



PROSEDUR PENGECEKAN DAN PENANGANAN *HOTSPOT* PADA PMS GARDU INDUK 150 KV PEMATANGSIANTAR MENGGUNAKAN METODE THERMOVISION

Ageng Kusmayadi¹, M Haikal Budi Utomo², Farid Sitorus³

Prodi Teknik Elektro, Universitas Negeri Medan, Indonesia.

Email: agengkusmayadi.5222530002@mhs.unimed.ac.id,

haikalbudi8@gmail.com, faridsitorus53@gmail.com

Abstract. *The operational reliability of a Substation (GI) is a crucial factor in maintaining the continuity of electric power transmission. One of the components that significantly contributes to this reliability is the Disconnecting Switch (PMS), which is prone to localized temperature increases or hotspots caused by rising contact resistance, loose connections, corrosion, or high current loading. Unaddressed hotspots may lead to component failure, protection malfunctions, or sudden power outages. In this study, an inspection and condition analysis of the PMS at the 150 kV Pematangsiantar Substation was conducted using the thermovision method employing a FLIR E60 infrared camera. Temperature measurements were taken at various critical points such as clamps, conductors, insulators, and PMS terminals, and then compared with the reference standard SKDIR 0520 of PT PLN (Persero). The measurement results indicate that most points fall within the normal category ($\Delta t \leq 5^\circ\text{C}$), although several significant anomalies were identified—particularly on the PMS Bus II In Clamp, where the temperature difference Δt reached 31°C and inter-phase temperature deviations reached 25°C , categorized as Condition III, requiring immediate corrective action. These findings highlight the importance of condition-based maintenance using thermovision to enable early detection of thermal anomalies, prevent equipment damage, and enhance transmission system reliability.*

Keywords. *Thermovision, hotspot, PMS, substation, FLIR E60, SKDIR 0520.*

Abstrak. Keandalan operasi Gardu Induk (GI) merupakan faktor penting dalam menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik pada sistem transmisi. Salah satu komponen yang berperan dalam keandalan tersebut adalah Pemisah (PMS), yang rentan mengalami kenaikan temperatur lokal atau *hotspot* akibat resistansi kontak yang meningkat, sambungan longgar, korosi, atau beban arus tinggi. *Hotspot* yang tidak ditangani dapat menimbulkan kerusakan komponen, gangguan proteksi, hingga pemutusan aliran listrik secara tiba-tiba. Pada penelitian ini dilakukan inspeksi dan analisis kondisi PMS di Gardu Induk 150 kV Pematangsiantar menggunakan metode *thermovision* berbasis kamera inframerah FLIR E60. Pengukuran temperatur dilakukan pada berbagai titik kritis seperti klem, konduktor, isolator, dan terminal PMS, kemudian dibandingkan dengan standar acuan SKDIR 0520 PT PLN (Persero). Hasil pengukuran menunjukkan mayoritas titik berada dalam kategori normal ($\Delta t \leq 5^\circ\text{C}$), namun ditemukan beberapa anomali signifikan, di antaranya pada Klem In PMS Bus II dengan selisih suhu Δt mencapai 31°C serta perbedaan antar fasa hingga 25°C , yang termasuk kategori *Kondisi III* dan memerlukan tindakan perbaikan segera. Temuan ini menegaskan pentingnya *condition-based maintenance* menggunakan *thermovision* dalam mendeteksi dini anomali termal untuk mencegah kerusakan peralatan dan meningkatkan keandalan sistem transmisi.

Kata kunci. *Thermovision, hotspot, PMS, gardu induk, FLIR E60, SKDIR 0520.*

PENDAHULUAN

Keandalan sistem tenaga listrik merupakan aspek fundamental dalam menjamin kontinuitas suplai energi dari pembangkit hingga konsumen. Dalam sistem transmisi, Gardu Induk (GI) berperan sebagai simpul vital yang menjalankan fungsi transformasi tegangan, pengaturan aliran daya, serta pengamanan jaringan. Keandalan operasi GI ditentukan oleh performa peralatan primer seperti Transformator Daya, Circuit Breaker,

Current Transformer, dan terutama Pemisah (PMS) atau *Disconnecting Switch* yang berfungsi sebagai pemutus bebas beban dalam kegiatan operasi serta pemeliharaan [1].

