

ANALISIS KEANDALAN PEMUTUS TENAGA (PMT) DALAM PEMELIHARAAN DUA TAHUNAN PADA GARDU INDUK BOJONEGORO 150 KV**Muhammad Syauqil A'la, Joko, Lusia Rakhmawati, Subuh Isnur Haryudo**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

muhammadsyauqil.18015@mhs.unesa.ac.id**Abstract**

Substations are a crucial component of the electric power transmission and distribution system, where the reliability of each component impacts system safety. Circuit breakers (CBs) are the primary protective devices in substations, functioning as mechanical switches to interrupt or connect electrical current, both under normal conditions and during faults. The research study the reliability of analyze CBs based on the results of biennial maintenance at the 150 kV Bojonegoro Substation, focusing on three key parameters: contact resistance, insulation resistance, and contact simultaneity. To determine the reliability of the circuit breaker, contact resistance, insulation resistance, and contact simultaneity tests were conducted. In the two biennial maintenance tests of this circuit breaker in 2023 and 2025, the contact resistance tests yielded values in accordance with the IEC 60694 standard, with an R value of $\leq 50 \mu\Omega$, and the power loss calculation for each contact yielded satisfactory results. In the insulation resistance test, the value obtained is in accordance with the SK DIR 0520 standard, which is $> 150 M\Omega$ for a 150 kV circuit breaker (PMT) and the leakage current value does not exceed 1 mA. In the contact simultaneity test, the results are in accordance with the standard and the time difference is not more than 10 milliseconds.

Article History*Submitted: 19 July 2025**Accepted: 28 July 2025**Published: 29 July 2025***Key Words**

Substation, Circuit
Breaker, Shutdown
Measurement, Contact
Resistance.

Abstrak

Gardu Induk adalah bagian penting dalam sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik, di mana keandalan setiap komponen mempengaruhi keamanan sistem. Pemutus Tenaga (PMT) merupakan perangkat proteksi utama di Gardu Induk yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan arus listrik, baik dalam kondisi normal maupun gangguan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keandalan PMT berdasarkan hasil pemeliharaan dua tahunan di Gardu Induk Bojonegoro 150 kV, dengan fokus pada tiga parameter utama yaitu tahanan kontak, tahanan isolasi, dan keserempakan kontak. Untuk menentukan keandalan pemutus tenaga, dilakukan pengujian tahanan kontak, pengujian tahanan isolasi, dan keserempakan kontak. Dalam pengujian yang dilakukan 2 periode pemeliharaan dua tahunan pemutus tenaga ini pada tahun 2023 dan 2025, pengujian tahanan kontak menghasilkan nilai yang sesuai dengan standar IEC 60694 dengan nilai tahanan $\leq 50 \mu\Omega$, perhitungan rugi-rugi daya pada setiap kontak memiliki hasil yang baik. Dalam pengujian tahanan isolasi menghasilkan nilai yang sesuai dengan standar SK DIR 0520 2014 yaitu sebesar $> 150 M\Omega$ untuk pemutus tenaga (PMT) 150 kV dan nilai arus bocor tidak melebihi dari 1 mA. Dalam pengujian keserempakan kontak memiliki hasil yang sesuai dengan standar dan selisih waktu tidak lebih dari 10 mili detik.

Sejarah Artikel*Submitted: 19 July 2025**Accepted: 28 July 2025**Published: 29 July 2025***Kata Kunci**

Gardu induk, Pemutus
Tenaga, Pemeliharaan
Dua Tahunan, Tahanan
Kontak

PENDAHULUAN

Gardu induk adalah komponen penting dalam jaringan distribusi listrik yang memiliki peran sangat signifikan sebagai penghubung antara penyedia layanan listrik dan konsumen. Tingkat keandalan gardu induk dipengaruhi oleh keadaan peralatan yang terdapat di dalamnya. Pada gardu induk, terdapat peralatan proteksi untuk mencegah gangguan yang sistem kelistrikan, salah satunya pemutus tenaga. Pemutus tenaga adalah alat saklar mekanis yang dapat mengalirkan, memutuskan, dan menutup arus beban dalam kondisi normal sesuai kapasitasnya, serta mampu melakukan hal serupa dalam situasi abnormal atau gangguan sesuai spesifikasi yang ditentukan.

