

Pengujian Keserempakan Kontak PMT 150 kV Bay Trafo 3 Gardu Induk Lomanis

Fadzly Haris Arsiandro^{1,*}, Nasrulloh², Rizky Mubarak³, Rizki Noor Prasetyono⁴
^{1,2,3,4,*} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Peradaban, Indonesia

Article Info**Article history:**

Received: 13 Januari 2026

Received in revised form: 15

Januari 2026

Accepted: 20 Januari 2026

Available online: 20 Januari 2026

Keywords:

PMT

Contact Simulataneity

Transformer

Substation

Kata Kunci:

PMT

Kesempatan Kontak

Transformator

Gardu induk

ABSTRACT

EVALUATION OF THE 150 KV PMT CONTACT SIMULTANEITY TEST FOR TRANSFORMER BAY 3, LOMANIS SUBSTATION. Circuit Breaker (PMT) is an important equipment in the electric power system that functions to break and connect the current both under normal conditions and when a disturbance occurs, so that the reliability and safety of the system are highly dependent on the quality of the operation of this device. One of the critical parameters that must be met is the simultaneity of inter-phase contacts so that transient conditions, overvoltages, and unbalances can be minimized. This study aims to determine the results of the simultaneity test on the 150 kV PMT Bay Transformer 3 Lomanis Substation to assess the reliability of its operation and its compliance with technical standards. The test method is carried out through simultaneity analysis based on the results of measurements of inter-phase contact operation time in open trip and close conditions, as well as statistical analysis using the One-Sample T-Test test through SPSS software. The measurement results show that the highest inter-phase time difference only reaches 0.90 ms, far below the SKDIR 0520 standard limit of 10 ms. Statistical test results support these findings, with the Time Open Trip parameter having an average of 27.9833 ms with a significance level of 0.910 ($p > 0.05$) and the Time Close Trip having an average of 65.8000 ms with a significance level of 0.094 ($p > 0.05$). Both values indicate no significant difference from the standard. Therefore, the PMT in Transformer Bay 3 of the Lomanis Substation is declared to be operating synchronously, reliably, within the required tolerance limits, and suitable for supporting power system reliability.

Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan penting dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi memutus dan menghubungkan arus baik pada kondisi normal maupun saat terjadi gangguan, sehingga keandalan dan keselamatan sistem sangat bergantung pada kualitas operasi perangkat ini. Salah satu parameter kritis yang harus dipenuhi adalah keserempakan kontak antar fasa agar kondisi transien, tegangan lebih, dan ketidakseimbangan dapat diminimalkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil uji keserempakan pada PMT 150 kV Bay Trafo 3 Gardu Induk Lomanis guna menilai keandalan operasi dan kesesuaiannya dengan standar teknis. Metode pengujian dilakukan melalui analisis keserempakan berdasarkan hasil pengukuran waktu operasi kontak antar fasa pada kondisi open trip dan close, serta analisis statistik menggunakan uji One-Sample T-Test melalui perangkat lunak SPSS. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa selisih waktu antar fasa tertinggi hanya mencapai 0,90 ms, jauh di bawah batas standar SKDIR 0520 sebesar 10 ms. Hasil uji statistik mendukung temuan tersebut, di mana parameter Time Open Trip memiliki rata-rata 27,9833 ms dengan signifikansi 0,910 ($p > 0,05$) serta Time Close memiliki rata-rata 65,8000 ms dengan signifikansi 0,094 ($p > 0,05$). Kedua nilai ini menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan terhadap standar. Dengan demikian, PMT pada Bay Trafo 3 Gardu Induk Lomanis dinyatakan bekerja secara serempak, andal, berada dalam batas toleransi yang dipersyaratkan, dan layak mendukung keandalan sistem tenaga listrik.

