



Analisis Kelayakan Pemutus Tenaga 150kV di Gardu Induk Manggarsari Balikpapan

Fahri Fadilah¹⁾, Restu Mukti Utomo²⁾, Adi Pandu Wirawan³⁾

^{1,2,3)}Fakultas Teknik Universitas Mulawarman

E-mail: fahrifadilah05@gmail.com

ABSTRAK

Pemutus Tenaga (PMT) 150kV di Gardu Induk Manggar Sari Balikpapan memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas sistem transmisi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan operasional PMT berdasarkan pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak, keserempakan kontak, dan tahanan pentanahan. Hasil pengujian dibandingkan dengan standar yang ditetapkan oleh PT PLN (Persero) SK-DIR 0520-2014.

Hasil pengujian tahun 2020 dan 2022 menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi berkisar antara 0,08 G Ω hingga 1,6 G Ω pada tahun 2020, dan 0,13 G Ω hingga 1,59 G Ω pada tahun 2022, yang masih sesuai dengan standar minimum 1 M Ω /kV. Nilai tahanan kontak berkisar antara 60 $\mu\Omega$ hingga 160 $\mu\Omega$, juga memenuhi batas toleransi yang ditetapkan. Selain itu, pengujian keserempakan kontak menunjukkan selisih waktu antar fasa berada di bawah batas toleransi 10 ms, menandakan PMT berfungsi secara optimal. Tahanan pentanahan berada di bawah 1 Ω , yang memastikan perlindungan yang memadai terhadap lonjakan tegangan. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa PMT 150kV di Gardu Induk Manggar Sari Balikpapan masih layak untuk dioperasikan dan memenuhi standar kelayakan operasional yang berlaku.

Kata Kunci: Pemutus Tenaga, Tahanan Isolasi, Tahanan Kontak, Keserempakan Kontak, Tahanan Pentanahan

ABSTRACT

The 150kV Circuit Breaker (PMT) at Manggar Sari Substation in Balikpapan plays a crucial role in maintaining the stability of the power transmission system. This study aims to analyze the operational feasibility of the PMT based on insulation resistance, contact resistance, contact simultaneity, and grounding resistance tests. The test results were compared to the standards set by PT PLN (Persero) SK-DIR 0520-2014.

The 2020 and 2022 test results showed that insulation resistance values ranged from 0.08 G Ω to 1.6 G Ω in 2020, and 0.13 G Ω to 1.59 G Ω in 2022, still meeting the minimum standard of 1 M Ω /kV. Contact resistance values ranged from 60 $\mu\Omega$ to 160 $\mu\Omega$, which also met the set tolerance limits. In addition, the contact simultaneity test indicated that the time difference between phases was below the 10 ms tolerance, indicating the PMT functions optimally. The grounding resistance was below 1 Ω , ensuring adequate protection against voltage surges. Based on the test results, it can be concluded that the 150kV PMT at Manggar Sari Substation in Balikpapan is still feasible for operation and complies with applicable operational standards.

Keyword: Circuit Breaker, Insulation Resistance, Contact Resistance, Contact Simultaneity, Grounding Resistance

1. Pendahuluan

Listrik menjadi kebutuhan utama yang penting dari segala aspek kehidupan bagi seluruh kalangan masyarakat. Untuk menyalurkan energi listrik perlu adanya sistem penyaluran listrik salah satunya Gardu Induk yang berperan penting terhadap penyaluran listrik karena sebagai penghubung pelayanan energi listrik hingga sampai ke konsumen. Gardu induk mempunyai peralatan-peralatan sebagai pendukung kinerjanya. Salah satu peralatan utama yang ada di gardu induk yaitu PMT (Pemutus Tenaga). PMT 150 kV berperan sebagai penghubung atau pemutus aliran arus dalam konsisi berbeban disalurkan transmisi dalam keadaan normal dan abnormal

Apabila terjadinya gangguan pada jaringan transmisi maka PMT akan membuka atau memutus sehingga tidak akan merusak kepada komponen lainnya yang ada di penyulang penghantar Gardu Induk. Untuk menjaga PMT agar bekerja dengan baik diperlukannya pemeliharaan 2 tahunan [1-3] dengan pengukuran tahanan isolasi, tahanan kontak dan juga keserempakan kontak untuk mengetahui kondisi pada pemutus tenaga dengan melihat nilai standar Kelayakan operasinya [4-9].

