



ANALISIS PERBAIKAN HOTSPOT PADA GIS PLTU PACITAN DENGAN METODE PEMASANGAN PLAT TEMBAGA

Ilham Putra Gita Farizki¹, Dwi Sari Ida Aflaha²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kahuripan Kediri

Jln. Soekarno Hatta No. 01 Pelem Pare Kediri

Email: Farizkiilham77@gmail.com

A B S T R A K

GIS PLTU Pacitan adalah gardu induk dengan insulasi menggunakan gas SF₆ yang dikemas dalam kompartemen. Insulasi dengan gas SF₆ ini memungkinkan penghematan lahan dibandingkan dengan gardu induk konvensional karena pengemasan insulasi dengan menggunakan kompartemen gas. Namun karena menggunakan insulasi gas SF₆, GIS PLTU Pacitan rentan mengalami anomali yaitu anomali hotspot. Hotspot merupakan anomali dimana timbulnya suhu panas di beberapa titik yang berpotensi akan menyebabkan anomali lebih lanjut. Hotspot di GIS PLTU Pacitan ini timbul akibat adanya arus bocor di kompartemen gas yang tidak terbuang sempurna oleh sistem grounding sehingga perlu dilakukan penanganan. Penanganan yang dilakukan oleh PLN yaitu dengan cara melakukan penambahan plat tembaga pada beberapa titik di kompartemen gas SF₆ untuk membantu sistem grounding membuang arus bocor sehingga tidak timbul hotspot. Dengan pemasangan plat tembaga ini terbukti efektif untuk solusi penanganan hotspot dikarenakan adanya arus bocor khususnya pada kompartemen GIS.

Kata kunci: GIS, Hotspot, Plat tembaga

ABSTRACT

GIS PLTU Pacitan is a substation with insulation using SF₆ gas packed in compartments. Isolation with SF₆ gas allows for land savings compared to conventional substations because the packaging uses gas compartments. However, because it uses SF₆ gas, GIS PLTU Pacitan is prone to anomalies, namely hotspot anomalies. Hotspots are anomalies where hot temperatures arise at several points that have the potential to cause further anomalies. Hotspots in GIS PLTU Pacitan arise due to leakage currents in the gas compartment that are not completely disposed of by the grounding system so that handling is needed. The handling carried out by PLN is by adding copper plates at several points in the SF₆ gas compartment to help the grounding system remove leakage currents so that hotspots do not arise. The installation of these copper plates has proven effective for hotspot handling solutions due to leakage currents, especially in the GIS compartment.

Keywords: GIS, Hotspot, Copper Plate

Article History

Received: Agustus 2025
Reviewed: Agustus 2025
Published: Agustus 2025

Plagiarism Checker No
234

Prefix DOI : Prefix DOI :
10.8734/Koehesi.v1i2.365

Copyright : Author
Publish by : Koehesi



This work is licensed
under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan aspek vital bagi kehidupan manusia di seluruh dunia. PT PLN (Persero) memiliki tanggung jawab untuk menyediakan energi listrik secara merata ke seluruh wilayah Indonesia demi menunjang aktivitas sehari-hari masyarakat. Proses penyaluran listrik dari pembangkit hingga ke konsumen memerlukan sistem transmisi dan distribusi yang andal. Salah satu elemen penting dalam sistem transmisi adalah gardu induk (GI) yang berfungsi mentransformasikan tegangan listrik dan mendistribusikannya ke jaringan penyulang, sebagaimana dijelaskan dalam dokumen RUPTL PLN 2021-2030.

Gardu induk konvensional umumnya memerlukan lahan luas untuk menampung seluruh peralatan transmisi. Namun, keterbatasan lahan di daerah perkotaan atau wilayah berbukit menjadi tantangan tersendiri. Sebagai solusi, digunakan *Gas Insulated Substation* (GIS), yaitu gardu induk berisolasi gas SF₆ yang dirancang lebih ringkas dibandingkan GI konvensional, hanya membutuhkan sekitar 10-25% luas lahan (Nagarsheth & Singh, 2014). Keunggulan GIS terletak pada kemampuannya melakukan isolasi tegangan tinggi dengan efisiensi tinggi, meskipun peralatan terkemas rapat dalam kompartemen logam (Gunawan & Santosa, 2013).