Corresponding author:

Fadzly Haris Arsiandro

Teknik Elektro, Universitas Peradaban, Indonesia

Pagojengan, Brebes, Jawa Tengah

E-mail addresses: alamat_ acilfadzly@gmail.com

1. Pendahuluan

Pemutus tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* salah satu peralatan utama dalam sistem tenaga listrik yang memiliki fungsi dan peran vital, yaitu memutus serta menghubungkan aliran arus listrik baik pada kondisi operasi normal maupun saat terjadi gangguan. Kegunaan PMT pada jaringan tegangan tinggi, termasuk sistem 150 kV, tidak hanya sekadar sebagai saklar, tetapi juga sebagai perangkat proteksi yang berperan penting dalam menjaga keandalan dan kontinuitas penyaluran listrik. Dengan adanya PMT, transformator, maupun saluran transmisi dapat terlindungi dari risiko kerusakan serius akibat arus hubung singkat, tegangan lebih, maupun beban lebih yang dapat menimbulkan gangguan sistem secara menyeluruh [1],[2].

Kinerja pemutus tenaga (PMT) yang memenuhi parameter operasi diperlukan untuk menjaga keselamatan peralatan listrik, kestabilan sistem tenaga, dan keamanan personel di lapangan. PMT harus mampu beroperasi dengan

cepat, tepat, dan sesuai parameter teknis, sehingga ketika terjadi gangguan, bagian jaringan yang bermasalah dapat segera diisolasi tanpa menimbulkan dampak pada keseluruhan sistem. Kegagalan dalam operasi PMT, misalnya keterlambatan pemutusan atau kontak yang tidak bekerja serempak, dapat menyebabkan lonjakan arus, kerusakan pada transformator, bahkan pemadaman luas. Oleh karena itu, pemeliharaan dan pengujian PMT secara berkala menjadi hal yang wajib dilakukan. Dengan pemeliharaan yang terencana, kondisi mekanis, kelistrikan, maupun isolasi dapat dipastikan tetap prima, sehingga keandalan dan umur pakai PMT tetap terjaga sesuai standar operasional yang berlaku[3],[4],[5].

Dalam pengoperasian pemutus tenaga (PMT), salah satu parameter penting yang harus diperhatikan adalah keserempakan (*synchronization*) dari kontak ketiga fasa. Keserempakan yang baik memastikan bahwa setiap fasa melakukan pemutusan atau penyambungan dalam waktu yang hampir bersamaan, sehingga mencegah terjadinya ketidakserempakan antar fasa. Kondisi ini sangat berpengaruh pada stabilitas sistem tenaga listrik, karena kesalahan waktu yang kecil sekalipun dapat menimbulkan dampak yang signifikan pada jaringan. Dengan keserempakan yang terjaga, risiko terjadinya arus lebih, maupun tegangan tidak seimbang dapat diminimalkan, sehingga keandalan operasi sistem tetap terjaga[6]. Sebaliknya, jika terjadi perbedaan waktu yang signifikan antar fasa saat PMT beroperasi, akan muncul kondisi transien (*transient condition*) yang merugikan. Fenomena ini dapat memicu lonjakan arus atau tegangan yang berpotensi merusak peralatan, mempercepat degradasi isolasi, hingga menimbulkan kegagalan total pada sistem proteksi. Pada jaringan bertegangan tinggi, gangguan semacam ini bukan hanya berdampak pada satu titik instalasi, tetapi dapat merambat ke sistem yang lebih luas. Oleh karena itu, pengukuran dan pengujian keserempakan kontak menjadi bagian penting dari pemeliharaan preventif untuk memastikan PMT bekerja sesuai standar teknis yang berlaku[7],[8].

