

THERMOVISI DALAM MELIHAT *HOT POINT* PADA GARDU INDUK 150 KV PALUR



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik
Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

RAMADHANI RONI PUTRA

D 400 140 071

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**THERMOVISI DALAM MELIHAT *HOT POINT* PADA GARDU INDUK 150
KV PALUR**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

RAMADHANI RONI PUTRA

D 400 140 071

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar, ST.MT

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

THERMOVISI DALAM MELIHAT *HOT POINT* PADA GI PALUR 150 KV

OLEH

RAMADHANI RONI PUTRA

D 400 140 071

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari rabu, 31 januari 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, ST .MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Jatmiko M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Hasyim Asy'ari, ST .MT
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T.Ph.D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 31 Januari 2018

Penulis



RAMADHANI RONI PUTRA

D 400 140 071

THERMOVISI DALAM MELIHAT *HOT POINT* PADA GARDU INDUK 150 KV PALUR

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

Abstrak

Thermovisi adalah instrument untuk memvisualisasikan dan mendeteksi suhu pada suatu objek yang di tangkap dan di tampilkan ke sebuah display dengan teknologi inframerah. untuk mengetahui suhu panas pada sambungan dan konduktor, agar mendapatkan nilai selisih suhu sambungan terhadap suhu konduktor, sehingga dapat mendeteksi keadaan pada peralatan switchyard dalam keadaan normal atau tidak normal, serta membahas metode pengukuran nilai emisivitas untuk memperoleh nilai emisivitas yang akurat dan baik, agar menyatakan bahwa nilai pengukuran suhu memiliki tingkat akurasi dan persisi yang baik. Titik panas (*hot point*) pada peralatan gardu induk (*switchyard*), merupakan sebuah parameter yang di pantau dan di analisa perubahannya setiap saat. Hal ini berkaitan erat dengan proteksi dan keandalan sistem yang ada di switchyard. Metode yang di gunakan yaitu mencari referensi penelitian, mengumpulkan data penelitian di lokasi, analisa dan perhitungan matematis. Hasil pengukuran suhu klem sambungan di ambil 20 sample suhu untuk perhitungan nilai emisivitas untuk mendapatkan nilai akurasi dan presisi metode uji menggunakan metode vaildasi. Hasil perhitungan dari selisih suhu klem terhadap konduktor di dapat 33 sambung dalam kondisi baik, 3 sambungan dalam kondisi pemeriksaan saat pemeliharaan dan 1 sambungan dalam kondisi perencanaan perbaikan, metode uji emisivitas mendapatkan nilai presisi 0,4 % dan akurasi 99,84 % sehingga metode uji perhitungan di nyatakan dapat digunakan.

Kata Kunci: *emisivitas, titik panas, gardu induk, thermovisi.*

Abstract

Thermovision is an instrument for visualizing and detecting the temperature on an object in the catch and in the show to a display with infrared technology. to find out the temperature of the heat on the connection and the conductor, in order to get the value of the temperature difference between the temperature of the conductor against the connection, so it can detect the State of the switchyard on equipment under normal circumstances or not normal, as well as discussing methods the measurement value of emissivity emissivity value for gaining an accurate and well, that States that the value of the temperature measurement accuracy and has a good persision. The temperature is hot (*hot point*) at carrier substation equipment (*switchyard*), is a parameter on the monitor and in the analysis of changes at any time. It is closely related to the protection and the reliability of existing systems in the switchyard. The method in use i.e. searching for references to research, gather research data on the location, analysis and mathematical calculations. Temperature measurement results in the connection clamps take 20 sample temperature to emissivity value calculation to get the value of test method precision and accuracy using the method vaildasi. The results of the calculation of the temperature difference between the clamps towards the conductor in may 33 dial in good condition, 3 connection in condition when maintenance and inspection 1 connection in planning improvements to the condition of the test method emisitiv, get the value of precision 0.4% and 99.84% accuracy so that the method of calculation of the test in the test can be used.

Key words: *emissivity, hot point, switchyard, thermovision.*

1. PENDAHULUAN

Kondisi kehidupan modern energi listrik sangat berperan dalam industri maupun kehidupan masyarakat biasa. Energi listrik sangat berperan penting dalam menunjang kegiatan dan aktifitas masyarakat dan industri di era modern ini, karena peralatan penunjang aktifitas masyarakat dan industri membutuhkan energi listrik agar dapat beroperasi. Energi listrik yang di perlukan oleh masyarakat memiliki persyaratan-persyaratan *basic* yang harus di penuhi oleh penyedia dan pemasok energi listrik, yaitu dapat mencukupi kebutuhan energi listrik dengan kualitas dan kontinuitas yang baik. Energi listrik dengan kualitas dan kontinuitas yang baik di dapat dengan cara melakukan pemeliharaan secara berkala guna menjaga kondisi setiap peralatan agar dapat berfungsi secara baik dan andal, sehingga dapat mencegah gangguan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada sistem.

