



Studi Evaluasi Peralatan Pemutus Tenaga (PMT) 150KV Gardu Induk Tengkawang Samarinda

Muhamad Jodiansyah¹⁾, Fatkhul Hani Rumawan²⁾

^{1,2)} Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Universitas Mulawarman

E-mail: muhammadjodi675@gmail.com

ABSTRAK

Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar/*switching* mekanis yang mampu menutup, mengalirkan (dalam periode tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal (seperti hubung singkat). Kerusakan pada Pemutus Tenaga sangat merugikan dan mengganggu bagi keseluruhan operasi sistem listrik. Jika PMT tidak bekerja saat terjadi gangguan, maka arus gangguan tersebut akan merusak peralatan yang lain serta dapat menimbulkan ketidak stabilan sistem tenaga listrik. Maka proses evaluasi pada peralatan PMT Gardu Induk Tengkawang *bay line* Haru 1 perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan dan kelayakan operasi peralatan PMT, dengan melakukan beberapa pengujian yaitu pengujian tahanan kontak PMT, pengujian tahanan isolasi PMT dan pengujian kecepatan keserempakan PMT. Didapat hasil nilai tertinggi pengujian tahanan kontak tahun 2021 sebesar 38,83 $\mu\Omega$ dan tahun 2023 sebesar 37,09 $\mu\Omega$, dimana nilai nilai tersebut tidak melebihi standar tahanan kontak yaitu $\leq 100 \mu\Omega$. Pada pengujian tahanan isolasi dimana nilai minimum pada tahun 2021 dari semua fasa sebesar 132 G Ω dan pada tahun 2023 dari setiap fasa sebesar 147 G Ω , dimana nilai nilai tersebut sesuai standar tahanan isolasi yang diterapkan yaitu $\geq 1 \text{ M}\Omega/\text{KV}$. Dan pengujian keserempakan dimana nilai kecepatan tertinggi pada posisi *close* tahun 2021 dari semua fasa sebesar 68,22 ms dan pada posisi *open* dari semua fasa sebesar 39 ms. Untuk tahun 2023 didapat nilai kecepatan tertinggi pada posisi *close* dari semua fasa sebesar 69,58 ms dan pada posisi *open* dari semua fasa sebesar 38,9 ms, dimana nilai keserempakan tersebut tidak melebihi standar yang diterapkan yaitu ≤ 120 ms. Sehingga PMT 150 KV Gardu Induk Tengkawang *bay line* Haru 1 memiliki kualitas yang baik dan layak untuk melakukan sistem pengoperasian.

Kata Kunci: Pemutus Tenaga, Evaluasi, Gardu Induk

ABSTRACT

A Circuit Breaker (CB) is a mechanical switching device that is capable of closing, conducting (for a certain period), and interrupting load current in abnormal conditions (such as short circuits). Failure of a Circuit Breaker is highly detrimental and disruptive to the overall operation of the electrical system. If the CB fails to operate during a fault, the fault current can damage other equipment and cause instability in the power system. Therefore, an evaluation of the CB equipment at the Tengkawang Substation Haru 1 Bay Line is necessary to assess its performance and operational feasibility. This involves several tests, including contact resistance testing, insulation resistance testing, and synchronization speed testing. The highest contact resistance value obtained in 2021 was 38.83 $\mu\Omega$, and in 2023 it was 37.09 $\mu\Omega$, both of which are within the acceptable contact resistance standard of $\leq 100 \mu\Omega$. In insulation resistance testing, the minimum value in 2021 for all phases was 132 G Ω , and in 2023 it was 147 G Ω for each phase, both of which meet the insulation resistance standard of $\geq 1 \text{ M}\Omega/\text{KV}$. The synchronization speed test yielded the highest closing speed in 2021 of 68.22 ms for all phases and 39 ms for the open position. In 2023, the highest closing speed was 69.58 ms for all phases, and 38.9 ms for the open position, both of which are within the acceptable synchronization speed standard of ≤ 120 ms. Therefore, the 150 kV Circuit Breaker at Tengkawang Substation Haru 1 Bay Line is in good condition and suitable for operation.

