PENENTUAN HOT POINT DAN MONITORING PERALATAN MENGGUNAKAN THERMAL IMAGERS FLUKE DENGAN METODE THERMOVISI

by Faisal Irsan

Submission date: 25-Jan-2024 01:35PM (UTC+0700)
Submission ID: 2278040119
File name: N_MENGGUNAKAN_THERMAL_IMAGERS_FLUKE_DENGAN_METODE_THERMOVISI.pdf (520.01K)
Word count: 4315
Character count: 26668

JESCE, 4 (2) Februari 2021 ISSN 2549-628X (Print) ISSN 2549-6298 (Online)
10.31289/jesce.v4i2.4814

JESCE
(Journal of Electrical and System Control Engineering)
Available online http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce



PENENTUAN HOT POINT DAN MONITORING PERALATAN MENGGUNAKAN THERMAL IMAGERS FLUKE DENGAN METODE THERMOVISI

HOT POINT DETERMINATION AND MONITORING EQUIPMENT USING THERMAL IMAGERS FLUKE WITH THERMOVISION METHOD

Faisal Irsan Pasaribu[1)]*, Muhammad Lutfhi Fazawi[2)]
1) Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

Diterima: Januari 2021; Disetujui: Januari 2021; Dipublikasi: Februari 2021
*Coresponding Email: faisalirsan@umsu.ac.id

Abstrak

Penyaluran tenaga listrik baik dari Pembangkit sampai ke Gardu induk sampai ke konsumen harus diperhatikan keandalan dan efisiensinya, agar tenaga listrik yang tersalurkan berkualitas dan memiliki kontinuitas yang baik. Guna menjaga kualitas tenaga listrik agar tetap andal dan efisien serta agar kontinuitas penyaluran tenaga listrik tetap terjaga dengan baik, beberapa komponen peralatan penyaluran tenaga listrik harus menjadi perhatian untuk mencegah terjadinya gangguan terhadap peralatan tenaga listrik. Salah satu gangguan pada peralatan tenaga listrik adalah titik panas (*hot point).* Seringnya terjadi gangguan tersebut pada titik pertemuan antara klem dan konduktor pada peralatan listrik menjadi tolak ukur pemeliharaan dalam penyediaan tenaga listrik dan ini merupakan tujuan penelitian dilakukan. Tindakan pencegahan agar tidak terjadinya *hot point* disebut thermovisi, dengan menggunakan alat ukur *thermal imagers.* Prinsip kerja *thermal imager's* adalah merefleksikan cahaya *infrared* terhadap peralatan kemudian menangkap suhu peralatan tersebut dan menampilkannya pada sebuah display. Metode penelitian ini dengan pengukuran dan merupakan kegiatan thermovisi yang dilakukan secara rutin sebagai kegiatan monitoring pemeliharaan tenaga listrik yang kemudian dilakukan analisa hasil thermovisi tersebut dengan melakukan perhitungan emisivitas melalui pendekatan selisih suhu klem dan konduktor (ΔT) agar didapatkan nilai emisivitas yang sesuai. Selanjutnya dilakukan uji validasi untuk menguji keakuratan dan presisi dari hasil thermovisi tersebut. Penelitian yang dilakukan di GI 150 kV Glugur bertujuan untuk merekomendasikan hasil uji analisa matematis terhadap tindak lanjut kondisi peralatan. Hasil dari kondisi peralatan pada analisa 30 sampel menunjukan bahwa peralatan masih dalam kondisi baik dan masih layak digunakan, dengan nilai akurasi sebesar 98,02% dan presisi sebesar 0,25% pada peralatan bay penghantar Glugur - Paya Geli 1 serta nilai akurasi pada bay penghantar Glugur – Paya Geli 2 sebesar 97,9% dan 0,24% pada nilai presisinya.