Jalur Bayline Manggar Sari hingga Senipah, dengan jarak saluran sekitar 42.37 kms, merupakan area yang sangat memerlukan perhatian yang khusus dalam pengelolaan distribusi listrik. Berbagai faktor seperti kondisi geografis, beban listrik yang bervariasi, dan potensi gangguan lingkungan mempengaruhi kebutuhan akan PMT di jalur ini. Pemilihan lokasi PMT yang tidak optimal dapat mengakibatkan ketidakstabilan sistem, peningkatan risiko gangguan, dan kerugian ekonomi akibat *downtime* dan perbaikan yang tidak terencana.

Oleh karena itu, perlunya dilakukan analisis kelayakan PMT di GI manggarsari untuk mengetahui apakah PMT layak sesuai dengan standar, pengujian dan pemeliharaan dilaksanakan untuk mengetahui atau menilai kondisi PMT, Kerusakan pada PMT sangat merugikan serta mengganggu bagi keseluruhan operasi sistem tenaga listrik perlunya dilakukan pengujian secara berkala untuk memastikan PMT tersebut masih aman untuk dioperasikan. Adapun pengujian dan pemeliharaan yang dilakukan diantaranya pengujian tahanan isolasi, pengujian tahanan kontak, pengujian keserempakan kontak dan tahanan pentanahan.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan dalam skripsi ini yaitu sudi literatur, bertujuan untuk memperkuat teori yang digunakan dalam penelitian. Studi literatur dapat diperoleh dengan membaca jurnal, buku, dan artikel. pengambilan data hasil pemeliharaan 2 tahunan PMT 150KV berupa data tahanan kontak, tahanan isolasi, keserempakan kontak dan tahanan pentanahan PMT 150 KV. Kemudian dilakukan penyesuaian data hasil pengujian dengan standar yang telah ditetapkan oleh standar PLN. Kemudian data tersebut dianalisis secara teliti untuk menyimpulkan apakah data tersebut telah memenuhi standar kelayakan atau tidak, Jika di dapat hasil pengujian tidak sesuai dengan standar maka perlunya dilakukan evaluasi atau pengujian ulang sesuai dengan rekomendasi dari hasil yang diketahui.

A. Penentuan Masalah dan Tujuan

Pada tahapan penentuan masalah dan tujuan dilakukan dengan cara mencari informasi melalui jurnal atau buku. Tahapan ini akan menghasilkan rumusan masalah dari topik yang akan diteliti oleh penulis. Tahapan penentuan tujuan merupakan proses untuk mencari tujuan dari penelitian yang akan dilaksanakan.

B. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memperkuat teori yang digunakan dalam penelitian. Studi literatur dapat diperoleh dengan membaca jurnal, buku dan artikel. Dalam penelitian ini akan dilakukan pemahaman dan penguasaan teori mengenai nilai standar sesuai standar PLN

C. Pengumpulan Data

Data yang diambil pada penelitian ini diambil dari hasil pemeliharaan di gardu induk Manggar Sari Balikpapan. Data yang dikumpulkan yaitu data tahanan kontak, tahanan isolasi keserempakan kontak dan tahanan pentanahan

3. Hasil dan Pembahasan

Dilakukannya beberapa pengujian di PMT gardu induk Manggarsari Balikpapan antara lain pengujian tahanan kontak, tahanan isolasi dan keserempakan kontak

A. Pengujian Tahanan Isolasi

pengujian tahanan isolasi pemutus tenaga adalah untuk mengetahui besar nilai kebocoran arus yang terjadi pada terminal atas, terminal bawah dan *ground*. Pada pengujian tahanan isolasi terdapat 3 titik ukur pengujian yaitu titik ukur antara terminal atas dengan bawah, titik ukur antara terminal atas dengan *ground* dan titik ukur antara terminal bawah dengan *ground*. Kebocoran arus yang menembus

isolasi peralatan listrik memang tidak dapat dihindari. Batasan tahanan isolasi PMT sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan SE.032/PST/1984 dan menurut standard VDE (catalogue 228/4) minimum besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung “1 kilo Volt untuk 1 MΩ (Mega Ohm)”. Dengan catatan 1 kV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV adalah 1 mA.

