



ANALISIS EMISIVITAS KLEM SAMBUNG TRANSMISSION LINE BAY 150 KV MENGUNAKAN *THERMAL IMAGER*

Noor Zjulfa Helmy¹, Diah Arie W.K², Danang Erwanto³

Article History:

Submitted: 25 - 07 - 2021

Revised: 12 - 08 - 2021

Accepted: 17 - 08 - 2021

Keywords:

*Emissivity; Thermovision;
Thermal Imager.*

Abstract

Hot spot at a substation equipment connection point of the State Electricity Company (PLN), is one of the parameters that are monitored and analyzed changes at all times. Monitoring of heat point clamps connected equipment by PLN using thermovision method. One important object trait in temperature measurement using thermovision methods is emissivity. For this reason, the thermal imager tool is equipped with an emissivity regulation function to match the object's measured emission to obtain the correct object temperature. However, in many cases, objects are measured more than one with different emissivity. Thus, differences in the emissivity of thermal imagers and objects are inevitable. Automatically, measurement errors occur that can lead to incorrect analysis and hypotheses. Based on the role of this thermovision, the researchers conducted testing of several types of clamp samples installed in substations PT. PLN (Persero) to determine its emissivity value. The results showed the thermal imager tool has an accuracy value against the emissivity value reading of 97.67 % at 20 W clamp power and 97.07% at 100 W clamp power

Kata Kunci:

*Emisivitas; Thermovisi;
Thermal Imager*

Koresponding:

Universitas Islam Kadiri,
Jawa Timur, Indonesia

Email:

johnintel90@gmail.com

Abstrak

Titik panas pada suatu titik sambung peralatan gardu induk Perusahaan Listrik Negara (PLN), merupakan salah satu parameter yang dipantau dan dianalisa perubahannya setiap saat. Pemantauan titik panas klem sambung peralatan oleh PLN menggunakan metode thermovisi. Satu sifat objek yang penting dalam pengukuran suhu menggunakan metode thermovisi adalah emisivitas. Untuk itulah, alat *thermal imager* dilengkapi dengan fungsi pengaturan emisivitas untuk mencocokkan dengan emisivitas objek yang diukur untuk mendapatkan suhu objek yang benar. Namun, dalam banyak kasus, objek yang diukur lebih dari satu dengan emisivitas yang berbeda-beda pula. Sehingga, perbedaan emisivitas alat *thermal imager* dan objek tidak bisa dihindari. Otomatis, terjadi kesalahan pengukuran yang bisa mengarahkan pada analisa dan hipotesa yang salah. Atas dasar peranan dari thermovisi ini, maka peneliti melakukan pengujian beberapa jenis sampel klem yang terpasang di Gardu Induk PT. PLN (Persero) untuk ditentukan nilai emisivitasnya. Hasil dari penelitian menunjukkan alat *thermal imager* memiliki nilai akurasi terhadap pembacaan nilai emisivitas sebesar 97,67 % pada daya klem 20 W dan 97,07% pada daya klem 100 W.

Universitas Islam Kadiri, Jawa Timur, Indonesia

Email: diahariewk@yahoo.co.id

Universitas Islam Kadiri, Jawa Timur, Indonesia

Email: danang.ervanto@gmail.com

PENDAHULUAN

Gardu Induk merupakan sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi) energi listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi). Penyaluran (transmisi) merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik. Berarti, gardu induk merupakan sub-sub sistem dari sistem tenaga listrik. Sebagai sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi), gardu induk mempunyai peranan penting, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran (transmisi) secara keseluruhan. Betapa pentingnya peranan dari Gardu Induk maka diperlukan manajemen pemeliharaan yang baik agar terhindar dari kerusakan atau gangguan secara mendadak karena mala fungsi peralatan yang menunjang penyaluran energi listrik di dalam Gardu Induk. Salah satu bentuk pencegahan atau tindakan preventive dari gangguan mendadak dan merupakan bagian dari pemeliharaan adalah pemantauan suhu dari sambungan konduktor antar peralatan dengan metode thermovisi secara berkala. Suhu panas yang berlebih pada sambungan yang melebihi kekuatan dari bahan sambungan dapat menyebabkan sambungan menjadi meleleh sehingga mengganggu penyaluran dari energi listrik.

