

Operasi dan Pemeliharaan Pemutus Tenaga (PMT) menggunakan Media Gas SF₆ di Gardu Induk 150 Kv Purbalingga

Carolus Borromeus Krishna Sampurno¹, Siska Irma Budianti^{2*}, Nota Ali Sukarno³, Abdul Aziz⁴, Aldean Obiyasi⁵

^{1,2,3,4,5}Teknik Mesin, Universitas Perwira Purbalingga, Jl.Letjen. S.Parman No 53 Purbalingga, 53316, Indonesia

Korespondensi: siskairmabudianti@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received:17-05-2026

Revised:16-06-2026

Accepointed:19-06-2026

Abstrak

Pemutus Tenaga (PMT) menggunakan media gas sulfur hexafluoride (SF₆) merupakan peralatan penting dalam sistem transmisi tenaga listrik karena berfungsi untuk memutus dan menghubungkan aliran daya baik pada kondisi normal maupun saat terjadi gangguan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis operasi dan pemeliharaan PMT gas SF₆ di Gardu Induk 150 kV Purbalingga serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan standar operasional PT PLN (Persero). Metode penelitian yang digunakan meliputi observasi lapangan, wawancara dengan operator gardu induk, studi dokumentasi, dan studi pustaka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan gas SF₆ pada PMT berada pada rentang normal sebesar 0,55–0,65 MPa, sistem mekanik penggerak bekerja optimal, serta tidak ditemukan kebocoran gas yang signifikan. Pemeliharaan dilakukan secara berkala melalui inspeksi harian, mingguan, bulanan, dan tahunan sesuai SOP PLN. Selain itu, proses operasi PMT baik secara remote melalui SCADA maupun manual oleh operator telah berjalan sesuai prosedur manuver yang ditetapkan. Dengan penerapan *preventive maintenance* yang disiplin, PMT gas SF₆ di Gardu Induk 150 kV Purbalingga mampu mendukung keandalan dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik secara optimal.

Kata kunci: Pemutus Tenaga (PMT), gas SF₆, Gardu Induk.

Operation and Maintenance of SF₆ Gas-Insulated Circuit Breakers at the 150 kV Purbalingga Substation

Abstract

SF₆ gas-insulated circuit breakers play an important role in power transmission systems by interrupting and connecting electrical current during both normal and fault conditions. This study aims to analyze the operation and maintenance of SF₆ circuit breakers at the 150 kV Purbalingga Substation and evaluate their compliance with the operational standards of PT PLN (Persero). The research methods included field observation, interviews with substation operators, documentation study, and literature review. The results indicate that the SF₆ gas pressure remained within the normal operating range of 0.55–0.65 MPa, the mechanical operating system functioned properly, and no significant gas leakage was detected. Maintenance activities were carried out periodically through daily, weekly, monthly, and annual inspections in accordance with

PLN's standard operating procedures. In addition, circuit breaker operations, both remotely through SCADA and manually by operators, were performed according to established switching procedures. The implementation of disciplined preventive maintenance enabled the SF₆ circuit breakers at the 150 kV Purbalingga Substation to support the reliability and continuity of electrical power transmission effectively.

Key words: *Circuit Breaker, SF₆ Gas, 150 Kv Substation.*

1. Pendahuluan

Listrik merupakan salah satu bentuk energi yang keberadaannya saat ini sangat dibutuhkan sebagai akibat dari pertumbuhan penduduk yang serba modern. Listrik juga merupakan salah satu komoditi strategis dalam perekonomian Indonesia, karena merupakan salah satu sumber energi utama di sektor industri selain hanya untuk penerangan bagi kalangan masyarakat. Negara berkembang memiliki pertumbuhan ekonomi yang pesat sehingga berdampak pada peningkatan penggunaan listrik dari tahun ke tahun [1]. PT PLN (Persero) sebagai perusahaan penyedia tenaga listrik nasional memiliki tanggung jawab untuk menjaga keandalan sistem tenaga listrik mulai dari pembangkit, transmisi, hingga distribusi [2]. Salah satu komponen penting dalam sistem transmisi tenaga listrik adalah gardu induk. Gardu induk berfungsi sebagai pusat pengaturan, pengendalian, pengamanan, dan penyaluran energi listrik dari jaringan transmisi ke jaringan distribusi maupun ke gardu induk lainnya [3]. Keandalan gardu induk sangat dipengaruhi oleh kinerja peralatan utama yang terpasang di dalamnya, seperti transformator tenaga, pemutus tenaga (PMT), pemisah (PMS), current transformer (CT), potential transformer (PT), dan lightning arrester (LA).