Keyword: Circuit Breaker, Evaluation, Substation

1. Pendahuluan

Gardu Induk merupakan simpul didalam sistem tenaga listrik, yang terdiri dari susunan dan rangkaian sejumlah perlengkapan yang dipasang menempati suatu lokasi tertentu untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik, menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan tingkat tegangan kerjanya, tempat melakukan kerja switching rangkaian suatu sistem tenaga listrik dan untuk menunjang keandalan sistem

tenaga listrik terkait. Terdapat beberapa peralatan pada gardu induk yaitu, transformator tenaga, transformator instrument, pemisah (PMS), pemutus tenaga (PMT), *lightning arrester* (LA), *reactor*, *capacitor*, pentanahan, sistem catu daya, meter dan *relay proteksi* [1,2]

Salah satunya adalah Pemutus Tenaga atau Circuit Breaker. Pemutus Tenaga merupakan peralatan saklar/switching mekanis yang mampu menutup, mengalirkan dan memutuskan arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutuskan arus beban dalam kondisi abnormal (seperti hubung singkat). PMT berfungsi sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu, membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan [3,4]

Kerusakan pada PMT sangat merugikan atau mengganggu bagi keseluruhan operasi sistem tenaga listrik. Jika PMT tidak bekerja saat terjadi gangguan, maka arus gangguan tersebut akan merusak peralatan yang lain serta dapat menimbulkan ketidakstabilan sistem tenaga listrik. Dengan demikian, diharapkan dengan adanya pengujian, PMT dapat bekerja lebih lama dengan performa maksimal sehingga meningkatkan kualitas sistem tenaga listrik. Adapun pengujian yang dilakukan pada PMT yaitu pengujian keserempakan kontak [1,5]

Studi Evaluasi pada peralatan ini perlu di lakukan untuk mengevaluasi kemampuan dan kelayakan peralatan PMT 150 KV. Studi kelayakan ini akan menggunakan tiga pengujian pada peralatan PMT 150 KV diantaranya pengujian Tahanan Kontak, Pengujian Tahanan Isolasi dan Pengujian Kecepatan Keserempakan Pada peralatan PMT 150 KV.

Hasil dari tiga pengujian tersebut akan menjadi acuan dasar dalam menentukan apakah peralatan PMT 150 KV dapat dikatakan layak untuk tetap melakukan operasi pada Gardu Induk atau harus di lakukan perbaikan atau penggantian peralatan PMT. Studi kelayakan ini akan memberikan rekomendasi terkait dengan kemampuan, keandalan dan kesesuaian PMT 150KV dengan kebutuhan Gardu Induk.

Dengan adanya studi evaluasi terhadap peralatan pemutus tenaga (PMT) 150 KV pada Gardu Induk Tengkwang Samarinda, melalui tiga pengujian utama di antaranya pengujian tahanan kontak, pengujian tahanan isolasi dan pengujian kecepatan keserempakan pada peralatan PMT 150 KV diharapkan bahwa peralatan ini memenuhi persyaratan teknis dalam melakukan operasi teknis, sehingga dapat dikatakan layak dan andal pada sistem tenaga listrik pada Gardu Induk Tengkwang Samarinda.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode Kuantitatif merupakan proses analisis data yang menghasilkan data dalam bentuk angka-angka dalam pengukurannya dan analisis data yang dapat di ukur. Proses analisis kuantitatif dilakukan pada hasil evaluasi pengujian tahanan kontak, tahanan isolasi dan kecepatan keserempakan pada PMT 150 KV Gardu Induk Tengkwang Samarinda. Proses analisis kuantitatif pada penelitian ini terdiri dari analisis deskriptif. Selanjutnya akan masuk dalam proses penyajian data, proses penyajian data pada penelitian ini akan menyajikan data hasil evaluasi pengujian dalam bentuk tabel-tabel.

A. Studi Pendahuluan

Tahapan studi pendahuluan merupakan tahapan yang dilakukan untuk mencari informasi dan referensi terkait tema penelitian. Tujuan dari studi pendahuluan ini adalah untuk menentukan objek penelitian. Setelah melakukan studi pendahuluan objek penelitian yang dipilih adalah hasil dari evaluasi pengujian tahan kontak, tahanan isolasi dan nilai kecepatan keserempakan pada PMT, lalu menentukan permasalahan dan tujuan penelitian.