Tabel 1. Tabel Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi PMT

TITIK UKUR	Standard Minimal	TAHANAN ISOLASI PEMUTUS TENAGA (GΩ)					
		FASA : R		FASA : S		FASA : T	
		Tahun 2020	Tahun 2022	Tahun 2020	Tahun 2022	Tahun 2020	Tahun 2022
a. Atas - Bawah PMT OFF	1MΩ/kV	0,8	1,3	0,5	42,1	0,8	2,33
b. Atas - Tanah PMT OFF	1MΩ/kV	0,85	1,32	0,75	1,62	0,6	1,3
c. Bawah – Tanah PMT OFF	1MΩ/kV	0,5	160	1,3	159	1,35	159

Untuk menghitung arus bocor berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi, 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 hasil data pengujian tahanan isolasi PMT di gardu induk manggarsari pada tahun 2020 dan 2022 yang dilakukan pada bay line M. Sari – Senipah dapat dilihat pada tabel 1

Setelah diperoleh data pengujian isolasi maka dapat dihitung arus bocor dengan persamaan berikut

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- I = Arus (ampere)
- V = Tegangan (volt)
- R = Tahanan (ohm)

Standar tahanan isolasi adalah 1 MΩ/kV, yang setara dengan 5 MΩ atau 0.005 GΩ untuk tegangan 5 kV. Dengan menggunakan standar ini, arus bocor maksimum yang diperbolehkan dapat dihitung sebagai berikut:

$$I_{maks} = \frac{5000 V}{0.005 G\Omega} = \frac{5000 V}{0.005 \times 10^9 \Omega} = 1 mA = 1000 \mu A$$

Berikut tabel hasil perhitungan arus bocor PMT tahun 2020 dan 2022 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel hasil perhitungan arus bocor tahanan isolasi PMT

Pengujian	Titik Ukur	Standar	ARUS BOCOR PMT (μA)					
			Fasa R		Fasa S		Fasa T	
			2020	2022	2020	2022	2020	2022
Tahanan Isolasi	Atas – Bawah	1000 μA	6,25	3,846	10	0,119	6,25	2,146
	Atas - Tanah		5,882	3,788	6,667	3,086	8,333	3,846
	Bawah - Tanah		10	0,03125	3,846	0,03145	3,704	0,03145

Dari hasil data pengujian PMT yang dilakukan dapat dilihat bahwa fase memiliki kemampuan isolasi yang berbeda beda, yang dimana hal itu dapat terjadi akibat dipengaruhi oleh kondisi pada masing-masing isolator. Jika terdapat banyak kotoran atau debu pada isolator itu sangat mempengaruhi kemampuan pada isolasinya. Perbedaan pada nilai tersebut tidak akan mempengaruhi PMT selama hasil pengujian atau nilai yang didapatkan masih dalam batas standar yang telah ditentukan. Adapun hasil perhitungan kebocoran arus pada bay line M.sari – senipah baik fasa R,S dan T rata-rata nilai yang diperoleh jauh dibawah nilai kebocoran arus yang diizinkan yaitu 1 kV adalah 1 mA.

Dari hasil data nilai tahanan isolasi pada tahun 2020 dan 2020 pada bay line M. Sari -senipah yang diperoleh dan nilai kebocoran arus yang didapatkan, maka dipastikan bahwa material isolasi yang diuji pada PMT tersebut masih dalam kondisi baik dan sesuai standar VDE (catalogue 228/4). Dengan nilai tahanan isolasi yang berada jauh diatas standar maka nilai kebocoran yang terjadi antara terminal atas, terminal bawah, dan ground dapat diminimalisir sekecil mungkin. Jika nilai yang diperoleh tidak memenuhi standar maka dilakukan pengujian ulang, dan apabila nilai yang diperoleh masih juga dibawa standar maka disarankan untuk mengganti PMT tersebut dengan PMT yang baru dengan kemampuan isolasi yang lebih baik. Dari hasil data dan analisis yang diperoleh menunjukkan bahwa tahanan isolasi untuk semua fasa dan titik ukur dalam kondisi yang sangat baik dan jauh dari batas toleransi yang diperbolehkan, tidak ada indikasi kebocoran arus yang signifikan, sehingga PMT dapat dinyatakan layak dan aman untuk operasi lanjutan, namun jika nilai masih sesuai standar tetap perlunya dilakukan pemantauan rutin agar nilai tahanan tetap andal berikut rekomendasi sesuai buku pedoman pemeliharaan.