Suhu panas (*hot point*) pada peralatan gardu induk (*switchyard*), merupakan sebuah parameter yang di pantau dan di analisa perubahannya setiap saat. Hal ini berkaitan erat dengan proteksi dan keandalan sistem yang ada di switchyard. Selama beroperasi, peralatan gardu induk (*switchyard*) yang menghantarkan arus listrik akan mengalami pemanasan, karena kerugian arus mengalir dalam konduktor yang disebabkan oleh hambatan. Banyaknya peralatan yang sudah berusia tua dan jarak *switchyard* berdekatan dengan perbatasan *switchyard* yang lain, jadi sering mengalami manuver sehingga rawan muncul suhu panas (*hot point*). Bagian terminal dan sambungan pada switchyard adalah bagian yang sering mengalami pemanasan, terutama antara dua metal yang berbeda, serta penampang konduktor yang mengecil karena korosi. sehingga bagian tersebut harus di perhatikan.

Peralatan digital pada era ini sudah merambah ke berbagai bidang tak terkecuali pada peralatan listrik, peralatan digital tersebut dapat digunakan untuk memantau dan mendeteksi berbagai keadaan yang terjadi di peralatan listrik, sehingga dapat membantu proses pemeliharaan keadaan sistem, misalnya pemeriksaan sambungan pada *switchyard* dengan termovisi.

Termovisi adalah instrument untuk memvisualisasikan dan mendeteksi suhu pada suatu objek yang di tangkap dan di tampilkan ke sebuah display dengan teknologi inframerah yang merupakan bagian sepektrum radiasi gelombang elektromagnetik. Infra merah memiliki panjang gelombang antara 750 nm hingga 100 μm . Alat ini di gunakan memvisualisasikan suhu panas pada sambungan dan konduktor rangkain listrik di switchyard dalam kondisi berbeban.

Berdasarkan hal tersebut peneliti melakukan termovisi di gardu induk 150 kV palur, untuk mengetahui suhu panas (*hotpoint*) pada sambungan dan konduktor, agar mendapatkan nilai selisih

suhu sambungan terhadap suhu konduktor, sehingga dapat mendeteksi keadaan pada peralatan *switchyard* dalam keadaan normal atau tidak normal, serta membahas metode pengukuran nilai emisivitas untuk memperoleh metode uji yang akurat dan baik, agar menyatakan bahwa nilai pengukuran suhunya memiliki tingkat akurasi dan persisi yang baik.

