Jurnal MOSFET
Vol. 06 No. 02, Juli – Desember 2026, pp. 63-74, eISSN: 2775-5274
http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/jmosfet
DOI: https://doi.org/10.31850/jmosfet.v6i2.4496

Dampak Usia Pemakaian PMS terhadap Kenaikan Suhu dan Kinerja Peralatan pada Gardu Induk

Aulidina Dwi Nur Andriyanti[1*]

[1]*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Teknologi Surabaya*
**Email : aulidina.dwi@utssurabaaya.ac.id*

Abstract: Electric power generation is an important factor in an electrical system. The electrical energy that been generated, it would be distributed to consumers, both medium voltage and low voltage consumers. Before being distributed, the energy would be directed to substations to be managed and regulated by being increased, decreased, or divided. In substations, there were several protective devices that had function to protect equipment in the event of a disturbance, one of these devices is the PMS or disconnecting switch. This busbar disconnecting switch or PMS secured the system by separating the system from disturbances detection in the busbar. As the other electrical equipment, protective devices that have been used for a long time, it would lead to malfunction and decreasing of work. Therefore, this study focused on the condition of PMS that has been used for a long time, so this case could affect its temperature and performance. The researchers used a field study method for solving the problem. The result of this research showed that the long-term use of PMS could have an impact on decreasing performance and indicate the presence of hotspots and contact resistance exceeding the applicable standards.

Keywords: Disconnecting switch; Age of use; Increasing temperature; Substation

1. PENDAHULUAN

Listrik menjadi sumber energi yang utama dalam menunjang kehidupan manusia dalam beraktivitas setiap hari. Pembangkitan energi listrik dimulai dari PLTA, PLTD, PLTS atau jenis pembangkit lainnya, kemudian listrik akan disalurkan kepada sistem penyaluran transmisi dari gardu induk dan dilanjutkan penyalurannya ke sistem distribusi untuk dapat dimanfaatkan oleh konsumen (Andriyanti, 2025). Keandalan dan keamanan sistem penyaluran merupakan hal esensial untuk menjamin pasokan listrik yang berkelanjutan dan berkualitas (Putri Suhesya et al., 2024). Sehingga untuk memenuhi kebutuhan pasokan listrik berkualitas dan setiap tahunnya meningkat dengan proyeksi peningkatan berkisar 10.3% setiap tahunnya, ketersediaan pasokan listrik yang cukup akan memberikan perkembangan pembangunan yang pesat pada bidang bisnis, industri, meningkatkan kualitas hidup masyarakat, serta memberikan pengaruh positif pada pertumbuhan suatu negara (Rajagukguk et al., 2015). Untuk mendukung kondisi tersebut, maka peralatan yang digunakan pada sistem kelistrikan harus dalam kondisi yang baik dan memiliki performa yang baik. Sistem kelistrikan termasuk komponen gardu induk memiliki peran penting dalam penyaluran energi listrik dan pusat pengaturan beban ke gardu induk lainnya serta gardu distribusi, setelah melalui gardu induk energi listrik akan diproses pada penurunan tegangan setelah itu akan disalurkan ke penyulang

tegangan menengah. Pada gardu induk terdapat beberapa peralatan yang digunakan seperti transformator, disconnecting switch, circuit breaker, current transformer, voltage transformer, lightning arrester serta busbar (Hadi, 2022).

Gardu Induk atau disingkat GI merupakan sebuah bagian dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik dan sebagai satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi). Sebagai bagian dari sistem penyaluran, gardu induk memiliki fungsi pokok yaitu tempat menaikkan atau menurunkan tegangan serta tempat pembagian beban di mana untuk mengoperasikannya tidak dapat terpisah dari sistem transmisi secara menyeluruh. Gardu induk pada umumnya dijumpai memiliki peralatan yang ditempatkan di luar ruangan kecuali untuk peralatan kontrol, sistem proteksi dan sistem kendali dan peralatan bantu lainnya seperti dapat dilihat pada Gambar 1. Pada gardu Induk yang ditempatkan di luar ruangan terdiri dari instalasi rel daya, peralatan hubung bagi, transformator daya dan perlengkapan penunjang lainnya (termasuk alat ukur, pengaman dan sebagainya). Gardu induk memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Menjadi pusat penerima dan penyalur energi listrik yang telah disesuaikan dengan kebutuhan tegangan yang dapat diturunkan atau dinaikkan. Energi listrik ini dapat berasal dari pembangkit yang ada di sekitarnya atau dari gardu induk lain.
2. Menjadi pusat pengawasan, pengaturan dan pengukuran pengamanan kelistrikan.
3. Menjadi tempat untuk mengatur daya ke gardu induk tegangan tinggi melewati gardu-gardu distribusi, penyulang-penyulang tegangan menengah