Pemutus Tenaga (PMT) merupakan salah satu peralatan proteksi utama pada sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan aliran arus listrik baik dalam kondisi normal maupun ketika terjadi gangguan. Pada sistem transmisi tegangan tinggi, PMT dengan media gas sulfur hexafluoride (SF₆) banyak digunakan karena memiliki kemampuan isolasi yang tinggi, stabilitas termal yang baik, serta kemampuan memadamkan busur api secara efektif saat proses pemutusan arus berlangsung [4]. Kegagalan operasi PMT dapat menyebabkan gangguan yang lebih luas pada sistem transmisi dan menurunkan tingkat keandalan penyaluran tenaga Listrik [5]. Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas karakteristik PMT SF₆ dan perannya dalam sistem tenaga listrik [6]. Winantara dkk. menjelaskan bahwa gas SF₆ memiliki kemampuan yang sangat baik sebagai media pemadam busur api pada sistem transmisi tegangan tinggi. Jamal dkk. [7] melakukan evaluasi koordinasi PMT dengan recloser pada sistem distribusi 20 kV dan menunjukkan pentingnya keandalan PMT dalam mendukung sistem proteksi tenaga listrik. Penelitian lain juga membahas aspek keandalan peralatan gardu induk dan koordinasi sistem proteksi untuk menjaga kontinuitas pelayanan tenaga listrik [8].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada aspek teoritis, evaluasi sistem proteksi, dan analisis keandalan secara umum. Kajian mengenai implementasi operasi dan pemeliharaan PMT gas SF₆ secara langsung pada gardu induk 150 kV, khususnya yang mengacu pada kondisi aktual peralatan dan prosedur operasional

di lapangan, masih relatif terbatas. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengkaji kesesuaian antara pelaksanaan operasi dan pemeliharaan PMT dengan standar operasional PT PLN (Persero) pada Gardu Induk 150 kV Purbalingga.

Gardu Induk 150 kV Purbalingga merupakan salah satu gardu induk penting pada sistem transmisi Jawa Tengah yang berfungsi menerima suplai energi listrik dari Gardu Induk Mrica dan Gardu Induk Rawalo serta menyalurkan energi listrik ke jaringan distribusi di wilayah Purbalingga dan sekitarnya. Keandalan PMT pada gardu induk ini sangat berpengaruh terhadap kontinuitas pelayanan tenaga listrik karena PMT berperan sebagai peralatan proteksi utama dalam proses manuver maupun penanganan gangguan sistem. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi aktual operasi dan pemeliharaan PMT gas SF₆ di Gardu Induk 150 kV Purbalingga serta menjadi bahan masukan bagi pengelola gardu induk dalam meningkatkan keandalan sistem transmisi tenaga listrik melalui penerapan program pemeliharaan yang efektif dan berkelanjutan.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan meliputi wawancara, observasi, dan validasi data. Wawancara dilakukan secara terstruktur dengan operator dan teknisi Gardu Induk 150 kV Purbalingga untuk memperoleh informasi terkait pengoperasian, pemeliharaan, gangguan, serta sistem monitoring PMT (Pemutus Tenaga) SF₆. Data wawancara diperoleh menggunakan pedoman yang disusun sesuai tujuan penelitian.

Observasi dilakukan secara langsung untuk mengamati kondisi operasional dan fisik PMT SF₆ menggunakan lembar checklist inspeksi berdasarkan standar pemeliharaan PT PLN (Persero). Aspek pengamatan meliputi kondisi gas SF₆, mekanisme penggerak, sistem kontrol dan proteksi, isolator, bushing, terminal, indikator posisi PMT, lingkungan sekitar, serta indikasi kebocoran gas. Hasil observasi didokumentasikan sebagai data pendukung analisis.

Validasi data dilakukan melalui studi dokumentasi dan teknik triangulasi, yaitu triangulasi sumber, triangulasi metode, dan member check. Data diperoleh dari operator, teknisi, serta dokumen resmi seperti SOP, data inspeksi, dan catatan operasi PMT untuk memastikan keakuratan dan kesesuaian informasi.