2. METODE

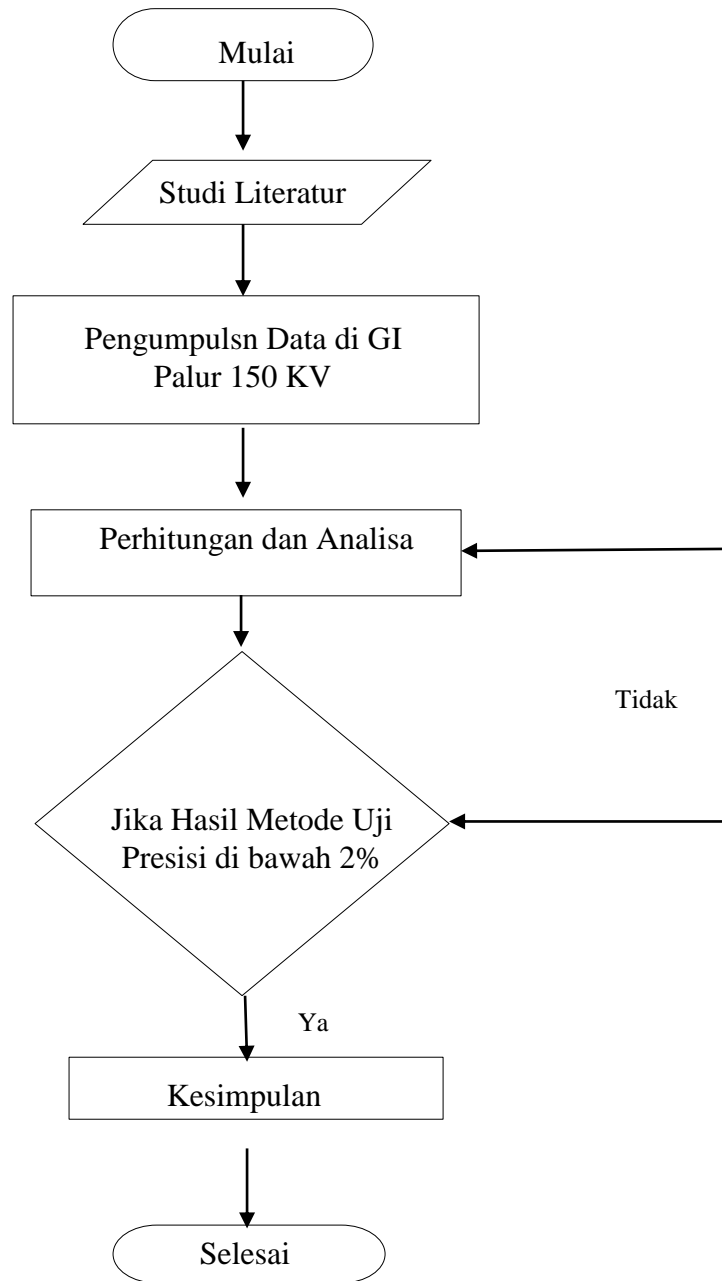
Penulis menggunakan metode yaitu mencari referensi penelitian, mengumpulkan data penelitian di lokasi, analisa dan perhitungan matematis. Pengumpulan data dilakukan satu kali dalam satu bulan yaitu bulan desember 2017 di gardu induk palur 150 kV. Pengambilan data di lakukan dengan thermovisi menggunakan alat thermo imagers untuk mengukur suhu pada permukaan klem sambungan dan konduktor. alat ukur thermovisi juga digunakan untuk melihat nilai emisivitas objek yang diukur untuk di cari rata-rata nilai emisivitasnya, lalu metode uji perhitungannya akan di masukan ke metode vaildasi untuk memperoleh metode uji yang memliki presisi dan akurasi yang baik. Gardu induk 150 kV palur memiliki 10 bay yang terdiri dari 6 bay penghantar, 3 bay trafo, dan 1 bay kopel sehingga memiliki banyak sambungan dan konduktor yang perlu di lihat suhunya menggunakan alat thermal imagers. Pelaksanaan pengukuran temperature menggunakan thermovisi dilakukan di 2 titik yaitu, temperature pada konduktor dan temperature pada klem sambungan. Standard pengukuran thermovisi untuk membandingkam suhu klem dan suhu konduktor menggunakan persamaan pendekatan kriteria delta – t (ΔT) adalah sebagai berikut :

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

Keterangan :

ΔT	= Selisih suhu klem terhadap konduktor
I_{maks}	= Arus maksimal
$I_{saat\ thermovisi}$	= Arus saat thermovisi
T_{klem}	= Suhu klem (sambungan)
$T_{konduktor}$	= Suhu konduktor

Flowchart Penelitian



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sambungan konduktor menghasilkan tahanan sambungan (tahanan kontak). Sambungan yang memiliki tahanan kontak yang lebih besar dari tahanan konduktor akan mengakibatkan panas

yang lebih tinggi pada sambungan tersebut (*Hot Point*), sehingga semakin besar arus listrik yang mengalir pada penghantar maka semakin tinggi temperaturnya. Keadaan tahanan kontak di pengaruhi beberapa faktor yaitu, kebersihan bidang kontak sambung, kekencangan baut pengikat (untuk tipe baut), kerapatan pengepresan (untuk tipe press), dan perbedaan bahan pada bidang sambungan.

3.1 Alat pengukur suhu dan cara pengambilan data

Pengukuran menggunakan alat *thermo imagers*, yaitu Fluke Ti110 :



