

# Analisis Penentuan Titik Panas pada *Bay* Penghantar dengan Metode Thermovisi di Gardu Induk 150 kV Ujung Berung

Riky Solihat, Waluyo

Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email: [solihatriky@gmail.com](mailto:solihatriky@gmail.com)

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

## ABSTRAK

*Bay penghantar terdiri dari penghantar, lightning arrester, potensial transformator, PMS rel, current transformator, PMT dan PMS bus. Pengukuran suhu atau titik panas pada peralatan dapat menggunakan metode thermovisi. Dalam metode thermovisi data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan adalah arus tertinggi, arus saat shooting, suhu pada klem, suhu pada konduktor dan waktu pada saat pengambilan data untuk menjadi salah satu acuan pada analisis. Hasil dari perhitungan selisih suhu tersebut digunakan untuk menentukan kondisi peralatan apakah berada dalam kondisi normal atau tidak dengan membandingkan hasil perhitungan selisih suhu dan parameter standar kondisi thermovisi yang terdapat pada buku PLN SK DIR 520 2014. Berdasarkan hasil pengukuran, didapat hasil sembilan sampel mendapat nilai 2,5°C, 0,2 °C, 2,5°C, 4,7 °C, 3,9°C, dan 3,1°C nilai-nilai ini berada diantara 0°C - 10°C alat dalam kondisi baik..*

**Kata kunci:** Bay Penghantar, emisivitas, suhu, thermovisi, titik panas

## ABSTRACT

*The delivery bay consists of delivery, lightning arrester, potential transformer, RAIL PMS, current transformer, PMT and PMS bus. Detecting the temperature or hot spot on the equipment can use thermosyn discretion methods. In the thermovisi method the data needed to perform the calculation is the highest current, current when shooting, temperature on clamps, temperature on conductor and time at the time of data retrieval to be one of the references on the analysis. The results of the temperature difference calculation are used to determine the condition of the equipment whether it is under normal conditions or not by comparing the results of the temperature difference calculation and standard parameters of thermovisi conditions contained in pln sk dir 520 2014. Based on measurement results, nine samples were 2,5 °C, 0,2 °C, 2,5 °C, 4,7 °C, 3,9 °C, and 3,1 °C these values were between 0°C - 10°C tools were in good condition.*

**Keywords:** conductor bay, emissivity, hot spot, temperature, thermovisi

## 1. PENDAHULUAN

Dalam masa modern listrik adalah hal yang sangat dibutuhkan keberadaannya. Energi listrik bisa dikatakan telah menjadi salah satu dari Sembilan bahan pokok masyarakat, oleh karena itu ketersediaan akan energi listrik menjadi penting dalam kehidupan masyarakat, maka dari itu untuk menjamin pasokan energi listrik mutlak diperlukan **(Iskandar, 2011)**.

Dalam mencukupi kebutuhan listrik secara baik, maka peralatan pun harus dilakukan pemeriksaan secara berkala untuk mendeteksi kemungkinan terdapat gangguan pada peralatan yang dipakai, salah satu peralatan yang harus dilakukan perawatan adalah peralatan pada gardu induk. Gardu induk merupakan bagian vital system tenaga listrik, selain membangkitkan gardu induk harus mampu menyalurkan tenaga listrik dengan handal dan aman **(Samuel, & Julius, 2013)**.

Salah satu gangguan yang terdapat pada peralatan adalah suhu panas. Metode untuk mengetahui kondisi peralatan tersebut adalah dengan metode thermovisi. Thermovisi adalah instrument untuk memvisualisasikan dan mendeteksi suhu pada suatu objek dengan teknologi sensor inframerah **(Ramadhani, 2018)**.

Prinsip dari pengujian ini dengan menghitung nilai perbandingan energi yang diradiasikan oleh objek terhadap energi alat pada saat yang sama. Mendeteksi radiasi dengan menggunakan kamera inferamerah dan dikonversi menjadi gambar yang menetapkan warna pada objek. Hasilnya adalah gambar dengan warna yang disebut termogram **(Usamentiaga, Ruben, dkk, 2014)**.