Rekomendasi

1. Pemantauan Rutin: Lanjutkan pemantauan rutin untuk memastikan bahwa nilai tahanan isolasi tetap dalam batas yang aman.
2. Pemeliharaan Preventif: Lakukan pemeliharaan preventif secara berkala untuk menjaga kondisi isolasi tetap optimal.
3. Pengujian Berkala: Lakukan pengujian ulang setiap 6 bulan untuk memastikan tidak ada penurunan signifikan pada nilai tahanan isolasi.

B. Pengujian Tahanan Kontak

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 $R \leq 120 \%$ nilai pabrikan atau Nilai Pengujian FAT, nilai saat pengujian komisioning, (PT.PLN 0520-3.K/Dir/2014, 2014). Dari data nilai yang didapat Digunakannya arus sebesar 100 amp karena pembagi dengan angka 100 akan memudahkan dalam menentukan nilai tahanan kontak dan lebih cepat. Dalam melakukan pengukuran skala yang digunakan harus diperhatikan jangan sampai arus yang dibangkitkan sama dengan batasan skala sehingga kemungkinan akan terjadi *overload* dan hasil penunjukan tidak sesuai dengan kenyataannya.

Data tabel hasil pengukuran tahanan kontak PMT tahun 2020 dan tahun 2022 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Tabel hasil pengukuran tahanan kotak PMT

		TAHANAN KONTAK PEMUTUS TENAGA					
Arus Injeksi	Standar	Atas - Bawah (PMT Posisi ON)					
		Fasa R		Fasa S		Fasa T	
		2020	2022	2020	2022	2020	2022
100 A	$\leq 100 \mu\Omega$	65,2	44,59	53,7	47,87	58,76	42,76

Pengujian tahanan kontak dilakukan pada titik ukur “Atas – Bawah” dalam kondisi PMT posisi ON untuk setiap fasa (R, S, T). Arus pengujian yang digunakan adalah 100 A. Standar yang digunakan untuk tahanan kontak adalah $\leq 100 \mu\Omega$. Setelah nilai tahanan kontak diperoleh dan diketahui arus injeksinya sebesar 100 A maka dapat dihitung rugi – ruginya dengan menggunakan persamaan berikut

$$P = I^2 \cdot R \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

P = Daya Tahanan Kontak (watt)

I = Arus (ampere)

R = Tahanan Kontak (ohm)

Berikut tabel hasil perhitungan rugi-rugi daya pada tahanan kontak PMT tahun 2020 dan 2022 yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel hasil perhitungan rugi-rugi daya tahanan kontak PMT

Standar Tahanan Kontak	RUGI RUGI DAYA TAHANAN KONTAK PMT (watt)					
	Fasa R (watt)		Fasa S (watt)		Fasa T (watt)	
	2020	2022	2020	2022	2020	2022
$\leq 100 \mu\Omega$	0,652	0,446	0,537	0,4787	0,588	0,4276

Dari hasil pengujian tahanan kontak PMT 150 kV yang diperoleh pada bay line M.sari – senipah baik pada fase R, S, dan T semuanya bernilai dibawah 100 $\mu\Omega$, artinya alat kontak PMT yang terpasang pada bay line ini masih dalam kondisi baik sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Apabila nilai yang diperoleh melebihi standar yang telah ditentukan yaitu diatas 100 $\mu\Omega$ maka perlu diadakan perbaikan, pada hasil pengujian berbeda bisa terjadi karena klem-klem jepitan dan permukaan kontak ada debu atau korosif. Dari hasil perhitungan rugi-rugi daya yang diperoleh dapat dilihat bahwa kerugian yang diakibatkan adanya titik-titik sambungan pada kontak sangat kecil. Hal ini dikarenakan hasil pengujian tahanan kontak yang didapatkan sudah memenuhi standar yang telah ditentukan. Semakin kecil nilai tahanan kontak yang dihasilkan maka semakin kecil pula rugi-rugi yang ditimbulkan.

Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa dua perhitungan losses tersebut disimpulkan bahwa hasil pengujian, losses untuk semua fasa (R, S, T) pada tahun 2020 dan tahun 2022 berada di bawah batas maksimum yang diperbolehkan ($\leq 100 \mu\Omega$). Hasil perhitungan losses juga menunjukkan nilai yang sangat kecil dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, namun jika nilai masih sesuai standar tetap perlunya dilakukan pemantauan rutin agar nilai tahanan tetap andal berikut rekomendasi sesuai buku pedoman pemeliharaan.