Kata Kunci: emissivitas; hot point; keandalan, thermovisi, thermal imagers

Abstract

The distribution of electricity from the generator to the substation to the consumer must be considered for its reliability and efficiency, so that the electricity that is distributed is of good quality and has good continuity. In order to maintain the quality of electric power so that it remains reliable and efficient and so that the continuity of electricity distribution is well maintained, several components of electricity distribution equipment must be considered to prevent interference with electric power equipment. One of

the disturbances in electric power equipment is a hot point. The frequent occurrence of this disturbance at the meeting point between the clamp and the conductor in electrical equipment is a benchmark for maintenance in the supply of electric power and this is the purpose of the research. The precautionary measure to prevent hot points from occurring is called thermovision, using a thermal imagers measuring instrument. The working principle of thermal imagers is to reflect infrared light on the equipment then capture the temperature of the equipment and display it on a display. This research method is measuring and is a thermovision activity that is carried out routinely as a monitoring activity for the maintenance of electric power which is then carried out by analyzing the results of the thermovision by calculating the emissivity through the approach of the difference in temperature of the clamp and conductor (ΔT) to obtain the appropriate emissivity value. Furthermore, a validation test is carried out to test the accuracy and precision of the thermovision results. The research which was conducted at GI 150 kV Glugur aims to recommend the results of a mathematical analysis of the follow-up of equipment conditions. The results of the condition of the equipment in the analysis of 30 samples show that the equipment is still in good condition and still fit for use, with an accuracy value of 98.02% and a precision of 0.25% on the Glugur - Paya Geli 1 delivery bay equipment and the accuracy value of the delivery bay. Glugur - Paya Geli 2 amounted to 97.9% and 0.24% in the precision value.

Keywords: emissivity; hot point; reliability; thermovision; thermal imagers,

How to Cite: Pasaribu, F.I.Z, Fazawi, M. L (2021). Penentuan Hot Point dan Monitoring Peralatan Menggunakan Thermal Imagers Fluke dengan Metode Thermovisi. *JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering)*. 4 (2) Februari 2021: 113-128

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kondisi perkembangan teknologi untuk kebutuhan kehidupan pada zaman modern ini, sangat melekat dengan pemakaian energi listrik.Listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat dalam bidang apapun, baik industri maupun kehidupan masyarakat biasa.

Untuk mendapatkan energi listrik yang berkualitas dan memiliki kontinuitas yang baik, maka perlu dilakukan pemeliharaan dan pemantauan secara berkala guna menjaga agar kondisi peralatan listrik dapat berfungsi secara baik dan handal, sehingga dapat mencegah gangguan yang dapat merusak sistem dan dapat mengganggu kualitas dan kontinuitas energi listrik. (Putra, 2018). Salah satu gangguan yang dapat mengganggu kualitas dan kontinuitas energi listrik adalah suhu panas yang terjadi pada konduktor ataupun klem-klem pertemuan antara konduktor dan peralatan listrik. Pemanasan suhu pada titik-titik atau bagian-bagian tertentu ini disebut *Hot Point,* (Anwar, 2019). Hal ini bisa berakibat fatal terhadap peralatan jika terus menerus tanpa adanya pemantauan ataupun pemeriksaan rutin. Sehingga bagian tersebut harus diperhatikan.

Seringnya terjadi gangguan tersebut pada titik pertemuan antara klem dan konduktor pada peralatan listrik menjadi tolak ukur pemeliharaan dalam penyediaan tenaga listrik dan ini merupakan tujuan penelitian dilakukan.

Oleh sebab itu, dilakukanlah pengujian suhu panas (*hot point*) dengan metode thermovisi pada gardu induk 150 kV Glugur. Pengujian pengukuran ini dibantu dengan alat uji *thermal imagers* yang dapat mengetahui nilai suhu pada klem sambungan konduktor dengan melihat sinar inframerah yang dipancarkan oleh *thermal imagers* yang kemudian di tampilkan pada *display/monitor*, 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 dapat menyatakan bahwa nilai pengukuran suhunya memiliki tingkat akurasi dan presisi yang baik. Pada penelitian terdahulu oleh Ramadhani Roni Putra (2018), dengan penelitiannya mengenai Thermovisi dalam melihat Hot point pada GI 150 KV Palur, melakukan pengamatan dan pengambilan data pada bay (pengelompokan peralatan) trafo 1 GI Palur.

