

PENGUKURAN TAHANAN KONTAK DAN UJI KESEREMPAKAN PMT GILI TIMUR PADA PEMELIHARAAN 2 TAHUNAN BAY LINE 150 kV

Pramudya Septazein

¹ Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Article Info

Article history:

Diterima
Revisi
Diterbitkan

Kata kunci:

PMT
Tahanan Kontak
Uji Keserempakan
Gardu Induk

ABSTRAK

Pemutus Tenaga (PMT) merupakan perangkat vital di gardu induk yang berfungsi sebagai pengaman sistem tenaga listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil pengukuran tahanan kontak dan uji keserempakan pada PMT Bay Line Gili Timur di Gardu Induk 150 kV Kenjeran selama pemeliharaan dua tahunan. Pengujian dilakukan menggunakan micro-ohmmeter untuk mengukur tahanan kontak dan Breaker Analyzer untuk menguji keserempakan fasa. Hasil pengukuran menunjukkan nilai tahanan kontak berada pada rentang 36–38,11 $\mu\Omega$, masih di bawah batas maksimum standar SK DIR 0520 sebesar 50 $\mu\Omega$. Uji keserempakan juga menunjukkan selisih waktu operasi antar fasa <10 ms, sesuai standar SPLN No. 52-1 1984. Temuan ini menegaskan bahwa PMT Bay Line Gili Timur masih dalam kondisi layak dan andal untuk melindungi sistem tenaga listrik dari gangguan.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Pramudya Septazein,
Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No 5, Kec. Sumbersari, Kota Malang, Indonesia
Email: pramudya.septazein.2205366@students.um.ac.id

1. Pendahuluan

Pada Gardu Induk sistem tenaga listrik dilengkapi dengan berbagai perangkat pendukung untuk menjaga keandalan dan keselamatan operasional. Salah satu aspek penting dalam pengelolaan sistem transmisi listrik adalah pelaksanaan pengoperasian dan perawatan yang efektif. Pemeliharaan berkala menjadi krusial untuk memastikan komponen seperti dapat berfungsi secara optimal, baik dalam kondisi normal maupun saat terjadi gangguan seperti hubungan pendek. Prosedur pengujian rutin yang dilakukan setiap dua tahun mencakup pengukuran tahanan isolasi, tahanan kontak, kualitas sambungan, serta pemeriksaan sistem pentanahan. Mengingat pentingnya peran PMT dalam sistem, pemeliharaan yang konsisten sangat diperlukan demi menjaga kinerja dan keandalannya [1].

Gardu Induk (GI) merupakan elemen vital dalam sistem transmisi tenaga listrik, yang berfungsi mengatur distribusi aliran daya serta menyesuaikan level tegangan dari pembangkit agar sesuai dengan kebutuhan sistem. Dalam menjalankan fungsinya tersebut, GI dilengkapi berbagai perangkat, baik peralatan primer maupun sekunder [2] [3].

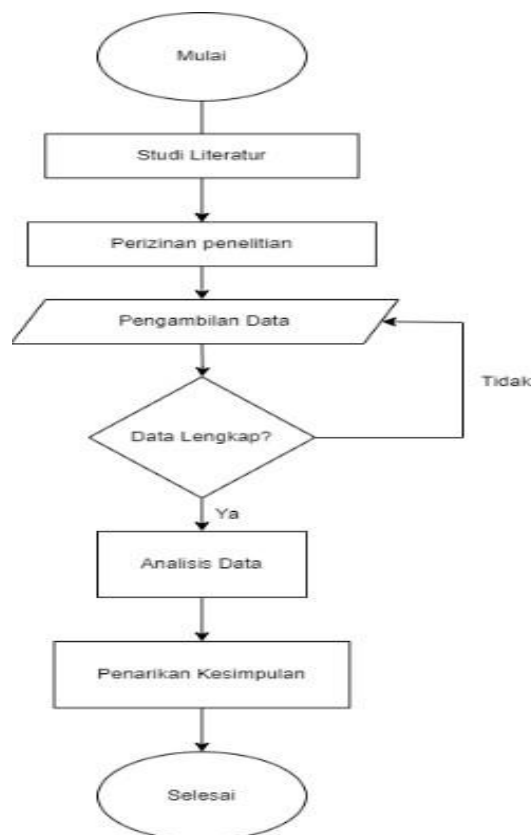
Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* memegang peranan krusial dalam memastikan keamanan dan proteksi sistem tenaga listrik, terutama dalam merespons kondisi gangguan [4]. PMT dirancang untuk menangani arus hubung singkat yang dapat melampaui arus nominal secara signifikan, yang biasanya mengalir melalui komponen seperti konduktor dan isolator. Pemutus tenaga memiliki peran penting untuk menghubungkan dan memutus arus beban atau arus gangguan di saluran transmisi [5]. Selain itu, perangkat ini juga berfungsi untuk memutus aliran listrik pada sistem tegangan tinggi, sehingga memungkinkan pemisahan antara beban yang perlu dilakukan perbaikan dengan beban lain yang tetap harus beroperasi [6]. Jika PMT gagal beroperasi, risiko kerusakan pada peralatan lain dalam sistem tenaga listrik akan meningkat [7].