Gambar 1. Gardu Induk (Yusmartato et al., 2017)

Semua peralatan pada gardu induk memiliki fungsi dan tugas esensial masing-masing, seperti transformator berfungsi mengkonversikan tegangan, lightning arrester sebagai pelindung dari surja petir serta disconneting switch yang berfungsi sebagai pengaman pada rangkaian. Pemisah atau disconnecting switch merupakan salah satu peralatan yang terpasang di antara pemutus dengan sumber energi listrik, selain pemutus ini juga dipasang pemisah fasa dan pemisah tanah yang telah dilengkapi dengan pengaman

interlock, untuk proses membuka atau menutup dapat dilakukan dalam kondisi tidak dipasang beban (Pahiyanti et al., 2021). Disconnecting switch atau juga yang disebut pembatas (PMS) memiliki struktur dan prinsip operasional yang relatif sederhana dan memiliki peran penting di gardu induk. Peran pentingnya didukung dengan proses pemeliharaan yang memadai karena harus dilakukan secara rutin agar kinerja dan usia pemisah dapat optimal, sehingga kerusakan pembatas ini akan minim terjadi (Rochman, 2024).

Pemisah (PMS) merupakan peralatan sistem tenaga listrik yang diletakkan pada gardu induk, alat ini berfungsi untuk saklar pemisah rangkaian listrik dalam kondisi tidak berbeban. Pemisah dioperasikan saat dilakukan pemeliharaan (maintenance) untuk membatasi tegangan pada sistem rangkaian listrik agar terjamin dari tegangan residu yang muncul setelah pemututasan rangkaian tersebut (Muliadi et al., 2022).

Pemisah atau disconnecting switch membutuhkan pemeliharaan secara berkala dan terjadwal sehingga pemisah dapat beroperasi dengan baik sepadan dengan fungsinya. Pemeliharaan yang terencana dengan baik mampu mengurangi kerusakan peralatan serta keuntungan lainnya yaitu memperpanjang usia pemakaiannya (Jethro Varian & Sulistyo, 2024).

Busbar adalah sebuah bagian utama pada gardu induk yang berfungsi sebagai tempat terhubungnya semua bay yang ada pada Gardu Induk baik (Yonatan Siallagan & Tanjung, 2021). Busbar yang ditempatkan pada sisi gardu induk memiliki peran fundamental dalam menjaga keberlangsungan suplai dan stabilitas sistem tenaga listrik. Busbar atau rel adalah titik yang sensitif terhadap hambatan internal atau eksternal, seperti hubungan singkat (short circuit) yang dapat menyebabkan kerusakan dan gangguan layanan listrik yang meluas. Dalam mengatasi kerusakan dan gangguan ini, diperlukan sistem perlindungan yang tepat, peka, cepat beroperasi dan andal untuk mendeteksi dan pemisahan gangguan pada busbar, sehingga mampu mencegah kerusakan yang lebih kritis dan menjaga keamanan serta stabilitas sistem tenaga listrik (Rosihan et al., 2022).