Berdasarkan Penelitian sebelumnya , maka peneliti , meneliti beda titik point pengujian dan juga lokasinya, yaitu meneliti pada bagian konduktor dan klem-klem yang terdapat pada bay penghantar Glugur-Paya Geli 1 & 2 GI 150 kV Glugur.

LANDASAN TEORI

Salah satu gangguan internal yang sering terjadi adalah suhu panas pada sambungan terminal antar kabel konduktor dengan peralatan yang terdapat pada gardu induk. Suhu (*hot point*) ini berkaitan erat dengan proteksi dan keandalam sistem yang ada di switchyard *(*Anwar, 2019). Sambungan konduktor menghasilkan tahanan sambungan (tahanan kontak). Sambungan yang memiliki tahanan kontak yang lebih besar dari tahan konduktor akan mengakibatkan panas yang lebih tinggi pada sambungan tersebut (*hot point*), sehingga semakin besar arus listrik yang mengalir maka semakin tinggi temperaturnya (Atawani Ahmad, Ibrahim, 2018).

Metode thermovisi adalah salah satu bentuk pemeliharaan dari peralatan pada gardu induk. Pemeliharaan ini menggunakan *thermal imagers* yang berprinsip kerja dengan infrared *(*Atawani, 2018).

Kawat Penghantar (Konduktor)

Kawat penghantar (konduktor) adalah kawat yang berfungsi untuk menyalurkan tegangan dari satu titik ke titik lainnya. Kawat penghantar yang baik adalah kawat yang nilai resistansinya kecil, sehingga rugi-rugi yang dihasilkan akan kecil pula dan tegangan yang sampai ke beban dapat tersalurkan dengan maksimal.

Bahan-bahan kawat penghantar yang dipergunakan untuk penyaluran energi listrik harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Konduktivitas tinggi
2. Kekuatan tarik mekanikal tinggi
3. Titik berat
4. Biaya rendah
5. Tidak mudah patah

Terdapat beberapa jenis kawat penghantar yang biasa digunakan pada saluran transmisi dan gardu induk, antara lain:

1. Tembaga dengan konduktivitas 100% (Cu 100%)
2. Tembaga dengan konduktifitas 97,5% (Cu 97,5%)
3. Alumunium dengan konduktivitas 61% (Al 61%)

Kawat penghantar tembaga mempunyai beberapa kelebihan, yaitu memiliki konduktivitas tinggi dan

kekuatan mekanikalnya cukup baik. Tetapi, juga terdapat kelemahannya, yaitu untuk besar tahanan yang sama tembaga lebih berat dan lebih mahal dibandingkan aluminium. Oleh sebab itu kawat penghantar alumunium telah menggantikan kawat penghantar tembaga, karena harganya yang lebih murah dan lebih ringan dengan konduktivitas yang masih layak untuk diperhitungkan (Pangestu Adam, 2019).

Untuk memperbesar kuat tarik dari kawat alumunium, digunakan campuran alumunium (*allumunium alloy*).Untuk saluran-saluran transmisi tegangan tinggi yang jarak antara menara/tiang berjauhan sampai ratusan meter, maka dibutuhkan kawat penghantar dengan daya tarik yang lebih kuat, untuk itu digunakan kawat penghantar ACSR (*Alumunium Conductor Steel Reinforced*). (PLN, 2014), (PLN, 2011)