Dalam proses pemeliharaan dua tahunan Pemutus Tenaga (PMT), dilakukan berbagai jenis pengujian seperti pengukuran tahanan isolasi. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui besar arus bocor pada bagian yang masih bertegangan, dengan harapan nilai tahanannya tetap memenuhi standar agar tidak terjadi hubungan singkat antar terminal fasa akibat isolasi yang melemah [8]. Selain itu, dilakukan juga pengujian tahanan kontak guna mendeteksi potensi kerugian teknis akibat sambungan yang tidak sempurna, dan bertujuan untuk menjaga efisiensi dengan mempertahankan nilai tahanan kontak serendah mungkin. Pengujian keserempakan kontak dilakukan untuk menilai kinerja PMT secara individual serta memastikan sinkronisasi saat proses membuka dan menutup kontak. Sementara itu, pengujian tahanan pentanahan digunakan untuk mengukur resistansi terminal terhadap tanah—semakin rendah nilainya, maka semakin baik performa sistem pentanahannya [9].

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk menganalisis data numerik secara sistematis. Menurut Sugiyono, setiap kejadian yang diamati seperti yang terjadi pada tahun 2023 dapat menunjukkan fluktuasi antar pengamatan. Faktor-faktor yang menyebabkan fluktuasi tersebut dikenal sebagai variabel. Karena jumlah variabel dalam suatu fenomena bisa sangat banyak dan kompleks, tidak semuanya dapat diamati secara bersamaan. Oleh sebab itu, dalam penelitian kuantitatif, perhatian difokuskan pada variabel-variabel tertentu yang dianggap paling relevan dan signifikan terhadap tujuan penelitian.

Penelitian ini dilakukan dengan observasi langsung di lapangan untuk mengevaluasi kondisi fisik Pemutus Tenaga (PMT) secara visual, guna mengidentifikasi adanya kerusakan atau keausan. Selain observasi, dilakukan pula serangkaian pengujian teknis untuk memperoleh data yang diperlukan. Setelah data terkumpul, proses analisis dilakukan secara manual menggunakan rumus atau persamaan yang sesuai, dan hasilnya dibandingkan dengan standar pengujian yang berlaku.



Gambar 1. Diagram langkah-langkah alur penelitian

Pengukuran tahanan kontak dilakukan menggunakan Megger micro-ohmmeter. Alat ini bekerja dengan prinsip Hukum Ohm, menyuntikkan arus DC tinggi (hingga 100 A) dan mengukur tegangan jatuh untuk menghitung tahanan. Standar nilai maksimum tahanan yang diizinkan merujuk pada SK DIR 0520, yaitu $\leq 50 \mu\Omega$.