Satu sifat objek yang penting dalam pengukuran suhu menggunakan metode thermovisi adalah emisivitas. Nilai emisivitas objek menunjukkan tingkat kemampuan objek untuk merepresentasikan energi panas yang dikandungnya dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnet (sebagian besar dalam ranah inframerah). Jadi, objek dengan nilai emisivitas lebih besar akan meradiasikan inframerah dengan intensitas yang lebih tinggi dari objek dengan emisivitas lebih rendah pada suhu yang sama. Untuk itulah, alat thermal imager dilengkapi dengan fungsi pengaturan emisivitas untuk mencocokkan dengan emisivitas objek yang diukur untuk mendapatkan suhu objek yang benar. Namun, dalam banyak kasus, objek yang diukur lebih dari satu dengan emisivitas yang berbeda-beda pula. Sehingga, perbedaan emisivitas alat thermal imager dan objek tidak bisa dihindari. Otomatis, terjadi kesalahan pengukuran yang bisa mengarahkan pada analisa dan hipotesa yang salah.

Atas dasar peranan dari thermovisi ini, maka peneliti melakukan pengujian beberapa jenis sampel klem yang terpasang di Gardu Induk PT. PLN (Persero) khususnya pada wilayah Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Kediri untuk ditentukan nilai emisivitasnya sehingga dalam pelaksanaan thermovisi menggunakan alat thermal imager merk Satir tipe D300 lebih akurat.

METODE PENELITIAN

Emissivity Measurement Apparatus dibuat sebagai pengujian untuk mencari data suhu dari klem dan dari data yang diperoleh akan ditentukan nilai emisivitas klem tersebut. *Emissivity Measurement Apparatus* digunakan oleh beberapa universitas di India sebagai bahan ajar laboratorium untuk mengetahui nilai emisivitas suatu bahan yang berwarna abu-abu, salah satunya adalah *Department of Mechanical Engineering Bapuji Institute of Engineering and Technology, Davanagere*. Cara kerja *Emissivity Measurement Apparatus* yang dibuat ini adalah memanaskan sampel klem yang berwarna asli dan sampel klem yang sudah dicat berwarna hitam di dalam box panel dengan *heater* berdaya 20 W dan 100 W yang digunakan secara bergantian. Kemudian ditutup rapat agar pemanasan sampel klem cepat merata dan tidak terlalu terpengaruh dengan suhu sekitar. Nilai suhu klem diukur menggunakan termokopel. Hasil penunjukan termokopel dicatat dan dimasukkan ke dalam formula penentuan nilai emisivitas klem sampel.

Pada pengujian akan menggunakan klem berwarna hitam dan sampel klem yang akan dicari nilai emisivitasnya. Kemudian kedua klem dipanaskan menggunakan *heater* di dalam wadah tertutup dan diukur suhunya oleh termokopel. Dalam kondisi suhu yang stabil dan menggunakan hukum Stefan-Boltzman maka daya input kedua klem adalah sebagai berikut:

Untuk klem berwarna hitam:

$$P_b = e_b \cdot \sigma \cdot A_b \cdot [T_b^4 - T_a^4] \quad (1)$$

Untuk klem sampel:

$$P_s = e_s \cdot \sigma \cdot A_s \cdot [T_s^4 - T_a^4] \quad (2)$$

Dimana:

P_b = Daya klem warna hitam (Watt)

P_s = Daya klem sampel (Watt)

e_b = Emisivitas klem warna hitam ($e_b = 1$)

e_s = Emisivitas klem sampel

σ = Konstanta Stefan Boltzman = $5,672 \times 10^{-8} \text{ Watt } m^{-2} K^{-4}$

A_b = Luas permukaan klem warna hitam (m^2)

A_s = Luasan permukaan klem sampel (m^2)

T_b = Suhu klem warna hitam (K)

T_s = Suhu klem sampel (K)

T_a = Suhu chamber / suhu ruang (K)

Karena nilai daya yang diinputkan dan luas permukaan serta nilai konstanta Stefan Boltzman pada klem warna hitam dengan klem sampel pada percobaan sama, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$P_b = P_t$$

$$e_b \cdot \sigma \cdot A_b \cdot [T_b^4 - T_a^4] = e_s \cdot \sigma \cdot A_s \cdot [T_s^4 - T_a^4]$$

$$e_b \cdot [T_b^4 - T_a^4] = e_s \cdot [T_s^4 - T_a^4]$$

$$e_s = e_b \frac{[T_b^4 - T_a^4]}{[T_s^4 - T_a^4]}$$

Setelah mendapatkan nilai percobaan dan dihitung nilai emisivitasnya, maka hasilnya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat *thermal imager* merk Satir tipe D300. Kemudian hasil tangkapan gambar alat *thermal imager* dianalisa menggunakan *software* SatIRWizard untuk dibandingkan dengan hasil pengukuran dari termokopel dan dihitung nilai akurasinya. Uji akurasi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\%recovery = \left| \frac{(\alpha - x \text{ benar})}{x - \text{benar}} \right| \times 100\%$$