2.1 Alat

1. Kamera atau smartphone untuk dokumentasi kegiatan observasi dan pemeliharaan PMT.
2. Alat tulis dan lembar observasi untuk pencatatan hasil inspeksi lapangan.
3. Laptop untuk pengolahan data dan penyusunan laporan penelitian.
4. Alat komunikasi pendukung koordinasi dengan operator dan dispatcher.
5. Peralatan keselamatan kerja (APD) seperti helm keselamatan, sarung tangan, sepatu safety, dan rompi kerja sesuai standar K3 gardu induk.

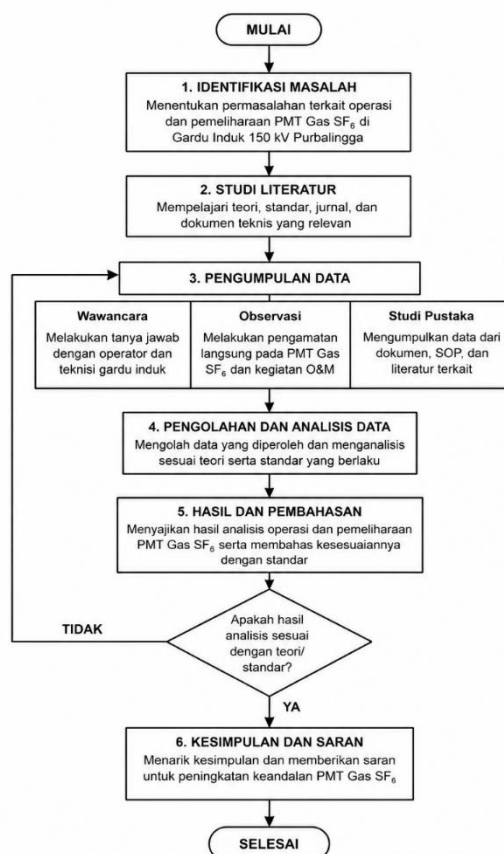
2.2 Bahan

1. Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV menggunakan media gas SF₆ sebagai objek utama penelitian.
2. Data hasil inspeksi dan pemeliharaan PMT di Gardu Induk 150 kV Purbalingga.

3. Standar Operasional Prosedur (SOP) operasi dan pemeliharaan PMT PT PLN (Persero).
4. Buku pedoman pemeliharaan PMT dan literatur terkait sistem proteksi tenaga listrik.
5. Data hasil wawancara dengan operator dan teknisi Gardu Induk 150 kV Purbalingga.

2.3 Prosedur

Gambar 1 menunjukkan flowchart tahapan penelitian yang dilakukan untuk menganalisis operasi dan pemeliharaan PMT Gas SF₆ di Gardu Induk 150 kV Purbalingga. Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi masalah dan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data melalui wawancara, observasi, dan studi pustaka. Data yang diperoleh selanjutnya diolah dan dianalisis berdasarkan teori serta standar yang berlaku. Hasil analisis digunakan sebagai dasar pembahasan untuk mengevaluasi kesesuaian sistem operasi dan pemeliharaan PMT Gas SF₆. Tahap akhir penelitian berupa penarikan kesimpulan dan pemberian rekomendasi untuk meningkatkan keandalan PMT.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Pemutus Tenaga (PMT) menggunakan media gas SF₆ di Gardu Induk 150 kV Purbalingga berfungsi sebagai peralatan proteksi utama yang digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan aliran daya listrik baik pada kondisi normal maupun saat terjadi gangguan sistem. Pengoperasian PMT dapat dilakukan secara remote melalui sistem SCADA oleh

dispatcher maupun secara lokal oleh operator gardu induk sesuai kebutuhan operasi sistem tenaga Listrik [9]. Berdasarkan hasil observasi lapangan, PMT yang digunakan memiliki beberapa komponen utama yang mendukung proses pemutusan dan penyambungan arus listrik. Komponen tersebut meliputi ruang pemadam busur (interrupter chamber), tangki gas SF₆, mekanisme penggerak (operating mechanism), terminal utama, dan sistem control [10]. Bagian-bagian utama PMT yang diamati selama penelitian ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Bagian bagian utama PMT

Penggunaan gas SF₆ sebagai media isolasi dan pemadam busur api dipilih karena memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi sehingga mampu memadamkan busur listrik secara cepat saat terjadi proses pemutusan arus [11]. Berdasarkan hasil observasi, sistem mekanik penggerak PMT, indikator posisi PMT, serta sistem kontrol masih berfungsi dengan baik sehingga PMT mampu melaksanakan perintah trip maupun close secara normal. Selain kondisi fisik peralatan, dilakukan pemeriksaan terhadap beberapa parameter operasi PMT sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