Gambar 2. Alat thermovisi Fluke Ti110

Tabel 1. Spesifikasi alat thermovisi Fluke Ti110

Fitur utama	
<i>IFOV (spatial resolution)</i>	<i>3.39 mRad</i>
Resolusi deteksi	<i>160x120 (19,200 pixels)</i>
Bidang Pandang	<i>22.5°H x 31 °V</i>
Jarak Minimum Fokus	<i>15 cm (6 in)</i>
Sistem Fokus	<i>IR-OptiFlex focus system (focus free and manual focus</i>
Konektivitas <i>Wireless</i>	<i>Fluke connect app compatible with included wireless SD card</i>
Teknologi <i>IR-fusion</i>	<i>IR-Fusion AutoBlend mode and picture-in-picture</i>
Tampilan desain	<i>3,5 inch diagonal (portrait format) Rugged, lightweight, ergonomic, design dor one-handed use</i>
<i>Thermal sensitivity (NETD)</i>	<i>≤ 0.10 °C at 30 °C target temp (100 mK)</i>
Kisaran pengukuran suhu	<i>-20 °C to +250 °C (-4 °F to +482 °F)</i>
<i>Built-in digital camera (visible light)</i>	<i>2 megapixel industrial performance</i>
Data storage and image capture	
<i>Extensive memory options</i>	<i>Removeable 4Gb SD memory card and 8Gb wireless SD card (where available); direct download via USB-to-PC connection</i>

Format file gambar	<i>Non-radiometric (.bmp) or (.jpeg) or fully-radiometric (.is2) no analysis software required for non radiometric (.bmp, .jpg and .avi) files</i>
Smart view software	<i>Smart view software, fluke connect, and SmartView Mobile App-full analysis and reporting software</i>
Voice annotation	<i>60 seconds maximum recording time per image; reviewable playback on camera</i>
IR-PhotosNotes	<i>Yes (3 images)</i>
Perekaman video	<i>Standard</i>
Baterai	
<i>Batteries (field replaceable rechargeable)</i>	<i>One lithium ion smart battery pack with five-segment LED display to show charge level</i>
<i>Ac battery charging system</i>	<i>In-imager charging. Optional two bay battery charger or optional 12 V automotive charging adapter</i>
Pengukuran suhu	
Akurasi	<i>± 2 °C or 2 % (at 25 °C nominal, whichever is greater)</i>
<i>On-screen emissivity correction</i>	<i>Yes (both value and table)</i>
<i>On-screen reflected background temperature compensation</i>	<i>Yes</i>
<i>On-screen transmission correction</i>	<i>Yes</i>
General specifications	
<i>Color palettes</i>	<i>8 standard and 3 ultra contrast, ironbow, blue-red, high contrast, amber, amber inverted, hot metal, grayscale, grayscale inverted</i>
<i>Color alarms (temperature alarms)</i>	<i>High temperature, low temperature</i>
<i>User-definable spot markers</i>	<i>3 user definable spot makers on camera and in SmartView software</i>
<i>Center box</i>	<i>Expandable-contractable measurement box with Min-Max-Avg temp</i>
<i>Drop</i>	<i>Engineered to withstand 2 mete (6.5 feet) drop</i>
<i>Size (H x W x L)</i>	<i>28,3 cm x 8,6 cm x 13,5 cm (11.2 in x 3.4 in x 5.3 in)</i>
<i>Bobot (termasuk baterai)</i>	<i>0.73 kg (1.6 lb)</i>
<i>Enclose rating</i>	<i>IP54 (protected against dust, image limited; protection against water spray from all directions)</i>
<i>Garansi</i>	<i>Two-years (standard), extended warranties are available</i>