Dimana:

%recovery = Presentase nilai bias

α = Nilai emisivitas *thermal imager*

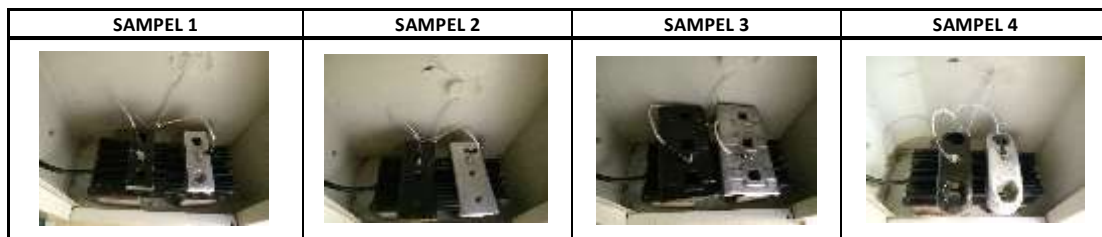
x benar = Nilai emisivitas penentuan

Kemudian total nilai akurasi = 100% - % recovery

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan pertama ini bertujuan untuk menentukan nilai emisivitas dari klem sampel warna asli yang dipanaskan dengan *heater* berdaya 20 W dengan suhu yang diserap oleh klem sampel rata-rata 40^o C.

Gambar 1
Pengujian klem sampel warna asli dengan *heater* 20 W



Tabel 1
Data penentuan nilai emisivitas klem sampel warna asli dengan *heater* 20W

Sampel	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	T _b		T _s		T _a		E _s
				° C	K	° C	K	° C	K	
1	226,7	0,08	18,136	54,5	327,65	59,1	332,25	42,4	315,55	0,71
2	228,1	0,08	18,248	46,6	319,75	49,7	322,85	39,1	312,25	0,70
3	227,5	0,08	18,2	43,9	317,05	44,1	317,25	42,1	315,25	0,90
4	226,4	0,09	20,376	48,2	321,35	49,3	322,45	45,3	318,45	0,72

Kemudian pada percobaan kedua bertujuan untuk menentukan nilai emisivitas dari klem sampel warna asli yang dipanaskan dengan *heater* berdaya 100W dengan suhu yang diserap oleh klem sampel rata-rata 100° C.

Gambar 2
Pengujian klem sampel warna asli dengan *heater* 100 W



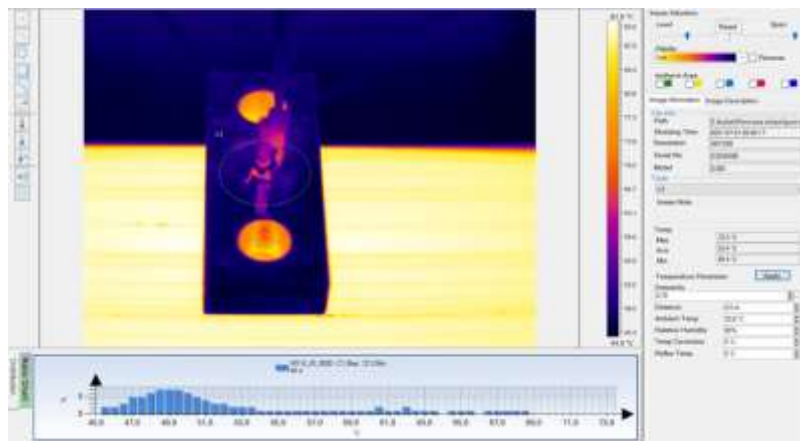
Tabel 2
Data penentuan nilai emisivitas klem sampel warna asli dengan *heater* 100W