B. Menentukan Masalah, Tujuan dan Batasan Masalah

Setelah menentukan objek penelitian maka peneliti juga akan menentukan permasalahan, tujuan dan batasan penelitian. Dalam penelitian ini masalah yang diangkat yaitu untuk mengetahui hasil dari evaluasi pengujian tahanan kontak, tahanan isolasi dan nilai kecepatan keserempakan pada PMT, dalam menentukan apakah PMT 150 KV layak untuk beroperasi secara normal pada gardu Induk.

Batasan masalah pada penelitian ini adalah data yang diambil merupakan data hasil pemeliharaan pengujian keserempakan PMT 150 KV pada Gardu Induk Tengkawang. Penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai hasil evaluasi dari pengujian tahanan kontak dapat dikatakan layak operasi, nilai dari pengujian tahanan isolasi sudah memenuhi standar operasi dan nilai kecepatan keserempakan pada PMT 150 KV serta menghitung nilai rata-rata kecepatan keserempakan PMT dengan batasan masalah tidak membahas bagaimana cara pengoperasian PMT.

C. Studi Literatur

Tahapan studi literatur merupakan proses pengumpulan literatur serta kajian data yang berkaitan dengan masalah yang terdapat pada penelitian. Studi literatur bertujuan untuk memperkuat teori yang digunakan dalam penelitian. Pada penelitian ini dilakukan pemahaman dan penguasaan dalam evaluasi suatu permasalahan yang ada pada pengujian tahanan kontak, tahanan isolasi dan kecepatan keserempakan pada PMT 150 KV Gardu Induk Tengkawang, apakah hasil dari evaluasi yang dilakukan pada PMT tersebut dapat dikatakan layak untuk melakukan pengoperasian atau sebaliknya jika di dapat hasil evaluasi yang tidak memenuhi standar yang telah ditentukan maka harus melakukan tindakan lanjutan seperti melakukan evaluasi pengujian ulang pada PMT.

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan teknik atau cara mengumpulkan data serta keterangan yang diperlukan di lokasi penelitian sekaligus observasi pada peralatan yang menjadi objek penelitian. Data-data yang diambil disesuaikan dengan kebutuhan pada penelitian ini. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang langsung diambil dari lokasi penelitian, sementara data sekunder merupakan data yang tidak diperoleh secara langsung dari lokasi penelitian.

E. Teknik pengolahan Data

Teknik Pengolahan data merupakan tahapan yang dilakukan setelah memperoleh data- data dari tahap pengumpulan data. Hasil dari evaluasi yang dilakukan pada peralatan PMT 150 KV, diantaranya pengujian tahanan kontak, pengujian tahanan isolasi, dan pengujian kecepatan keserempakan pada peralatan PMT 150 KV. Kemudian hasil dari proses evaluasi dari ketiga pengujian tersebut di bandingkan dengan standar-standar yang telah diterapkan. Jika sesuai dengan standar dilanjutkan dengan perhitungan untuk mencari rugi-rugi daya pada tahanan kontak PMT 150 KV dengan menggunakan persamaan (1) dengan menggunakan data hasil evaluasi tahanan kontak PMT, kemudian untuk mencari nilai arus bocor pada tahanan isolasi PMT dengan menggunakan persamaan (2) dengan menggunakan data hasil evaluasi tahanan isolasi PMT, dan untuk mencari nilai dari rata-rata waktu kecepatan keserempakan PMT menggunakan persamaan (3) dengan menggunakan data hasil evaluasi uji kecepatan keserempakan PMT. Setelah di dapat data hasil evaluasi dan hasil perhitungan di sajikan dalam tabel.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, dilakukan beberapa pengujian pada peralatan pemutus tenaga (PMT) 150KV Gardu Induk Tengkawang Samarinda. Dimana hasil dari pengujian tahanan kontak, tahanan isolasi dan kecepatan keserempakan PMT 150KV tersebut akan dilakukan proses evaluasi.