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada PMS adalah munculnya titik panas lokal (*hotspot*). Hotspot umumnya disebabkan oleh resistansi kontak yang meningkat akibat sambungan longgar, korosi, penuaan peralatan, atau aliran arus tinggi dalam durasi panjang [2]. Kondisi ini dapat mengakibatkan kenaikan temperatur yang berbahaya, menyebabkan degradasi material, deformasi blade atau *contact finger*, gangguan isolasi, hingga potensi pemutusan tenaga secara tiba-tiba yang berdampak pada keandalan transmisi [3]. Oleh karena itu, deteksi dini hotspot pada peralatan primer menjadi langkah penting dalam manajemen aset berbasis kondisi atau *Condition-Based Maintenance* (CBM).

Metode *thermovision* merupakan teknik inspeksi suhu non-kontak menggunakan kamera inframerah yang mampu mendeteksi distribusi temperatur secara real-time pada permukaan peralatan listrik [4]. Dibandingkan metode konvensional, *thermovision* memberikan keunggulan dalam mendeteksi anomali termal yang tidak kasat mata, meningkatkan efektivitas pemeliharaan, serta meminimalkan risiko kerusakan akibat kegagalan komponen [5]. PT PLN (Persero) telah menerapkan acuan SKDIR 0520 sebagai standar penilaian kondisi peralatan berdasarkan selisih temperatur (Δt) untuk menentukan langkah tindak lanjut seperti pemantauan, penjadwalan perbaikan, atau tindakan perbaikan segera [6].

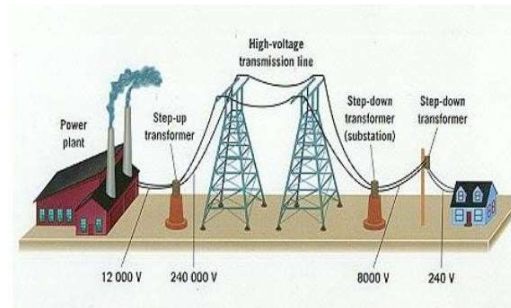
Gardu Induk 150 kV Pematangsiantar merupakan salah satu GI strategis dalam sistem transmisi Sumatera Utara. Aktivitas pemeliharaan rutin termasuk inspeksi *thermovision* dilakukan untuk memastikan keandalan operasi pada berbagai komponen PMS. Berdasarkan laporan hasil pengukuran sebelumnya, ditemukan beberapa titik dengan indikasi hotspot pada PMS, seperti pada Klem In dan Klem Out PMS Bus II, yang menunjukkan Δt mencapai kategori *Kondisi II* dan *Kondisi III* sehingga memerlukan tindak lanjut segera [7].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis prosedur pengecekan dan penanganan hotspot pada PMS di Gardu Induk 150 kV Pematangsiantar menggunakan metode *thermovision*. Penelitian difokuskan pada identifikasi anomali temperatur, evaluasi Δt menggunakan standar SKDIR 0520, serta rekomendasi tindakan pemeliharaan untuk meningkatkan keandalan peralatan PMS. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap implementasi pemeliharaan berbasis kondisi di gardu induk, serta mendukung peningkatan keandalan sistem transmisi tenaga listrik.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Tenaga Listrik

Suatu sistem tenaga listrik secara garis besar dapat dibagi menjadi empat kelompok, yaitu : Pusat pembangkit tenaga listrik (PPTL), saluran transmisi, gardu Induk dan saluran distribusi



Gambar 1 Sistem Tenaga Listrik

Gambar 1 memperlihatkan suatu sistem tenaga listrik, mulai dari pembangkitan tenaga listrik sampai ke konsumen (beban listrik) (Purnomo, 2016). [1].Pusat Pembangkit Tenaga Listrik

Pusat pembangkit tenaga listrik didalam sistem tenaga listrik adalah Pusat tenaga (*power station*), meliputi *power house*, ruang control dan Latar hubung (*Switch yard*), yang meliputi ril, pemisah (*disconnection switch /DS*), Pemutus tenaga (*circuit breaker*), arester, transformator, dsb. Pusat pembangkit tenaga listrik dapat dibedakan menjadi Pusat pembangkit tenaga listrik konvensional dan Pusat pembangkit tenaga listrik non konvensional.