Kemampuan isolasi peralatan listrik dapat menurun dan memicu kegagalan karena penuaan yang dipengaruhi oleh pemanasan, kelembaban dan kemurnian kandungan. Begitu juga PMS atau pemisah sebagai peralatan yang berperan dalam keandalan juga dapat menghadapi kondisi sensitif pada kenaikan suhu lokal atau hotspot yang diakibatkan peningkatan resistansi kontak, sambungan yang longgar, atau korosi. Kenaikan suhu lokal apabila tidak ditangani secara baik maka dapat menimbulkan kerusakan, disfungsi proteksi hingga aliran listrik putus secara tiba-tiba dan mengarah pada kegagalan akibat penuaan (Kusmayadi et al., 2015).

Pengamatan dan pencarian nilai emisivitas objek dilakukan dengan thermovisi pada switchyard bay trafo 6 gardu induk, kemudian ditemukan adanya hotspot pada bagian pisau PMS fasa T sehingga menyebabkan pemanasan pada pisau tersebut. Dengan kondisi ini mengakibatkan kerja PMS menurun. Perbaikan pada anomali hotspot ini juga dilakukan agar tidak menjadi permasalahan yang besar (Siswanto et al., 2021).

Thermovisi atau thermal imaging akan menunjukkan warna tertentu dalam merepresentasikan suhu di setiap bagian objek yang dikenainya. Visualisasi pada tampilan thermal imaging menunjukkan warna putih pada zona yang menunjukkan suhu tinggi dan dikategorikan sebagai daerah yang memiliki potensi bahaya. Apabila visualisasi warna menunjukkan warna biru, hijau atau ungu maka dapat digolongkan menjadi suhu yang lebih rendah, sehingga akan dikategorikan dalam kondisi aman (Dimas Prenata et al., 2025).

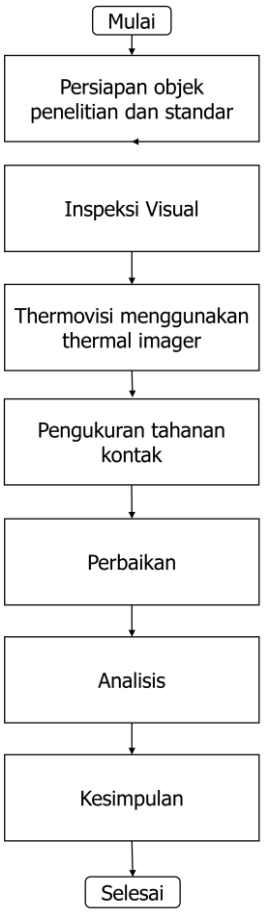
Pada artikel ini, penulis mengambil fokus pada pengaruh lamanya usia penggunaan sebuah peralatan listrik pada gardu induk yang dapat menyebabkan kenaikan suhu dan dapat menurunkan kinerja PMS pada gardu induk tersebut menggunakan pengamatan thermovisi. Pada bab I berisi pendahuluan, bab II berisi metode penelitian, bab III tentang pembahasan hasil penelitian dan bab IV kesimpulan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian ini dijelaskan tentang peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian, alur dan rancangan penelitian, persiapan dan metode perolehan. Metode yang digunakan adalah penelitian studi lapangan.

Prosedur penelitian yang dilakukan seperti yang terlihat pada Gambar 2. Penelitian dilakukan dengan mempersiapkan objek penelitian berupa PMS atau *disconnecting switch* yang telah digunakan selama 8 tahun seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, beserta peralatan pengujian yang digunakan. Setelah objek dan peralatan pengukuran disiapkan dengan baik serta mempersiapkan standar yang digunakan, maka dilanjutkan pada tahap pengukuran suhu pada objek yang diteliti. Tahapan pengujian pertama dengan melakukan inspeksi visual dengan mengamati peralatan listrik yang bertegangan menggunakan panca indera untuk melihat fisik dari PMS tersebut.