Rekomendasi:

1. Pemeriksaan lanjutan PMT (pengujian tahanan kontak)
2. Perlunya pembersihan sebelum melakukan pengujian, terminal klem dari debu dan korosif cat agar mendapat nilai yang sesuai
3. Perbaikan atau pergantian material utama PMT jika Telah mencapai batas usia pakai

C. Pengujian Keserempakan Kontak

Perbedaan waktu yang terjadi antara phasa R, S, T pada waktu PMT membuka dan menutup kontak dapat diketahui dari hasil pengukuran. Sehingga pengukuran keserempakan pada umumnya sekaligus meliputi pengukuran waktu buka tutup PMT. Nilai yang dapat diketahui dalam pengukuran keserempakan adalah Δt yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antar phasa R, S, T sewaktu membuka atau menutup kontak. Pengujian keserempakan akan didapatkan *closing time* dan *open time*, yang dibutuhkan PMT untuk menutup kontak pada saat *closing time* sedangkan yang dibutuhkan PMT saat membuka kontak yaitu *open time*. Berikut Batasan nilai selisih waktu keserempakan berdasarkan standar SK DIR 114 yaitu $\Delta t \leq 10$ ms atau nilai standar pabrikan. pada hasil data pengujian keserempakan kontak di gardu induk manggarsari pada bay line M. Sari – Senipah tahun 2020 dan 2022 yang didapat maka akan dihitung selisih antara waktu. Berikut hasil data pengukuran keserempakan kontak yang dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Tabel hasil pengukuran tahanan keserempakan kontak PMT

TAHUN PENGUJIAN	PENGUKURAN	Standar	FASA : R (ms)		FASA : S (ms)		FASA : T (ms)	
			TRIP 1	TRIP 2	TRIP 1	TRIP 2	TRIP 1	TRIP 2
			2020	CLOSE	$\Delta t \leq 10 \text{ ms}$	98	108	105
	OPEN	55	60	57		48	46	55
2022	CLOSE	100	108	107		101	101	109
	OPEN	50	55	54		49	49	53

Pada tabel 5 diatas merupakan data hasil tahanan keserempakan kontak PMT tahun 2020 dan 2022 pada bay line M.sari – Senipah baik pada fasa R, S dan T masih dalam batas ketetapan yang ada.

Setelah nilai keserempakan diperoleh maka akan dihitung selisih antara waktu keserempakan dengan menggunakan persamaan berikut

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

Keterangan:

- Δt = selisih waktu
- t_{maks} = waktu tertinggi
- t_{min} = waktu terendah

Dari hasil data pada tabel 4 yang disajikan menunjukkan bahwa semua fasa dan kondisi (TRIP 1 dan TRIP 2) memenuhi standar keserempakan ($\Delta t \leq 10 \text{ ms}$) untuk pengukuran waktu CLOSE dan OPEN. Berikut hasil perhitungan selisih waktu keserempakan pada PMT tahun 2020 dan 2022 dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Tabel hasil perhitungan selisih waktu keserempakan kontak PMT

Pengukuran	kondisi	Standar	SELISIH WAKTU KESEREMPAKAN PMT (ms)					
			FASA : R		FASA : S		FASA : T	
			2020	2022	2020	2022	2020	2022
KESERAMPAKAN	Close	$\Delta t \leq 10 \text{ ms}$	10,00	8,00	8,00	6,00	6,00	8,00
	Open		5,00	5,00	9,00	5,00	9,00	4,00