Dalam gardu induk sendiri kawat penghantar ini berfungsi sebagai tempat jalannya tegangan yang kemudian akan disalurkan kepada beban. Pada proses penyaluran tegangan ke beban inilah terdapat sambungan-sambungan antara kawat penghantar dengan klem-klem, dimana hal tersebut berfungsi untuk membelokkan perjalanan tegangan agar sampai ke beban, (Syahputra Ramadoni, Dr, 2017), (PLN, 2011). Dan pada pertemuan antara kawat penghantar dan klem tersebutlah kadang sering terjadi titik-titik panas (*hot point*), (Atawani, 2018). Hal itu bisa disebabkan oleh beberapa faktor, baik faktor lingkungan (eksternal) ataupun dari peralatan itu sendiri (internal).

Thermovisi/*Thermovision*

Pemeriksaan dilakukan secara operasi menggunakan *Thermal Imager* disebut Thermovisi. Pengukuran ini menggunakan sinar *infrared* yang dipancarkan oleh *thermal imager's* sehingga pada *display thermalimager* dapat terlihat suhu dari peralatan yang diukur, (Harishkumar, S, dkk, 2014). Dan apabila suatu peralatan yang telah dilakukan pengukuran thermovisi dengan menggunakan *thermal imagers* menunjukan hasil yang tidak baik (suhu peralatan yang terlalu tinggi), (maulana, Alief, H., Aribowo dkk, 2015), maka salah satu bentuk penyelesaian dari penangan kondisi tersebut sadalah dengan melakukan penguatan (pengencangan) klem dan konduktor, atau perbaikan peralatan listrik tersebut dan bahkan memungkinkan untuk dilakukan penggantian peralatan.

Nilai emissivity yang diamati berkisar antara 0 dan 1. Emisi adalah merupakan kemampuan suatu jenis permukaan material untuk memancarkan panas.

References Standard Material (RSM) emisivitas untuk alumunium sendiri adalah 0.5

Standard Thermovisi

Pengukuran thermovisi dimuat dalam *Buku Pedoman Pemeliharaan PLN No. 0520-2.K/DIR/2014*, sebagai salah satu acuan prosedur pemeliharaan peralatan PLN yang terdapat di GI, (PLN, 2014). Berdasarkan standar dari buku pedoman tersebut interpretasi hasil thermovisi dapat dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 1. Standar Pengukuran Thermovisi berdasarkan *Buku Pedoman Pemeliharaan PLN No. 0520-2.K/DIR/2014*

NO	ΔT (perbedaan suhu antar fasa)	Rekomendasi
1.	1 ^{0}C – 3 ^{0}C	Dimungkinkan ada ketidaknormalan, perlu investigasi lanjut
2.	4 ^{0}C – 15 ^{0}C	Mengindikasikan adanya defesiensi, perlu dijadwalkan perbaikan
3.	> 16 ^{0}C	Ketidaknormalan Mayor, perlu dilakukan perbaikan/penggantian segera

Berdasarkan Tabel 1 pelaksanaan pengukuran dilaksanakan minimal 1 bulan sekali. Untuk kondisi tertentu, periode pengukuran dapat dilakukan sesuai kebutuhan. Dan pada umumnya pengukuran thermovisi dilakukan per minggu.

Sedangkan, menurut *EPRI (Electric Power Reseach Institute)* sebuah tim yang melakukan penelitian tentang industry tenaga listrik di Amerika Serikat.