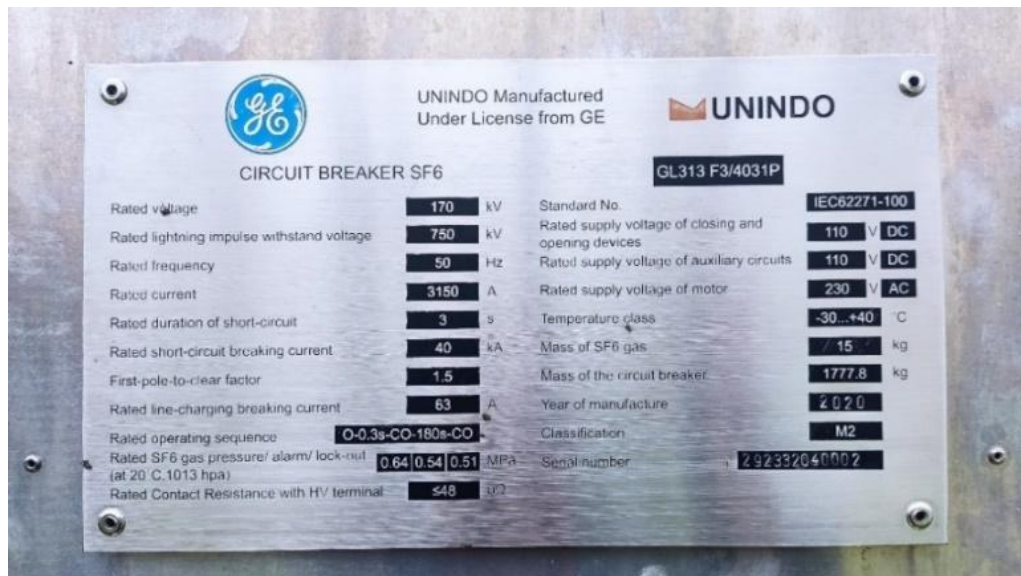
Uji keserempakan dilakukan menggunakan **Breaker Analyzer CT-6500 S3**. Alat ini mencatat waktu pembukaan dan penutupan kontak pada fasa R, S, dan T, lalu menghitung selisih waktunya (Δt). Standar acuan yang digunakan adalah SPLN No. 52-1 Tahun 1984, dengan toleransi maksimum 120 ms untuk sistem 150 kV.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

In Ruang lingkup pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) dua tahunan di Gardu Induk meliputi:

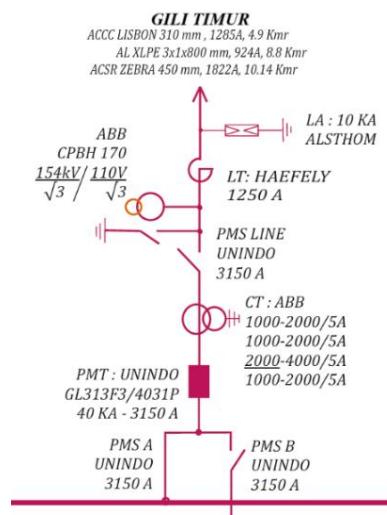
3.1 Pemeriksaan Visual

Nameplate pada PMT adalah "kartu identitas" yang berisi semua informasi penting mengenai karakteristik teknis dan operasional PMT itu sendiri.



Gambar 2. Nameplate PMT

Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 3. SLD PMT

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada pemeriksaan visual ini *nameplate* masih terpasang dengan rapih dan sesuai dengan dokumentasi teknis.

3.2 Pengujian Tahanan Kontak

Pengujian tahanan kontak dilakukan untuk mengukur resistansi yang dapat menyebabkan kerugian daya serta memastikan koneksi yang optimal antara kontak tetap dan kontak bergerak dalam Pemutus Tenaga (PMT) saat dalam kondisi tertutup. Ketika konduktor saling bersentuhan, hambatan terhadap aliran arus terbentuk, yang berpotensi meningkatkan suhu dan menimbulkan kerugian teknis. Jika resistansi kontak terlalu tinggi, dampak kerugiannya menjadi lebih signifikan.

Dalam pengujian ini, data dari tiga periode pemeliharaan dua tahunan digunakan untuk membandingkan dan mengevaluasi kondisi PMT. Tujuan utama pengujian adalah memastikan bahwa nilai resistansi tetap berada dalam batas standar yang telah ditetapkan. Untuk mengukur tahanan kontak pada PMT, digunakan alat micro ohm meter sebagai perangkat utama dalam proses pengujian [10].

Hasil pengujian disajikan dalam satuan microohm ($\mu\Omega$). Standar yang diterapkan dalam pengujian tahanan kontak adalah SK DIR 0520, dengan nilai maksimum yang diizinkan sebesar $\leq 50 \mu\Omega$. Jika nilai yang didapat lebih dari nilai maksimum yang diizinkan maka perlu untuk dilakukan pengujian ulang.