Dari hasil pengujian keserempakan kontak perhitungan yang diperoleh dapat dilihat bahwa nilai delta time pada saat PMT open dan close dibawah dari 10 ms, artinya nilai yang didapatkan sudah memenuhi standar batasan nilai selisih waktu yaitu $\Delta t \leq 10 \text{ ms}$ atau nilai standar pabrikan. Sehingga PMT tersebut dapat melakukan trip sesuai dengan kinerja keserempakan yang normal. Apabila nilai delta time yang diperoleh diatas dari 10 ms maka untuk kerja keserempakan PMT bisa dikatakatan tidak layak memenuhi standar yang telah ditetapkan, kalau tidak serentak maka dapat menjadi suatu gangguan didalam sistem tenaga listrik dan menyebabkan sistem proteksi bekerja. Apabila terdapat nilai yang tidak memenuhi standar yang telah ditentukan, perbaikan dapat dilakukan dengan melakukan beberapa pemeriksaan, diantaranya yaitu pemeriksaan tegangan kerja, pemeriksaan koil, pemeriksaan auxillary contact / kontaktor, penggantian part mekanik yang rusak, pemeriksaan roda penggerak dan perbaikan mekanik penggerak. Perbedaan selisih yang terlalu lama mengakibatkan ada lonjakan arus maupun tegangan pada fase lainnya yang akan menyebabkan rusaknya peralatan lain yang terhubung dengan PMT tersebut, maka perlu diadakan perbaikan dan dilakukan pengujian ulang pada PMT tersebut. Namun apabila nilai yang diperoleh tetap melebihi standar yang telah ditentukan maka perlu dipertimbangkan untuk menggantinya dengan PMT yang baru, namun jika nilai delta time telah memenuhi standar tetap harus melakukan pemantauan rutin sesuai dengan rekomenddari dari buku

pedoman agar nilai delta time tetap pada batas standarnya berikut rekomendasi yang dilakukan sesuai dengan buku pedoman pemeliharaan PMT.

Rekomendasi:

1. Pemantauan Rutin: Lanjutkan pemantauan rutin untuk memastikan nilai keserempakan tetap dalam batas yang ditentukan.
2. Pengujian Berkala: Lakukan pengujian berkala untuk memastikan tidak ada perubahan signifikan dalam waktu operasi PMT.
3. Data ini memberikan gambaran yang mendekati kondisi ideal sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

D. Pengujian Tahanan Pentanahan

pengukuran tahanan pentanahan yaitu untuk mengetahui nilai tahanan pentanahannya karena Semakin kecil nilai pentanahannya maka akan semakin baik. Menurut buku pedoman pemeliharaan pemutus tenaga, besarnya nilai tahanan pentanahan untuk switchgear adalah $\leq 1 \text{ ohm}$ (buku pedoman). Dari hasil pengambilan data tahanan pentanahan di gardu induk manggarsari pada bay line M. Sari - Senipah pada tahun 2020 – 2022 dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Tabel Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan

standar	TAHANAN PENTANAHAN PMT (Ω)					
	Fasa R		Fasa S		Fasa T	
$\leq 1 \Omega$	2020	2022	2020	2022	2020	2022
	0,56	0,22	0,56	0,22	0,56	0,22

Dari data hasil pengukuran pentanahan yang telah dilakukan di gardu induk manggarsari pada bay line M. Sari – Senipah pada tahun 2020 - 2022 diperoleh nilai pentanahan yang kecil dari 1Ω , yang mengindikasikan bahwa pentanahan dalam kondisi baik. Hasil ukur yang berbeda pada tahun sebelumnya disebabkan nilai pentanahan dari setiap tahunnya adalah karena kondisi dari tanah dalam kondisi basah yang menyebabkan tingkat kelembaban tanah meningkat. Dari hasil data pengukuran tahanan pentanahan pada tabel 4.8 dapat disimpulkan bahwa tahanan pentanahan pada PMT tahun 2020 dan 2022 sesuai dengan standar ketetapan yang ada, namun jika nilai pentanahan telah memenuhi standar harus tetap menjaga nilai pentanahan tetap andal dengan cara melakukan pemantauan rutin sesuai dengan buku pedoman pemeliharaan PMT berikut rekomendasi yang diperlukan :

1. Lakukan pengujian ulang jika nilai tidak sesuai dengan standar buku pedoman pemeliharaan
2. Pembersihan kawat pentanahan, termasuk mur dan baut koneksi kawat pentanahan secara rutin agar mendapat nilai yang sesuai
3. Bila hasil ukur masih tetap $> 1 \Omega$, maka rencanakan perbaikan atau pergantian

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis kelayakan Pemutus Tenaga (PMT) 150kV di Gardu Induk Manggar Sari Balikpapan, beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut:

Berdasarkan nilai tahanan isolasi pada pengujian tahun 2020 dan 2022, nilai tahanan isolasi berkisar antara $0,08 \text{ G}\Omega$ - $1,6 \text{ G}\Omega$. Nilai ini masih sesuai dengan standar Batasan tahanan isolasi PMT sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan PMT yang dimana menunjukkan bahwa isolasi PMT dalam kondisi baik dan tidak terjadi kebocoran arus yang signifikan.