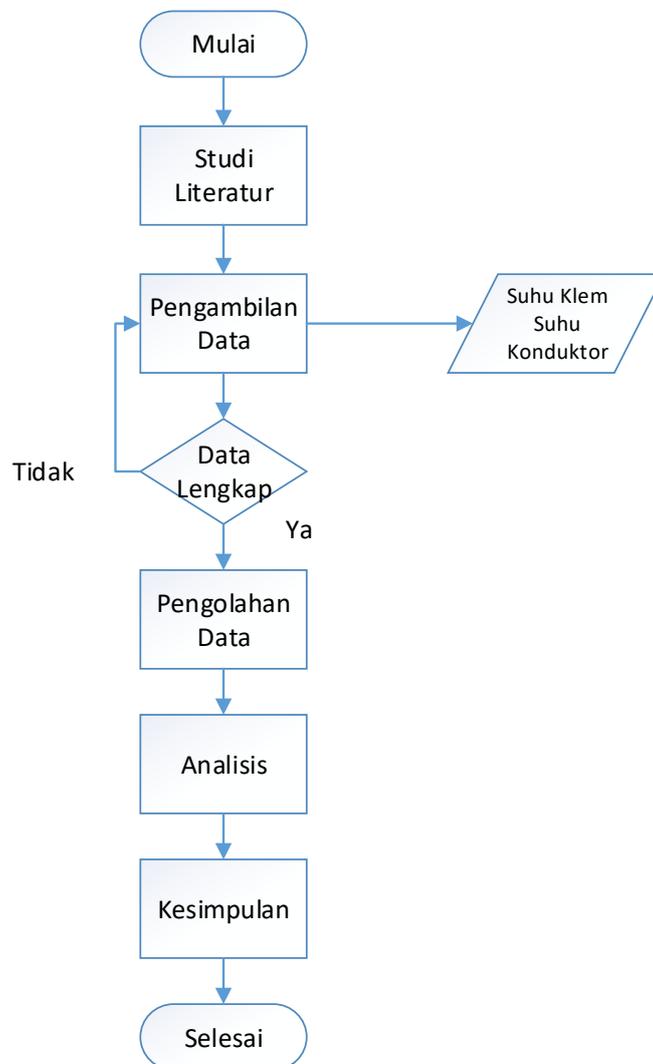
Gambar dengan warna paling cerah menunjukkan suhu paling tinggi yang ada pada objek. Suhu merupakan indikator gangguan yang sanga baik, karena adanya perubahan hanya beberapa derajat dapat digunakan sebagai indikator kemungkinan adanya gangguan **(Jones, 1998)**.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis kondisi peralatan pada *bay* penghantar gardu induk 150 kV Ujung Berung apakah dalam kondisi normal atau tidak berdasarkan suhu.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 1 memperlihatkan bagaimana proses penelitian ini berlangsung mulai dari studi literature dan mengumpulkan data suhu klem serta konduktor, kemudian mengolah data menggunakan perhitungan hokum Stefan Boltzman dan menganalisis kondisi peralatan dengan parameter milik PLN, lalu terakhir menarik kesimpulan dari penelitian ini.



**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

### 2.2. Pengukuran Titik Panas dengan *Thermal Imager* Flir I50

Langkah-langkah untuk melakukan pengukuran titik panas menggunakan flir i50 secara berurutan yaitu hidupkan flir i50 dengan menekan tombol *on*, setelah alat dalam kondisi hidup arahkan kamera flir i50 ke objek yang diukur dan tekan tombol *shoot* untuk mengambil gambar objek yang diukur, setelah melakukan pengukuran tekan tombol *save* untuk menyimpan gambar hasil pengukuran. Gambar 2 berikut adalah gambar hasil pengukuran.



**Gambar 2. Gambar Hasil Thermal Imager Flir I50**

### 2.2.1. Pengukuran Titik Panas dengan Software FLIR *Quick Report*

Gambar hasil pengukuran dari *thermal imager* masih harus diolah menggunakan software flir *quick report*, karena suhu yang dapat diukur menggunakan *thermal imager* hanya satu objek, sedangkan untuk melakukan perhitungan selisih suhu diperlukan beberapa data suhu objek yang terdapat pada gambar hasil dari pengukuran thermal imager. Langkah-langkah untuk melakukan pengukuran suhu pada titik panas suatu objek menggunakan software flir *quick report* secara berurutan yaitu cari dan pilih gambar yang akan diukur, setelah memilih gambar klik *analyze* pada *sub tab bar* kemudian klik *area tool*, tekan dan tahan box area ke objek yang akan diukur setelah itu lepaskan maka suhunya pada objek tersebut akan terukur secara otomatis. Gambar 3 berikut adalah hasil pengukuran suhu yang sudah diolah menggunakan software flir *quick report*.