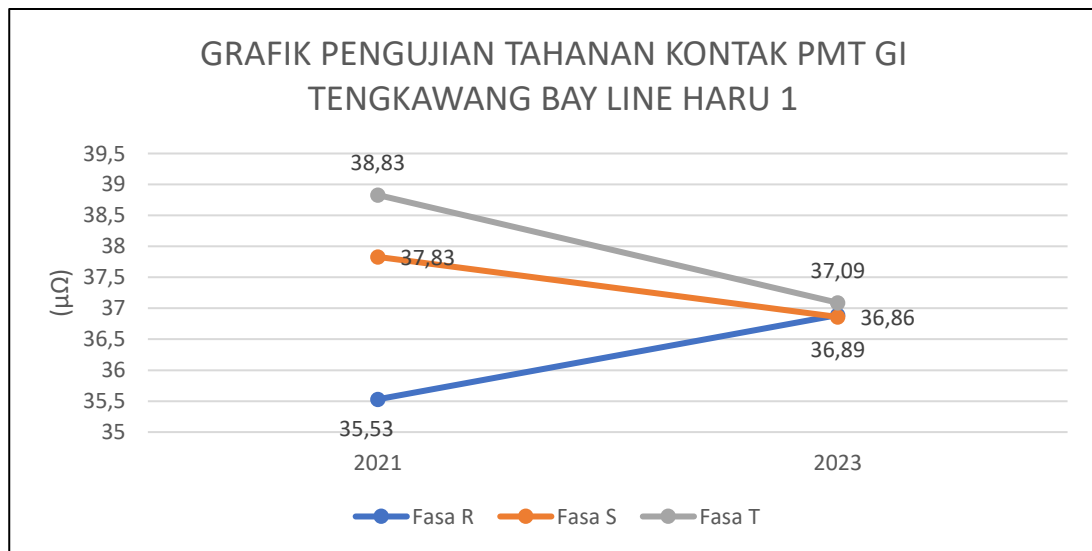
A. Pengujian Tahanan Kontak

Pengujian tahanan kontak PMT 150KV ini bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan kontak PMT yang normal harus (acuan awal) disesuaikan dengan petunjuk/manual dari masing – masing pabrikan PMT (dikarenakan nilai ini dapat berbeda antar merk). Nilai standar normal yang menjadi acuan yaitu $< 100 \mu\Omega$, nilai saat pengujian *komisioning*. Pengujian tahanan kontak PMT 150KV dilakukan pada titik ukur (Atas – Bawah) kontak, dalam kondisi PMT ON untuk setiap fasa (R, S, T). Arus pengujian yang digunakan adalah 100A dan standar yang digunakan dalam pengujian ini adalah $\leq 100 \mu\Omega$.

Data tabel pengujian tahanan kontak PMT 150KV Gardu Induk Tengkawang Bay Line Haru 1 tahun 2023 dan 2021 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMT 150KV

TITIK UKUR	STANDAR	PENGUJIAN TAHANAN KONTAK PMT GI TENKAWANG BAY LINE HARU 1 ($\mu\Omega$)					
		FASA R ($\mu\Omega$)		FASA S ($\mu\Omega$)		FASA T ($\mu\Omega$)	
		2021	2023	2021	2023	2021	2023
ATAS – BAWAH	$\leq 100 \mu\Omega$	35,53	36,89	37,83	36,86	38,83	37,09



Gambar 1. Grafik Pengujian Tahanan Kontak

Dari data pengujian pada tahun 2021 dan 2023 dapat dilihat nilai dari pengujian tahanan kontak PMT dimana tahun 2021 nilai pengujian tahanan kontak dari masing masing fasa yaitu fasa R sebesar $35,53 \mu\Omega$, Fasa S sebesar $37,83 \mu\Omega$, dan Fasa T sebesar $38,83 \mu\Omega$. Pada tahun 2023 untuk nilai pengujian tahanan kontak pada masing masing fasa yaitu Fasa R sebesar $36,89 \mu\Omega$, Fasa S sebesar $36,86 \mu\Omega$, dan Fasa T sebesar $37,09 \mu\Omega$. Dari data evaluasi pengujian tahanan kontak PMT pada tahun 2021 dan 2023 menunjukkan nilai pengujian masih dalam standar, dimana standar acuan yang digunakan yaitu $\leq 100 \mu\Omega$. Walaupun terdapat perbedaan nilai pengujian pada tahun 2021 dan 2023, tidak berpengaruh dalam kinerja peralatan PMT.

Maka dapat dihitung rugi-rugi daya pada tahun dengan menggunakan persamaan (1).