Berdasarkan nilai tahanan kontak, pengujian menunjukkan bahwa nilai tahanan kontak pada tahun 2020 dan 2022 berkisar antara $60 \mu\Omega$ hingga $160 \mu\Omega$. Nilai ini berada dalam rentang yang diperbolehkan sesuai dengan buku panduan buku pedoman pemeliharaan PMT, yang berarti kontak PMT masih berfungsi optimal dan tidak terjadi rugi-rugi daya yang berlebihan.

Berdasarkan keserempakan kontak, pengujian keserempakan kontak pada PMT menunjukkan bahwa selisih waktu antara pembukaan dan penutupan antar fasa berada di bawah batas toleransi 10 ms, baik pada tahun 2020 maupun 2022. Ini menandakan bahwa PMT berfungsi dengan keserempakan yang baik, sehingga dapat meminimalkan risiko gangguan pada sistem.

Berdasarkan tahanan pentanahan, Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan berada di bawah 1Ω , yang sesuai dengan standar dari buku pedoman pemeliharaan pemutus tenaga PT PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014.

Dari hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa Pemutus Tenaga (PMT) 150kV di Gardu Induk Manggarsari Balikpapan layak untuk dioperasikan. PMT mampu memenuhi semua kriteria standar kelayakan operasional yang ditetapkan oleh PT PLN (Persero) dan mampu berfungsi secara optimal.

5. Daftar Pustaka

- [1] Fadhlil cut, Muliadi, S. (2024). Studi Pemeliharaan Pemutus Tenaga (PMT) Pada Gardu induk PT.PLN (persero) UPT Banda Aceh. 4, 1–7.
- [2] Fikri, A., Rudito, H., & Usman. (2021). Analisis Pengujian Pemutus Tenaga (PMT) Bay Punagaya Dalam Pemeliharaan Dua Tahunan di Gardu Induk Tallasa. *Jurnal.Poliupg.Ac.Id*, September, 2–6. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/sntei/article/view/2813>
- [3] Prakoso, M. A., Elektro, S. T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Elektro, S. T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Kunci, K., Tenaga, P., Isolasi, T., Kontak, T., & Kontak, K. (2024). Studi Pemeliharaan Pemutus Tenaga (PMT) Pada Gardu induk PT.PLN (persero) UPT Banda Aceh. 144–151.
- [4] Aribowo, D., Permata, E., Desmira, Ekawati, R., Hamid, M. A., Fakthurrohman, M., Dharmawan, M. I., Irwanto, & Bahtiar, K. (2018). Analisis Hasil Uji PMT 150kV Pada Gardu Induk Cilegon Baru BAY KS 1. *Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional*, 5(1.1), 59–65.
- [5] Arsyi Saputra, D., Imam Agung, A., & Isnur Haryudo, S. (2022). Analisis Kelayakan Pemutus Tenaga Bay Trafo 2 Berdasarkan Hasil Uji Shutdown Measurement Analisis Kelayakan Pemutus Tenaga Bay Trafo 2 Berdasarkan Hasil Uji Shutdown Measurement Di Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya. *Jurnal Teknik Elektro*, 11, 440–446.
- [6] Deden Emil Salam, E. M. (2021). Analisis Uji Kelayakan PMT Pada Jaringan Tenaga LISTRIK 150 KV. *Jurnal Kehumasan P-ISSN*., 4(2), 1–9.
- [7] Dhamma Sasana, S., Rahmadewi, R., & Ibrahim. (2023). Analisis Uji Keserempakan Pemutus Tenaga 150kv Bay Trafo-1 Gardu Induk 150kv Tasikmalaya Baru. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(12), 263–267. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8078766>
- [8] Winantara, B., & Husodo, B. (2019). Evaluasi Tahanan Kontak Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi Di Gardu Induk 150 KV Bandung Selatan Berdasarkan Failure Mode Effect Analysis (FMEA). *Jurnal Teknologi Elektro*, 10(2), 103. <https://doi.org/10.22441/jte.v10i2.004>
- [9] Firdaus, A. G., & Hidayat, R. (2021). Analisa Pengujian Kelayakan PMT 150 kV Bay Mandirancan I Berdasarkan Parameter Breaker Analyzer di Gardu Induk Sunyaragi. *Elektron: Jurnal Ilmiah*, 15(3), 17–24. <https://doi.org/10.30630/eji.0.0.217>