Gambar 3. Fitur dan kontrol alat thermovisi

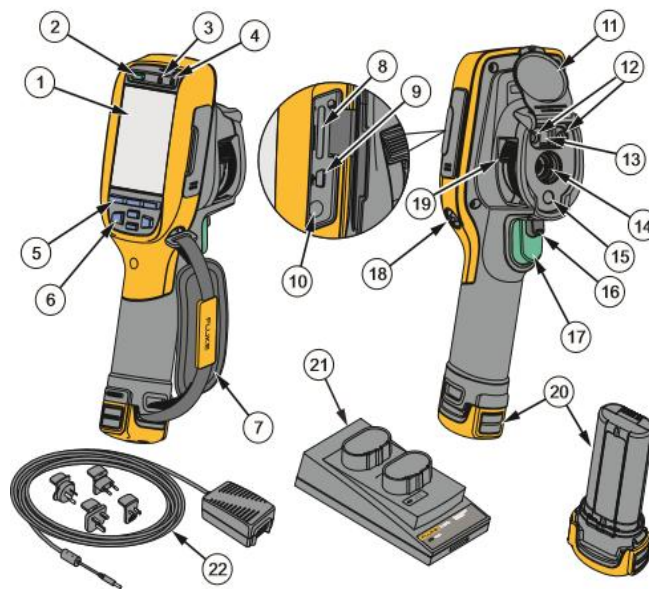


Table 2. Keterangan gambar dan fitur kontrol alat thermovisi

No	Keterangan
1	<i>LCD display</i>
2	<i>Power on/off</i>
3	<i>Speaker</i>
4	<i>Microphone Function buttons (F1, F2, and F3)</i>
5	<i>Function buttons (F1, F2, and F3)</i>
6	<i>Arrow buttons</i>
7	<i>Hand strap</i>
8	<i>SD memory card slot</i>
9	<i>USB cable connection</i>
10	<i>AC adapte/charger input terminal</i>
11	<i>Retractable lens cover</i>
12	<i>Torch/flashlight</i>
13	<i>Visual camera and lens</i>
14	<i>Infrared camera lens</i>
15	<i>Laser pointer</i>
16	<i>Secondary trigger</i>
17	<i>Primary trigger</i>
18	<i>Hand strap anchor post (right and left)</i>
19	<i>IR-OptiFlex focus control</i>
20	<i>Lithium-ion smart battery</i>
21	<i>2-bay battery charging base</i>
22	<i>AC power adapter with mains adapters</i>

Cara pengambilan data temperatur menggunakan alat thermovisi Fluke Ti110 :

a. Atur alat thermovisi Fluke Ti110. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Tekan Tombol On untuk mengaktifkan alatnya.
2. Fokuskan lensa ke objek yang akan di ukur.
3. lalu *shoot* object, dan otomatis nilai pengukuran temperatur tampil di layar.
4. jika ingin mengambil gambar objek pengukuran klik, *save*.

b. Catat nilai pengukuran temperatur objek dan 20 sample nilai emisivitas dari klem sambungan yang tampil di layar alat sebagai data pengukuran.

Thermovisi memiliki standard kondisi dalam menentukan suhunya sesuai rekomendasi buku PLN SK DIR 520 2014 sebagai berikut :

1. 0 – 10 °C : kondisi baik
2. > 10°C - 25°C : periksa saat pemeliharaan
3. > 25°C - 40°C : rencana perbaikan (maksimal 30 hari)
4. > 40°C - 70°C : perbaikan segera
5. 70°C : kondisi darurat

Tabel 3. Rekomendasi Tindakan

Perbedaan temperature	Tindakan yang direkomendasikan
Jika beban pada saat uji thermovisi kurang 10% dari arus tertinggi yang pernah di capai	Periksa hasil ukur
Jika beda suhu maksimal lebih besar dan sama dengan 10°C	Kondisi baik
Jika beda suhu pada beban maksimal lebih besar sama dengan 10°C tetapi kurang dari 25°C	Periksa saat HAR
Jika beda suhu pada beban maksimal lebih besar sama dengan 25°C tetapi kurang dari 50°C	Perbaiki < 3 bulan
Jika beda suhu pada beban maksimal lebih besar sama dengan 50°C tetapi kurang dari 70°C	Segera perbaiki < 1 bulan
Jika beda suhu pada beban maksimal lebih besar dan sama dengan 70°C	Kondisi darurat < 3 hari

3.2 Perhitungan suhu perbandingan suhu sambungan dengan konduktor di gardu induk 150 KV palur di bulan desember 2017

Pelaksanaan thermovisi telah melakukan pengambilan data pengukuran temperatur dari beberapa titik sambungan dan konduktor dari 1bay dari 10 keseluruhan bay yang ada di gardu induk Palur 150 kV sebagai sampel penelitian, setelah itu untuk memberikan kesimpulan atas hasil pengukuran yang bervariasi dan dalam beban yang berbeda-beda dimasukkan ke persamaan 1 pendekatan kriteria ΔT (Delta – T), Perhitungan mengambil 14 sampel data yang ada dari 1 bay sampel dar 10 bay yang ada di GI palur 150 kV :

3.2.1 Perhitungan pada Bay Trafo 1

$$\text{Terminal LA fasa R} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (25 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal LA fasa S} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (25 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal LA fasa T} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (25 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal CT arah bushing fasa R} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (25 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal CT arah bushing fasa S} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (25 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal CT arah bushing fasa T} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (25 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal CT arah PMT fasa R} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (25 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal CT arah PMT fasa S} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (25 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal CT arah PMT fasa T} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (25 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal PMT arah CT fasa R} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (26 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 2.7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal PMT arah CT fasa S} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (27 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 4.06 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal PMS Bus 1 arah PMT fasa R} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (35 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 1.35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal PMS Bus 1 arah PMT fasa S} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (47 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 31.13 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Terminal PMS Bus 1 arah PMT fasa T} = \left(\frac{178 \text{ A}}{153 \text{ A}}\right)^2 \cdot (26 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}) = 2.7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tabel 4. Thermovisi bay trafo 1 GI palur KV desember 2017