Kegagalan pada pemutus tenaga (PMT) dapat memberi dampak negatif yang signifikan, mengganggu operasional sistem kelistrikan secara keseluruhan. Jika pemutus tenaga (PMT) tidak bekerja saat terjadi gangguan, arus listrik yang bermasalah akan merusak dan berpotensi mengganggu kestabilan sistem kelistrikan. Oleh karena

itu, penelitian dilakukan untuk memastikan bahwa pemutus tenaga (PMT) dapat beroperasi lebih lama dan optimal, yang dapat meningkatkan kualitas sistem kelistrikan.

Perawatan alat listrik memiliki peranan yang sangat penting demi keselamatan para pengguna. Dalam situasi ini, pemutus tenaga bertindak sebagai penghalang aliran listrik saat sedang dalam proses perawatan yang rutin atau berkala. Selama proses perawatan tersebut, perlu untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh sesuai dengan standar yang ditetapkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keandalan pemutus tenaga di Gardu Induk Bojonegoro 150 kV.

Studi penelitian ini dapat membantu dalam menemukan metode untuk meningkatkan proses pemeliharaan pemutus tenaga yang diadakan setiap dua tahun serta mengevaluasi keandalan atau kelayakan pemutus tenaga berdasarkan hasil penilaian terhadap tahanan kontak, tahanan isolasi, dan keserempakan kontak. Karena itu, peneliti mengambil topik penelitian dengan judul "Analisis keandalan pemutus tenaga (PMT) dalam pemeliharaan dua tahunan pada gardu induk Bojonegoro 150 kV". Upaya ini dilakukan untuk menjamin bahwa pemutus tenaga di lokasi tersebut beroperasi dengan baik dan siap untuk digunakan.

METODE PENELITIAN

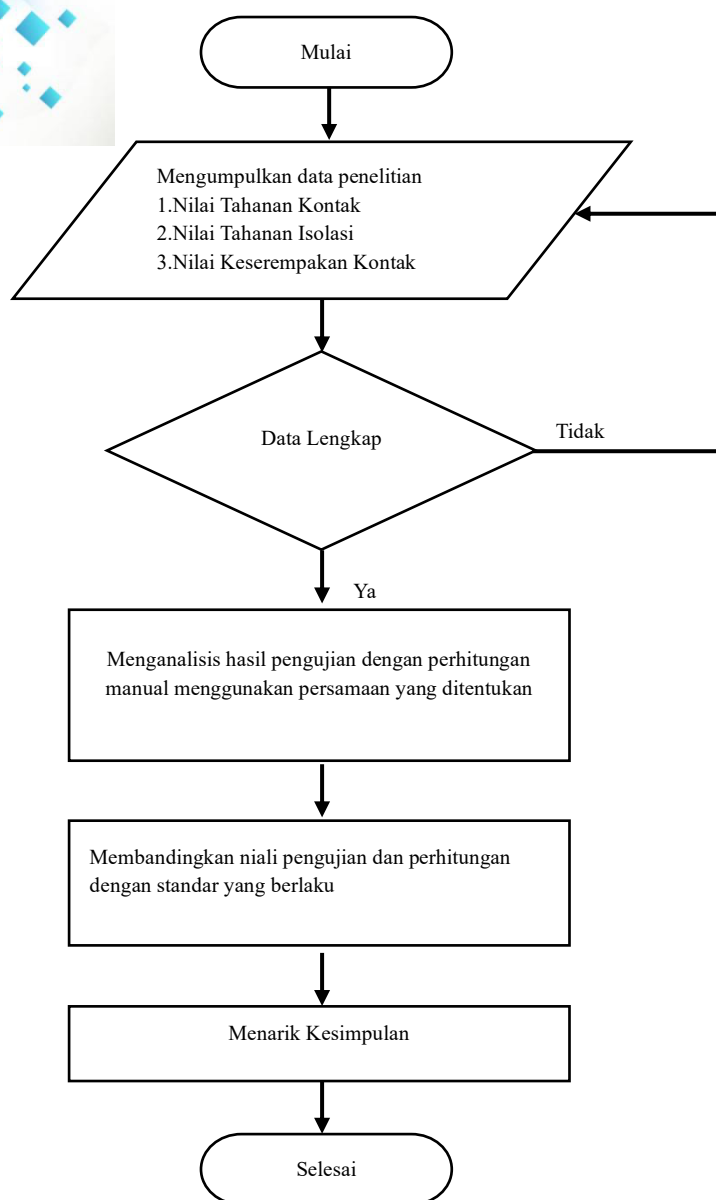
Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif. Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan observasi secara langsung ke lokasi penelitian. Setelah itu, untuk menganalisis data pengujian menggunakan metode perhitungan manual dengan rumus atau persamaan yang sesuai pada saat analisis data dan membandingkan nilai data dengan standar pengujian yang berlaku. Penelitian pada skripsi ini bertempat di gardu induk Bojonegoro 150 kV di Jl. Kh. Rozid, Dukuh Barat, Pacul, Kec. Bojonegoro, Kab. Bojonegoro, Jawa Timur 62114. Untuk waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada semester genap 2024/2025 sesuai dengan yang di izinkan oleh pihak Unit Pelaksana Teknis (UPT) PLN Madiun.