Rumus Rugi-rugi daya pada tahanan kontak pada PMT dapat dihitung menggunakan persamaan (1) :

$$P_{\text{loss}} = I^2 \times R \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

P_{loss} = Rugi-rugi daya (*Watt*)

I = Arus (*Ampere*)

R = Resistansi (*ohm*) [5]

Setelah nilai dari pengujian tahanan kontak PMT 150KV diperoleh dengan arus injeksi sebesar 100A maka dapat dihitung rugi-rugi daya tahun dengan menggunakan persamaan (1) yang dirangkum pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Rugi Daya Tahanan Kontak PMT

PENGUJIAN RUGI DAYA	PERHITUNGAN RUGI DAYA TAHANAN KONTAK PMT (W)					
	FASA R		FASA S		FASA T	
	THN 2021 (W)	THN 2023 (W)	THN 2021 (W)	THN 2023 (W)	THN 2021 (W)	THN 2023 (W)
TAHANAN KONTAK	0,355	0,368	0,378	0,368	0,383	0,37

B. Pengujian Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi PMT adalah untuk mengetahui besar nilai kebocoran arus yang terjadi pada terminal atas, terminal bawah dan *ground*. Posisi PMT pada saat pengujian tahanan isolasi yaitu dalam keadaan PMT *open*. Pada pengujian tahanan isolasi PMT terdapat tiga titik ukur diantaranya pengukuran terminal atas dan bawah, pengukuran terminal atas dan *ground* serta pengukuran terminal bawah dan *ground* pada masing-masing fasa (R, S, T) yang ada pada PMT 150KV Gardu Induk Tengkawang *Bay line* Haru 1.

Untuk menghitung arus bocor berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi PMT 150KV, kita dapat menggunakan hukum ohm tegangan uji (V) dan nilai tahanan isolasi (R) diberikan, sehingga arus bocor (I) dapat dihitung dengan cara tegangan ukur dibagi dengan tahanan isolasi (R). Dari data pengujian tahanan isolasi PMT 150KV Gardu Induk Tengkawang *Bay line* Haru 1 pada tahun 2021 dan 2023 dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Tahanan Isolasi PMT 150KV

TITIK UKUR	STANDAR	PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI PMT GI TENKAWANG <i>BAY LINE</i> HARU 1 (GΩ)					
		FASA R (GΩ)		FASA S (GΩ)		FASA T (GΩ)	
		2021	2023	2021	2023	2021	2023
ATAS – BAWAH	≥ 1MΩ/1kV	1.200	450	1.230	182	1.100	1.000
ATAS – TANAH		152	256	132	441	157	147
BAWAH – TANAH		394	771	427	620	368	565

Dari data hasil pengujian pada tahun 2021 dan 2023 dapat dilihat nilai dari pengujian tahanan isolasi PMT, dimana tahun 2021 nilai pengujian tahanan isolasi pada titik ukur atas – bawah masing masing fasa yaitu Fasa R sebesar 1.200 GΩ, Fasa S sebesar 1.230 GΩ dan Fasa T sebesar 1.100 GΩ. pada titik ukur atas – tanah masing masing fasa yaitu Fasa R sebesar 152 GΩ, Fasa S sebesar 132 GΩ dan Fasa T sebesar 157 GΩ. Pada titik ukur bawah – tanah masing masing fasa yaitu Fasa R 394 GΩ, Fasa S sebesar 427 GΩ dan Fasa T sebesar 368 GΩ. Pada tahun 2023 nilai pengujian tahanan isolasi pada titik ukur atas – bawah masing masing fasa yaitu Fasa R sebesar 450 GΩ, Fasa S sebesar 182 GΩ dan Fasa T sebesar 1000 GΩ. Pada titik ukur atas – tanah masing masing fasa yaitu Fasa R sebesar 256 GΩ, Fasa S sebesar 441 GΩ dan Fasa T sebesar 147 GΩ. Pada titik ukur bawah - tanah masing masing fasa yaitu Fasa R sebesar 394 GΩ, Fasa S sebesar 620 GΩ dan Fasa T sebesar 565 GΩ. Dari data evaluasi pengujian diatas menunjukkan nilai pada tahun 2021 dan 2023 pada tiap fasa masih sesuai standar, dimana standar tahanan isolasi yang baik yaitu ≥ 1MΩ/1kV, dimana semakin besar nilai uji yang didapat semakin baik pula kinerja dari tahanan isolasi peralatan PMT, sehingga PMT dalam melakukan proses pengoperasian dengan layak.