Obyek / Instalasi	Arus Tertinggi yang pernah dicapai	Arus Saat Shooting	Suhu Klem Saat Shooting	Suhu Konduktor Saat Shooting	Selisih Suhu Klem Terhadap Konduktor Delta T
	(A)	(A)	(C ^o)	(C ^o)	(C ^o)
	a	b	c	d	$e=(a^2/b^2)x(c-d)$
					$0,5 \geq 1$
Bay Trafo 1					
- Terminal LA Phasa R	178	153	25	24	1.35
- Terminal LA Phasa S	178	153	25	24	1.35
- Terminal LA Phasa T	178	153	25	24	1.35
- Terminal CT arah Bushing Phasa R	178	153	25	24	1.35
- Terminal CT arah Bushing Phasa S	178	153	25	24	1.35
- Terminal CT arah Bushing Phasa T	178	153	25	24	1.35
- Terminal CT arah PMT Phasa R	178	153	25	24	1.35
- Terminal CT arah PMT Phasa S	178	153	25	24	1.35
- Terminal CT arah PMT Phasa T	178	153	25	24	1.35
- Terminal PMT arah CT Phasa R	178	153	26	24	3
- Terminal PMT arah CT Phasa S	178	153	27	24	4
- Terminal PMT arah CT Phasa T	178	153	25	24	1.35
- Terminal PMT arah PMS Phasa R	178	153	25	24	1.35
- Terminal PMT arah PMS Phasa S	178	153	25	24	1.35
- Terminal PMT arah PMS Phasa T	178	153	25	24	1.35
- Terminal PMS Bus I arah PMT Phasa R	178	153	35	24	15
- Terminal PMS Bus I arah PMT Phasa S	178	153	47	24	31
- Terminal PMS Bus I arah PMT Phasa T	178	153	26	24	3
- Terminal PMS Bus I arah Busbar Phasa R	178	153	25	24	1.35
- Terminal PMS Bus I arah Busbar Phasa S	178	153	34	24	14
- Terminal PMS Bus I arah Busbar Phasa T	178	153	38	24	19
- Terminal PMS Bus II arah PMT Phasa R	178	153	24	24	0
- Terminal PMS Bus II arah PMT Phasa S	178	153	24	24	0
- Terminal PMS Bus II arah PMT Phasa T	178	153	24	24	0
- Terminal PMS Bus II arah Busbar Phasa R	178	153	24	24	0
- Terminal PMS Bus II arah Busbar Phasa S	178	153	24	24	0
- Terminal PMS Bus II arah Busbar Phasa T	178	153	24	24	0
- Kontak PMS Bus I Phasa R	178	153	25	24	1.35
- Kontak PMS Bus I Phasa S	178	153	25	24	1.35
- Kontak PMS Bus I Phasa T	178	153	25	24	1.35
- T. Klem Pada Bus I Phasa R	178	153	25	24	1.35
- T. Klem Pada Bus I Phasa S	178	153	25	24	1.35
- T. Klem Pada Bus I Phasa T	178	153	25	24	1.35
- T. Klem Pada Bus II Phasa R	178	153	26	24	3
- T. Klem Pada Bus II Phasa S	178	153	25	24	1.35
- T. Klem Pada Bus II Phasa T	178	153	25	24	0

Table 4 merupakan kumpulan data thermovisi serta hasil perhitungan selisih suhu klem terhadap suhu konduktor di gardu induk 150 kV palur pada bulan desember 2017, yang hasil perhitungan perbandingannya telah di bulatkan jika 1 angka setelah desimal lebih besar dari 5 maka, dibulatkan menjadi 1 ($0,5 \geq 1$), dari data hasil perhitungan tersebut dapat menunjukkan beberapa kondisi tindakan dalam menentukan suhunya apakah temperatur tersebut masih dalam kondis aman atau berbahaya yaitu, 33 sambungan dalam kondisi baik, 3 sambungan dalam kondisi pemeriksaan saat pemeliharaan, 1 sambungan dalam kondisi perencanaan perbaikan. Kondisi – kondis tersebut dapat sebagai acuan untuk mentindak lanjuti keadaan pada sambungan peralatan yang ada di gardu induk 150 kV palur, sehingga dapat meminimalisir kerusakan yang akan terjadi di perlatan gardu induk 150 kV palur.