E. TAHANAN KONTAK		KETERANGAN	ACUAN /	DATA SEBELUMNYA			DATA SAAT INI		
			STANDART	R	S	T	R	S	T
1	Kontak utama (Terminal Atas - Terminal Bawah)	ARUS UJI > 100 AMP-DC	≤ 120% Nilai Pabrikan / FAT / Komisioning/SK DIR 0520 50 μΩ per titik	36,0	37,2	36,9	36,36	38,56	38,11
2	Konduktor atas - Terminal atas (Klem)								
3	Konduktor bawah - Terminal bawah (Klem)								
	Alat ukur tahanan Kontak		Merk	MEGGER			MEGGER		
			Type	MJOLNER 200			MJOLNER 200		
			Nomor seri						

Hasil Pengujian tahanan kontak dalam pemeliharaan dua tahunan Pemutus Tenaga (PMT) di Gardu Induk Kenjeran, yang terhubung dengan transformator berkapasitas 150 kV di bay Gili Timur, menunjukkan bahwa nilai tahanan kontak tetap berada dalam batas standar yang ditetapkan oleh SK DIR 0520, yaitu tidak lebih dari $50 \mu\Omega$. Berdasarkan hasil pengukuran yang tercantum dalam Tabel 3, nilai tahanan kontak dalam periode 2023 dan tahun 2025 berkisar antara $36 \mu\Omega$ hingga $38,11 \mu\Omega$.

Pada data sebelumnya nilai tahanan kontak Fasa R $36 \mu\Omega$, Fasa S $37,2 \mu\Omega$, dan Fasa T $36,9 \mu\Omega$, sedangkan data saat ini didapat Fasa R $36,36 \mu\Omega$, Fasa S $38,56 \mu\Omega$, dan Fasa T $38,11 \mu\Omega$. Maka perbandingan dari kedua data tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan nilai yang signifikan dan menunjukkan bahwa kondisi PMT tetap terjaga tanpa adanya lonjakan.



4. Pengukuran Tahanan Kontak

3.3 Pengujian Keserempakan

Pengujian keserempakan pada Pemutus Tenaga (PMT) bertujuan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta memastikan bahwa proses pembukaan dan penutupan terjadi serempak pada fasa R, S,

Pramudya Septazein: Pengukuran Tahanan Kontak Dan...

dan T. Ketidak sempurnaan dalam keserempakan pembukaan atau penutupan PMT dapat menyebabkan gangguan dalam sistem tenaga listrik dan memicu aktivasi sistem proteksi.

Oleh karena itu, pengujian dilakukan untuk mengidentifikasi selisih waktu antar fasa R, S, dan T saat PMT beroperasi. Toleransi perbedaan waktu ini ditentukan berdasarkan nilai delta *time* (Δt), yaitu selisih antara waktu tertinggi dan terendah yang terjadi saat pembukaan atau penutupan kontak. Nilai Δt ini menjadi indikator utama dalam menilai keserempakan PMT [10]. Standar yang digunakan dalam pengujian ini adalah SPLN No 52-1 1984, yang menetapkan batasan waktu maksimum < 120 ms untuk sistem 150 kV.

G. WAKTU BUKA/TUTUP & KESEREMPAKAN KONTAK		KETERANGAN	ACUAN /	DATA SEBELUMNYA			DATA SAAT INI		
			STANDARD	R-S	S-T	T-R	R-S	S-T	T-R
1	Open (.....ms)		< 110% Nilai Pabrikan/Hasil Uji sebelumnya	47,65	48,65	48,70	48	49,3	49
2	Close (.....ms)			73,35	71,75	73,50	73,7	72	72,3
3	47 T								
Deviasi (.....ms)			< Standar pabrikan atau < 10 ms (Kepdir 0520)						
3	Open (.....ms)								
4	Close (.....ms)								
	Alat Uji Keserempakan Kontak	Merk		VANGUARD			VANGUARD		
		Type		CT- 6500			CT- 6500		
		Nomor seri							

Tabel 2. Hasil Pengujian Grounding Transformator

Hasil Uji keserempakan dalam pemeliharaan dua tahunan Pemutus Tenaga (PMT) di Gardu Induk Kenjeran, yang terhubung dengan transformator di bay Gili Timur, menunjukkan bahwa kecepatan waktu saat *open to close* maupun saat *close to open* tetap berada dalam batas standar yang ditetapkan oleh SK DIR 0520, yaitu batasan waktu maksimum < 120 ms untuk sistem 150 kV.