[2] Saluran Transmisi

Saluran transmisi dalam suatu sistem tenaga listrik adalah saluran pemindah / transfer tenaga listrik dari suatu daerah (dapat merupakan power station, gardu induk) ke daerah lain (dapat merupakan Gardu induk) dengan jarak yang cukup jauh dengan tegangan tertentu. Peralatan-peralatan pokok yang termasuk didalam sistem saluran transmisi adalah:

- a) Konduktor (kawat penghantar)
- b) Menara transmisi (tower)
- c) Isolator gantung
- d) Kawat tanah atas
- e) Peralatan-peralatan pendukung (tanduk api, damper, dsb)

[3] Gardu Induk

Gardu induk merupakan tempat peralatan penghubung antara saluran transmisi yang satu terhadap saluran yang lain, atau penghubung antara saluran transmisi dengan saluran distribusi. Gardu induk merupakan tempat pemusatan tenaga listrik yang akan didistribusikan ke pemakai tenaga listrik

(konsumen). Peralatan yang terdapat didalam suatu Gardu Induk antara lain:

- a) Ruang kontrol dan peralatan didalamnya
- b) Latar hubung (*Switch yard*)

[4] Saluran Distribusi

Saluran distribusi adalah suatu saluran yang menghubungkan gardu Induk dengan konsumen, atau saluran yang digunakan untuk mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen, saluran distribusi terdapat dua macam yaitu:

- a) Saluran distribusi primer (jaringan tegangan menengah) yang disingkat JTM.

Tegangan saluran JTM: 6 kV, 20 kV

- b) Saluran distribusi sekunder (jaringan tegangan rendah) yang disingkat JTR.

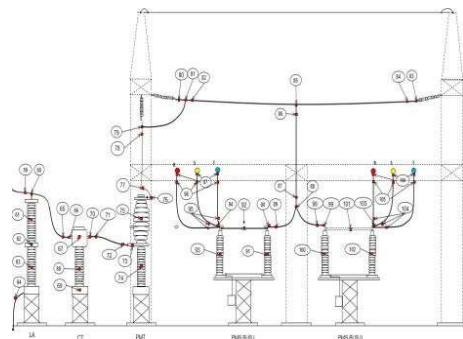
Gardu induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari peralatan listrik yang merupakan pusat beban yang diambil dari saluran Transmisi yang secara spesifik berfungsi untuk: Mentransformasi tenaga listrik dari tegangan tinggi ke tegangan tinggi lainnya atau dari tegangan tinggi ke tegangan menengah. Pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan dari pengamanan dari sistem tenaga listrik.

METODOLOGI

A. Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Gardu

Induk (GI) 150 kV Pematangsiantar dengan



Gambar 2. Titik-titik Pengukuran Suhu Peralatan Bay TD 2

Pada Penghantar fokus pada peralatan Pemisah (PMS). Titik pengukuran diarahkan pada komponen yang berpotensi mengalami peningkatan resistansi kontak, yaitu klem masuk, klem keluar, terminal konduktor, blade, *contact finger*, dan isolator pendukung. Pemilihan titik-titik ini dilakukan karena komponen tersebut secara elektrik membawa arus dan memiliki risiko pembentukan *hotspot* akibat degradasi atau gangguan mekanis [1].

B. Peralatan dan Instrumen Pengukuran



Gambar 3. FLIR E60 Infrared Thermal Camera

Instrumen utama yang digunakan adalah kamera termal FLIR E60 dengan resolusi 320×240 piksel, sensitivitas <math><0,05^{\circ}\text{C}</math>, dan rentang pengukuran

1. *Clamp meter* untuk mengukur arus aktual,
2. Kamera digital untuk dokumentasi visual,
3. *Laser distance meter* untuk memastikan jarak aman pengukuran,
4. Form inspeksi thermovision berdasarkan standar SKDIR 0520. C. Prosedur Inspeksi Thermovision

Inspeksi dilakukan mengikuti prosedur *condition-based maintenance* yang diterapkan di lingkungan PT PLN (Persero). Tahapan dilakukan sebagai berikut:

1. Persiapan Lapangan Melakukan *safety briefing*, menentukan titik ukur, serta mengumpulkan data arus beban PMS. Kamera disetel pada emissivity 0,95 dan jarak 5–15 m sesuai karakteristik pantulan permukaan logam [3].
2. Pengambilan Data Termal
Pengukuran dilakukan secara nonkontak pada seluruh titik kritis PMS dalam kondisi cuaca cerah untuk mengurangi interferensi radiasi inframerah. Setiap termogram disertai foto visual untuk memvalidasi lokasi anomali.
3. Pengolahan Data Temperatur
Temperatur maksimum T_{max} dan temperatur referensi T_{ref} diambil dari citra inframerah. Selisih temperatur dihitung menggunakan persamaan:

$$\Delta t = T_{\text{max}} - T_{\text{ref}}$$

4. Klasifikasi Kondisi Sesuai SKDIR 0520

Nilai Δt dibandingkan dengan standar PLN, yaitu: 4. 1 Kondisi 0: $\Delta t < 5^{\circ}\text{C}$
→ Normal

4. 2 Kondisi I: $5-10^{\circ}\text{C}$ → Pemantauan

4. 3 Kondisi II: $10-20^{\circ}\text{C}$ → Penjadwalan perbaikan

4. 4 Kondisi III: $\geq 20^{\circ}\text{C}$ → Perbaikan segera [4]

5. Validasi dan Analisis Lanjut Data Δt dianalisis berdasarkan perbandingan antar fasa, hubungan beban arus terhadap kenaikan

HASIL DAN PEMBAHASAN

PMS/DS (Disconnecting Switch) suatu alat untuk memisahkan tegangan pada peralatan instalasi tegangan tinggi. Prinsip kerja PMS pada dasarnya hampir sama dengan Circuit Breaker namun perbedaannya adalah PMS tidak dapat memutuskan arus gangguan (Mohammad Arnata A. Gonibala, 2021). Pada dasarnya, PMS dipakai untuk membebaskan PMT dari tegangan yang mengalir agar dapat dilakukan perawatan atau perbaikan pada PMT tersebut, maka PMS harus dibuka agar PMT bebas dari tegangan dan PMT aman bagi teknisi yang akan melakukan pemeliharaan. Ada dua macam fungsi PMS, yaitu:

- a. Pemisah Peralatan: Berfungsi untuk memisahkan peralatan listrik dari peralatan lain atau instalasi lain yang bertegangan. PMS ini boleh dibuka atau ditutup hanya pada rangkaian jaringan yang tidak berbeban.
- b. Pemisah Tanah (Pisau Pentanahan/Pembumian): Berfungsi untuk mengamankan dari arus tegangan yang timbul sesudah saluran tegangan tinggi diputuskan atau induksi tegangan dari penghantar atau kabel lainnya.

Pemisah terdiri dari beberapa komponen yaitu :

- a. Dielektrik

Komponen subsistem pada peralatan pemisah adalah *dielektrik*/isolator. Isolator adalah alat yang berfungsi sebagai isolasi dan pemegang mekanis dari perlengkapan atau penghantar yang dikenai beda potensial. Jika isolator gagal dalam kegunaannya memisahkan antara dua saluran maupun saluran dengan pentanahan maka penyaluran energi tersebut akan gagal atau tidak optimal. Isolator berbentuk piringan-piringan yang terbuat dari bahan porselin atau komposit yang ukurannya disesuaikan dengan tegangan, jenis, ukuran penghantar, kekuatan mekanis dan konstruksi penopangnya.

- b. Primary

Subsistem primary merupakan bagian dari PMS yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menghantarkan/mengalirkan arus listrik. Subsistem primary terdiri dari dua bagian, yakni: terdiri dari pisau-pisau/Kontak PMS dan klem.

Macam-macam pisau pemisah berdasarkan gerakan lengan/pisau pemisahannya

Pengukuran suhu dengan metode thermovision pada Bay Trafo Daya 2 di Gardu Induk 150 kV Pematangsiantar dilakukan untuk mengidentifikasi potensi hotspot pada peralatan utama, khususnya pada PMS (Pemutus Pisau), PMT, CT, LA, serta seluruh sambungan konduktor-klem. Hasil pengukuran yang dijabarkan dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa sebagian besar titik pengamatan berada dalam kondisi termal yang stabil, dengan variasi suhu antar fasa hanya berkisar di antara 0,1°C hingga 0,9°C, yang secara umum dikategorikan normal berdasarkan acuan SKDIR 0520 PLN.