Instrumen penelitian bertujuan untuk mendapatkan hasil analisis yang tepat dan valid guna memudahkan untuk melakukan analisis serta menjadi sebuah acuan untuk melakukan analisis data. Penelitian ini menggunakan tiga parameter perhitungan yaitu nilai hasil pengujian tahanan kontak, tahanan isolasi, dan keserempakan kontak. Berikut tabel instrumen pengumpulan data pada pengujian pemutus tenaga.

Tabel 1. Instrumen pengumpulan data pengujian pemutus tenaga

Jenis Pengujian	Alat Pengujian	Standar Pengujian
Tahanan Kontak	<i>Micro ohm meter</i>	IEC 60694
Tahanan Isolasi	<i>Insulation tester</i>	SK DIR 0520
Keserempakan Kontak	<i>Circuit breaker analyzer</i>	SPLN 52-1 1984

Pengujian-pengujian yang dilakukan pada analisis keandalan pemutus tenaga (pmt) dalam pemeliharaan dua tahunan pada gardu induk Bojonegoro 150 kV secara singkat dalam bentuk flowchart terdapat pada gambar dibawah.



Gambar 1. Flowchart Teknik Analisis Data

Penjelasan tahapan flowchart teknik analisis data pada gambar 1 dijelaskan sebagai berikut.

1. Membandingkan data hasil pengujian tahanan kontak, tahanan isolasi, dan keserempakan kontak dengan standar pengujian yang berlaku. Standar IEC 60694 untuk pengujian tahanan kontak, standar pengujian SK DIR 0520 untuk pengujian tahanan isolasi, dan standar pengujian SPLN No 52-1 1984 untuk pengujian keserempakan kontak.
2. Setelah membandingkan data hasil pengujian dengan standar tersebut, kemudian menganalisis data hasil pengujian dengan perhitungan manual. Analisis data menggunakan persamaan yang sudah ditentukan. Tahanan kontak menggunakan persamaan (1), tahanan isolasi menggunakan persamaan (2), dan keserempakan kontak menggunakan persamaan (3).
3. Setelah membandingkan hasil pengujian dengan standar dan menganalisis hasil pengujian dengan perhitungan manual, mendapatkan kesimpulan dari hasil membandingkan dengan standar dan hasil analisis menggunakan perhitungan manual. Maka, dapat diketahui apakah pemutus tenaga (PMT) dalam kondisi baik untuk layak beroperasi atau tidak layak beroperasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Hasil Pengujian Tahanan Kontak Dan Analisis Perhitungan Manual Dengan Perbandingan Standar.**

◆ Hasil Pengujian dibawah ini dalam satuan micro-ohm ($\mu\Omega$). Standar yang digunakan sebagai pengujian tahanan kontak adalah IEC 60694 sebesar $R \leq 50 \mu\Omega$. Berikut adalah tabel hasil pengujian tahanan kontak.

Tabel 2. Hasil pengujian tahanan kontak				
Tahun Pengujian	Titik Pengujian	Hasil Pengujian ($\mu\Omega$)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
2023	Kontak Utama (Terminal Bawah-Terminal Atas)	25,5	25,8	24,3
2025	Kontak Utama (Terminal Bawah-Terminal Atas)	37,9	38,2	38,5

Perhitungan hasil pengujian tahanan kontak menggunakan persamaan (1) dengan rumus:

$P = I^2 \times R$ dari rumus tersebut dibutuhkan data tahanan pada setiap fasa dikontak pemutus tenaga (PMT).