**Gambar 3. Gambar Hasil Thermal Imager Flir I50**

### 2.3. Perhitungan Thermovisi

Melakukan perhitungan selisih suhu klem dan suhu konduktor untuk menentukan kondisi peralatan ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$\Delta T = \left(\frac{I_{maks}}{I_s}\right)^2 \times (T_{klem} - T_{konduktor}) \quad (1)$$

#### 2.3.1. Perhitungan Emisivitas

Melakukan perhitungan nilai emisivitas setiap peralatan yang digunakan dengan menggunakan hukum Stefan Boltzman ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$e = \frac{P}{\sigma.T} \quad (2)$$

#### 2.3.2. Perhitungan Uji Presisi

Perhitungan uji presisi bergantung pada jumlah peralatan yang dihitung untuk menghitung *standard deviation*, sampel yang didapat berjumlah 36, maka dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x-a)^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$CV = \left(\frac{SD}{SRM}\right) \times 100\% \quad (4)$$

#### 2.3.3. Perhitungan Uji Akurasi

Perhitungan uji akurasi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\%recovery = \left(\frac{\alpha-SRM}{SRM}\right) \times 100\% \quad (5)$$

### 2.4. Parameter Penentuan Kondisi Peralatan

Menganalisis kondisi peralatan dengan melakukan perhitungan matematis selisih suhu klem dengan suhu konduktor dan melakukan perbandingan dengan parameter standar kondisi thermovisi merujuk pada buku PLN SK DIR 520 2014. Serta melakukan perhitungan matematis untuk mendapat nilai emisivitas setiap peralatan dan memebandingkan dengan parameter emisivitas milik PLN pada SPLN 41-7 : 1981 yaitu nilai emisivitas dari bahan peralatan yang digunakan memiliki nilai sebesar 0,5 dan nilai validasinya. Tabel 1 berikut adalah parameter standar thermovisi pada PLN SK DIR 520 2014.

**Tabel 1. Parameter Thermovisi PLN (PLN SK DIR 520, 2014)**

Parameter	Keterangan
0 °C - 10 °C	kondisi baik
10 °C - 25 °C	ukur 1 bulan lagi
25 °C - 40 °C	rencanakan perbaikan
40 °C - 70 °C	perbaikan segera

70 °C	kondisi darurat
-------	-----------------

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengukuran *Thermal Imager* dan Flir *Quick Report*

Pengukuran dilakukan pada saat beban puncak yaitu pada malam hari dengan suhu lingkungan 24 °C. Ada enam sampel peralatan yang diukur menggunakan *thermal imager* flir i50 dan diolah hasil pengukurannya menggunakan flir *quick report*. Gambar 4 berikut adalah bushing trafo phasa R yang telah diukur menggunakan *thermal imager* dan diolah menggunakan flir *quick report* sehingga terdapat tiga titik panas yang terukur.



**Gambar 4. Bushing Trafo Phasa R**

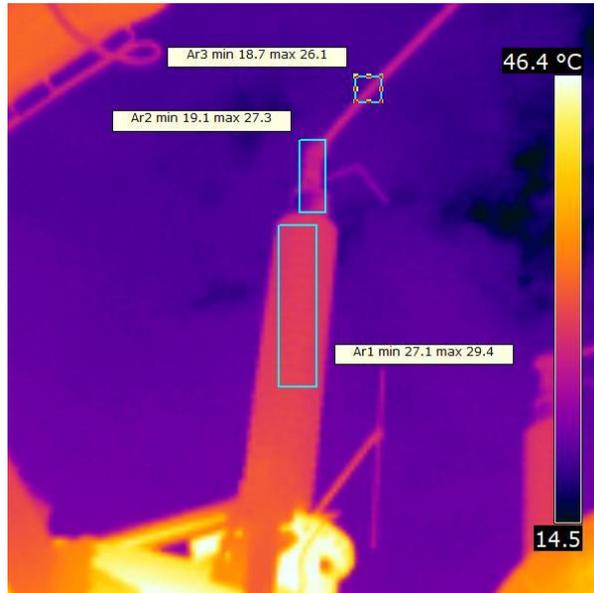
Gambar 5 berikut adalah bushing trafo phasa S yang telah diukur menggunakan *thermal imager* dan diolah menggunakan flir *quick report* sehingga terdapat tiga titik panas yang terukur untuk melakukan perhitungan.