Selanjutnya pengukuran dengan thermovisi atau *thermal imaging* adalah salah satu jenis pemeriksaan Inspeksi Level 2 (IL2), pada pemeriksaan IL2 ini secara berkala dilakukan pengukuran peralatan listrik pada saat peralatan masih beroperasi atau bertegangan. Alat pengukuran yang digunakan berupa alat ukur khusus yang bersifat non-destruktif agar dapat mencegah kerusakan yang lebih fatal. Pengukuran menggunakan thermovisi akan menunjukkan suhu pada alat yang dikenai secara citra thermal, dengan cara thermovisi ditembakkan ke arah objek kemudian hasilnya diperlihatkan pada display dengan teknologi *infrared*. Hasil dari thermovisi akan ditampilkan dalam beberapa warna, warna gelap akan mengindikasikan suhu yang rendah yaitu di bawah 50°C, sedangkan warna yang terang mengindikasikan suhu yang lebih tinggi yaitu mendekati 160°C. Dengan citra thermal ini memudahkan dalam menangkap penyebaran suhu secara visual pada, sehingga dapat memudahkan dalam mengamati adanya peralatan yang terdeteksi dalam pemanasan abnormal. Hasil pengukuran thermovisi akan mendeteksi selisih suhu pada peralatan pada satu fasa dengan fasa lainnya.



Gambar 2. Prosedur Penelitian



Gambar 3. Objek Penelitian

Peralatan listrik umumnya terbuat dari bahan logam, maka akan memiliki nilai resistansi dan nilai konduktivitas yang tinggi. Saat peralatan tersebut diberikan aliran listrik maka dapat menghasilkan panas. Kontak pada PMS bergerak menyebabkan terminal dan sambungan akan memanas, apabila panas dengan suhu tinggi dibiarkan secara lama

dikhawatirkan akan menyebabkan gagal fungsi sehingga kondisi pemanasan ini memerlukan perhatian khusus, utamanya pada peralatan yang memiliki titik sambungan. Titik sambungan mempunyai tahanan sambungan atau tahanan kontak, jika tahanan kontak bernilai lebih besar maka akan menghasilkan suhu panas yang lebih tinggi pada titik sambungan tersebut, hal ini dapat disebut sebagai hotspot. Dengan kondisi ditemukkannya hotspot maka pemantauan terhadap suhu dilakukan secara berulang dan dibandingkan terhadap setiap data suhunya. Pemantauan suhu menggunakan thermovisi dilaksanakan setiap 2 minggu sekali. Apabila perbedaan suhu dinyatakan lebih dari 15 derajat celcius maka dilakukan pengecekan dan perbaikan pada objek kemudian dianalisis kondisi dan performa PMS, namun apabila suhu yang terpantau kurang dari 15 derajat celcius maka dapat dilakukan analisis kondisi dan performa PMS tersebut, ketentuan batas kondisi hasil thermovisi selisih suhu antar fasa dapat dilihat pada Tabel 1 sesuai dengan buku pedoman pemeliharaan PMS oleh PLN. Analisis dilakukan dengan mengukur tahanan kontaknya yang dibandingkan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan. Tahapan selanjutnya adalah pengujian tahanan kontak yang bertujuan menentukan tahanan yang muncul pada titik sambungan PMS seiring munculnya rugi-rugi pada sebuah peralatan, standar pengujian dengan hasil pengukuran tahanan kontak $\leq$ 120% dari nilai pengujian FAT, nilai saat pengujian komisioning dengan tegangan operasi 70 kV, 150 kV/275 kV dan 500 kV. Pada pengujian tahanan kontak ini perlu dipersiapkan dengan baik alat pelindung diri karena hal ini dapat melindungi dari risiko sengatan listrik, kebakaran dan paparan material berbahaya, selain itu *contact cleaner* dan penanda bertegangan dan tidak bertegangan dipersiapkan dengan lengkap. Setelah analisis selesai maka dapat ditarik hasil dari penelitian ini.