Tabel 2. Objek dan Suhu Operasi Referensi kenaikan Temperatur dan kelas *EPRI*

OBJEK	SUHU OPERASI REFERENSI (^{0}C)
Terminasi biasa, MCB	45-50
Body transformer besar	60
Bus bar	50
Contactor besar	70
Contactor kecil	65
Sambungan contactor dan overload relay	75
Breaker besar	60
Breaker kecil	55
Terminasi fuse	50
Terminasi trafo besar	55

Tabel 3. Kenaikan Temperatur dan Kelas *EPRI Standard Of Thermography inspection FLIR*

TEMPERATURE RISE (^{0}C)	PRIORITY	CLASS
0-9	MONITOR	0
10-29	RENCANAKAN	1

	PERBAIKAN SELANJUTNYA	
30-50	RENCANAKAN PERBAIKAN SEGERA	2
>50	PERBAIKI SEGERA	3

Kamera Infrared (*Thermal Imager*)

Thermal imager adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk kegiatan *predictive maintenance* untuk memonitor kondisi dan performance suatu peralatan sehingga kemungkinan terjadinya kegagalan peralatan dapat dipekecil. Teknologi *thermography* merupakan salah satu peralatan teknologi *NonDestructive Testing Non-Contact* atau *NDT* of Materials *Evaluation*.

Panas adalah bentuk energi yang di transfer antara dua zat pada suhu yang berbeda. Pada umumnya, *thermal imager* menunjukan tinggi atau rendahnya temperatur berdasarkan skala warna hasil pencitraan (pemotretan objek). (PT Elektra Daya Integra, 2017), (PT Elektrika Rekayasa Energi, 2017). Oleh sebab itu, apabila tidak terdapat beda *temperature*, maka gambar *infrared* tidak dapat menampilkan perbedaan warna sebagai indikator suhu sehingga tidak dapat untuk dilakukan analisa.



Gambar 1. Thermal Imager Fluke TI Series (Fluke, 2018).

Pada penerapannya, *thermal imager* ini sangat berguna, mengapa demikian? *Thermal imager* sangat berguna antara lain, (Flir, user's manual, 2018):

1. Bisa mengukur tanpa menyentuh objek
   - Pengukuran dilakukan dari jarak aman
   - Tidak mengganggu atau berpengaruh pada target
2. Pengukuran dalam 2 dimensi
   - Membandingkan antar area pada target
   - Pola panas menggambarkan untuk analisa, (FI Pasaribu, dkk, 2019)
3. Dalam kondisi *real time*
   - Dapat memeriksa objek statis
   - Dapat melihat objek yang bergerak
   - Dapat melihat perubahan pola panas dengan cepat

Sedangkan kekurangan dari kegiatan thermovisi dengan alat *thermal imager* ini adalah:

1. Yang terukur hanyalah suhu permukaan objek
2. Ketepatan ukur bisa saja belum akurat dan presisi

Perhitungan suhu klem dan suhu konduktor

Pelaksanaan pengukuran temperature menggunakan thermovisi dilakukan pada temperatur konduktor dan temperature pada klem sambungan. Standard pengukuran thermovisi untuk membandingkan suhu klem dengan konduktor, (syahputra Ramadoni, 2010), (FI Pasaribu, I Roza, 2020), menggunakan persamaan pendekatan kriteria delta-t (ΔT) adalah sebagai berikut:

$$\Delta T = \left(\frac{Imaks}{Isaat\ thermovisi}\right)^2 . (T\ klem - T\ konduktor) \quad (1)$$

Keterangan:

ΔT = Selisih suhu klem terhadap konduktor

I maks = Arus maksimal yang Pernah dicapai

I saat thermovisi = Arus saat thermovisi

T klem = Suhu klem

T konduktor = Suhu konduktor

Perhitungan Emisivitas

Nilai emisivitas akan dicari menggunakan rumus perpindahan radiasi Hukum Stefan Boltzman. Rumus yang digunakan dalam perhitungan nilai emisivitas ini sebagai berikut:

$$P = e.\sigma .T^4 \rightarrow e = \frac{P}{\sigma\, T^4} \quad (2)$$

Keterangan:

P = Energi thermal conductivity (Alumunium = 237W/m.K)

e = Emisivitas

σ = Konstanta Stefan Boltzman = 5,672 x 10^{-8} Watt m^{-2} K^{-4}

T = Suhu mutlak (K)

Analisis Validasi

Merupakan suatu pembuktian hitungan terhadap parameter tertentu.Untuk membuktikan bahwa parameter tersebut sudah memiliki presisi dan akurasi yang baik atau tidak.