**Gambar 5. Bushing Trafo Phasa S**

Analisis Penentuan Titik Panas pada *Bay* Penghantar dengan Metode Thermovisi di Gardu Induk 150 kV Ujung Berung

Gambar 6 berikut adalah bushing trafo fase T yang telah diukur menggunakan *thermal imager* dan diolah menggunakan flir *quick report* sehingga terdapat tiga titik panas yang terukur untuk melakukan perhitungan.



**Gambar 6. Bushing Trafo Fase T**

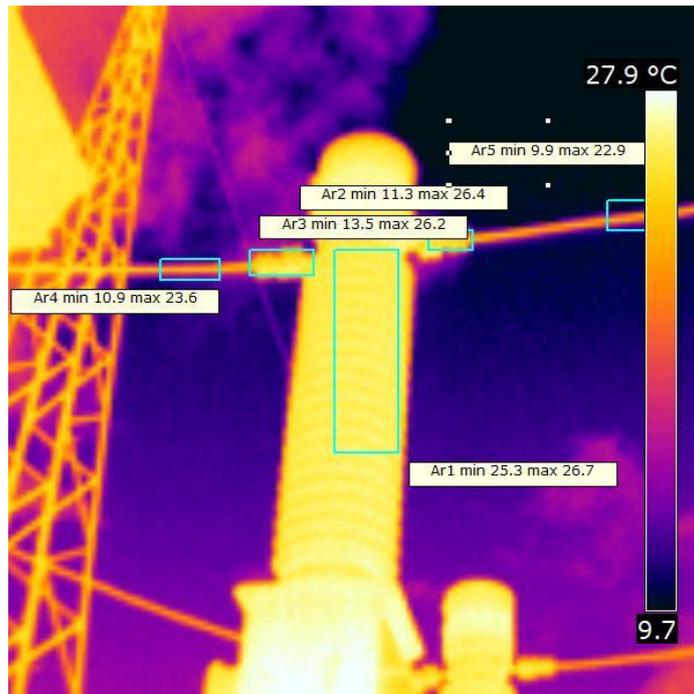
Gambar 7 berikut adalah *current transformer* fase R yang telah diukur menggunakan *thermal imager* dan diolah menggunakan flir *quick report* sehingga terdapat lima titik panas yang terukur untuk melakukan perhitungan.



**Gambar 7. CT Fase R**

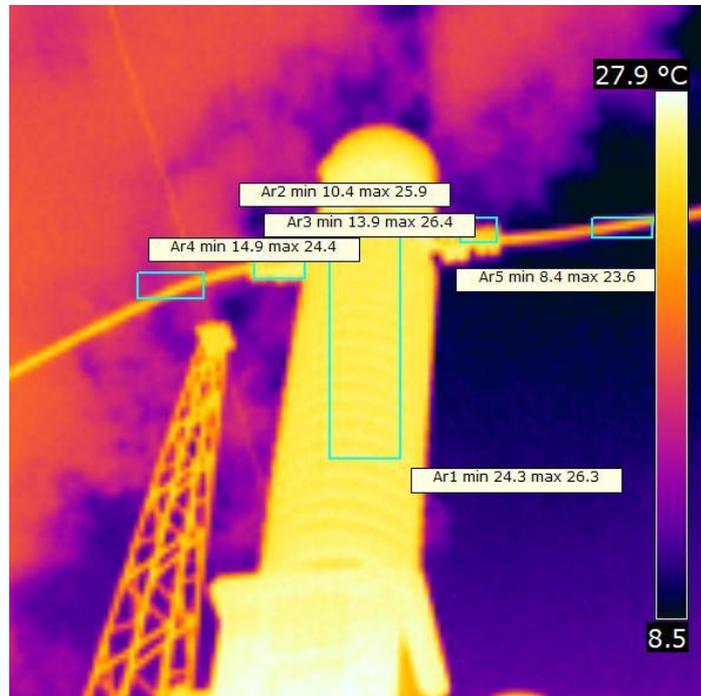
Gambar 8 berikut adalah *current transformer* fase S yang telah diukur menggunakan *thermal imager* dan diolah menggunakan flir *quick report* sehingga terdapat lima titik panas yang terukur untuk melakukan perhitungan.