3.3 Pengukuran nilai Emisitivitas

Emisitivitas dari sebuah bahan adalah rasio dari total energi yang dipancarkan oleh permukaan bahan terhadap energy yang dipancarakan oleh *black body* pada suhu dan panjang gelombang yang sama. Emisitivitas adalah sebuah kemampuan bahan untuk menyerap dan memancarkan energy inframerah. Emisitivitas adalah besaran dimensional yang tidak meiliki satuan. Untuk memperoleh nilai suhu yang akurat dari sebuah pengukuran, jadi harus diketahuinya nilai emistivitas.

Nilai emisitivitas yang akan di gunakan sebagai acuan di ambil dari table emisivitas yg dikeluarkan oleh fluke *Corporation* yaitu emisitivitas Alumunium 0,90 diukur pada panjang gelombang 8-14 μm . Table 5. mengambil sampel 20 suhu klem pada terminal yang ada di bay trafo 1 di GI Palur 150 kV, untuk perhitungan nilai emisivitas.

Table 5. Hasil pengukuran nilai emisivitas klem sambungan

No	Suhu pengukuran		Suhu terkoreksi		Emisivitas
	Suhu klem	Suhu ambient	Suhu klem	Suhu ambient	
1	24.7	20.8	25	20.8	0.91
2	24.7	20.8	25	20.8	0.91
3	24.7	20.8	25	20.8	0.90
4	24.6	21.4	25	21.4	0.90
5	24.6	21.4	25	21.4	0.90
6	24.6	21.4	25	21.4	0.90
7	24.7	22.1	25	22.1	0.90
8	24.7	22.1	25	22.1	0.90
9	24.7	22.1	25	22.1	0.90
10	25.8	21.8	26	21.8	0.90
11	26.8	21.8	27	21.8	0.90
12	24.8	21.8	25	21.8	0.90
13	24.6	21.1	25	21.1	0.90
14	24.6	21.1	25	21.1	0.90
15	24.7	21.1	25	21.1	0.90
16	34.7	20.9	35	20.9	0.91
17	46.7	20.9	47	20.9	0.90
18	25.8	21.6	26	21.6	0.90
19	24.8	21.6	25	21.6	0.90
20	34.8	22.1	34	22.1	0.90
Rata - rata emisitivitas					0.9015

Dari pengukuran nilai emisivitas pada 20 sample klem sambungan yang ada di table 5 mendapatkan nilai rata-rata emisivitas 0.9015, dan pergeseran nilai suhu pengukuran ke nilai terkoreksi dari 0,2 - 0,4 .

3.4 Validasi Metode

Hasil uji yang valid dapat di gambarkan sebagai hasil uji yang mempunyai akurasi (*accuracy*) dan presisi (*percission*) yang baik. Metode pengujian berperan penting dalam memperoleh akurasi dan presisi yang baik. Presisi biasanya dinyatakan dengan *coefficient of variation* (CV) dan *Realative standard devition* (RSD). Jika $CV < 2\%$ maka dapat dikatakan metode tersebut memberikan presisi yang baik. CV dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$CV = \left(\frac{SD}{\alpha}\right) \times 100 \% \quad (2)$$

Keterangan :
 CV = Variasi kofiesien
 SD = *standard deviatition* (simpangan baku)
 α = Nilai rata – rata emisivitas

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

Keterangan :
 SD = *standard deviatition* (simpangan baku)
 $\Sigma (x - \alpha)^2$ = jumlah total nilai emisivitas dikurang rata-rata nilai emisivitas
 n = Jumlah

Salah satu cara yang digunakan untuk mengevaluasi akurasi metode uji adalah uji terhadap *standard reference material* (RSM). Bias hasil uji dari metode yang di evaluasi terhadap nilai sebenarnya menggambarkan seberapa tinggi akurasi metode uji tersebut. Nilai bias dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\% bias = \left(\frac{(\alpha) - x \text{ benar}}{x \text{ benar}}\right) \times 100 \% \quad (4)$$

Keterangan :
 $\% bias$ = persentase nilai bias
 α = Nilai rata – rata emisivitas
 $x \text{ benar}$ = nilai yang benar

Sehingga akurasi dapat di hitung sebagai berikut :

$$\% Akurasi = 100 \% - \% bias \quad (5)$$

Keterangan :
 $\% akurasi$ = persentase nilai akurasi
 $\% bias$ = persentase niali bias