Namun, penggunaan GIS juga memiliki tantangan teknis, salah satunya adalah munculnya hotspot pada sambungan pipa di dalam kompartemen gas SF₆. *Hotspot* umumnya dipicu oleh arus bocor akibat *Partial Discharge* atau PD yang tidak sepenuhnya terbuang melalui sistem pentanahan (Alkautsar, 2024; PT PLN, 2014). PD sendiri merupakan fenomena pelepasan muatan listrik dalam jumlah kecil pada material isolasi, yang bila dibiarkan dapat menyebabkan kerusakan permanen pada isolasi dan mengganggu keandalan sistem transmisi (Bachri et al., 2023).

Kasus *hotspot* pernah terjadi di GIS PLTU Pacitan pada tahun 2015. Hasil evaluasi menunjukkan penyebabnya adalah arus bocor yang tidak tersalurkan sempurna akibat kualitas pentanahan yang kurang optimal, ditambah desain pabrikan yang tidak dilengkapi plat *grounding* tambahan. Solusi yang diterapkan saat itu adalah pemasangan plat tembaga pada bodi kompartemen sebagai *grounding* tambahan, yang terbukti menghilangkan hotspot (Sumpena, 2024; Akib, 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya *hotspot* pada GIS PLTU Pacitan serta menentukan metode yang efektif untuk mengurangi atau menghilangkan *hotspot* pada GIS PLTU Pacitan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Gas Insulated Substation* (GIS)

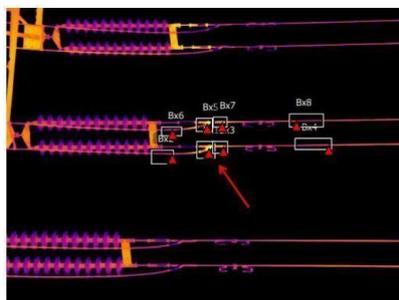
GIS adalah gardu induk yang dirancang lebih ringkas dibandingkan gardu induk konvensional, dengan peralatan bertegangan tinggi dikemas dalam wadah logam dan diinsulasi menggunakan gas *Sulfur Hexafluoride* (SF₆) bertekanan (Kepdir No. 0520-1.K/DIR/2014). Penggunaan SF₆ dipilih karena memiliki kekuatan dielektrik tinggi, kemampuan memadamkan busur api, konduktivitas panas yang baik, serta viskositas rendah (PLN, 2014). GIS umumnya digunakan di wilayah padat penduduk atau lahan terbatas karena kebutuhan ruangnya hanya 10-25% dari gardu induk konvensional.

2.2. *Hotspot*

Hotspot adalah kondisi anomali pada sistem kelistrikan yang ditandai peningkatan suhu pada titik tertentu akibat arus bocor, kotoran, atau oksidasi pada sambungan (Akib, 2023). Keberadaan *hotspot* menurunkan efisiensi dan berpotensi merusak peralatan. Deteksi *hotspot* dilakukan dengan metode termovisi pada beban puncak untuk mengukur selisih temperatur (ΔT) antara komponen. *hotspot* di ketahui dengan melihat ΔT dari objek yang kita inspeksi yang dirumuskan dengan :

$$\Delta T = \left(\frac{I_{\max}}{I_{\text{thermovisi}}} \right)^2 \cdot (T_{\text{klem}} - T_{\text{konduktor}})$$

ΔT	: Selisih suhu klem dengan konduktor
I_{\max}	: Arus maksimal
$I_{\text{thermovisi}}$: Arus pada saat dilakukan thermovisi T_{klem}
	: Suhu klem
$T_{\text{konduktor}}$: Suhu konduktor



Gambar 1. Contoh temuan *hotspot*

2.3. *Partial Discharge (PD)*

Partial discharge merupakan pelepasan muatan listrik parsial pada sistem isolasi akibat beda potensial tinggi. PD yang terjadi secara terus-menerus dapat merusak isolasi dan menimbulkan arus bocor. Fenomena ini dapat terjadi pada isolasi padat, cair, maupun gas, dengan dampak kerusakan permanen pada isolasi padat (Wahyudi, 2017). Pemantauan PD dilakukan secara berkala untuk mencegah terjadinya kegagalan isolasi.