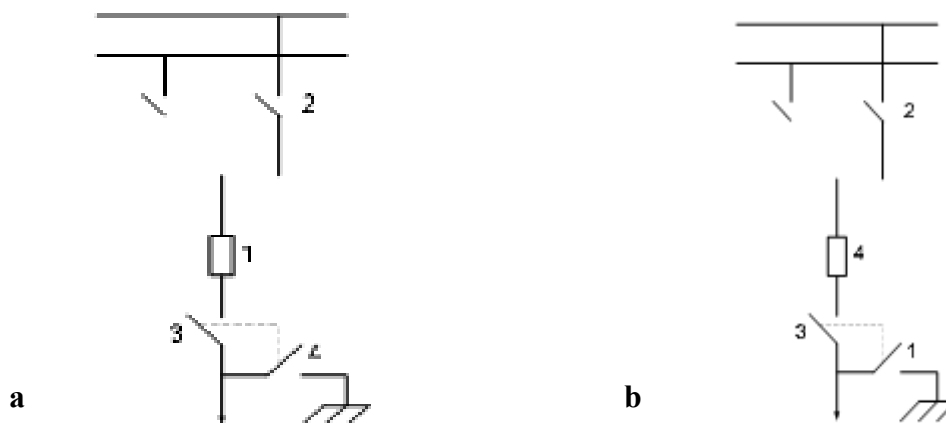
Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kondisi PMT SF₆

Parameter Pemeriksaan	Hasil Pengukuran	Standar Operasi	Kondisi
Tekanan Gas SF ₆	0,62 MPa	0,55–0,65 MPa	Normal
Tegangan Kontrol DC	110 VDC	110 ±10% VDC	Normal
Temperatur Terminal	39°C	< 60°C	Normal
Kebocoran Gas SF ₆	Tidak ditemukan	Tidak ada kebocoran	Baik
Indikator Posisi PMT	Sesuai Perintah	Sesuai Operasi	Baik

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa seluruh parameter operasi PMT masih berada dalam batas standar operasi. Tekanan gas SF₆ sebesar 0,62 MPa menunjukkan bahwa kemampuan isolasi dan pemadaman busur api masih berada pada kondisi optimal. Temperatur terminal sebesar 39°C juga masih jauh di bawah batas maksimum yang diperbolehkan sehingga tidak menunjukkan adanya indikasi hotspot ataupun penurunan kualitas kontak listrik [12]. Hasil ini sejalan dengan penelitian Setiono [3] yang menyatakan bahwa efektivitas PMT sangat dipengaruhi oleh kestabilan tekanan gas SF₆

karena gas tersebut berfungsi sebagai media isolasi sekaligus pemadam busur api pada sistem tegangan tinggi.

Proses manuver jaringan pada Gardu Induk 150 kV Purbalingga dilakukan berdasarkan standar operasional PT PLN (Persero). Urutan pembukaan dan penutupan jaringan digambarkan dalam diagram satu garis yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. a. Diagram satu garis urutan pembukaan jaringan dan b. Diagram satu garis urutan penutupan jaringan

Berdasarkan Gambar 3, proses pembukaan jaringan diawali dengan pembukaan PMT untuk menghilangkan arus beban pada sistem. Setelah PMT terbuka, operator membuka PMS Busbar dan PMS Line, kemudian menutup PMS Tanah untuk memastikan peralatan berada pada kondisi bebas tegangan [3]. Sebaliknya, pada proses penormalan jaringan dilakukan pembukaan PMS Tanah terlebih dahulu, kemudian PMS Busbar dan PMS Line dimasukkan kembali ke sistem sebelum PMT ditutup untuk mengalirkan daya listrik. Urutan operasi tersebut bertujuan untuk mencegah terjadinya busur listrik, kesalahan manuver, maupun gangguan yang dapat memengaruhi keandalan sistem transmisi. Hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh proses manuver yang dilakukan selama periode pengamatan telah sesuai dengan prosedur operasi yang berlaku dan tidak ditemukan kejadian salah manuver maupun kegagalan operasi PMT.