Standar teknis seperti SKDIR 0520 menjadi acuan batas toleransi perbedaan waktu pemutusan dan penyambungan antar fasa pada PMT untuk mencegah terjadinya kondisi transien yang merugikan [9], [10]. Dengan memenuhi standar ini menjadi hal penting, terutama pada peralatan yang berada di jalur strategis sistem tenaga listrik. Seperti pada jalur Bay Trafo 3 di gardu induk Lomanis, yang berfungsi menghubungkan transformator daya dengan jaringan transmisi 150 kV. Mengingat perannya yang vital, PMT pada bay ini perlu dipastikan memiliki kinerja kontak yang sesuai ketentuan. Untuk itu, dilakukan pengujian keserempakan kontak guna memverifikasi bahwa waktu operasi antar fasa tetap berada dalam batas yang diperbolehkan, sehingga keandalan dan keamanan sistem dapat terjaga [11], [12], [13]. Pengujian ini tidak hanya bertujuan untuk memverifikasi kondisi PMT saat ini, tetapi juga sebagai bagian dari program pemeliharaan rutin guna mencegah terjadinya gangguan besar. Dengan membandingkan hasil pengujian terhadap standar serta data hasil pengujian sebelumnya, dapat dilakukan evaluasi tren kinerja PMT. Apabila ditemukan penyimpangan melebihi batas yang ditentukan, maka dapat segera direncanakan tindakan korektif, seperti penyetelan ulang mekanisme PMT atau penggantian komponen yang mengalami degradasi[11],[14], [15].

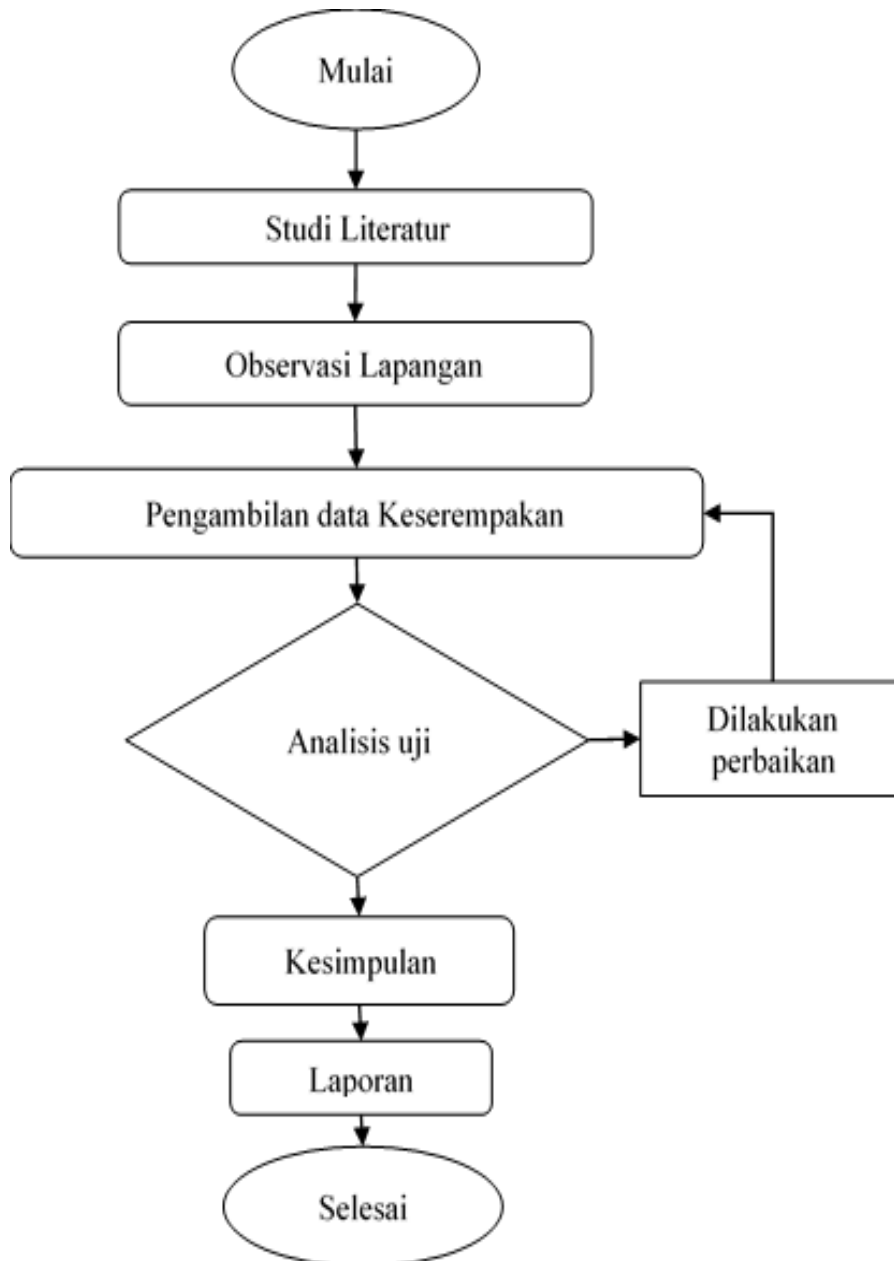
Dengan demikian, pengujian keserempakan kontak PMT 150 kV Bay Trafo 3 gardu induk lomanis menjadi bagian penting dari pemeliharaan preventif untuk memastikan kinerja peralatan tetap sesuai standar teknis yang berlaku, seperti SKDIR 0520. Pengujian ini berperan dalam memverifikasi bahwa perbedaan waktu pemutusan maupun penyambungan antar fasa berada dalam batas toleransi yang aman, sehingga dapat mencegah terjadinya kondisi transien yang merugikan, menghindari kerusakan peralatan, dan menjaga kestabilan sistem tenaga listrik [16], [17], [18]. Selain itu, hasil pengujian dapat digunakan untuk memantau tren kinerja PMT, merencanakan tindakan korektif bila diperlukan, serta menjamin keselamatan peralatan dan personel di lapangan[10].