Kemudian dapat dicari perhitungan arus bocor dengan rumus perhitungan arus bocor pada pengujian tahanan isolasi PMT dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$V = R \times I \text{ sehingga untuk menghitung arus bocor yaitu } I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

I = Arus bocor (A)

R = Resistansi (Ω)

V = Tegangan (Volt)[5]

Berdasarkan tabel 3 data hasil pengujian tahanan isolasi PMT 150KV dimana nilai pengujian atas bawah isolasi PMT pada fasa R sebesar 1.200 G Ω , pada fasa S sebesar 1.230 G Ω dan pada fasa T sebesar 1.100 G Ω , maka dapat dihitung arus bocor dengan menggunakan persamaan (2) yang ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Arus Bocor PMT 150KV Tahun 2021 dan 2023

PERHITUNGAN ARUS BOCOR PMT (μ A)								
PENGUJIAN	TITIK UKUR	STANDAR	FASA R (μ A)		FASA S (μ A)		FASA T (μ A)	
			2021	2023	2021	2023	2021	2023
TAHANAN ISOLASI	ATAS-BAWAH	1000 μ A	0,00417	0,011	0,004065	0,02747	0,00445	0,005
	ATAS-TANAH		0,03258	0,01953	0,03787	0,01133	0,03184	0,03401
	BAWAH-TANAH		0,01269	0,06485	0,0117	0,08064	0,01358	0,08849

C. Pengujian Kecerempakan

Pengujian kecerempakan PMT adalah untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui kecerempakan PMT pada saat menutup ataupun membuka. Pada saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, diharapkan PMT bekerja dengan cepat. Clearing Time sesuai dengan standart SPLN No 52-1 1983 untuk sistem dengan tegangan 150 KV < 120 mili detik. Berdasarkan cara kerja penggerak, maka PMT dapat dibedakan atas jenis *three pole* (penggerak PMT tiga fasa) dan *single pole* (penggerak PMT satu fasa).

Tabel 5. Hasil Pengujian Kecerempakan PMT 150KV tahun 2021

PENGUJIAN KESEREMPAKAN PMT 150KV GI TENGKAWANG BAY LINE HARU 1 (THN 2021) (ms)							
PENGUJIAN	STANDAR	FASA : R (ms)		FASA : S (ms)		FASA : T (ms)	
		TRIP 1	TRIP 2	TRIP 1	TRIP 2	TRIP 1	TRIP 2
CLOSE	$\leq$ 120 ms	68,22	68,11	67,14	67,21	67,11	67
OPEN		38	39	38	39	38	37

Dari data hasil pengujian kecerempakan pada tahun 2021 dan tahun 2023 dapat dilihat pada tabel 5 dan 6, dimana hasil dari masing masing fasa pada saat pengujian *open* dan *close* nilai yang dihasilkan tidak melebihi standar yang di tentukan yaitu $\leq$ 120 ms. Dimana PMT dapat dikatakan layak untuk melakukan proses pengoperasian dan perbedaan nilai uji kecerempakan yang terjadi pada masing masing tahun juga terbilang sangat kecil dimana perbedaan tersebut tidak mempengaruhi kinerja dari PMT. Selagi nilai dari hasil uji tidak melebihi standar maka PMT masih layak untuk melakukan operasi.

Tabel 6. Hasil Pengujian Keserempakan PMT 150KV Tahun 2023

PENGUJIAN KESEREMPAKAN PMT 150KV GI TENGGAWANG <i>BAY LINE</i> HARU 1 (THN 2023) (ms)							
PENGUJIAN	STANDAR	FASA : R (ms)		FASA : S (ms)		FASA : T (ms)	
		TRIP 1	TRIP 2	TRIP 1	TRIP 2	TRIP 1	TRIP 2
CLOSE	≤ 120 ms	69,54	69,58	69,5	69,52	68,73	68,75
OPEN		38,5	38,9	38,6	38,8	38	37,8

Setelah nilai keserempakan PMT diperoleh maka akan dilakukan perhitungan selisih antar waktu keserempakan dengan persamaan (3)

$$\Delta t = t_{\max} - t_{\min} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