2.4. *Grounding*

Sistem *grounding* berfungsi membuang arus bocor atau kelebihan arus ke tanah untuk melindungi peralatan bertegangan tinggi. Standar pentanahan di gardu induk adalah ≤ 1 ohm, yang diukur menggunakan *earth tester* (Buku Pedoman Serandang dan Pentanahan, 2014). *Grounding* yang baik meningkatkan keandalan sistem dan mencegah timbulnya anomali seperti *hotspot*.

2.5. Tembaga

Tembaga (Cu) adalah logam konduktor dengan resistivitas rendah ($16,78 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$) dan mudah dibentuk, sehingga banyak digunakan pada kabel listrik (Sutanto, 2021). Dalam penelitian ini, plat tembaga digunakan sebagai konduktor tambahan untuk mengalirkan arus bocor ke tanah secara efektif.

2.6. Kerangka Berpikir

Terjadinya *hotspot* di GIS PLTU Pacitan diidentifikasi sebagai akibat arus bocor yang tidak tersalurkan sempurna ke tanah, dipicu oleh kualitas pentanahan yang kurang optimal (Buku Pedoman Serandang dan Pentanahan, 2014) serta ketiadaan plat *grounding* tambahan dari pabrikan (Akib, 2023). Berdasarkan kajian literatur mengenai GIS (Kepdir No. 0520-1.K/DIR/2014; PLN, 2014), fenomena *hotspot* erat kaitannya dengan *partial discharge* (Wahyudi, 2017) yang dapat menurunkan keandalan sistem.

Solusi yang ditawarkan adalah pemasangan plat tembaga sebagai konduktor tambahan pada sistem *grounding*. Pemilihan tembaga didasarkan pada sifat konduktivitasnya yang tinggi dan resistivitas rendah (Sutanto, 2021), sehingga mampu mengalirkan arus bocor ke tanah dengan lebih efektif. Implementasi dilakukan dengan memasang plat tembaga pada body kompartemen dan melakukan pengukuran temperatur menggunakan thermovisi sebelum dan sesudah pemasangan (Akib, 2023).

Hasil pengukuran dianalisis untuk menilai efektivitas metode ini dalam menurunkan temperatur *hotspot* dan meningkatkan keandalan sistem GIS. Jika terbukti efektif, metode ini dapat direkomendasikan sebagai solusi jangka panjang untuk perbaikan *hotspot* pada sistem GIS (PLN, 2014).



3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kompartemen GIS 150 kV PLTU Pacitan, wilayah kerja PT PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Madiun. Kegiatan penelitian dilaksanakan pada Februari-Maret 2025. Lokasi dan waktu penelitian perlu disebutkan secara jelas agar pembaca memahami konteks penelitian (Creswell, 2014).

3.2. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah kualitatif deskriptif, digunakan untuk mendeskripsikan dan menganalisis permasalahan hotspot pada kompartemen GIS. Pendekatan kualitatif dipilih karena data yang digunakan berupa hasil wawancara dengan teknisi berpengalaman dan hasil observasi citra termovisi (Sugiyono, 2019).

3.3. Sumber Data

Sumber data meliputi:

Data primer, diperoleh dari wawancara mendalam dengan tiga teknisi yang terlibat langsung dalam penanganan hotspot, serta hasil observasi rutin mingguan inspeksi level 2.

Data sekunder, berupa dokumen teknis dan laporan inspeksi terdahulu.

3.4. Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel menggunakan purposive sampling, dengan kriteria responden yang memiliki pengalaman langsung menangani kejadian *hotspot* pada GIS PLTU Pacitan (Patton, 2002).

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data meliputi:

1. Wawancara dengan teknisi berpengalaman.
2. Observasi langsung pada kompartemen GIS menggunakan kamera termovisi.
3. Dokumentasi hasil inspeksi.

3.6. Validitas Data

Validitas data diuji melalui triangulasi sumber, yaitu membandingkan data hasil wawancara dari beberapa narasumber dengan data observasi lapangan dan dokumentasi teknis (Miles, Huberman, & Saldaña, 2014).

