati perbedaan waktu operasi dari pemutus tenaga yang terpasang, seperti pada Tabel 3.3 maka hasil perbedaan waktu dari PMT dapat menjadi bahan evaluasi apakah PMT yang terpasang tersebut masih layak atau tidak layak lagi untuk digunakan, dengan cara membandingkan dengan standar yang berlaku.

3.2 Perhitungan Arus Bocor

Perhitungan arus bocor berdasarkan hasil pengukuran tahanan isolasi pada kabel dan PMT yang ada di Gardu Listrik Perusahaan PT.X dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berdasarkan data tersebut akan dikalkulasi menggunakan Persamaan (2-1).

- Ketika tes tahanan isolasi *Line-Line* :

$$\text{Arus Bocor } (I_{R-S}) = \frac{5000V}{172.000 \text{ M}\Omega} = 0.029 \text{ mA}$$

$$\text{Arus Bocor } (I_{R-T}) = \frac{5000 \text{ V}}{108.000 \text{ M}\Omega} = 0.046 \text{ mA}$$

$$\text{Arus Bocor } (I_{S-T}) = \frac{5000 \text{ V}}{124.000 \text{ M}\Omega} = 0.040 \text{ mA}$$

- Ketika tes tahanan isolasi kabel *Line - Ground*:

$$\text{Arus Bocor } (I_{R-G}) = \frac{5000V}{46.300 \text{ M}\Omega} = 0.107 \text{ mA}$$

$$\text{Arus Bocor } (I_{S-G}) = \frac{5000 \text{ V}}{56.500 \text{ M}\Omega} = 0.088 \text{ mA}$$

$$\text{Arus Bocor } (I_{T-G}) = \frac{5000 \text{ V}}{78.900 \text{ M}\Omega} = 0.063 \text{ mA}$$

- Perhitungan Arus Bocor titik ukur *Circuit Breaker*

$$\text{Arus Bocor } (I_R) = \frac{5000V}{64.500 \text{ M}\Omega} = 0.077 \text{ mA}$$

$$\text{Arus Bocor } (I_S) = \frac{5000 \text{ V}}{73.600 \text{ M}\Omega} = 0.067 \text{ mA}$$

$$\text{Arus Bocor } (I_T) = \frac{5000 \text{ V}}{87.100 \text{ M}\Omega} = 0.057 \text{ mA}$$

Hasil perhitungan ini menunjukkan arus bocor pada berbagai titik pengujian yang dilakukan dalam pengujian tahanan isolasi. Arus bocor ini merupakan arus yang mengalir melalui isolasi atau dielektrik dari sistem kelistrikan, dan nilainya penting untuk mengevaluasi kualitas isolasi perangkat dan sistem.

Semakin kecil nilai arus bocor, semakin baik kualitas isolasi dari perangkat tersebut [13, 14]. Sehingga diharapkan peralatan listrik seperti kabel ataupun CB yang digunakan memiliki nilai arus bocor sekecil mungkin [15].

3.3 Perhitungan Respon Time dan Delta Time CB

Perhitungan tanggal 22 Februari 2023 berdasarkan hasil pengukuran tes keserempakan pada Tabel 3.3. Berikut perhitungan selisih waktu di *Circuit Breaker* tipe *Scheinder* di Gardu Listrik Perusahaan PT.X yang dikalkulasikan untuk melihat *delta time* dari ketiga CB tersebut.

Open-Close CB

Δt (Open)

= waktu tertinggi – waktu terendah
 = 39.7 ms – 39.0 ms
 = 0.7 ms

Δt (Close)

= waktu tertinggi – waktu terendah
 = 1,792.7 ms – 1,791.6 ms
 = 1.1 ms

Δt (Open – Close)

= waktu tertinggi – waktu terendah
 = 1,792.7 ms – 1,791.6 ms
 = 1.1 ms

Close-Open CB

Δt (Close)

= waktu tertinggi – waktu terendah
 = 73.7 ms – 72.7 ms
 = 1 ms

Δt (Open)

= waktu tertinggi – waktu terendah
 = 7,329.2 ms – 7,328.5 ms
 = 0.7 ms

Δt (Close – Open)

= waktu tertinggi – waktu terendah
 = 7,256.5 ms – 7,254.8 ms
 = 1.7 ms

3.4 Hasil dan Analisa

Untuk menentukan hasil tahanan isolasi yang terbilang baik maupun kurang baik dapat dilihat pada hasil perhitungan arus bocor yang menggunakan Persamaan (2-1) yang memiliki nilai-nilai tahanan yang berbeda.