Tabel I.

Pengukuran Suhu Peralatan BAY Trafo
Daya 2 Menggunakan Thermovisi

No	Peralatan	Suhu Tertinggi (°C)	ΔT Maks (°C)	Keterangan
----	-----------	---------------------	----------------------	------------

temperatur, serta kondisi fisik pada foto visual. Tren hasil dibandingkan dengan data inspeksi sebelumnya untuk menentukan apakah hotspot bersifat baru atau merupakan peningkatan dari kondisi terdahulu [5].

D. Penyajian dan Interpretasi Data

Hasil pengukuran disusun dalam bentuk tabel, grafik, dan citra termogram. Data diinterpretasikan untuk menentukan tingkat risiko kegagalan peralatan PMS serta rekomendasi tindakan pemeliharaan. Analisis ini mencakup evaluasi mekanis (kekencangan klem, korosi), elektrik (arus beban), serta lingkungan (kondisi cuaca pada saat inspeksi).

LA				
1	Konduktor LA	41.6	0.8	Normal
2	Klem LA	41.8	0.6	Normal
3	Isolator LA Atas/Tengah/Bawah	42.0	0.9	Normal
CT				
4	Konduktor CT Out	41.9	0.7	Normal
5	Klem CT Out	41.9	0.7	Normal
6	Bushing CT	41.9	0.5	Normal

**PROSEDUR PENGECEKAN DAN PENANGANAN HOTSPOT PADA PMS GARDU INDUK 150 KV
PEMATANGSIANTAR MENGGUNAKAN METODE THERMOVISION**

PMT				
7	Konduktor PMT Out	41.9	0.6	Normal
8	Klem PMT In	41.9	0.7	Normal
9	Dead End Clamp (Trafo & Bus)	42.0	0.9	Normal
PMS Bus I				
10	Konduktor In PMS Bus I	42.7	0.8	Sedikit tinggi (aman)
11	Klem Out PMS Bus I	41.9	0.8	Normal
12	Konduktor Klem Bus I	41.9	0.9	Normal
PMS Bus II (Area Potensial Hotspot)				
13	Konduktor In	33–42° C	7.0° C	ΔT besar –

PMT, Dead-End, Junction Clamp, PMS

A. Evaluasi Umum Peralatan (LA, CT,

	PMS Bus II			indikasi kontak longgar
14	Klem In PMS Bus II	54° C	25° C (ΔT terbesar)	Hotspot utama
15	Isolator PMS Bus II	44° C	2.0	Perlu monitoring
16	Klem Out PMS Bus II	46° C → 30° C	16° C	Klem tidak seragam – indikasi masalah
17	Konduktor Out PMS Bus II	41° C	11° C	Potensi pemanasan abnormal
18	Klem Junction Bus II	42.2	1.1	Normal – sedikit tinggi

Bus I)

Secara keseluruhan, peralatan seperti LA, CT, PMT, dan sebagian besar titik sambungan pada Bus I menunjukkan kondisi normal. Nilai Δt yang kecil ($\leq 1^\circ\text{C}$) mengindikasikan bahwa sambungan listrik masih dalam keadaan baik, tidak terdapat penurunan kualitas kontak, korosi, ataupun potensi resistansi tinggi.

Pada LA, misalnya, seluruh titik mulai dari konduktor, klem, isolator atas-tengah-bawah, hingga kawat grounding, memperlihatkan konsistensi suhu 41°C – 42°C , dengan Δt antar fasa berkisar 0.1 – 0.8°C . Kondisi ini menunjukkan bahwa arus mengalir merata, tidak terdapat ketidakseimbangan arus signifikan, dan sistem proteksi masih berfungsi sebagaimana mestinya.

Pada CT dan PMT juga ditemukan pola yang sama. Suhu komponen seperti bushing, heading, isolator atas-bawah, serta konduktor in-out berada pada rentang 41°C – 42°C , tanpa adanya anomali termal. Hal ini memperkuat kesimpulan bahwa peralatan-peralatan tersebut dalam keadaan normal dan masih layak operasi tanpa memerlukan tindakan korektif.