1. Pengujian tahanan kontak tahun 2023

$$\text{Fasa R} = (100 \text{ A})^2 \times (25,5 \times 10^{-6}) = 0,255 \text{ Watt}$$

$$\text{Fasa S} = (100 \text{ A})^2 \times (25,8 \times 10^{-6}) = 0,258 \text{ Watt}$$

$$\text{Fasa T} = (100 \text{ A})^2 \times (24,3 \times 10^{-6}) = 0,243 \text{ Watt}$$

2. Pengujian tahanan kontak tahun 2025

$$\text{Fasa R} = (100 \text{ A})^2 \times (37,9 \times 10^{-6}) = 0,379 \text{ Watt}$$

$$\text{Fasa S} = (100 \text{ A})^2 \times (38,2 \times 10^{-6}) = 0,382 \text{ Watt}$$

$$\text{Fasa T} = (100 \text{ A})^2 \times (38,5 \times 10^{-6}) = 0,385 \text{ Watt}$$

Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Dan Analisis Perhitungan Manual Dengan Perbandingan Standar.

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 2 periode pemeliharaan dua tahunan pemutus tenaga (PMT) yang berfungsi untuk membandingkan keadaan sebelumnya pada pemutus tenaga (PMT) ini. Standar yang digunakan pada pengujian ini menggunakan SK DIR 0520 $> 150 \text{ M}\Omega$ dikarenakan pemutus tenaga (PMT) yang digunakan pada sistem 150 kV. Hasil pengujian untuk tabel hasil pengujian tahanan isolasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Pemutus Tenaga

Tahun Pengujian	Titik Pengujian	Hasil Pengujian ($\mu\Omega$)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T

2023	Terminal Atas-Bawah	Overlimit
	Terminal Atas-Ground	
	Terminal Bawah-Ground	
	Terminal Bawah-Ground	
2025	Terminal Atas-Bawah	Overlimit
	Terminal Atas-Ground	
	Terminal Bawah-Ground	
	Terminal Bawah-Ground	

Dari hasil pengujian tahanan isolasi 2 periode pada tahun 2023 dan 2025 menunjukkan hasil *Overlimit* dimana nilai yang melebihi batas umumnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa tahanan isolasi sangat baik dan tidak menunjukkan kebocoran arus. Hasil tersebut membuat pemutus tenaga memiliki keandalan yang baik untuk digunakan pada sistem kelistrikan gardu induk.

Hasil Pengujian Keserempakan Kontak Dan Analisis Perhitungan Manual Dengan Perbandingan Standar. Hasil pengujian keserempakan kontak pada gardu induk Bojonegoro bay trafo 1 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Keserempakan Kontak

Tahun Pengujian	Titik Pengujian	Hasil Pengujian (ms)		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
2023	Open-Close	37,2	39,1	39,4
	Close-Open	96,7	101,2	104,6
2025	Open-Close	36,5	36,9	38,1
	Close-Open	92,4	94,1	96,2

Analisis perhitungan menggunakan persamaan (3) Δt = waktu tertinggi - waktu terendah dari rumus tersebut untuk menganalisis dibutuhkan data pada saat pemutus tenaga (PMT) dalam kondisi open-close dan close-open. Untuk perhitungan *delta time* atau selisih waktu pada keserempakan kontak sebagai berikut:

1. Pengujian keserempakan kontak tahun 2023

$$\Delta t \text{ Open} = 39,4 - 37,2 = 2,2 \text{ ms}$$

$$\Delta t \text{ Close} = 104,6 - 96,7 = 7,9 \text{ ms}$$

2. Pengujian keserempakan kontak tahun 2025

$$\Delta t \text{ Open} = 38,1 - 36,5 = 1,6 \text{ ms}$$

$$\Delta t \text{ Close} = 96,2 - 92,4 = 3,8 \text{ ms.}$$

Berdasarkan hasil pemeliharaan dua tahunan pemutus tenaga (PMT) yaitu dengan melakukan pengujian tahanan kontak, tahanan isolasi, dan keserempakan kontak ditemukan hasil yang sesuai dengan standar. Kondisi dari pemutus tenaga (PMT) pada gardu induk Bojonegoro 150 kV juga masih layak beroperasi dan tidak perlu adanya pergantian pemutus tenaga. Dikarenakan juga pemutus tenaga (PMT) tersebut tidak pernah adanya gangguan. Untuk data yang digunakan yaitu tahun 2023 dan 2025 berfungsi untuk membandingkan kondisi pada pemeliharaan sebelumnya. Pada pemeliharaan dua tahunan pada tahun 2023 dan 2025 menghasilkan nilai yang masih baik yaitu masih dalam standar yang sesuai pada pengujian tahanan kontak, tahanan isolasi, dan keserempakan kontak. Pada pengujian tahanan kontak dari tahun 2023 ke 2025 memiliki kenaikan hasil tetapi