3.7. Analisis Data

Analisis data menggunakan model analisis interaktif, meliputi tiga tahapan:

1. Reduksi data: menyederhanakan dan memfokuskan data penting.
2. Penyajian data: menyusun informasi dalam bentuk narasi dan tabel.
3. Penarikan kesimpulan: melakukan interpretasi dan verifikasi data (Miles, Huberman, & Saldaña, 2014).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Wawancara

Wawancara dilakukan dengan tiga narasumber, yaitu Dona, Jauhar, dan Adhi, untuk mengetahui sejarah, lokasi, penyebab, dan solusi penanganan hotspot pada GIS PLTU Pacitan. Hasil wawancara dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Wawancara

Pertanyaan	Dona	Jauhar	Adhi
Sejak kapan ada hotspot di GIS?	Sejak awal serah terima	Sejak awal serah terima	Sebelum saya masuk sudah ada
Dimana titik yang terjadi hotspot?	Hampir semua titik	Hampir semua titik	Hampir semua titik
Apa yang menjadi penyebab adanya hotspot?	Arus bocor	Arus bocor	Arus bocor
Apa tindakan yang dilakukan?	-	Observasi, studi banding, perbaikan	Observasi, studi banding, perbaikan

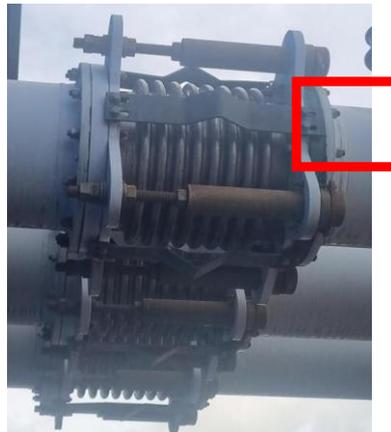
Apa solusi untuk penanganan hotspot?	-	Pemasangan plat tembaga	Pemasangan plat tembaga
--------------------------------------	---	-------------------------	-------------------------

4.1.2 Hotspot pada GIS PLTU Pacitan



Gambar 2. Thermovisi *Hotspot* GIL T/R Unit 1

Berdasarkan observasi lapangan, ditemukan *hotspot* pada baut GIL arah air bushing fasa R di bay T/R Unit 1, dengan suhu berkisar 38-43°C tergantung beban dan cuaca (Gambar 1). Hotspot ini sudah terjadi sejak awal pengoperasian GIS tahun 2012. Pada tahun 2015, operator GIS yang sedang bertugas menemukan sebuah anomali *hotspot* di hampir seluruh kompartemen GIS PLTU Pacitan. Operator yang bertugas pada saat itu melakukan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) sesuai dengan standar operasional. Inspeksi thermovisi menunjukkan adanya arus bocor yang tidak terbangun sempurna ke *grounding*, sehingga menimbulkan panas.



Gambar 3. Lokasi *hotspot* terjadi



Gambar 4. Pengukuran Arus Bocor oleh tim Hargi UPT Madiun

Sebagai tindak lanjutnya, pada saat itu operator yang bertugas melakukan studi banding ke GIS lain, Hasil studi banding ke beberapa GIS (500 kV Paiton, 150 kV Bangil, 150 kV Karangpilang, 150 kV Driyorejo) menunjukkan bahwa sistem grounding dilengkapi plat tembaga dari pabrikan, yang membantu membuang arus bocor. GIS PLTU Pacitan yang diproduksi NHVS tidak memiliki desain tersebut, sehingga diperlukan modifikasi pemasangan plat tembaga tambahan. Pada 2016, pemasangan plat tembaga dilakukan pada seluruh *close cone* kompartemen, yang menghilangkan anomali *hotspot*.

4.1.3. Penyebab Terjadinya *Hotspot* GIS PLTU Pacitan

Hotspot terjadi karena arus bocor yang tidak tersalurkan dengan baik ke sistem *grounding* akibat desain pabrikan kompartemen yang tidak optimal seperti pabrikan NHVS yang digunakan oleh GIS PLTU Pacitan. Pabrikan lain seperti GANZ, Alstom, dan Hitachi sudah menggunakan plat tembaga tambahan dari pabrikan yang membuat sistem groundingnya bagus sehingga tidak timbul anomali *hotspot*. (Gambar 4).