Dead-end clamp dan junction clamp juga menunjukkan stabilitas suhu yang baik, dengan nilai tertinggi berada pada 42.9°C , yang masih jauh di bawah batas ketentuan SKDIR PLN. Δt antar fasa tetap kecil dan tidak menyebabkan ketidakseimbangan termal. Dengan demikian, seluruh titik tersebut dapat dikategorikan sebagai Kondisi I (Normal).

Pada PMS Bus I, variasi suhu juga masih sangat kecil. Pisau PMS Bus I, klem in-out, dan isolator menunjukkan $\Delta t < 1^\circ\text{C}$. Ini menandakan kualitas sambungan konduktor masih optimal, tidak ada keausan kontak, dan tidak terdapat indikasi keterputusan atau peningkatan resistansi.

B. Identifikasi Hotspot pada PMS Bus II (Anomali Utama)

Berbeda dengan peralatan lainnya, hasil thermovisi pada PMS Bus II mengungkapkan adanya beberapa titik yang mengalami kenaikan suhu signifikan, yang berpotensi menjadi sumber permasalahan pada penghantar bay trafo tersebut. Titik-titik bermasalah tersebut merupakan indikasi resistansi kontak tinggi, longgarnya penjepitan klem, atau mulai timbulnya korosi pada sambungan. Indikasi ini bisa dilihat pada tabel berikut. Tabel II

PMS Bus II

No	Peralatan	Suhu Tertinggi ($^\circ\text{C}$)	ΔT Maks ($^\circ\text{C}$)	Keterangan
----	-----------	-------------------------------------	--------------------------------------	------------

**PROSEDUR PENGECEKAN DAN PENANGANAN HOTSPOT PADA PMS GARDU INDUK 150 KV
PEMATANGSIANTAR MENGGUNAKAN METODE THERMOVISION**

1	Konduktor In PMS Bus II	33–42°C	7.0°C	ΔT besar – indikasi kontak longgar
2	Klem In PMS Bus II	54°C	25°C (ΔT terbesar)	Hotspot utama
3	Isolator PMS Bus II	44°C	2.0	Perlu monitoring
4	Klem Out PMS Bus II	46°C → 30°C	16°C	Klem tidak seragam – indikasi masalah
5	Konduktor Out PMS Bus II	41°C	11°C	Potensi pemanasan abnormal
6	Klem Junction Bus II	42.2	1.1	Normal–sedikit tinggi

1. Klem In PMS Bus II (No. 41) – Kondisi Terburuk

Klem In PMS Bus II merupakan titik paling kritis dengan anomali suhu tertinggi. Suhu fasa R mencapai 40°C, sedangkan fasa S dan T turun hingga 31°C. Namun, perbedaan paling signifikan terletak pada Δt klem–terminal utama:

- A. Fasa S = 54°C
- B. Δt = 25°C
- C. Δt antar fasa = 23°C (R–S) dan 25°C (S–T)

Nilai Δt di atas >15°C dan bahkan menyentuh >30°C, sehingga masuk kategori:

- A. Kondisi III (Ketidaknormalan Mayor)
- B. Memerlukan shutdown immediate dan inspeksi lanjutan

**PROSEDUR PENGECEKAN DAN PENANGANAN HOTSPOT PADA PMS GARDU INDUK 150 KV
PEMATANGSIANTAR MENGGUNAKAN METODE THERMOVISION**

Nilai ini menunjukkan adanya resistansi sangat tinggi pada sambungan fasa S klem PMS, yang sangat berpotensi menimbulkan hotspot ekstrem dan memicu kegagalan mekanik atau bahkan flashover.

2. Klem Out PMS Bus II (No. 45) – Kategori Kuning (Perlu Perbaikan)

Nilai Δt pada Klem Out mencapai:

- A. $\Delta t R = 16^{\circ}\text{C}$
- B. $\Delta t S = 12^{\circ}\text{C}$

Nilai ini masuk Kondisi II, di mana sambungan dianggap mengalami defisiensi dan perlu dilakukan penanganan berupa pengetatan ulang atau penggantian komponen.