Uji Presisi

Untuk menguji tingkat presisi dari pengukuran, maka diperlukan *Coeffisien Variation* (CV) dan *Relative Strandard Deviation* (RSD). SD dan CV dapat dihitung dari rumus berikut:

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

Keterangan:

SD = *Standard devation* (simpangan baku)

$\sum(x-a)^2$ = Jumlah total nilal emisivitas dikurangi rata-rata nilai emisivitas

N = Jumlah

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

Keterangan:

CV = Variasi koefisien

SD = *Standard deviation* (simpang baku)

α = Nilai rata-rata emisivitas

Uji Akurasi

Uji akurasi merupakan sebuah kedekatan hasil analisis terhadap *standar reference material* (RSM) yang sesungguhnya. (Syahputra Ramadoni, 2010). Hasil hitung dari metode validasi terhadap nilai sebenarnya menggambarkan seberapa tinggi akurasi uji tersebut. Uji menggunakan persamaan berikut:

$$\%recovery = \left(\frac{(\alpha) - x\ benar}{x\ benar}\right) X100\% \quad (5)$$

Keterangan:

%*recovery* = Presentase nilai bias

α = Nilai rata – rata emisivitas

X benar = Nilai yang benar

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. PLN (Persero) UPT Medan Gardu Induk 150 kV Glugur Jalan KL. Yos Sudarso Lr. 12 Medan

Prosedur Penelitan

Adapun langkah-langkah yang dalam melaksanakan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan.

   Alat dan bahan yang digunakan pada proses penelitian ini adalah *thermal imagers* sebagai media yang mampu mengangkap dan menampilkan suhu dari peralatan yang diukur. Selain itu juga digunakan laptop dan kalkulator sebagai media untuk melakukan analisis hasil dari *thermal imagers'* menggunakan analisa data perhitungan.

2. Melakukan pemotretan objek

   Waktu saat dilakukannya pemotretan object adalah 1 minggu sekali pada waktu beban puncak (07.00-08.30 pm)

3. Melakukan identifikasi terhadap gambar yang didapat

   Object yang telah di potret menggunakan *thermal imagers* kemudian dilakukan identifikas dengan menggunakan *software FLIR Tools* untuk mengetahui suhu dari titik-titik object yang telah dilakukan pemotretan, (Rai,Mritunjay, dkk, 2017), (Flir, user's manual, 2018).

4. Melakukan rekap data terhadap hasil identifikasi.

Hasil dari identifikasi yang telah dilakukan, direkap ke dalam form excel yang telah ditetapkan daru PLN unit terkait.

5. Melakukan analisa perhitungan terhadap hasil pengolahan identifikasi

Melakukan analisa perhitungan ΔT, emissivitas, uji presisi dan uji akurasi menggunakan data yang telah didapat dari hasil pemotretan (Fluke, 2018). Dengan *thermal imager's* tersebut.

6. Menarik kesimpulan terhadap peralatan

Kesimpulan berupa rekomendasi peralatan atau perbaikan peralatan dengan data yang telah dilakukan analisa perhitungan. Kesimpulannya merujuk pada standard PLN yang terdapat pada table 2.1 yaitu Atandar Pengukuran Thermovisi berdasarkan Buku Pedoman Pemeliharaan PLN No. 0520-2.K/DIR/2014"

Analisis Data

Analisis data merupakan bagian yang sangat penting dalam metode ilmiah karena analisis data yang tepat dapat memberi arti dan makna yang berguna dalam memecahkan masalah penelitian, sehingga akan didapat suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Proses analisis dimulai dengan menyusun seluruh data yang tersedia dari dokumentasi yang ada. Kemudian data hasil penelitian dianalisis secara tepat agar kesimpulan yang diperoleh benar dan sesuai dengan apa yang telah dilakukan dan untuk menciptakan rekomendasi yang baik terhadap peralatan Gardu Induk, (Hariyadi, Shahlan, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Suhu Perbandingan Klem dan Konduktor