Tabel 1. Ketentuan Kondisi Hasil Thermovisi Selisih Suhu antar Fasa

No.	Selisih Suhu	Kondisi	Keterangan
1	$1℃ < \Delta t \leq 3℃$	I	Ketidaknormalan dan memerlukan investigasi lanjut
2	$4℃ < \Delta t \leq 15℃$	II	Defesiensi dan perlu perbaikan
3	$\Delta t > 15℃$	IV	Ketidaknormalan mayor, dan perlu segera dilakukan perbaikan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

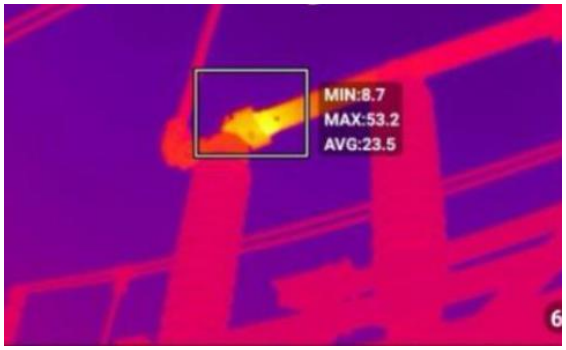
Pada bagian ini hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan, dipaparkan hasil data sebagai berikut:

a. Inspeksi Visual

Inspeksi visual atau disebut sebagai i*n service inspection* merupakan tahap inspeksi pada peralatan listrik yang menggunakan panca indera, dapat dilaksanakan pada periode tertentu (dalam mingguan, bulanan atau tahunan) dalam kondisi peralatan tersebut bertegangan. Inspeksi visual dilaksanakan dengan tujuan memonitor kondisi peralatan tersebut. Secara visual, PMS tersebut dalam kondisi yang cukup baik, namun ditemukan kondisi korosi akibat digunakan selama 8 tahun ini.

b. *In Service Measurement*

Pada tahap ini berupa proses pengukuran dengan menggunakan alat ukur berupa *thermovision thermal imager* dengan kondisi peralatan masih dalam bertegangan. Hal ini perlu dilaksanakan untuk memantau kondisi suhu saat bekerja apabila terdeteksi abnormal pada peralatan sehingga dapat dilakukan tindakan. Hasil dari pemantauan ini dapat dilihat dalam Gambar 4. Pada hasil thermovisi menunjukkan adanya warna terang atau putih yang menandai kondisi suhu abnormal yang sedang terjadi, warna tersebut terlihat menonjol dibandingkan bagian lainnya yang cenderung berwarna gelap. Untuk hasil suhu pada tiap fasa dan konduktornya dapat diamati pada Tabel 2.

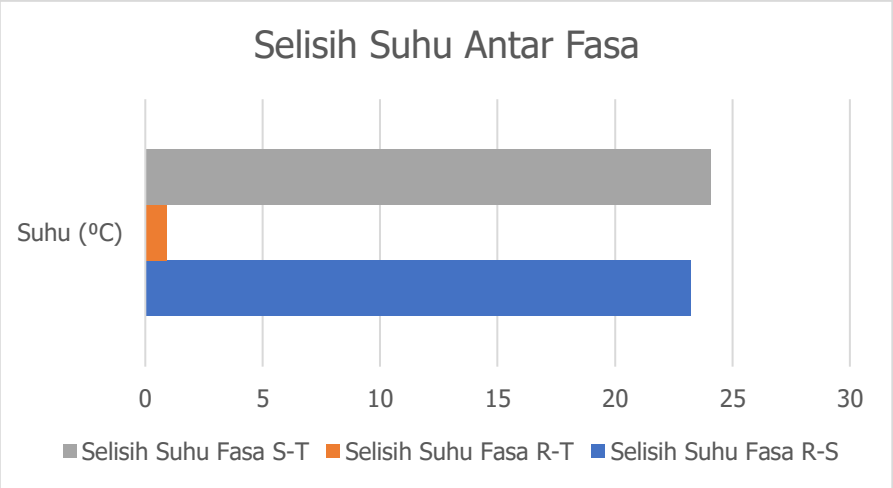


Gambar 4. Hasil Thermovisi

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa suhu pada ketiga fasa dan konduktor memiliki perbedaan atau selisih yang ditunjukkan pada Gambar 5, dengan selisih suhu fasa yang dibandingkan dengan fasa S memiliki perbedaan suhu yang besar sekitar 23℃ hingga 24 ℃, sehingga jika dilihat pada Tabel 1 bahwa perbedaan suhu tersebut lebih dari 15 ℃ dan dikatergorikan pada kondisi IV (Ketidaknormalan mayor dan perlu segera dilakukan perbaikan).