Sampel	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	T _b		T _s		T _a		E _s
				° C	K	° C	K	° C	K	
1	229,8	0,34	78,132	100,2	373,35	106,5	379,65	88,3	361,45	0,64
2	233,4	0,35	81,69	100,6	373,75	112,5	385,65	83,7	356,85	0,56
3	237,1	0,35	82,985	102,4	375,55	111,1	384,25	86,6	359,75	0,62
4	235,6	0,35	82,46	99,7	372,85	110,3	383,45	79,1	352,25	0,63

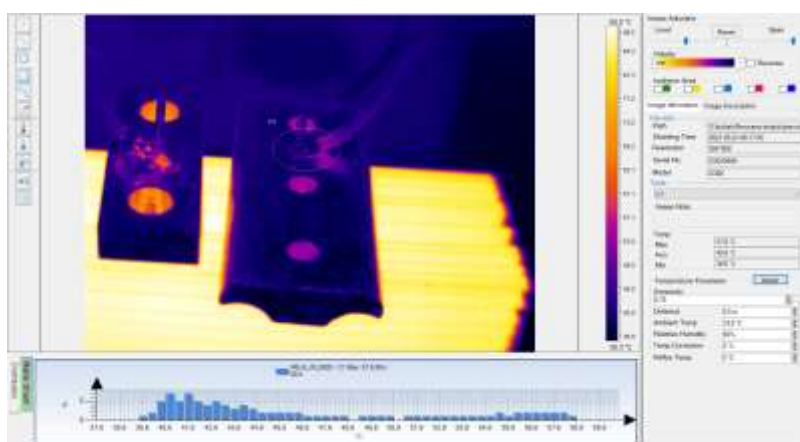
Dari hasil percobaan pertama penentuan nilai emisivitas klem sampel warna asli dengan pemanas *heater* 20 W terlihat bahwa terdapat perbedaan nilai emisivitas antar klem sampel. Hal ini karena bahan pembuatan antar klem sampel berbeda. Komposisi bahan dan teknik pengecoran klem berbeda satu dengan yang lain sehingga dalam penyerapan suhu tidak sama. Dimana klem sampel yang ketiga memiliki nilai emisivitas lebih tinggi dari yang lain yaitu 0,90 karena penyerapan suhu lebih mendekati dengan klem sampel serupa yang berwarna hitam. Sedangkan pada percobaan kedua, nilai emisivitas semua klem sampel menurun ke arah nilai nol dimana klem sampel yang kedua memiliki nilai yang paling rendah yaitu 0,56.

Pengujian selanjutnya adalah membandingkan nilai emisivitas klem sampel yang sudah ditentukan dengan pembacaan emisivitas pada alat *thermal imager*. Pada pengujian pertama adalah semua klem sampel dipanaskan dengan *heater* 20W, kemudian suhu klem diukur menggunakan termokopel dan *thermal imager* merk Satir tipe D300. Hasil tangkapan gambar dari *thermal imager* diolah menggunakan *software* Satir Wizard untuk disesuaikan nilai emisivitasnya terhadap suhu pengukuran yang terbaca oleh termokopel.

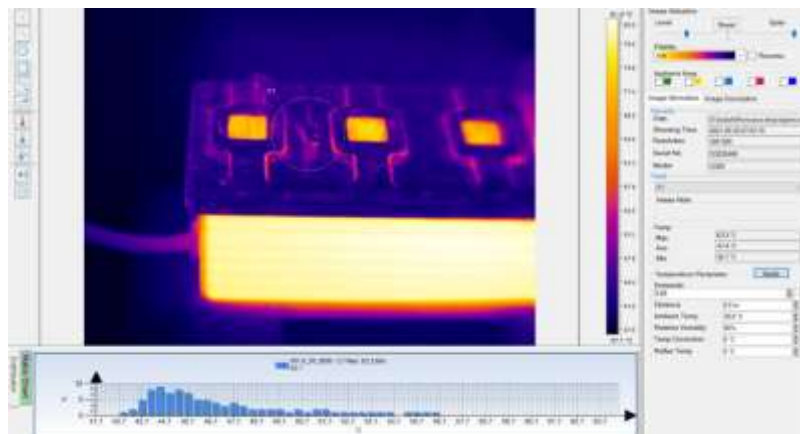
Gambar 3
Tangkapan *thermal imager* klem sampel 1 warna asli dengan *heater* 20 W