Tabel 6. Perhitungan nilai Koefisien variasi (CV)

No	x	α	$(x - \alpha)$	$(x - \alpha)^2$
1	0.91	0.9015	0.0085	0.00007225
2	0.91	0.9015	0.0085	0.00007225
3	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
4	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
5	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
6	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
7	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
8	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
9	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
10	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
11	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
12	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
13	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
14	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
15	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
16	0.91	0.9015	0.0085	0.00007225
17	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
18	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
19	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
20	0.90	0.9015	- 0.0015	0.00000225
$\Sigma (x - \alpha)^2$				0.000255
$SD = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \alpha)^2}{n-1}}$				0.00366347513
$CV = \frac{SD}{\alpha} \times 100 \%$				0.4 %

Perhitungan table 6 di ambil dari persamaan 2 dan persamaan 3 sebagi berikut =

$$SD = \sqrt{\frac{0.000255}{20-1}} = 0.00366347513$$

Jadi nilai SD = 0.00366347513

$$CV = \frac{0.00366347513}{0.9015} \times 100 \% = 0.4 \%$$

Jadi nilai CV = 0.4 %

Jadi perhitungan koefisien variasi ini mendapatkan nilai 0.4 % lebih baik di atas standar baik nilai koefisien variasi (2 %), jadi perhitungan ini menyatakan persisi terhadap metode uji nya baik.

Nilai akurasi dapat di hitung dengan persamaan 4 dan 5, sebagai berikut :

$$\% \text{ Bias} = \left(\frac{0.9015 - 0.90}{0.90} \right) \times 100 \% = 0.16 \%$$

% akurasi = (100 % - 0.16 %) = 99,84 %

Berdasarkan hasil perhitungan diatas di dapat nilai % bias = 0.16 % dan nilai % akurasi 99,84 %, jadi nilai akurasi dari metode uji tersebut hampir mencapai 100 % akurasi perhitunganya.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penulisan dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan selisih suhu klem terhadap konduktor dapat menunjukkan beberapa kondisi tindakan dalam menentukan *hotpoint* apakah temperatur titik sambungan tersebut masih dalam kondis aman atau berbahaya yaitu, 33 sambungan pada terminal dalam kondisi baik, 3 sambungan pada terminal dalam kondisi pemeriksaan saat pemeliharaan dan 1 sambungan pada terminal dalam kondisi perencanaan perbaikan, Kondisi-kondis tersebut dapat sebagai acuan untuk bertindak lanjuti keadaan pada sambungan peralatan yang ada di gardu induk 150 kV palur.
2. Pengukuran nilai emasivitas mengambil sampel 20 suhu pengukuran klem pada terminal yang ada di bay trafo 1 di gardu induk 150 kV palur, perhitungan tersebut menghasilkan nilai presisi 0,4 % dan akurasi 99,84 % sehingga metode perhitungan di nyatakan dapat digunakan.

PERSANTUNAN

Pada kesempatan ini penulis banyak mengucapkan terima kasih, kepada berbagai pihak yg membantu dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir, sebagai berikut :

1. Allah S.W.T yang telah memberikan rezeki dan segala hal kepada seluruh umat-Nya.
2. Kedua Orangtua yang telah memberikan dukungan, semangat serta berbagai hal lainnya.
3. Bapak Umar, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir dan ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak dan ibu dosen yang telah memberikan bekal ilmu yang mendukung penulisan tugas akhir.
5. Dwi Cahyo, Cahyo Juli, Faris , Amoreza, Muchtar Arifin, sebagai teman satu perjuangan yang memberikan bantuan dalam penyelesaian tugas akhir.
6. Seluruh pihak yang terkait yang tidak sempat di sebutkan oleh penulis, yang memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- E Yusif, Mahmoud. (2014). *The Electromagnetic Radiation Mechanism*. Physics Department, University of Nairobi.
- Fluke, (2012) *User Manual: Ti00,Ti105,Ti110,Ti125,TiR105,TiR110,TiR125 Thermal Imagers*, Fluke Corp.
- Harmita, (2004). *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya*, Majalah Ilmu Keafarmasian, Vol, I, No.3, 117-135.
- PLN , (2014) *Buku Pedoman Pemeliharaan*, No. 0520-2.K/DIR. PT PLN (PERSERO).
- Szajewska, A. (2017). *Development of the Thermal Imaging Camera (TIC) Technology*. The Faculty of Fire Safety Engineering, The Main School of Fire Service.