Untuk menjaga keandalan PMT, Gardu Induk 150 kV Purbalingga menerapkan program pemeliharaan preventif secara berkala yang meliputi inspeksi harian, mingguan, bulanan, dan tahunan. Kegiatan pemeliharaan mencakup pemeriksaan tekanan gas SF₆, sistem mekanik penggerak, sumber tegangan kontrol, terminal utama, isolator, serta sistem proteksi dan kontrol. Frekuensi pelaksanaan pemeliharaan selama satu tahun ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Frekuensi Pemeliharaan PMT

Jenis Pemeliharaan	Frekuensi
Inspeksi Harian	365 kali/tahun
Inspeksi Mingguan	52 kali/tahun
Inspeksi Bulanan	12 kali/tahun
Pemeliharaan Tahunan	1 kali/tahun

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa inspeksi rutin dilaksanakan secara konsisten sesuai SOP PT PLN (Persero). Pelaksanaan inspeksi berkala memungkinkan operator mendeteksi lebih dini adanya indikasi gangguan seperti penurunan tekanan gas SF₆, kerusakan mekanik, maupun ketidaknormalan sistem kontrol sebelum berkembang menjadi gangguan yang lebih serius.

Selain pemeriksaan kondisi fisik, evaluasi juga dilakukan terhadap jumlah operasi PMT untuk mengetahui tingkat pemanfaatan dan kondisi mekanik peralatan.

Tabel 3. Jumlah Operasi PMT Tahun 2025

Bay PMT	Jumlah Operasi	Batas Operasi Mekanis
Bay Trafo 1	126 kali	2.000 kali
Bay Trafo 2	114 kali	2.000 kali
Bay Trafo 3	107 kali	2.000 kali
Bay Rawalo 1	148 kali	2.000 kali
Bay Rawalo 2	152 kali	2.000 kali
Bay Mrica 1	135 kali	2.000 kali
Bay Mrica 2	129 kali	2.000 kali

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa jumlah operasi seluruh PMT masih jauh di bawah batas operasi mekanis yang direkomendasikan pabrikan. Bay Rawalo 2 memiliki frekuensi operasi tertinggi yaitu sebanyak 152 kali per tahun, sedangkan Bay Trafo 3 memiliki frekuensi operasi terendah yaitu sebanyak 107 kali per tahun.

Meskipun terdapat perbedaan frekuensi operasi antar bay, seluruh PMT masih berada dalam kondisi aman dan layak operasi. Hasil ini menunjukkan bahwa umur mekanis PMT masih relatif panjang dan belum memerlukan tindakan overhaul besar. Untuk mengetahui tingkat keandalan PMT, hasil inspeksi dibandingkan dengan standar operasi dan pemeliharaan PT PLN (Persero) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Inspeksi dengan Standar

Parameter	Standar	Hasil	Status
Tekanan Gas SF ₆	0,55–0,65 MPa	0,62 MPa	Sesuai
Tegangan Kontrol DC	110 ±10%	110 VDC	Sesuai
Temperatur Terminal	< 60°C	39°C	Sesuai
Kebocoran Gas	Tidak ada	Tidak ada	Sesuai
Sistem Mekanik	Berfungsi Normal	Normal	Sesuai

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh parameter pemeriksaan memenuhi standar operasi yang ditetapkan oleh PT PLN (Persero). Temuan ini mengindikasikan bahwa pelaksanaan operasi dan pemeliharaan PMT gas SF₆ di Gardu Induk 150 kV Purbalingga telah berjalan dengan baik dan mampu mendukung keandalan sistem transmisi tenaga listrik.

Jika dibandingkan dengan penelitian Hasti dkk. [5] dan Setiono [3], hasil penelitian ini menunjukkan kesesuaian bahwa kondisi tekanan gas SF₆, keandalan sistem mekanik, serta penerapan preventive maintenance merupakan faktor penting dalam menjaga performa PMT. Dengan demikian, penerapan inspeksi berkala dan monitoring kondisi PMT secara rutin menjadi langkah strategis untuk mempertahankan kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan meminimalkan risiko gangguan sistem.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, operasi dan pemeliharaan PMT gas SF₆ di Gardu Induk 150 kV Purbalingga telah berjalan sesuai standar operasional PT PLN (Persero). Tekanan gas SF₆ berada pada rentang normal, sistem mekanik dan kontrol bekerja optimal, serta tidak ditemukan kebocoran gas yang signifikan. Pelaksanaan preventive maintenance secara berkala melalui inspeksi harian, mingguan, bulanan, dan tahunan terbukti mampu menjaga keandalan PMT dalam mendukung kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Selain itu, koordinasi operasi antara operator gardu induk dan dispatcher melalui sistem SCADA berjalan efektif sehingga proses manuver jaringan dapat dilakukan secara aman dan cepat. Penelitian ini merekomendasikan peningkatan monitoring digital tekanan gas SF₆ dan evaluasi berkala terhadap umur operasi PMT untuk mendukung keandalan sistem transmisi tenaga listrik yang berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT PLN (Persero) khususnya Gardu Induk 150 kV Purbalingga yang telah memberikan kesempatan, fasilitas, serta data pendukung dalam pelaksanaan penelitian mengenai operasi dan pemeliharaan PMT gas SF₆.