2. Metode

Keserempakan dilakukan untuk mengevaluasi perbedaan waktu operasi antar fasa pada pemutus tenaga (PMT), baik pada saat perintah buka (*open*) maupun tutup (*close*). Pengujian ini penting karena PMT idealnya bekerja secara serempak pada ketiga fasa untuk menjaga keandalan sistem tenaga dan mencegah terjadinya ketidakseimbangan transien yang dapat merusak peralatan. Dalam analisis ini, setiap fasa dibandingkan berdasarkan waktu respon aktual yang direkam saat PMT menerima sinyal operasi. Selisih waktu antar fasa kemudian dibandingkan dengan batas toleransi keserempakan yang dicantumkan pada Tabel 4.3, yaitu maksimum 10 ms. Jika selisih waktu melebihi nilai tersebut, maka PMT dianggap mengalami ketidaksesuaian kinerja atau indikasi awal kerusakan mekanis pada mekanisme pemutus[10].

Selain itu, waktu operasi total PMT baik waktu buka maupun waktu tutup juga diverifikasi kesesuaiannya dengan spesifikasi pabrikan yang tercantum pada Tabel 2.2 sesuai jenis dan merek PMT yang diuji[10]. Dengan demikian, pengujian tidak hanya menilai keserempakan antar fasa, tetapi juga memastikan bahwa waktu kerja PMT masih berada dalam standar operasional yang dipersyaratkan. Proses pengujian keserempakan yang dilakukan langsung di lapangan menggunakan peralatan pengukur waktu operasi PMT, sebagai bagian dari langkah verifikasi kondisi aktual PMT terhadap standar kinerja yang telah ditetapkan.

Tahapan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang dirancang untuk memperoleh informasi yang akurat serta relevan dengan tujuan penelitian. Tahapan-tahapan tersebut dijelaskan secara rinci pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1. Tahapan penelitian