Solihat, Waluyo



**Gambar 8. CT Phasa S**

Gambar 9 berikut adalah *current transformer* phasa T yang telah diukur menggunakan *thermal imager* dan diolah menggunakan *flir quick report* sehingga terdapat lima titik panas yang terukur untuk melakukan perhitungan.



**Gambar 9. CT Phasa T**

Berdasarkan hasil pengukuran thermovisi yang dilakukan pada malam hari terdapat tingkat perbedaan suhu antara suhu klem dan suhu konduktor berada dikisaran 1 °C sampai dengan 5 °C. Perbedaan tersebut dikarenakan adanya pengaruh suhu lingkungan sebesar 24 °C, bahan konduktor yang terbuat dari logam aluminium yang

membuat suhu konduktor berada dibawah suhu klem tetapi suhu tersebut memiliki perbedaan yang jauh karena adanya pengaruh dari arus maksimum yang mengalir pada konduktor sebesar 243 A yang dapat memanaskan konduktor. Tabel 2 berikut adalah data yang terukur dari hasil pengukuran menggunakan *thermal imager* dan diolah menggunakan flir *quick report* untuk melakukan perhitungan.

**Tabel 2. Hasil Pengukuran Thermovisi**

Objek / Instalasi	Arus tertinggi yang dicapai	Arus saat shooting	Suhu Klem saat shooting	Suhu Konduktor saat shooting
	$I_{maks}$	$I_s$	$T_{klem}$	$T_{konduktor}$
	A	A	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$
T. Busing Trafo phasa R	243	229	27,7	25,4
T. Busing Trafo phasa S	243	229	26,6	26,4
T. Busing Trafo Phasa T	2423	229	27,3	26,1
T. CT ke PMT phasa R	243	229	26	21,8
T. CT ke PMT phasa S	243	229	26,4	22,9
T. CT ke PMT phasa T	243	229	26,4	23,6

### 3.2 Perhitungan Selisih Suhu Klem dan Suhu Konduktor

- T. Busing Trafo phasa R

$$\begin{aligned} \Delta T &= \left(\frac{I_{maks}}{I_s}\right)^2 \times (T_{klem} - T_{konduktor}) \\ &= \left(\frac{243}{229}\right)^2 \times (27,7 - 25,4) \\ &= 2,5 \text{ } ^{\circ}C \end{aligned}$$

- T. Busing Trafo phasa S

$$\begin{aligned} \Delta T &= \left(\frac{I_{maks}}{I_s}\right)^2 \times (T_{klem} - T_{konduktor}) \\ &= \left(\frac{243}{229}\right)^2 \times (26,6 - 26,4) \\ &= 0,2 \text{ } ^{\circ}C \end{aligned}$$

- T. Busing Trafo phasa T

$$\begin{aligned}\Delta T &= \left(\frac{I_{\text{maks}}}{I_s}\right)^2 \times (T_{\text{klem}} - T_{\text{konduktor}}) \\ &= \left(\frac{243}{229}\right)^2 \times (27,7 - 25,4) \\ &= 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

- T. CT ke PMT phasa R

$$\begin{aligned}\Delta T &= \left(\frac{I_{\text{maks}}}{I_s}\right)^2 \times (T_{\text{klem}} - T_{\text{konduktor}}) \\ &= \left(\frac{243}{229}\right)^2 \times (26 - 21,8) \\ &= 4,7 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

- T. CT ke PMT phasa S

$$\begin{aligned}\Delta T &= \left(\frac{I_{\text{maks}}}{I_s}\right)^2 \times (T_{\text{klem}} - T_{\text{konduktor}}) \\ &= \left(\frac{243}{229}\right)^2 \times (26,4 - 22,9) \\ &= 3,9 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

- T. CT ke PMT phasa T

$$\begin{aligned}\Delta T &= \left(\frac{I_{\text{maks}}}{I_s}\right)^2 \times (T_{\text{klem}} - T_{\text{konduktor}}) \\ &= \left(\frac{243}{229}\right)^2 \times (26,4 - 23,6) \\ &= 3,1 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan thermovisi dari selisih suhu klem dan suhu konduktor diperlihatkan bahwa semua kondisi peralatan pada *bay* penghantar dalam kondisi baik. Kondisi peralatan dapat dikatakan baik karena semua hasil perhitungan selisih suhu konduktor dan suhu klem berada dibawah nilai parameter standar thermovisi pada PLN SK DIR 520 2014 yaitu di bawah  $10^\circ \text{C}$  sehingga peralatan dapat dikategorikan dalam kondisi baik. Tabel 3 berikut adalah hasil perhitungan thermovisi , parameter thermovisi dan keterangan kondisi peralatan.