TABEL 3.4. NILAI TAHANAN ISOLASI DAN ARUS BOCOR

Nilai Hambatan (MΩ)	Arus Bocor (mA)
64.500 MΩ	0.077 mA
73.600 MΩ	0.067 mA
87.100 MΩ	0.057 mA

Dapat dilihat pada Tabel 3.4 untuk nilai tahanan isolasi sebesar 87.100 MΩ memiliki nilai kebocoran arus yang justru lebih kecil yaitu 0.057 mA dibandingkan nilai tahanan isolasi yang hanya 64.500 MΩ yang menghasilkan nilai arus bocor lebih besar yaitu 0.077 mA.

TABEL 3.5. PERBANDINGAN NILAI TAHANAN ISOLASI

Titik Ukur	Standar	Hasil Pengukuran (MΩ)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T

Atas-Bawah	Puil 2000 = 1kV/ 1MΩ	64,5 GΩ	73,6 GΩ	87,1 GΩ
Atas-Ground		52,8 GΩ	40,4 GΩ	48,9 GΩ

Dari Tabel 3.5 dapat digunakan untuk membandingkan kabel atau PMT yang lama menurut standar PUIL 2000 nilai tahanan isolasi minimal yaitu (>1kΩ/ 1 MV) Maka nilai tahanan isolasi minimal adalah 20.000Volt x 1000Ω adalah 20.000.000 atau setara 20 MΩ. Untuk kabel yang masih keadaan baru, minimal nilai tahanan isolasi kabel atau PMT tersebut bisa di tentukan menggunakan rumus:

$$R = \left(\frac{1000 \times 20.000}{5.000} \right) \times 20.000 \times 2,5$$

$$= 200.000.000 \Omega$$

Satuan Mega untuk tahanan isolasi merupakan indikator penting untuk menilai kualitas suatu peralatan. Untuk nilai minimal tahanan isolasi pada kabel atau PMT yang sudah berumur, dianggap baik jika mencapai 20 MΩ. Jika nilai tahanan isolasi berada di bawah angka tersebut, maka peralatan tersebut harus segera diganti. Namun, untuk kabel baru, nilai minimal tahanan isolasi yang diharapkan adalah 200 MΩ. Semakin besar nilai tahanan isolasi, semakin baik kualitas isolasinya.

Pengujian keserempakan pada pemutus tenaga memerlukan prosedur kerja dan alat-alat kerja yang sesuai. Setelah pengujian dilakukan, hasilnya akan dibandingkan dengan standar industri dan regulasi yang berlaku di perusahaan. Selanjutnya, nilai toleransi *delta time* yang diperoleh dari perawatan tahunan gardu listrik di perusahaan PT.X telah memenuhi batasan selisih waktu keserempakan, yaitu kurang dari 10 ms. Hal ini menandakan bahwa pemutus tenaga beroperasi dengan baik dan sesuai dengan standar yang ditetapkan

TABEL 3.6. PERBANDINGAN NILAI KESERAMPAKAN PMT

Fasa	Open Time	Δt	Standar
R	39.0	0.7 ms	IEC 62271-100 = 10 ms
S	39.7		
T	39.7		

Dapat dilihat pada Tabel 3.6, bahwa nilai *delta time* (selisih waktu) keserempakan sebesar 0.7 ms masih lebih rendah dari batas maksimal 10 ms yang diterapkan di perusahaan PT. X, sehingga hasil uji keserempakan tersebut dianggap masih layak digunakan sesuai dengan standar IEC 62271-100. Hal ini menunjukkan bahwa pemutus tenaga (CB) yang diuji memiliki waktu respon yang cepat dan sesuai dengan persyaratan keselamatan yang berlaku.

Dampak dari nilai keserempakan yang lebih tinggi dari 10 ms berpotensi mengakibatkan arc flash atau busur api ketika CB dioperasikan. Busur api ini dapat menyebabkan gangguan serius pada peralatan dan menyebabkan bahaya bagi operator dan personel di sekitarnya. Jika hasil uji keserempakan tidak sesuai dengan standar atau melebihi toleransi yang ditetapkan, maka perlu dilakukan tindakan perbaikan atau penggantian pada pemutus tenaga tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap hasil laporan ini, maka dapat disimpulkan:

Pertama, panel listrik distribusi PT.X diperlukan Perawatan tahunan agar dapat menjaga efisiensi penyaluran listrik 20kV pada industri baik yang berskala besar maupun industri yang masih awal, selain itu dengan melakukan beberapa tes ketika perawatan tahunan bertujuan untuk mencegah adanya gangguan pada sistem penyaluran listrik.

Kedua, isolasi peralatan dapat mengalami kerusakan dikarenakan isolasi peralatan listrik terpapar keadaan lingkungan yang keras seperti suhu yang tinggi, kelembaban, partikel debu dan tegangan listrik yang tinggi.