Gambar 5. Plat tembaga GIS Simpang oleh Pabrikan GANZ

Pada 2016 setelah dilakukan penanganan anomali *hotspot* dengan memasang plat tembaga sebagai grounding tambahan, PLN melakukan kaji ulang terkait apa yang terjadi di GIS PLTU Pacitan dikarenakan ada beberapa anomaly yang terjadi yaitu meledaknya PT Line sehingga PLN mendatangkan tenaga ahli dari korea yang berlisensi untuk melakukan pengujian CSM (*Charge Simulation Method*) yang mengecek apa ada kerusakan atau anomali lebih lanjut yang timbul di dalam kompartemen gas. Hasilnya secara keseluruhan normal tidak ada anomali lanjutan namun terdeteksi adanya partial discharge yang nilainya sangat kecil namun masih bisa ditoleransi $>5\text{pC}$ (IEC 62271-203). Dengan terdeteksi adanya partial discharge yang meskipun nilainya kecil kemungkinan hal inilah yang mengakibatkan adanya arus bocor pada kompartemen gas.

4.1.4. Tindak Lanjut dan Perbaikan

Perbaikan terhadap anomali *hotspot* pada kompartemen telah dilakukan sebelumnya pada tahun 2016 dengan pemasangan plat tembaga pada body kompartemen sebagai grounding tambahan. Berdasarkan temuan penulis terhadap anomali serupa pada baut kompartemen *Gas Insulated Line* (GIL) arah T/R Unit 1, dilakukan tindak lanjut yang sama, yaitu pemasangan plat tembaga pada body kompartemen.



Gambar 6. Pemotongan Plat Tembaga



Gambar 7. Pemasangan plat tembaga di sisi CT dan CVT

Bahan yang digunakan adalah plat tembaga sisa proyek perbaikan tahun 2016, dengan spesifikasi ketebalan 4 mm dan lebar 5 cm, yang dipotong memanjang sesuai kebutuhan. Proses pemotongan dan pembentukan dilakukan menggunakan alat yang sesuai standar pekerjaan listrik bertegangan (*online*), namun eksekusi pemasangan dilakukan saat T/R Unit 1 dalam kondisi *shutdown*. Prosedur ini diambil untuk meminimalkan risiko, mengingat apabila pekerjaan dilakukan saat kondisi *online* berbeban, arus yang mengalir akan sangat tinggi sehingga berpotensi menimbulkan tembus tegangan pada pekerja. Aspek keselamatan kerja diperhatikan dengan penggunaan *Alat Pelindung Diri* (APD) seperti helm dan sepatu *safety* tahan tegangan.

Tabel 2. Hasil Observasi

Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Keterangan
		Thermovisi dilakukan pada beban puncak pemangkir di beban 1023 A 273 MW.
		Plat tembaga tambahan dipasang di grounding existing

4.2. Pembahasan dari Hasil Penelitian

Hasil observasi awal menunjukkan adanya hotspot signifikan pada baut GIL T/R Unit 1 dengan suhu mencapai 43,7°C, berbeda cukup besar dibandingkan suhu baut lain yang relatif lebih rendah. Selisih suhu antara titik hotspot dan suhu ambient tercatat sebesar 15°C, yang berdasarkan panduan pemeliharaan sudah tergolong sebagai kategori hotspot yang memerlukan tindakan perbaikan. Kondisi ini terjadi ketika unit beroperasi pada beban puncak 273 MW pada pukul 20.00 WIB.



Tabel 3. Rekomendasi hasil ΔT Thermovisi

No	ΔT	Rekomendasi
1.	$<10^{\circ}$	Kondisi normal , pengukuran berikutnya dilakukan sesuai jadwal
2.	$10^{\circ}-25^{\circ}$	Perlu dilakukan pengukuran satu bulan lagi
3.	$25^{\circ}-40^{\circ}$	Perlu direncanakan perbaikan
4.	$40^{\circ}-70^{\circ}$	Perlu dilakukan perbaikan segera
5.	$>70^{\circ}$	Kondisi darurat

Pemantauan berkala dilakukan setiap minggu untuk memastikan konsistensi fenomena tersebut. Hasilnya menunjukkan bahwa suhu pada titik hotspot berkisar antara 37°C - $43,7^{\circ}\text{C}$. Untuk mengatasi permasalahan ini, dilakukan pemasangan plat tembaga tambahan pada sisi dalam kompartemen GIS, mempertimbangkan faktor lingkungan sekitar PLTU Pacitan yang memiliki tingkat korosif tinggi. Penempatan di sisi dalam bertujuan menjaga keandalan material terhadap korosi.