Berdasarkan tahapan penelitian pada diagram alir, penelitian ini diawali dengan studi literatur yang bertujuan memperkuat landasan teori melalui pengkajian buku, jurnal, standar teknis, dokumen perusahaan yang mengacu pada SK-DIR 0520 tentang pemutus tenaga, serta diskusi dengan pembimbing lapangan dan teknisi mengenai prinsip kerja PMT, prosedur pengujian, dan batas toleransi keserempakan kontak [19], [20], [21]. Selanjutnya dilakukan observasi lapangan di Gardu Induk Lomanis untuk meninjau secara langsung kondisi Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV Bay Trafo 3, khususnya pada kontak utama dan potensi permasalahan yang memengaruhi keserempakan. Penelitian ini menggunakan instrumen utama berupa *Circuit Breaker Analyzer* (CBA) tipe CT-7000 S3 beserta dokumen formulir pengujian untuk memperoleh data primer melalui pengukuran langsung waktu buka dan tutup kontak pada masing-masing fasa (R, S, dan T) pada bulan Agustus 2025, sehingga diperoleh selisih waktu antar fasa sebagai parameter keserempakan. berikut merupakan standar selisih antar fasa PMT pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar Selisih Antar Fasa PMT [10]

No	Tegangan	Hasil Uji	Keterangan
1	70 kV		
2	150 kV	> 10 ms	Buruk
3	500 kV		

Data hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan dua pendekatan, yaitu analisis perhitungan untuk menentukan nilai rata-rata, standar deviasi, dan sebaran data yang dibandingkan dengan standar selisih antar fasa PMT

150 kV, serta analisis statistik One Sample t-test menggunakan SPSS guna menguji apakah rata-rata hasil pengujian berbeda signifikan dengan standar yang ditetapkan. Apabila hasil analisis menunjukkan ketidaksesuaian, maka dilakukan evaluasi dan perbaikan, sedangkan apabila telah memenuhi standar, maka ditarik kesimpulan mengenai tingkat kesesuaian keserempakan kontak PMT 150 kV Bay Trafo 3.

Selain itu, kecepatan kontak baik open maupun close memiliki standarisasi kecepatan maksimal yang diperbolehkan dalam satuan waktu milidetik (ms) berikut ini standar yang digunakan padapengujian keserempakan ini mengacu pada SK-DIR 0520[10]:

Tabel 2.2 Standar Operasi PMT

Merk	Tipe	WAKTU BUKA (O) (mili detik)	WAKTU TUTUP © (mili detik)	WAKTU O-CO (mili detik)
SIEMENS	3AQ1EE	36-39	90-95	300 mili detik+2
SIEMENS	3AQ1EG	36-39	95-100	WAKTU
SIEMENS	3AP1F1	34-37	58-66	BUKA+WAKTU
AREVA	GL313 F3	35-38	85	TUTUP
ABB	LTB 72,5 D1/B	32-35	70	
ABB	LTB 170 D1/B	32-35	70	
ABB	LTB 245E1	17-19	28	
ABB	HPL 72,5	25	90	
ABB	HPL 170	25	90	
NISSIN	FA1 N	35	120	
NISSIN	SO-21	50	80	
NISSIN	SO-11	50	80	
AEG	S1-170	40	90	
UNINDO	GL313	28	≤70	

Pada penelitian ini, peralatan yang diuji adalah Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV Bay Trafo 3 yang dipasang di Gardu Induk Lomanis. PMT yang digunakan merupakan produk dari GE (General Electric) dengan lisensi UNINDO, yang termasuk dalam jenis Circuit Breaker SF₆. Informasi mengenai merek, klasifikasi, dan spesifikasi teknis peralatan dapat dilihat pada nameplate yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2. 31 Nameplate PMT

3. Hasil dan Pembahasan

Pada tabel 5.1 menyajikan hasil pengukuran waktu operasi pemutus tenaga untuk masing-masing fasa pada kondisi *open trip 1*, *open trip 2*, dan *close*. Data ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan selisih waktu antar fasa, sehingga dapat ditentukan tingkat keserempakan kinerja PMT.