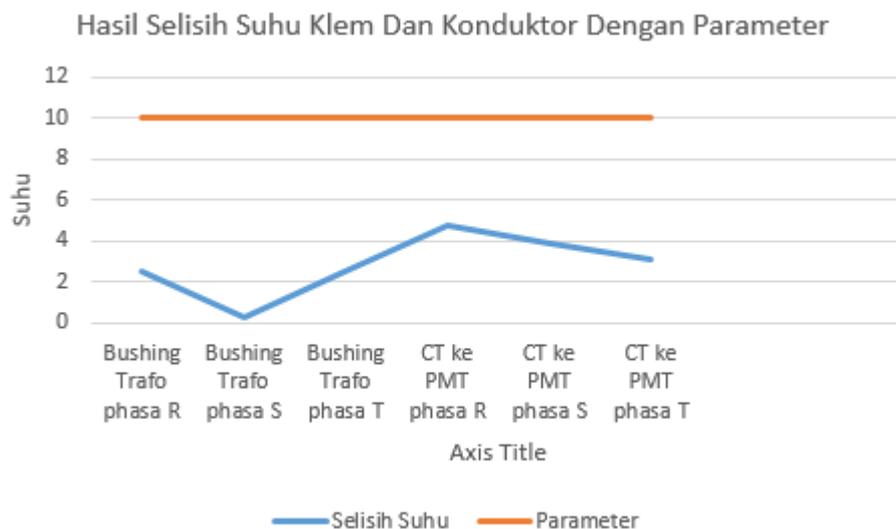
**Tabel 3. Hasil Perhitungan dan Keterangan Kondisi Peralatan**

Objek / Instalasi	Arus tertinggi yang dicapai	Arus saat shooting	Suhu Klem saat shooting	Suhu Konduktor saat shooting	Selisih	Parameter Thermovisi	Kondisi
	$I_{\text{maks}}$	$I_s$	$T_{\text{klem}}$	$T_{\text{konduktor}}$			
	A	A	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$			
T. Busing Trafo phasa R	243	229	27,7	25,4	2.5	10	Kondisi Baik

Analisis Penentuan Titik Panas pada *Bay* Penghantar dengan Metode Thermovisi di Gardu Induk 150 kV Ujung Berung

T. Busing Trafo phasa S	243	229	26,6	26,4	0.2	10	Kondisi Baik
T. Busing Trafo Phasa T	2423	229	27,3	26,1	2,5	10	Kondisi Baik
T. CT ke PMT phasa R	243	229	26	21,8	4.7	10	Kondisi Baik
T. CT ke PMT phasa S	243	229	26,4	22,9	3.9	10	Kondisi Baik
T. CT ke PMT phasa T	243	229	26,4	23,6	3.1	10	Kondisi Baik

Gambar 10 berikut adalah grafik hasil dari perhitungan thermovisi dan dibandingkan dengan parameter thermovisi milih PLN, pada grafik tersebut dapat terlihat bahwa menurut perhitungan kondisi peralatan masih dalam keadaan baik karena berada jauh di bawah parameter yang telah ditetapkan.



**Gambar 10. Grafik Selisih Suhu Klem dan Suhu Konduktor terhadap Paramter Thermovisi**

### 3.3. Perhitungan Nilai Emisivitas

- T. Busing Trafo phasa R

$$K = 27,7 + 273,15 = 300,85$$

$$e = \frac{P}{\sigma \cdot T} = \frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^{-4} \cdot 300,85^4)} = 0,510$$

- T. Busing Trafo phasa S

$$K = 26,1 + 273,15 = 299,25$$

$$e = \frac{P}{\sigma \cdot T} = \frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^{-4} \cdot 299,25^4)} = 0,521$$

- T. Busing Trafo phasa T  
 $K = 26,6 + 273,15 = 299,75$   

$$e = \frac{P}{\sigma \cdot T} = \frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^{-4} \cdot 299,75^4)} = 0,517$$
- T. CT ke PMT phasa R  
 $K = 26 + 273,15 = 299,15$   

$$e = \frac{P}{\sigma \cdot T} = \frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^{-4} \cdot 299,15^4)} = 0,521$$
- T. CT ke PMT phasa S  
 $K = 26,4 + 273,15 = 299,55$   

$$e = \frac{P}{\sigma \cdot T} = \frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^{-4} \cdot 299,55^4)} = 0,518$$
- T. CT ke PMT phasa T  
 $K = 26,4 + 273,15 = 299,55$   

$$e = \frac{P}{\sigma \cdot T} = \frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^{-4} \cdot 299,55^4)} = 0,518$$

Tabel 4 berikut adalah hasil perhitungan nilai emisivitas yang didapat berdasarkan perhitungan di atas.