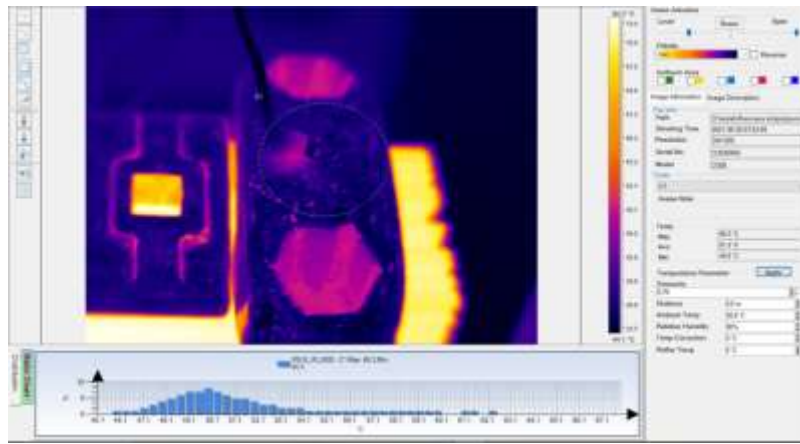
Gambar 4
Tangkapan *thermal imager* klem sampel 2 warna asli dengan *heater* 20 W



Gambar 5
Tangkapan *thermal imager* klem sampel 3 warna asli dengan *heater* 20 W



Gambar 6
Tangkapan *thermal imager* klem sampel 4 warna asli dengan *heater* 20 W



Tabel 3
Hasil pengujian klem sampel warna asli dengan heater 20 W

Sampel	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Ts (Termokopel)	Ts (Thermal Imager)	Ta	Es (penentuan)	Es (thermal imager)
				° C	° C			
1	226,7	0,08	18,136	53,1	53,4	33,8	0,71	0,70
2	228,1	0,08	18,248	45,9	45,6	33,8	0,70	0,69
3	227,5	0,08	18,2	47,2	47,4	36,7	0,90	0,88
4	226,4	0,09	20,376	51,4	51,3	36,7	0,72	0,70

Berikut adalah perhitungan nilai persen kesalahan penentuan emisivitas dari alat *thermal imager*:

Sampel 1

$$\%E = \left| \frac{0,71 - 0,70}{0,71} \right| \times 100\% = 1,41\%$$

Sampel 2

$$\%E = \left| \frac{0,70 - 0,69}{0,70} \right| \times 100\% = 1,43\%$$

Sampel 3

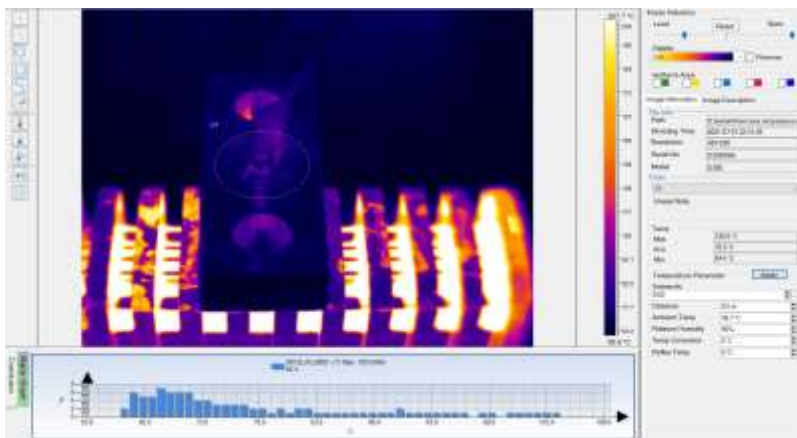
$$\%E = \left| \frac{0,90 - 0,88}{0,90} \right| \times 100\% = 2,22\%$$

Sampel 4

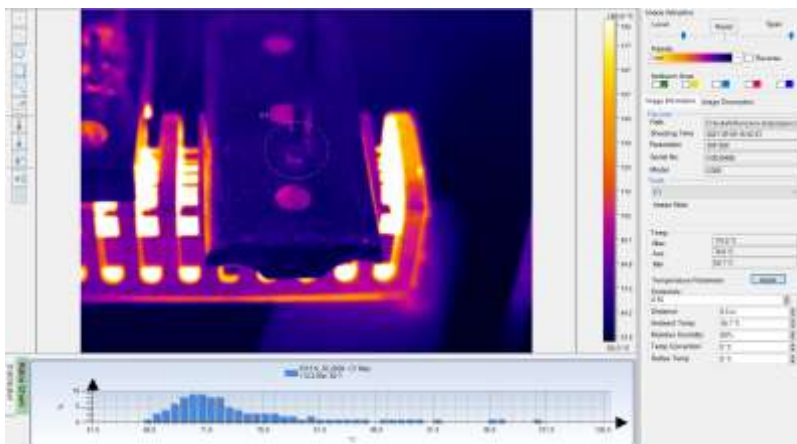
$$\%E = \left| \frac{0,72 - 0,70}{0,72} \right| \times 100\% = 2,78\%$$

Selanjutnya pada pengujian yang kedua klem sampel warna asli dipanaskan dengan heater 100 W.