Tabel 3. 1 Hasil Pengukuran

Pengukuran	Hasil Pengukuran (ms)		
	Fasa R	Fasa S	Fasa T

Open Trip 1	28,05	27,55	27,65
Open Trip 2	28,50	28,05	28,10
Close	65,30	65,90	66,20

Selanjutnya, hasil pengukuran ini akan dianalisis dengan menggunakan rumus keserempakan antar fasa untuk memperoleh nilai deviasi waktu operasi. Untuk mengetahui selisih waktu antar fasa dilakukan perhiungan berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan, berikut data yang disajikan [5], [22], [23].

$$\Delta t = \text{Waktu tertinggi} - \text{Waktu terendah} [5] \quad (3.1)$$

Berdasarkan lampiran 1, tabel 5.2 menyajikan hasil ringkasan dari perhitungan yang telah dilakukan, didapati selisih waktu tertinggi open trip 1 dan 2 terdapat pada fasa RS sedangkan pada close terdapat pada fasa RT

Tabel 3.2 Ringkasan hasil selisih waktu

Pengukuran	Δt_{RS} (ms)	Δt_{RT} (ms)	Δt_{ST} (ms)	Selisih Tertinggi	Keterangan
Open trip 1	0,50	0,40	0,10	Δt_{RS}	Aman
Open trip 2	0,45	0,40	0,30	Δt_{RS}	Aman
Close	0,60	0,90	0,30	Δt_{TR}	Aman

Dengan membandingkan antara Tabel 5.2 yang berisi ringkasan hasil selisih waktu dengan Tabel 3.2 mengenai standar selisih antar fasa, dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran yang telah dilakukan menunjukkan kondisi yang baik. Hal ini terlihat dari tidak ditemukannya selisih waktu yang signifikan pada ketiga fasa, serta semua hasil masih berada dalam batas toleransi yang telah ditetapkan oleh standar [24]. Dengan demikian, kinerja pemutus tenaga (PMT) dapat dikategorikan normal karena mampu bekerja secara serempak sesuai dengan persyaratan teknis yang berlaku.

Hal ini diperkuat dengan hasil perhitungan menggunakan SPSS dengan metode *One-Sample T-Test*. Hasil uji terhadap parameter *Time Open Trip* dengan nilai rata-rata pengukuran sebesar 27,9833 ms dibandingkan dengan nilai uji (*test value*) 28 ms. Hasil perhitungan menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,910 ($p > 0,05$), yang berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara hasil pengukuran dengan nilai standar. Dengan demikian, waktu trip pembukaan kontak masih berada dalam batas yang dapat diterima. Sementara itu, pada gambar 5.3 ditampilkan hasil uji terhadap parameter *Time Close* dengan rata-rata pengukuran 65,8000 ms dibandingkan dengan nilai uji 65 ms (< 70 ms). Nilai signifikansi yang diperoleh adalah 0,094 ($p > 0,05$), sehingga secara statistik juga tidak terdapat perbedaan signifikan antara hasil pengukuran dengan nilai standar. Hal ini menunjukkan bahwa waktu penutupan kontak PMT masih dalam rentang toleransi yang diperbolehkan [25], [26].

Tabel 3.3 Hasil uji One-Sample T-Test

Variabel	N	Mean	Test Value	t	Sig. (2-tailed)
<i>Time Open Trip</i>	6	27,9833	28	-0,119	0,910
<i>Time Close</i>	3	65,8000	65	3,024	0,094

Dengan demikian, baik pada saat pembukaan maupun penutupan, kinerja PMT yang diuji menunjukkan hasil yang sesuai standar, dan hal ini memperkuat kesimpulan bahwa perangkat bekerja dengan andal dan memenuhi kriteria teknis yang ditetapkan.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis keserempakan pemutus tenaga (PMT) pada Bay Trano 3 Gardu Induk Lomanis, dapat disimpulkan bahwa kinerja PMT masih berada dalam kondisi baik dan memenuhi standar yang berlaku. Hasil pengukuran waktu operasi pada kondisi open trip 1, open trip 2, dan close menunjukkan bahwa selisih waktu antar fasa tertinggi hanya mencapai 0,90 ms, jauh di bawah batas standar sebesar 10 ms. Hal ini menegaskan bahwa PMT mampu bekerja secara serempak sesuai persyaratan teknis. Analisis statistik menggunakan metode *One-Sample T-Test* melalui SPSS semakin memperkuat hasil tersebut. Pada parameter *Time Open Trip* diperoleh rata-rata 27,9833 ms dengan nilai signifikansi 0,910 ($p > 0,05$), sedangkan pada parameter *Time Close* diperoleh rata-rata 65,8000 ms dengan nilai signifikansi 0,094 ($p > 0,05$). Kedua hasil tersebut menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antara hasil pengukuran dengan nilai standar, sehingga dapat disimpulkan bahwa baik pada saat pembukaan maupun penutupan, PMT bekerja secara andal, serempak, dan tetap berada dalam batas toleransi yang ditetapkan. Dengan demikian, PMT pada Bay Trano 3 Gardu Induk Lomanis dapat dikategorikan layak operasi dan mendukung keandalan sistem tenaga listrik.