Tabel 2. Hasil Pencatatan Thermovisi Sebelum Perbaikan

Fasa atau Konduktor	**Suhu yang Terdeteksi** (℃)
Fasa R	30
Fasa S	53,2
Fasa T	29,1
Konduktor	27,5



Gambar 5. Selisih Suhu Antar Fasa Sebelum Perbaikan

C. Pengukuran Tahanan Kontak

Hasil pengukuran tahanan kontak pada pemisah (*disconnecting switch*) pada masing-masing fasa R, S dan T menunjukkan hasil nilai tahanan yang beragam ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai tahanan kontak yang beragam ini mengindikasikan kondisi dari setiap fasanya yang berbeda, terlihat pada fasa S memiliki nilai tahanan kontak yang sangat besar dibandingkan dengan fasa lainnya, melebihi standar PLN di bawah 100 $\mu\Omega$. Hal tersebut sesuai dengan terjadinya panas berlebih yang terdeteksi, penyebab lain karena terdapat sambungan yang mengalami korosi akibat proses penuaan akibat penggunaan yang cukup lama yaitu 8 tahun, sehingga nilai tahanan kontak besar, apabila dibiarkan maka dapat menyebabkan kerugian dan kerusakan yang lebih besar.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak Sebelum Perbaikan

Fasa	Titik Ukur	Hasil Pengujian ($\mu\Omega$)
Fasa R	Pisau-pisau	29,4
	Total	71,8
Fasa S	Pisau-pisau	405,7
	Total	648,2
Fasa T	Pisau-pisau	31,2
	Total	70,9

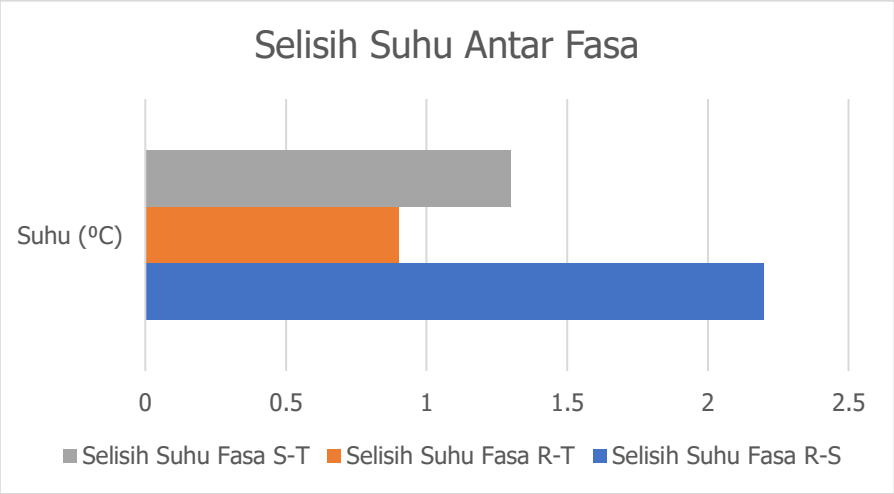
d. Perbaikan

Melihat kondisi dari hasil thermovisi dan pengukuran tahanan kontak memerlukan adanya perbaikan dengan melakukan pembersihan pada kontak PMS karena tadi ditemukan korosi yang menyebabkan hostpot dapat terjadi. Setelah dilakukan perbaikan dihasilkan suhu pada fasanya seperti Tabel 4, terlihat bahwa pada fasa S sudah

mengalami penurunan suhu dengan selisih suhu antar fasa sudah mengecil seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Pada Gambar 6 menunjukkan kondisi normal yang bila dibandingkan dengan Tabel 1 yaitu kondisi I (Ketidaknormalan dan memerlukan investigasi lanjut), di mana perlu dilakukan pemantuan lebih lanjut. Perbandingan perubahan suhu sebelum dan setelah perbaikan ditunjukkan pada Gambar 7 terlihat bahwa lonjakan suhu pada fasa S dapat diatasi dengan baik setelah dilakukan perbaikan.