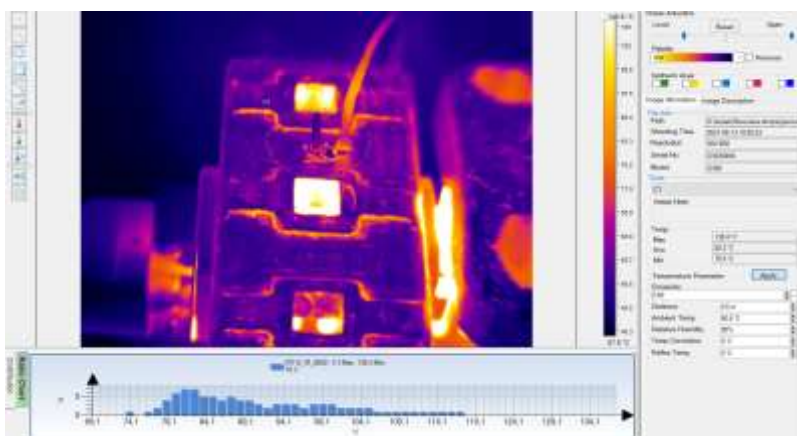
Gambar 7
Tangkapan *thermal imager* klem sampel 1 warna asli dengan *heater* 20 W



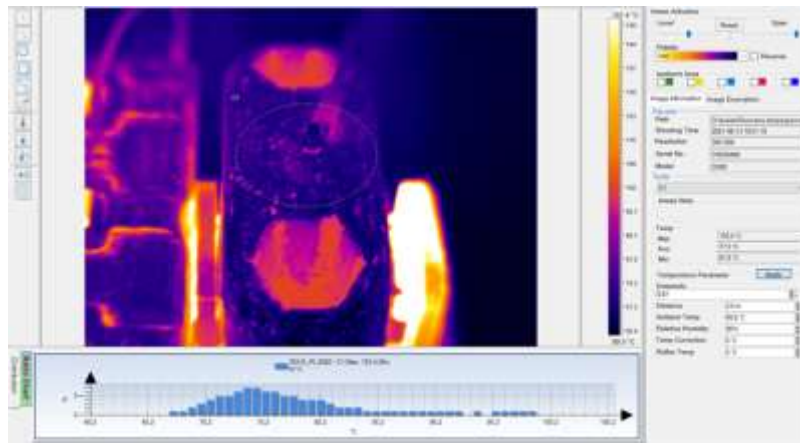
Gambar 8
Tangkapan *thermal imager* klem sampel 1 warna asli dengan *heater* 20 W



Gambar 9
Tangkapan *thermal imager* klem sampel 1 warna asli dengan *heater* 20 W



Gambar 10
Tangkapan *thermal imager* klem sampel 1 warna asli dengan *heater* 20 W



Tabel 4
Hasil pengujian klem sampel warna asli dengan heater 100 W

Sampel	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Ts (Termokopel)	Ts (Thermal Imager)	Ta	Es (penentuan)	Es (thermal imager)
				°C	°C			
1	237,1	0,35	82,985	78,1	78,5	36,7	0,64	0,62
2	235,6	0,35	82,46	77	76,6	36,7	0,56	0,55
3	237,1	0,35	82,985	92,5	92,3	60,6	0,62	0,60
4	235,6	0,35	82,46	77,5	77,3	60,6	0,63	0,61

Berikut adalah perhitungan nilai persen kesalahan penentuan emisivitas dari alat thermal imager:

Sampel 1

$$\%E = \left| \frac{0,64 - 0,62}{0,64} \right| \times 100\% = 3,13\%$$

Sampel 2

$$\%E = \left| \frac{0,56 - 0,55}{0,56} \right| \times 100\% = 1,79\%$$

Sampel 3

$$\%E = \left| \frac{0,62 - 0,60}{0,62} \right| \times 100\% = 3,23\%$$

Sampel 4

$$\%E = \left| \frac{0,63 - 0,61}{0,63} \right| \times 100\% = 3,17\%$$

Pada pengujian klem sampel warna asli dengan daya 20 W memiliki nilai kesalahan penentuan emisivitas alat *thermal imager* terhadap nilai perhitungan rata-rata sebesar 1,96%. Namun Ketika pengujian klem sampel warna asli dengan daya 100 W nilai kesalahan pembacaan emisivitas menjadi naik rata-rata sebesar 2,83%. Hal ini kemungkinan disebabkan nilai refleksi suhu sekitar menjadi naik, sehingga kesalahan pembacaan suhu menjadi meningkat karena pada pengujian ini nilai refleksi suhu tidak diperhitungkan atau diabaikan.

Dari data pengujian yang sudah dilakukan maka diperoleh nilai akurasi 97,67% dengan heater 20 W dan nilai akurasi 97,07% dengan heater 100 W yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5
 Nilai akurasi pembacaan emisivitas alat *thermal imager*

Sampel	Heater 20 W		Heater 100 W	
	Emisivitas Penentuan	Emisivitas <i>Thermal Imager</i>	Emisivitas Penentuan	Emisivitas <i>Thermal Imager</i>
1	0,69	0,67	0,58	0,56
2	0,70	0,69	0,56	0,55
3	0,90	0,88	0,62	0,60
4	0,72	0,70	0,63	0,61
rata-rata	0,75	0,74	0,60	0,58
nilai akurasi (%)	97,67		97,07	

Berikut adalah perhitungan nilai akurasi pembacaan emisivitas alat *thermal imager*:

Nilai akurasi dengan heater 20 W:

$$\%recovery = \left| \frac{0,75 - 0,74}{0,75} \right| \times 100\% = 2,33\%$$

$$\text{Nilai akurasi} = 100\% - 2,33\% = 97,67\%$$

Nilai akurasi dengan heater 100 W:

$$\%recovery = \left| \frac{0,60 - 0,58}{0,60} \right| \times 100\% = 2,93\%$$

$$\text{Nilai akurasi} = 100\% - 2,93\% = 97,07\%$$

KESIMPULAN

Dari data pembahasan dan analisa dapat ditarik kesimpulan bahwa apabila semakin besar suhu klem sampel maka akan semakin kecil nilai emisivitas bahan klem tersebut. Kemudian, nilai keakurasian emisivitas alat *thermal imager* merk Satir tipe D300 pada klem sampel warna asli sebesar 97,67% pada klem berdaya 20 W dan 97,07% pada klem berdaya 100 W.

LITERATUR

- H. Alief Maulana, Didik Aribowo, Inawati. "Analisa Kondisi Generator Transformer menggunakan Metode *Thermography*". Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Hidayat Wiriadinata dan Asep Insani. (2019). "Kalibrasi Media Kalibrasi untuk Termometer Infrared Direct Reading yang Bekerja pada Panjang Gelombang (8-14) μm ". *Instrumentasi*, Vol. 43 No. 1.
- L. Bonggas, Tobing. (2012). "Peralatan Tegangan Tinggi- Edisi Kedua". Erlangga. Jakarta.
- M.S. Sangeetha dan N.M. Nandhitha. (2018). "Linear and non Linear Analysis of the Impact of Emissivity and Distance on Hotspot Temperature in Condition Monitoring of Electrical Equipments by Thermal Imaging". Faculty of Electrical and Electronics, Sathyabama Institute of Science and Technology.
- Nedzad Hadziefendic, Nemanja Kostic, Jovan Trifunovic, dan Miomir Kostic. (2019). "Detection of Poor Contacts in Low-Voltage Electrical Installations". University of Belgrade.
- PLN. (2014). "Buku Pedoman Pemeliharaan, No. 0520-2.K/DIR". PT PLN (PERSERO).
- Ramadhani Roni Putra. (2018). "Thermovisi Dalam Melihat Hotpoint Pada Gardu Induk 150 kV Palur". Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Satir. (2017). "D300 User's manual". SATIR Europe (Ireland) LTD.

Title: Analisis Emisivitas Klem Sambung Transmission Line Bay 150 kV Menggunakan Thermal Imager
 Identitas Author: Helmi, Dyah A. WK, Danang E