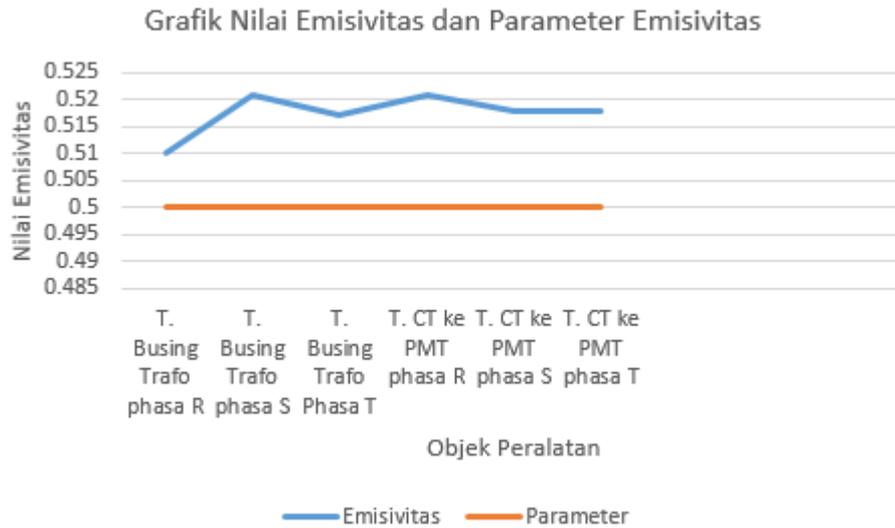
**Tabel 4 Hasil Perhitungan Nilai Emisivitas**

Objek / Instalasi	Suhu Klem saat shooting	Suhu Klem saat shooting	Nilai Emisivitas
	$T_{\text{klem}}$	$T_{\text{klem}}$	
	$^{\circ}\text{C}$	K	
T. Busing Trafo phasa R	27,7	300,85	0,510
T. Busing Trafo phasa S	26,6	299,75	0,521
T. Busing Trafo Phasa T	27,3	300,45	0,517
T. CT ke PMT phasa R	26	299,15	0,521
T. CT ke PMT phasa S	26,4	299,55	0,518
T. CT ke PMT phasa T	26,4	299,55	0,518
Rata-rata			0,517

Berdasarkan hasil perhitungan emisivitas dari nilai yang didapat dari perhitungan thermovisi diperlihatkan bahwa semua kondisi peralatan pada bay penghantar dalam kondisi baik. Hasil perhitungan rata-rata yang didapat adalah 0,517 dan standar nilai emisivitas material tipe *aluminium conductor galvanized steel reinforced* (ACSR) yang digunakan pada peralatan menurut standard SPLN 41-7 : 1981 adalah sebesar 0,5. Nilai perhitungan yang didapat sangat sedikit melebihi parameter milik PLN yaitu memiliki selisih sebesar 0,017 maka dari itu kondisi

Analisis Penentuan Titik Panas pada *Bay* Penghantar dengan Metode Thermovisi di Gardu Induk 150 kV Ujung Berung

peralatan dapat dikatakan baik tapi berada dalam pemantauan. Bentuk grafik dari perbandingan antara nilai perhitungan emisivitas dengan parameter emisivitas milik PLN ada pada Gambar 11 di bawah ini.



**Gambar 11. Grafik Nilai Emisivitas Terhadap Parameter Emisivitas**

### 3.4. Perhitungan Uji Presisi

Tabel 5 di bawah ini adalah proses dan hasil perhitungan dari parameter uji presisi, dengan menggunakan data dari nilai emisivitas peralatan dan nilai emisivitas rata-rata dari peralatan.