masih normal dan tidak mengalami lonjakan yang tinggi. Hal tersebut dialami karena kondisi yang berbeda pada setiap tahunnya. Pada pengujian tahanan isolasi tahun 2023 ke 2025 terdapat hasil yang sama yaitu menunjukkan nilai pengujian melebihi batas atau Overlimit. Pada pengujian keserempakan kontak di tahun 2023 ke 2025 memiliki hasil yang berbeda tetapi lonjakan nilai tersebut masih jarak yang rendah.

KESIMPULAN

Keseluruhan tahapan penelitian menunjukkan penemuan yang relevan terhadap tujuan penelitian, sehingga beberapa kesimpulan dapat dirangkum sebagai evaluasi dari proses analisis yang telah dilakukan. Keandalan pemutus tenaga di gardu induk Bojonegoro 150 kV masih sangat tinggi. Ketiga parameter pengujian yaitu hasil pengujian tahanan kontak sebesar $24,3 \mu\Omega$ - $38,5 \mu\Omega$, hasil pengujian tahanan isolasi menunjukkan melebihi batas pengukuran (*overlimit*), dan hasil pengujian keserempakan kontak menunjukkan nilai sebesar 1,6 ms- 7,9 ms. Sehingga hasil pengujian tersebut sesuai dengan standar pengujian pada penelitian.

REFERENSI

- Firdaus. Adis Galih dan Hidayat. Rahmat. 2021. Analisa pengujian kelayakan operasi pemutus tenaga (PMT) 150 KV bay pengantar mandirancan 1 berdasarkan parameter breaker analyzer di gardu induk sunyaragi. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. Volume 15, No. 3, pp 252-267.
- Rusdjaja. Tatang, Yani. Christi, Tjahja. Indra, Delyuzar, Hartanti. Hesti, Sumaryadi, Munthe. James, dan Tonapa. Jhon H. 2014. Buku pedoman pemeliharaan pemutus tenaga (pmt). SKDIR 0520-2. K/DIR/2014 Jakarta: PT. PLN (Persero), pp. 1-30.
- Rusdjaja. Tatang, Yani. Christi, Tjahja. Indra, Delyuzar, Hartanti. Hesti, Sumaryadi, Munthe. James, dan Tonapa. Jhon H. 2014. Buku pedoman pemeliharaan pemutus tenaga (pmt). SKDIR 0520-2. K/DIR/2014 Jakarta: PT. PLN (Persero), pp. 64.
- Susanto. Ari. 2021. Analisa kelayakan pemutus tenaga (PMT) 150 KV berdasarkan hasil uji tahanan isolasi, tahanan kontak dan keserempakan kontak di gardu induk singkawang. Artikel Ilmiah Skripsi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
- Fahri Fadilah, 2024," Analisis kelayakan pemutus tenaga 150kv di gardu induk Manggarsari Balikpapan," ELEKTROPS, Vol.3, No.1, pp. 19-26.
- Dewangga Arsyi Saputra, 2022," Analisis Kelayakan Pemutus Tenaga Bay Trafo 2 Berdasarkan Hasil Uji Shutdown Measurement Di Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya," Jurnal Teknik Elektro. Vol. 11 Nomor 03, pp. 440-446.
- Muhammad Aldi Prakoso, 2024," Analisis Pengujian dan Pemeliharaan Dua Tahunan Pemutus Tenaga (PMT) Di Gardu Induk Rungkut 150 kV," Jurnal Teknik Elektro. Vol. 13 Nomor 02. pp. 144-151.
- A. G. Firdaus and R. Hidayat, 2021," Analisa pengujian kelayakan pmt 150 kv bay mandirancan I berdasarkan parameter breaker analyzer di gardu induk Sunyaragi," Elektrician, Vol. 15, No.3, pp. 17-24.