Setelah pemasangan plat tembaga, hasil pengukuran thermovisi menunjukkan bahwa hotspot pada titik tersebut sudah tidak terdeteksi. Suhu di sekitar baut kini berada pada kisaran 28°C , setara dengan suhu ambient. Hal ini mengindikasikan bahwa arus bocor yang sebelumnya terkonsentrasi pada titik tersebut telah terdistribusi dengan lebih merata dan mengalir ke sistem grounding melalui plat tembaga. Efektivitas perbaikan ini disebabkan oleh sifat konduktivitas tembaga yang tinggi, sehingga mampu menyalurkan arus bocor secara optimal ke grounding, mengurangi potensi panas berlebih pada komponen (Sumpena, 2024).

Temuan ini konsisten dengan hasil perbaikan serupa yang dilakukan pada tahun 2015, di mana pemasangan plat tembaga pada titik grounding tambahan juga berhasil menghilangkan beberapa hotspot di dalam kompartemen GIS. Kedua hasil ini menguatkan bahwa metode penambahan grounding dengan plat tembaga merupakan solusi efektif dalam penanganan hotspot pada sistem GIS, terutama pada lingkungan dengan potensi korosif tinggi.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Terjadinya *hotspot* di GIS PLTU Pacitan dikarenakan adanya arus bocor yang tidak terbuang secara sempurna oleh sistem grounding sehingga muncul sebagai anomali *hotspot*.
2. Penanganan yang dilakukan untuk mengatasi masalah *hotspot* ini adalah dengan memasang plat tembaga sebagai tambahan sistem grounding yang terbukti efektif untuk menangani adanya masalah *hotspot* karena arus bocor yang tidak terbuang.

5.2. Saran

1. Kedepannya untuk GIS yang akan diinstalasi agar melakukan pengecekan desain sistem gorundingnya agar bisa mengalirkan arus bocor dengan baik.
2. Selalu rutin melakukan inspeksi thermovisi mengingat anomali yang bisa terjadi akibat *hotspot*

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] R. Nagarsheth, and S. Singh, "Study of Gas Insulated Substation and Its Comparison with Air Insulated Substation," *International Journal of lectrical Power & Energy Systems*, vol 55, pp. 481-485, 2014.
- [2] Gunawan, Samuel Marco, Santosa, Julius, "Analisis Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150KV di Talassa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan," *Jurnal Dimensi Teknik Elektro Vol 1 no 1 2013*, Surabaya, Indonesia, 2013
- [3] Alkautsar, Keenan Pirsi. "Studi Mendalam tentang partial Discharge pada Transformator Daya : tantangan dan Analisis Artikel Terpilih" *IJEERE: Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy Vol 4.Riau. 2024*
- [4] *Buku Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No. 0520-1.K/DIR/2014 Tentang Pedoman GIS. Jakarta: PT. PLN (Persero).*
- [5] Bachri, Karel Octavianus Bachri. Jonathan, Edoardo. Soewono, Arka Dwinanda. "ANALISIS GANGGUAN PADA SISTEM GARDU LISTRIK BERBASIS GAS INSULATED SWITCHGEAR 150 kV DENGAN METODE HIGHVOLTAGE TEST ". *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol 9 no1. Jakarta. 2023*
- [6] Akib, Muhammad Nur Azikin. 2023 "Analisis Perbaikan Hotspot pada SUTT 150kV New Rancaksumba - Ujung berung T.13 Penghantar Fasa S Metode PDKB". *Jurnal Teknologi Elektro Vol 14 no 2 2023. Jakarta. 2023*
- [7] Kurniati, Sri A. "ANALISIS RUGI-RUGI DAYA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV PADA SISTEM PLN KOTA KUPANG". *Jurnal Media Elektro Vol V No 2.*
- [8] *Buku Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No. 0520-1.K/DIR/2014 Tentang Pedoman Serandang dan Pentanahan Gl. Jakarta: PT. PLN (Persero).*
- [9] Rahmat, Saepul. "Distribusi medan Listrik Di Kompareten Busbar Gas Insulated Switchgear (GIS) Menggunakan Charge Simulation Method. *Jurnal E-JOINT. Cilacap. 2020*
- [10] RUPTL PLN 2021-2030
- [11] Sumpena, Samuel Franco Gurning. Analisis Perbaikan Hotspot Dalam Keadaan Bertegangan dan Tidak Bertegangan di PT PLN (Persero) UPT Cawang. 2024