Daftar Pustaka

- [1] G. Arief, "Preliminary Evaluation for the Performance of Circuit Breaker Mediated by SF₆ Gas," *J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 13, no. 1, pp. 35–38, 2020.
- [2] A. S. Mahdi, Z. Abdul-malek, and S. Member, "SF₆ Decomposed Component Analysis for Partial Discharge Diagnosis in GIS : A Review," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 27270–27288, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3156926.
- [3] I. Setiono, "Gas SF₆ (Sulfur Hexa Fluorida) Sebagai Pemadam Busur Api Pada Pemutus Tenaga (PMT) Di Saluran Transmisi Tegangan Tinggi," *Metana*, vol. 13, no. 12, pp. 1–6, 2017.
- [4] S. Hartanto, T. O. Priyono, R. Pahlavi, and D. Benoît, "Performance Testing of Power Breaker 20 kV at the Senayan PLTMG Substation Netto Cubicles," *Sci. J. Sci. Technol.*, vol. 2, no. December, pp. 201–211, 2023.
- [5] L. N. Hasti, "Maintenance Circuit Breaker SF₆ kV Unit 3-4 di PT . Indonesia Power Suralaya," *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro Dan Inform.*, vol. 2, no. 1, 2023.
- [6] B. Winantara, "Evaluasi Tahanan Kontak Pemutus Tenaga Tegangan Tinggi Di Gardu Induk 150 KV Bandung Selatan Berdasarkan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)," *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 10, no. 2, pp. 103–110,

- 2019.
- [7] M. Jamal, I. S. Agung, K. Gas, and U. M. Whitney, "Evaluasi Kualitas Gas SF6 pada Gas Insulated Switchgear Setelah Revitalisasi Studi Kasus pada PT . PLN (PERSERO) GIS SIMPANG," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 02, pp. 31–37, 2025.
 - [8] A. R. Achmad, M. Soleh, and S. Suprijadi, "Analysis of gas pressure decline SF 6 in 70kV circuit breaker bay transformer 3 at Babakan substation," *J. Emerg. Innov. Eng.*, vol. 1, no. 02, pp. 45–54, 2025.
 - [9] T. B. Utami, A. Subekhi, A. Abdullah, A. Suprayitno, and M. K. Prasetyo, "Analisis Penurunan Tekanan Gas Sulfur Hexafluorida (Sf6) Pada Pemutus Tenaga 150 KV Siemens 3AQ1EG Analysis of the pressure drop of sulfur hexafluoride (sf6) gas in a circuit breaker 150 KV Siemens 3AQ1EG," *Teknol. (Jurnal Tek.*, vol. 14, no. 1, pp. 12–25, 2024, doi: 10.51132/teknologika.v14i1.
 - [10] P. Harunanda and D. Fauziah, "Analisis Pengaruh Tekanan Gas SF6 terhadap Laju Busur Listrik pada PMT di Gardu Induk Cilegon PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Barat," *Pros. Semin. Nas. Energi, Telekomun. dan Otomasi SNETO 2021*, pp. 354–361, 2021.
 - [11] M. Y. Samsurya and A. Hafid, "Analisis Kebocoran Gas SF6 di Bay Line Power Breakers (PMT) Bontoala di GI Tallo Lama," *J. Tek. Elektro UNISMUH*, vol. 15, pp. 9–16, 2023.
 - [12] D. S. Nurjannah, D. B. Santoso, and I. A. Bangsa, "Analisa Pengujian Kualitas Gas SF6 Pada Pemutus Tenaga (PMT) 66 KV Bay Reaktor 4R2 di GITET," *Power Elektron.*, vol. 10, no. 2, pp. 57–59, 2021.