Ketiga, pengujian ini akan memastikan apakah peralatan listrik memiliki resistansi isolasi minimal yang cukup dan masih aman digunakan. Jika hasil pengujian menunjukkan resistansi isolasi yang lebih rendah, maka peralatan tersebut harus segera diperbaiki atau diganti untuk memperkecil arus bocor. Nilai Tahanan Isolasi CB terkecil yang terukur yaitu 64.500 M Ω dikatakan masih aman, dikarenakan nilai ini masih dalam toleransi nilai standar Tahanan Isolasi minimal yaitu harus diatas 20 M Ω atau 200 M Ω (Kabel Baru), nilai tahanan yang lebih tinggi ini akan menyebabkan arus bocor yang sangat kecil yaitu sekitar 0.077 mA yang dapat mengurangi dampak kecelakaan pada pekerja maupun peralatan.

Keempat, pemutus Tenaga (*Circuit Breaker*) penting dalam sistem kelistrikan dan memerlukan pemeliharaan berkala, termasuk uji keserempakan. Uji ini dilakukan untuk memeriksa kinerja PMT dan nilai *Open time*, *close time*, *delta time*, dan *bounce*. Nilai *delta time* yang terukur sebesar 0.7 ms untuk CB masih dikatakan aman dikarenakan nilai ini sesuai dengan standar IEC 62271-100 yaitu dibawah 10 ms. Dampak dari nilai keserempakan yang lebih tinggi dari 10 ms dapat mengakibatkan arc flash atau busur api ketika CB dioperasikan.

- [7] A. G. Firdaus and R. Hidayat, "Analisa Pengujian Kelayakan PMT 150 kV Bay Mandirancan I Berdasarkan Parameter Breaker Analyzer di Gardu Induk Sunyaragi," *Elektron J. Ilm.*, vol. 15, no. 3, pp. 17–24, 2021.
- [8] T. Isolasi, D. Eksitasi Rianti, M. Iqbal Arsyad, J. Teknik Elektro, and F. Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak, "Studi Analisa Kelayakan Transformator Arus untuk Proteksi Sistem Tenaga Listrik berdasarkan Hasil Uji," p. 11.
- [9] A. Aland et al., "Analisa Kinerja Circuit Breaker Saat Gangguan Pada Sisi 70 KV Di Gardu Induk Teling," vol. 6, pp. 1–8.
- [10] I. Vanguard Instruments Company, CT-3500 S2 Digital Circuit Breaker Timer, Revision 1. 2017.
- [11] PUIL, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2000, no. PUIL, p. 562, 2000.
- [12] Z. P. Yusniati and I. T. Armansyah, "Pengukuran resistansi isolasi instalasi penerangan basement pada gedung rumah sakit grend mitra medika medan," *Bul. Utama Tek.*, vol. 16, no. 3, 2021.
- [13] S. W. Dali, S. W., C. Wiharya, and A.A. Asror, "Perencanaan Instalasi Penangkal Petir Pada Bangunan Industri Furniture," *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, p. 52-57, 2022.
- [14] B. Kilis and C. Mamahit, "Penerapan sistem proteksi arus bocor pada instalasi listrik rumah tinggal. JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro," vol 1, no. 2, 43-52, 2021.
- [15] A. Indah, S. A. Hulukati, and Y. Malago, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus Bocor Isolator," *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 1, 110-115, 2022.

Referensi

- [1] I. S. Suropto and M. Eng, "SISTEM TENAGA LISTRIK," 2017.
- [2] A. Galih Firdaus and R. Hidayat, "Analisa Pengujian Kelayakan Operasi Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV Bay Penghantar Mandirancan I Berdasarkan Parameter Breaker Analyzer di Gardu Induk Sunyaragi," 2021.
- [3] A. F. Fajri, N. Kn, and S. T. Mt, "MENGGUNAKAN METODE MINIM PADAM PADA NILAI SAIDI DAN ENS DI PT. PLN (PERSERO) AREA BULUNGAN (KB 11B)," *J. Teknol. Ind.*, vol. 11, no. 1, 2022.
- [4] D. S. Widyastuti, "Intensitas Penerangan Pada Ruang Kelas Dan Laboratorium Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta," *Pros. Nas. RekayasaTeknologiIndustri dan Informasi XIII Tahun 2018*, vol. 2018, no. 1405, pp. 49–57, 2018.
- [5] A. Sofwan and S. A. Kusuma, "Pendeteksian Dini Terhadap Arus Bocor Kabel Tanah Tegangan Menengah Pada Transformator 150/20kV," *SINUSOIDA*, 2018.
- [6] S. Sutikno, "Pemeliharaan Pmt 20 Kv," *Power Elektron.*, vol. 2, no. 3, p. 160205, 2017.