Pada data tahun lalu saat *open to close* didapat selisih waktu 1,05 ms, dan saat *close to open* adalah 1,75 ms. Sedangkan data saat ini menunjukkan selisih waktu yang didapat saat *open to close* 1,03 ms dan *close to open* 1,7 ms. Jadi data yang didapat saat melakukan pengujian pada tahun ini tidak menunjukkan adanya perbedaan waktu yang begitu signifikan dibandingkan dengan tahun sebelumnya. maka dapat disimpulkan bahwa kondisi PMT normal sesuai dengan standar SK-DIR 520 yaitu < 10 ms untuk sistem 150 kV.



Gambar 5. Uji Keserempakan

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai tahanan kontak pada PMT Bay Line Gili Timur berkisar antara 36 hingga 38,11 $\mu\Omega$. Angka ini jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan, yaitu 50 $\mu\Omega$. Kondisi ini menunjukkan bahwa PMT masih mampu menghantarkan arus secara efisien dan aman. Sesuai dengan teori dari [11], tahanan kontak yang rendah sangat penting untuk menghindari kehilangan daya yang berlebihan dan mencegah kerusakan pada komponen akibat pemanasan berlebih. Maka dapat disimpulkan bahwa PMT yang diuji memiliki performa yang baik dari segi kelistrikan dan layak diandalkan dalam sistem proteksi tenaga.

Selain tahanan kontak, aspek penting lain adalah keserempakan fasa antar kutub. Pengujian menunjukkan selisih waktu operasi antar fasa kurang dari 10 milidetik, yang sesuai dengan standar SPLN No. 52-1 tahun 1984. [12]. Ketidaksesuaian waktu operasi antar fasa dapat menyebabkan ketidakseimbangan yang membahayakan peralatan. Oleh karena itu, keselarasan yang dicapai oleh PMT ini mengindikasikan bahwa sistem masih dalam kondisi terkoordinasi dengan baik [13].

Sebaliknya, temuan ini bertentangan dengan hasil penelitian [14], yang mencatat beberapa PMT di lokasi lain menunjukkan nilai tahanan yang nyaris melampaui ambang batas. Perbedaan ini kemungkinan dipengaruhi oleh strategi pemeliharaan yang lebih terstruktur dan berkualitas di Gardu Induk Kenjeran, sehingga performa PMT tetap terjaga baik.

Dari sintesis temuan empiris dan referensi terdahulu, terlihat bahwa pengujian teratur dan penerapan pemeliharaan preventif memegang peranan penting dalam menjaga keandalan PMT [15]. Kinerja PMT yang optimal pada aspek tahanan kontak dan keserempakan fasa menegaskan bahwa prosedur pemeliharaan di Gardu Induk Kenjeran efektif dan layak dijadikan contoh bagi gardu induk lainnya dalam mengelola sistem proteksi tenaga listrik.

4. KESIMPULAN

Provide Berdasarkan hasil analisis pemeliharaan dua tahunan *bay line* Gilitimur 150 kV Gardu Induk Kenjeran pada peralatan PMT, dapat disimpulkan bahwa kondisi tahanan kontak masih memenuhi standar SK DIR 0520. Nilai resistansi tetap berada dalam rentang aman antara $36 \mu\Omega$ hingga $38,11 \mu\Omega$ dalam periode 2023 hingga 2025, menunjukkan bahwa PMT beroperasi dengan optimal tanpa lonjakan resistansi yang signifikan. Hal ini menegaskan bahwa sistem kelistrikan tetap terjaga keandalannya dalam setiap siklus pemeliharaan.

Selain itu, efisiensi operasional PMT tetap terjaga, memastikan bahwa distribusi listrik berjalan dengan optimal. Meskipun variasi ini tidak signifikan, pemantauan lebih lanjut diperlukan untuk memastikan bahwa performa PMT tidak mengalami penurunan dalam jangka panjang, pemantauan yang dilakukan berupa termovisi rutin, inspeksi visual, maupun pemeriksaan fungsional saat *shutdown*.

Hasil pengujian keserempakan menunjukkan bahwa selisih waktu pembukaan dan penutupan kontak pada fasa R, S, dan T masih sesuai dengan standar SPLN No 52-1 1984, yaitu < 120 ms untuk sistem 150 kV. Nilai delta waktu dari pengujian terbaru tetap stabil dibandingkan dengan periode sebelumnya sesuai dengan SK- DIR 520 yaitu < 10 ms untuk sistem 150 kV, memastikan bahwa PMT beroperasi secara serempak tanpa gangguan signifikan. Keserempakan ini menjadi aspek penting dalam menjaga keandalan sistem proteksi dan operasi PMT).