Perbedaan suhu antara fasa R–S–T yang cukup besar mengindikasikan bahwa aliran arus tidak merata, yang biasanya disebabkan oleh:

- A. Ikatan mekanis klem yang mulai longgar
- B. Kontak konduktor yang sudah teroksidasi
- C. Kualitas sambungan yang menurun Kondisi ini belum kritis, tetapi jika tidak ditindak segera, dapat berkembang menjadi hotspot serius seperti pada titik No.41.

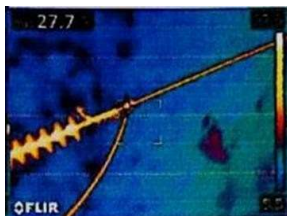
3. Konduktor Out PMS Bus II (No. 46)

Anomali juga terdeteksi pada konduktor out:

- A. Fasa T mencapai 41°C , sementara R dan S hanya 30°C
- B. $\Delta t S-T$ dan $T-R = 11^{\circ}\text{C}$ Nilai ini termasuk Kondisi II, dan menunjukkan ketidakseimbangan aliran arus atau degradasi pada sambungan fasa T.

4. Komponen Lain pada PMS Bus II

Beberapa titik seperti Isolator PMS Bus II (No. 42), Pisau PMS II (No. 43), dan Isolator arah bus (No. 44) menunjukkan $\Delta t 0.1^{\circ}\text{C}-2^{\circ}\text{C}$, sehingga masih berada dalam Kondisi I-II dan tidak memerlukan penanganan segera.



Gambar 1. Uji Thermovisi T Clamp
PMS Bus II

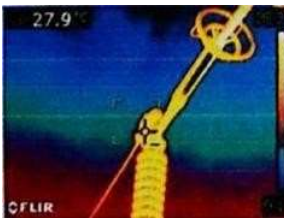


Gambar 2. Uji Thermovisi Clamp PMS Buss II
Arah Busbar

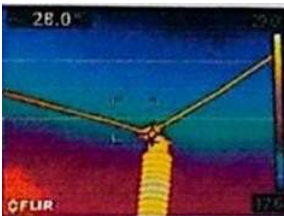
**PROSEDUR PENGECEKAN DAN PENANGANAN HOTSPOT PADA PMS GARDU INDUK 150 KV
PEMATANGSIANTAR MENGGUNAKAN METODE THERMOVISION**



Gambar 3. Uji Thermovisi Kontak
PMS Bus II



Gambar 4. Uji Thermovisi Clamp
PMS Bus ii Atah Trafo



Gambar 5. Uji Thermovisi Terminal Post Isolator II
Arah Trafo



Gambar 6 Uji Thermovisi Terminal Post Isolator II
Arah Busbar .

C. Evaluasi Umum

Dari seluruh titik yang diukur, PMS Bus II merupakan komponen yang paling banyak menunjukkan indikasi ketidakwajaran. Hal ini dapat disebabkan oleh:

1. Usia peralatan yang mulai menurun
2. Ketidaktepatan proses pemeliharaan sebelumnya
3. Korosi pada sambungan fasa tertentu
4. Klem yang tidak terikat sempurna
5. Beban penghantar yang tidak merata

Peralatan yang memiliki Δt melebihi batas SKDIR 0520 berpotensi menyebabkan:

1. Meningkatnya resistansi sambungan
2. Overheating progresif
3. Kegagalan isolasi
4. Risiko percikan listrik (arcing)
5. Penurunan efisiensi distribusi daya

Thermovision memberikan kemampuan deteksi dini sebelum kerusakan besar terjadi. Dengan melihat pola suhu, teknisi dapat mengetahui titik yang perlu segera diperiksa tanpa harus melakukan pembongkaran fisik.

KESIMPULAN

Dari sistem memperlihatkan suatu sistem tenaga listrik, mulai dari Pusat Pembangkit Tenaga Listrik, Saluran Transmisi, gardu induk dan saluran distribusi untuk ke konsumen.