Δt = selisih waktu

$t_{\max}$ = waktu tertinggi

$t_{\min}$ = waktu terendah [6]

Dari data hasil pada tabel 5 dan 6 yang disajikan menunjukkan bahwa semua fasa dan kondisi (Trip 1 dan Trip 2) memenuhi standar keserempakan ($\Delta t \leq 10$ ms) untuk pengukuran waktu *Open* dan *Close* PMT 150KV.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Selisih Waktu Keserempakan PMT 150KV Tahun 2021 dan 2023

SELISIH WAKTU KESEREMPAKAN PMT 150KV GI TENGGAWANG <i>BAY LINE</i> HARU 1 (ms)							
PENGUJIAN	STANDAR	FASA : R		FASA : S		FASA : T	
		2021	2023	2021	2023	2021	2023
CLOSE	$\Delta t \leq 10$ ms	0,11	0,04	0,07	0,02	0,11	0,02
OPEN		1	0,4	1	0,2	1	0,2

4. Kesimpulan

Bedasarkan evaluasi yang dilakukan pada peralatan PMT 150KV Gardu Induk Tengkawang *Bay Line* Haru 1 dapat dilihat pada tabel 4.1 untuk pengujian tahanan kontak dimana nilai tertinggi pengujian tahun 2021 sebesar $38,83 \mu\Omega$ dan tahun 2023 sebesar $37,09 \mu\Omega$ dimana nilai nilai tersebut tidak melebihi standar nilai tahanan kontak yang diterapkan yaitu $\leq 100 \mu\Omega$. Pada tabel 4.3 untuk pengujian tahanan isolasi dimana nilai minimum pada tahun 2021 dari semua fasa sebesar $132 G\Omega$ dan pada tahun 2023 dari setiap fasa sebesar $147 G\Omega$, dimana nilai nilai tersebut sesuai standar tahanan isolasi yang diterapkan yaitu $\geq 1 M\Omega/KV$. Dan pada tabel 4.5 dan 4.6 pengujian keserempakan dimana nilai kecepatan tertinggi pada posisi *close* tahun 2021 dari semua fasa sebesar 68,22 ms dan pada posisi *open* dari semua fasa sebesar 39 ms. Untuk tahun 2023 didapat nilai kecepatan tertinggi pada posisi *close* dari semua fasa sebesar 69,58 ms dan pada posisi *open* dari semua fasa sebesar 38,9 ms, dimana nilai keserempakan tersebut tidak melebihi standar yang diterapkan yaitu ≤ 120 ms. Sehingga PMT 150 KV Gardu Induk Tengkawang *bay line* Haru 1 memiliki kualitas yang baik dan layak untuk melakukan sistem pengoperasian.

Dari semua hasil evaluasi yang dilakukan pada peralatan PMT 150KV Gardu Induk Tengkawang *Bay Line* Haru1 pada tahun 2021 dan 2023 menunjukkan bahwa PMT dalam kondisi layak atau andal dalam

melakukan proses pengoperasian yang dimana nilai dari pengujian tahanan kontak, pengujian tahanan isolasi dan pengujian kecepatan keserempakan PMT 150KV sesuai standar kelayakan operasi.

5. Daftar Pustaka

- [1] Ari Susanto, "Berdasarkan Hasil Uji Tahanan Isolasi , Tahanan," *Fak. Tek. Univ. Tanjungpura*, 2021.
- [2] D. Arsyi Saputra, A. Imam Agung, and S. Isnur Haryudo, "Analisis Kelayakan Pemutus Tenaga Bay Trafo 2 Berdasarkan Hasil Uji Shutdown Measurement Di Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, pp. 440–446, 2022.
- [3] PT. PLN (Persero), "Buku Pedoman Pemeliharaan Serandang dan Pentanahan GI," *Buku Pedoman Pemeliharaan*, 2014.
- [4] PT. PLN (Persero), "Materi Workshop Gardu Induk PT. PLN (Persero) PUSDIKLAT," p. 367, 2009.
- [5] E. M. Deden Emil Salam, "Analisis Uji Kelayakan PMT Pada Jaringan Tenaga LISTRIK 150 KV," *J. Kehumasan p-ISSN*, vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2021.
- [6] T. Phi-wiki, "Fisika Dasar I" pp. 1–50, 2013.