Tabel 4. Hasil Pencatatan Thermovisi Setelah Perbaikan

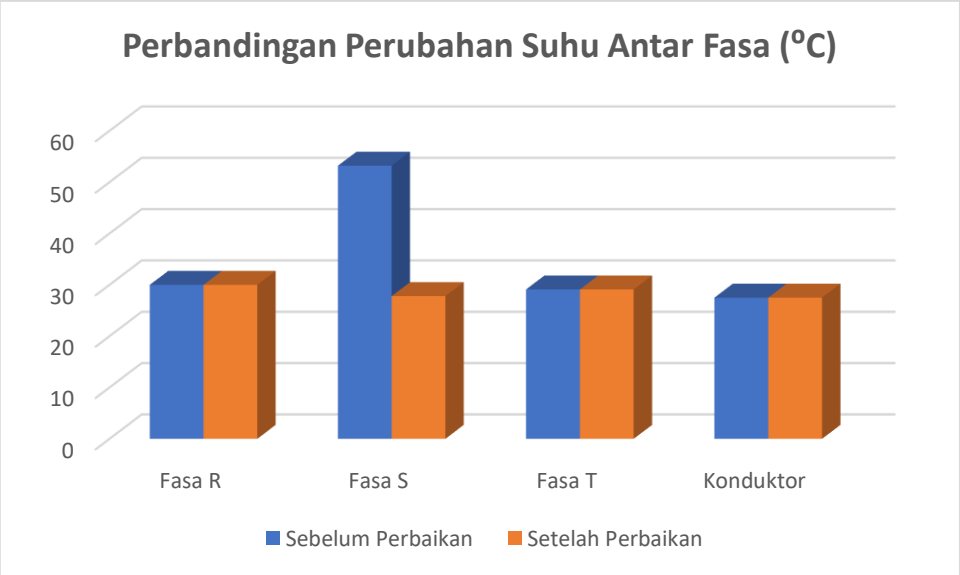
Fasa atau Konduktor	**Suhu yang Terdeteksi** (℃)
Fasa R	30
Fasa S	27,8
Fasa T	29,1
Konduktor	27,5



Gambar 6. Selisih Suhu Antar Fasa Setelah Perbaikan

Tabel 5. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak Setelah Perbaikan

Fasa	**Titik Ukur**	**Hasil Pengujian ($\mu\Omega$)**
Fasa R	Pisau-pisau	29,4
	Total	85,1
Fasa S	Pisau-pisau	29
	Total	84
Fasa T	Pisau-pisau	31,2
	Total	74,8



Gambar 7. Perbandingan Perubahan Suhu Antar Fasa Sebelum dan Setelah Perbaikan

Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil nilai tahanan kontak setelah dilakukan perbaikan mengalami penurunan angka, dengan angka sebelumnya di atas 100 μΩ, saat ini telah sesuai standar. Adanya korosi pada kontak terbukti mengakibatkan anomali terjadi, apabila dibiarkan akan mengakibatkan kerusakan fatal. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa setelah penggunaan PMS selama 8 tahun menunjukkan adanya titik korosi yang telah diamati dalam inspeksi visual, kemudian ketika dilakukan thermovisi menunjukkan suhu lebih pada titik tersebut yaitu pada fasa S, hal ini mengindikasikan kondisi abnormal. Kondisi abnormal mempengaruhi nilai tahanan kontak yang apabila dibiarkan akan dapat menyebabkan rugi-rugi yang besar dan kerusakan yang lebih besar. Namun setelah dilakukan perbaikan dengan baik, dengan diamati thermovisi suhu telah normal kembail dan nilai tahanan kontak sudah kembali normal sesuai dengan standar, hal ini menunjukkan kinerja PMS menjadi normal kembali.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini penulis berhasil melakukan penelitian pada PMS Busbar, dengan ditunjukkan bahwa semakin lama usia pemakaian PMS maka akan menunjukkan penurunan kinerja PMS dengan ditemukannya titik hotspot, kenaikan suhu yang abnormal dan kenaikan nilai tahanan kontak yang tidak sesuai dengan standar sehingga perlu dilakukan perbaikan. Penulis berharap, ke depannya penelitian ini akan berkembang dengan pengujian spesifik terhadap kondisi isolasi dan prediksi perbaikan yang dapat dideteksi dari kejauhan.