Hasil pengukuran thermovision pada Bay Trafo Daya 2 di Gardu Induk 150 kV Pematangsiantar menunjukkan bahwa sebagian besar peralatan berada dalam kondisi termal yang stabil, namun ditemukan beberapa anomali signifikan pada PMS Bus II. Evaluasi terhadap nilai selisih suhu (Δt) berdasarkan acuan SKDIR 0520 memperlihatkan adanya titik-titik yang memerlukan penanganan segera untuk mencegah potensi gangguan operasi. Kesimpulan utama yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Sebagian besar peralatan seperti LA, CT, PMT, Dead-End Clamp, Junction Clamp, serta PMS Bus I berada dalam kondisi normal, dengan nilai Δt antar fasa maupun antara klem-konduktor yang sangat kecil ($<1^{\circ}\text{C}$), sehingga masuk kategori Kondisi I dan tidak memerlukan tindakan perbaikan.
2. PMS Bus II merupakan titik dengan anomali tertinggi, terutama pada Klem In PMS Bus II (No. 41) yang menunjukkan Δt hingga $23\text{--}25^{\circ}\text{C}$ dan suhu terminal mencapai 54°C , sehingga termasuk Kondisi III dan membutuhkan shutdown immediate. Beberapa titik lain seperti No. 45 dan 46 berada dalam Kondisi II, menandakan perlunya penanganan terjadwal.
3. Penggunaan thermovision terbukti efektif dalam mendeteksi dini potensi hotspot, terutama pada sambungan listrik dengan resistansi kontak tinggi. Hasil ini menegaskan pentingnya penerapan Condition Based Maintenance (CBM) sebagai strategi pemeliharaan untuk memastikan keandalan peralatan gardu induk dan mencegah kerusakan yang lebih besar.

REFERENSI

- [1] J. L. E. Barbosa, "Infrared Thermography Applied in Electrical Systems Inspection," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 63, no. 1, pp. 1–7, 2014.
- [2] M. Usamentiaga, P. Venegas, J. Guerediaga, L. Vega, J. Molleda and F. Bulnes, "Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing," *Sensors*, vol. 14, no. 7, pp. 12305–12348, 2014.

- [3] FLIR Systems, *Thermal Imaging Guidebook for Electrical Applications*. Wilsonville, OR: FLIR Corporation, 2020.
- [4] A. Haddad and D. Warne, *Advances in High Voltage Engineering*. London: The Institution of Engineering and Technology (IET), 2004.
- [5] N. P. Quintana, "Electrical Hotspot Detection Using Thermal Imaging Technology," *IEEE Electrical Insulation Magazine*, vol. 29, no. 3, pp. 30–37, 2013.
- [6] IEC 62271-102, *High-voltage Switchgear and Controlgear – Part 102: AC Disconnectors and Earthing Switches*, International Electrotechnical Commission, 2018.
- [7] PT PLN (Persero), *SKDIR 0520: Standar Kelayakan Suhu Peralatan Gardu Induk*. Jakarta: PT PLN, 2020.
- [8] R. M. Lee, "Condition-Based Maintenance in Electrical Substations," *IEEE Power Engineering Review*, vol. 22, no. 8, pp. 58–62, 2002.
- [9] A. Soua and F. Trabelsi, "CBM Strategies for Power Systems Equipment," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 33, no. 2, pp. 796–804, 2017.
- [10] G. J. Anders and K. W. E. Cheng, "Rating of Overhead Conductors Based on Temperature Monitoring and Weather Data," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 20, no. 3, pp. 1167–1173, 2005.
- [11] H. E. Orville and G. W. Eskridge, "Thermal Analysis of High Voltage Electrical Contacts," *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology*, vol. 16, no. 1, pp. 12–18, 1993.
- [12] R. Rüedi, "Diagnosis of Power Equipment Using Infrared Thermography," *CIGRÉ Session*, Paper D1-204, 2012.
- [13] B. M. Weedy, B. J. Cory, N. Jenkins, J. B. Ekanayake, and G. Strbac, *Electric Power Systems*, 5th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2012.
- [14] IEEE Std 1458-2017, *IEEE Guide for the Use of Infrared Thermography for Workshop and On-Site Training*, IEEE Standards Association, 2017.
- [15] S. M. Blair, C. Booth, and R. Singh, "Thermal Monitoring Techniques for Identifying Faults in Substation Equipment," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 9, no. 16, pp. 2730–2737, 2015.