**Tabel 5. Parameter Uji Presisi**

Objek / Instalasi	Nilai Emisivitas	Nilai Rata-Rata Emisivitas	Jumlah	Jumlah Kuadrat
	x	a	x-a	$(x - a)^2$
T. Busing Trafo phasa R	0,510	0,52	-0,010	0,0001
T. Busing Trafo phasa S	0,521	0,52	0,001	0,000001
T. Busing Trafo Phasa T	0,517	0,52	-0,003	0,000009
T. CT ke PMT phasa R	0,521	0,52	0,001	0,000001
T. CT ke PMT phasa S	0,518	0,52	-0,002	0,000004
T. CT ke PMT phasa T	0,518	0,52	-0,002	0,000004
Jumlah				0,000119

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x-a)^2}{n-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,000119}{6-1}} = 0,00487$$

$$CV = \left(\frac{SD}{SRM}\right) \times 100\%$$

$$CV = \left(\frac{0,00487}{0,5}\right) \times 100\% = 0,9 \%$$

### 3.5. Perhitungan Uji Akurasi

$$\%recovery = \left(\frac{\alpha - SRM}{SRM}\right) \times 100\%$$

$$\%recovery = \left(\frac{0,517 - 0,5}{0,5}\right) \times 100\% = 0,8\%$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - 4\% = 99,2\%$$

Perhitungan uji validasi yaitu uji presisi dan uji akurasi dilakukan dan didapatkan hasil 0,9 % dan uji akurasi adalah 99,2 %. Nilai uji presisi yang baik adalah berada di bawah 2%, karena nilai uji presisi berada di bawah 2% maka hasil pengukuran dan perhitungan memiliki tingkat presisi yang baik terhadap kondisi material peralatan sebenarnya. Nilai uji akurasi yang baik adalah mendekati nilai 100% dan nilai yang didapat adalah 99,2% dapat diartikan hasil pengukuran memiliki ketepatan akurasi yang tinggi terhadap kondisi material peralatan sebenarnya.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian dan pengukuran thermovisi pada bay penghantar I gardu induk 150 kV ujung berung, maka dapat disimpulkan bahwa 9 unit peralatan berada dalam kondisi baik setelah hasil perhitungan selisih suhu klem dan suhu konduktor dibandingkan dengan parameter thermovisi PLN SK DIR 520 2014, yaitu semua selisih suhu klem dan konduktor berada kurang dari 10<sup>0</sup>C. Perhitungan nilai emisivitas menentukan kondisi material peralatan dalam kondisi baik karena rata-rata nilai emisivitas adalah 0,5 sama besar dengan parameter yang ditetapkan oleh PLN menurut standard SPLN 41-7 : 1981 adalah sebesar 0,5. Hasil perhitungan nilai uji presisi 0,9 % berada dibawah 2% serta uji akurasi sebesar 99,2% mendekati 100% sehingga hasil pengukuran dan perhitungan memiliki tingkat presisi dan akurasi yang tinggi terhadap kondisi material peralatan sebenarnya. Suhu lingkungan, bahan material logam aluminium dan besarnya arus yang mengalir sangat berpengaruh pada suhu peralatan terutama konduktor, maka suhu konduktor yang terukur (22,3<sup>0</sup>C) berada di bawah suhu klem (25,5<sup>0</sup>C) tetapi perbedaannya tidak terlalu jauh karena pengukuran dilakukan pada malam hari saat beban puncak dengan suhu maksimal 243 A.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak PT. PLN (Persero) Gardu Induk Ujung Berung yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- PLN. (2014). Buku Pedoman Pemeliharaan No. 0520-2.K/DIR. *PT PLN (PERSERO)*.
- Usamentiaga, dkk. 2014. *Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing*. Department of Computer Science and Engineering, University of Oviedo, Spain.
- Jones, B.F. 1998. A Reappraisal of The Use of Infrared Thermal Image Analysis In Medicine. *IEEE Trans Vol 17, 1019 -1027*.
- Anwar, dkk. (2019). *Penentuan Hot Point dengan Menggunakan Metode Thermovisi pada Gardu Induk 150 kV Purwodadi*. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Harmita. (2004). Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu kefarmasian*, Universitas Indonesia, Depok.
- Gunawan, dkk. (2013). Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Jurnal Dimensi Teknik Elektro*, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Iskandar, dkk. (2013). *Sistem Informasi Gardu Induk dan Gardu Distribusi Berbasis Web*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.