REFERENSI

Andriyanti, A. D. N. (2025). Pengaruh Lama Pemakaian Minyak Shell Diala B Terhadap Kuat Tegangan Tembus. *Jurnal Mosfet*, *5*(2), 147–158. https://doi.org/10.31850/jmosfet.v5i2.3892

Dimas Prenata, G., Harja, A., & Wardah, I. A. (2025). KLASIFIKASI SUHU PADA PERALATAN LISTRIK TEGANGAN TINGGI MENGGUNAKAN K-NEAREST NEIGHBOR. *TESLA*, *27*. https://doi.org/10.24912/tesla

Hadi, V. (2022). *STUDI ANALISA PENGUKURAN JARAK KELISTRIKAN GARDU INDUK 150 KV*.

Jethro Varian, S., & Sulistyo, L. (2024). PEMELIHARAAN PEMISAH (PMS) 150 DI GARDU INDUK 150 KV WONOGIRI. *Jurnal ELKON*, *4*(1), 2809–140.

Kusmayadi, A., Utomo, M. H. B., & Sitorus, F. (2015). PROSEDUR PENGECEKAN DAN PENANGANAN HOTSPOT PADA PMS GARDU INDUK 150 KV PEMATANGSIANTAR MENGGUNAKAN METODE THERMOVISION. *Jurnal Ilmiah Penelitian Mahasiswa*, *3*(6).

Muliadi, Syukri, & Asyadi, T. M. (2022). Pengaruh Tingkat Kelembaban Terhadap Kinerja Pemisah (PMS) 150 kV Pada Gardu Induk. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, *4*, 92–98.

Pahiyanti, N. G., Sukmajati, S., & Malik, A. (2021). Nilai Tahanan Kontak Pada PMS BAY Cengkareng Terhadap Rugi Daya Di Gardu Induk Duri Kosambi. *SUTET*, *11*(2), 61–70. https://doi.org/10.33322/sutet.v11i2.1557

Putri Suhesya, A., Randa Cahyono, H., Permata Kasih, R., & Satria Pamungkas, Y. (2024). Kajian Literatur tentang Teknik Pengujian Tegangan Tinggi Impuls pada Sistem Distribusi Listrik. *IJEERE: Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy*, *4*, 42–46. https://doi.org/10.57152/ijeere.v4i1

Rajagukguk, A. S. F., Pakiding, M., & Rumbayan, M. (2015). Kajian Perencanaan Kebutuhan dan Pemenuhan Energi Listrik di Kota Manado. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 1–12.

Rochman, W. K. J. (2024). Kelayakan Pemisah (Disconnect Switch) 500 Kv Berdasarkan Hasil Uji. *Innovative*, *4*.

Rosihan, A. W., Supriyatna, & Sultan. (2022). Analisis Sistem Proteksi Rele Differensial Pada Busbar Di Gardu Induk 150 kV Paokmotong ARTICLE INFO ABSTRACT. *Diektrika*, *8*(2), xx–xx. https://dielektrika.unram.ac.id

Siswanto, A., Alfian, R., & Subyanta, E. (2021). ANALISIS KINERJA PMS REL 2 BAY TRAFO 6 MENGGUNAKAN THERMOVISION METHODE DI GARDU INDUK SUNYARAGI. *Foristek*, *11*(2). https://doi.org/10.54757/fs.v11i2.113

Yonatan Siallagan, J., & Tanjung, A. (2021). *STUDI KEBUTUHAN PERENCANAAN PEMASANGAN BUSBAR PROTEKSI PADA GARDU INDUK DUMAI PT. PLN (PERSERO) UPT PEKANBARU*. *15*(2), 94–103.

Yusmartato, Parinduri, L., & Sudaryanto. (2017). Pembangunan Gardu Induk 150 KV di Desa Parbaba Dolok. *Cetak) Journal of Electrical Technology*, *2*(3).