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang sudah membantu penelitian kami, sampai selesai serta sampai pembuatan artikel ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Malik, "Analisis Pengujian Pemutus Tenaga (PMT) bay Pedan 2 dalam Pemeliharaan dua tahunan di Gardu Induk Klaten," 2019.
- [2] A. G. Firdaus dan R. Hidayat, "Analisa Pengujian Kelayakan PMT 150 kV Bay Mandirancan I Berdasarkan Parameter Breaker Analyzer di Gardu Induk Sunyaragi," *EJI*, hlm. 17–24, Jun 2021, doi: 10.30630/eji.0.0.217.
- [3] D. S. Nurjannah, D. B. Santoso, dan I. A. Bangsa, "ANALISA PENGUJIAN KUALITAS GAS SF6 PADA PEMUTUS TENAGA (PMT) 66 KV BAY REAKTOR 4R2 DI GITET BANDUNG SELATAN," *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, vol. 10, no. 2, hlm. 57, Jul 2021, doi: 10.30591/polektro.v10i2.2568.
- [4] S. Yuswanto W. D., "PENGARUH KUALITAS MAINTENANCE PERALATAN TERHADAP KELANCARAN PENYALURAN LISTRIK KE DISTRIBUSI DI GARDU INDUK KADIPATEN KABUPATEN MAJALENGKA.," 2022.
- [5] A. Goeritno, S. Rasiman, dan Z. Komara, "Kinerja Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi Bermedia Gas SF6 Berdasarkan Sejumlah Parameter Diri," *Jurnal EECCIS*, vol. 12, no. 2, hlm. 104–111, 2018.
- [6] R. Pangestu, "Analisis Kinerja Circuit Breaker Pada Sisi 150 kV Gardu Induk Lamhotma," *Jurnal UISU*, 76*a*, vol. 82, 2019.
- [7] I. Pranomo, "PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA 2019".
- [8] P. PLN, "Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik," 2009.

- [9] M. A. Prakoso dan F. A. Joko, “Analisis Pengujian dan Pemeliharaan Dua Tahunan Pemutus Tenaga (PMT) Di Gardu Induk Rungkut 150 kV,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. Volume 13, 2024.
- [10] A. Susanto, R. Kurnianto, dan M. Rajagukguk, “ANALISA KELAYAKAN PEMUTUS TENAGA (PMT) 150 KV BERDASARKAN HASIL UJI TAHANAN ISOLASI, TAHANAN KONTAK DAN KESEREMPAKAN KONTAK DI GARDU INDUK SINGKAWANG”.
- [11] P. Darminto, “Analisis Pengukuran Tahanan Kontak dan Tahanan Pertanahan Pada Pemutus Tenaga,” *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, vol. 1, no. 2, hlm. 15–22, 2022.
- [12] A. G. Firdaus, “Analisa Pengujian Kelayakan Operasi Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV Bay Penghantar Mandirancan I Berdasarkan Parameter Breaker Analyzer di Gardu Induk Sunyaragi,” *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 3, hlm. 252–267, 2021.
- [13] G. Ramadan, “ANALISIS KELAYAKAN PEMUTUS TENAGA 20 KV DENGAN PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI, TAHANAN KONTAK DAN KESEREMPAKAN DI GARDU INDUK SERPONG,” *Journal of Scientech Research and Development*, vol. 7, no. 1, hlm. 322–336, 2025.
- [14] R. Badruzzaman dan A. Stefanie, “Analysis of Contact Resistance Test for PMT Bay Kuningan II 70KV at Sunyaragi Substation,” *jeeeu*, vol. 5, no. 2, hlm. 116–138, Sep 2021, doi: 10.21070/jeeeu.v5i2.1396.
- [15] Sulistiyanto, S. (2022). Perancangan Software The Smart Tourism Bali Dengan Android. *Joutica*, 7(1), 551-555.
- [16] A. K. Wijaya dan D. Nugroho, “Analisa Efisiensi Kinerja Generator G-101 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi,” vol. 4, no. 1, 2022.