Daftar Pustaka

- [1]. F. Fadhilah, R. M. Utomo, and A. P. Wirawan, "Analisis Kelayakan Pemutus Tenaga 150KV di Gardu Induk Manggarsari Balikpapan," *ELECTROPS J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 19–26, 2024.
- [2]. G. A. Purwaningsih and R. Badarudin, "Analisis Kinerja Circuit Breaker pada Sisi 150 kV Gardu Induk Bantul," *Media Elektr.*, vol. 17, no. 2, p. 63, 2025, doi: 10.26714/me.v17i2.13905.
- [3]. M. Yang et al., "Evaluation on the Long-Term Operational Reliability of Closing Springs in High-Voltage Circuit Breakers," *Energies*, vol. 18, no. 7, 2025, doi: 10.3390/en18071806.

- [4]. M. A. Prakoso and J. Joko, "Analisis Pengujian dan Pemeliharaan Dua Tahunan Pemutus Tenaga (PMT) Di Gardu Induk Rungkut 150 kV," *J. Tek. Elektro*, vol. 13, no. 2, pp. 144–151, 2024, doi: 10.26740/jte.v13n2.p144-151.
- [5]. Susanto, R. Kurnianto, and M. Rajagukguk, "Analisa Kelayakan Pemutus Tenaga (Pmt) 150 Kv Berdasarkan Hasil Uji Tahanan Isolasi, Tahanan Kontak Dan Keserempakan Kontak Di Gardu Induk Singkawang," *Fak. Tek. Univ. Tanjungpura*, pp. 1–9, 2021.
- [6]. Adis Galih Firdaus, "Analisa Pengujian Kelayakan Operasi Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV Bay Penghantar Mandirancan I Berdasarkan Parameter Breaker Analyzer di Gardu Induk Sunyaragi," *Electrician*, vol. 15, no. 3, pp. 252–267, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n3.2195.
- [7]. M. Y. M. H. Edi Suhardi Rahman, "Studi Pengujian Keserempakan Pemutus Tenaga (Pmt) 150 Kv," *Media Elektr.*, vol. 20, no. 2, pp. 119–127, 2023.
- [8]. R. Sutjipto, H. Sungkowo, M. Khairan, S. Nurhadi, and M. F. Hakim, "Evaluasi Operasional Pemutus Tenaga Gas SF 6 di Gardu Induk 150 kV," vol. xx, no. x, 2021.
- [9]. E. M. Deden Emil Salam, "Analisis Uji Kelayakan PMT Pada Jaringan Tenaga LISTRIK 150 KV," *J. Kehumasan*, vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2021.
- [10]. D. Rjt, "Tentang Pedoman Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik PT PLN (Persero) di Regional Jawa Madura Bali Buku Pedoman TRAF0 ARUS PT PLN (Persero) REGIONAL JAMALI," 2022.
- [11]. Pradana and V. Pratama, "Analisis Kinerja Circuit Breaker Pada Medium Volatge Switchgear 20 kV," *J. Ilmu Tek. Elektro Komput. - Univ. Lampung*, vol. 10, no. 1, pp. 16–24, 2023.
- [12]. 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. 13, pp. 17–24, 2021, doi: 10.30630/eji.0.0.217.
- [13]. S. M. Gunawan, J. Santosa, J. T. Elektro, U. K. Petra, J. Siwalankerto, and A. G. Induk, "Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa , Kabupaten Takalar , Sulawesi Selatan," vol. 1, no. 1, pp. 37–42, 2013.
- [14]. V. C. Sidabutar, "Analisa Kerja Fuse Cut Out (FCO) Pada Transformator Distribusi ML- 170 PP . 01 Daerah Kerja PT . PLN (Persero) ULP Labuhan Work Analysis of Fuse Cut Out (FCO) on the ML-170 PP . 01 Distribution Transformer PT Work Area . PLN (Persero) ULP Labuhan," vol. 7776, pp. 34–42.
- [15]. J. Jainudin, R. Hidayat, and R. Rahmadewi, "Thermovisi Pada Peralatan Gardu Induk," *Media Elektr.*, vol. 15, no. 2, pp. 94–105, 2022.
- [16]. T. S. Irfanullah, B. Dwisulo, and H. M. T. Alawy, "Analisis Investasi Transformator 150/20kV Pada Gardu Induk 150 kV Lawang PT. PLN (Persero) P3B Jawa Bali APP Malang," *Sci. Electro*, vol. 13, no. 4, pp. 1–8, 2022.
- [17]. N. Soedjarwanto, Kenya Excellentia Kines, and Saka Arif Aulia, "Analisis Tahanan Kontak pada Pemisah (PMS) 150 kV Berdasarkan Hasil Pemeliharaan di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Sutami," *J. Tek. Ilmu dan Apl.*, vol. 5, no. 2, pp. 34–40, 2024, doi: 10.33795/jtia.v5i2.4821.
- [18]. P. G. Slade, W. P. Li, S. Mayo, R. K. Smith, and E. D. Taylor, "Vacuum interrupter, high reliability component of distribution switches, circuit breakers and contactors," *J. Zhejiang Univ. Sci. A*, vol. 8, no. 3, pp. 335–342, 2007, doi: 10.1631/jzus.2007.A0335.
- [19]. S. R. Z. K. Arief Goeritno1, "Jurnal dengan judul "kinerja pemutus tenaga tinggi bermedia gas sf6 berdasarkan sejumlah parameter parameter. A. Georitno, S.Rasiman, And Z. Komara. 2018.," vol. 12, no. 2, pp. 104–111, 2018.
- [20]. Minhaz Tolibin and Mohammad Fatkhurrokhman, "Pemeliharaan CT(Current Transformer) sebagai Konversi Arus pada Gardu Induk Rangkas Kota 70 KV," *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 332–342, 2025, doi: 10.55606/jtmei.v4i1.4871.
- [21]. R. Dwiputra and U. Latifa, "Pengujian Arus Bocor Pada Lightning Arrester Menggunakan Alat Leakage Current Monitor (Lcm) Di Gi Xyz," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.6623.
- [22]. T. Lumiu, L. Patras, and G. Mangindaan, "Analisa Unjuk Kerja Lightning Arrester yang Ditempatkan di Gardu Induk Likupang," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, p. 2, 2019.
- [23]. S. R. Pertiwi, U. Latifa, R. Hidayat, and I. Ibrahim, "Analisis Kelayakan CVT (Capacitive Voltage Transformer) Fasa S Bay Busbar 2 150 kV di GI PT. XYZ Indonesia," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 20, no. 1, pp. 35–42, 2021, doi: 10.31358/techne.v20i1.259.
- [24]. E. K. Bawan, "Estimasi pembebanan transformator gardu induk 150 KV," *J. Ilm. Foristek*, vol. 3, no. 2, pp. 289–293, 2018.
- [25]. P. Utomo, "Studi Analisis Kualitas Transformator Daya Gardu Induk 150 Kv Siantan," *Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [26]. S. Dhamma Sasana, R. Rahmadewi, and Ibrahim, "Analisis Uji Keserempakan Pemutus Tenaga 150kv Bay Trafo-1 Gardu Induk 150kv Tasikmalaya Baru," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 9, no. 12, pp. 263–267, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8078766>