Adapun titik pengukuran yang diukur antara lain adalah bay penghantar, bay transformator, bay kopel dan penyulang 20kV. Sedangkan titik yang pada analisis thermovisinya harus menggunakan persamaan Kriteria ΔT dan pengukuran pada titik titik sambungan antara klem dan konduktor menggunakan alat *thermal imager's* tipe Flir E60. Nilai-nilai yang telah diinput pada pengolahan data diatas adalah langsung dari pengukuran menggunakan *thermal imager* dan diolah menggunakan *software FlirTools*.

Berikut tabel thermovisi bay penghantar Paya Geli 1 & 2 Gardu Induk 150 kV Glugur pada minggu kedua Agustus 2020:

Tabel 4. Thermovisi klem dan konduktor bay Penghantar Glugur - Paya Geli 1

No	Obyek		Arus Tertinggi yang pernah dicapai	Arus saat Shooting	Suhu Klem Saat Shooting	Suhu Konduktor Saat Shooting	Selisih Suhu Klem Terhadap Konduktor ΔT	Tindak Lanjut
			I_m^2 (A)	I_f^2(A)	T_{kk} (C°)	T_{kk} (C°)	(C°)	(C°)
			a	b	c	d	e = (a^2/b^2) x (c-d)	d
1	Klem Dropper	R	211	156	28,1	28,1	0	Kondisi Baik
		S	211	155	28	28,6	-1	Kondisi Baik
		T	212	155	29,5	28,1	3	Kondisi Baik
2	Klem LA	R	211	156	28,8	30,1	-2	Kondisi Baik
		S	211	155	29,6	30,4	-1	Kondisi Baik
		T	212	155	29,3	30,3	-2	Kondisi Baik
3	CVT/Line Trap sisi LA	R	211	156	32,8	30,8	4	Kondisi Baik
		S	211	155	31,3	31,2	0	Kondisi Baik
		T	212	155	31,8	31,2	1	Kondisi Baik
4	CVT/Line Trap sisi Airbushing	R	211	156	33,6	32,4	2	Kondisi Baik
		S	211	155	31,3	31,2	0	Kondisi Baik
		T	212	155	31,8	31,2	1	Kondisi Baik
5	Airbushing 150 Kv	R	211	156	32,6	31,2	3	Kondisi Baik
		S	211	155	31,9	31,5	1	Kondisi Baik
		T	212	155	33,1	33,1	0	Kondisi Baik

Tabel 5. Thermovisi klem dan konduktor bay Penghantar Glugur – Paya Geli 2

No	Obyek		Arus Tertinggi yang pernah dicapai	Arus saat Shooting	Suhu Klem Saat Shooting	Suhu Konduktor Saat Shooting	Selisih Suhu Klem Terhadap Konduktor ΔT	Tindak Lanjut
			I_m^2 (A)	I_f^2(A)	T_{kk} (C°)	T_{kk} (C°)	(C°)	(C°)
			a	b		c	e = (a^2/b^2) x (c-d)	
1	Klem Dropper	R	360	111	29,2	28,8	4	Kondisi Baik
		S	365	112	31,8	32	-2	Kondisi Baik
		T	363	113	28,3	28,7	-4	Kondisi Baik
2	Klem LA	R	360	111	28,6	29,7	-12	Kondisi Baik
		S	365	112	29,3	30,5	-13	Kondisi Baik
		T	363	113	29,2	30,2	-10	Kondisi Baik
3	CVT/Line Trap sisi LA	R	360	111	32,7	31,4	14	Ukur 1 Bulan lagi
		S	365	112	30,9	30,6	3	Kondisi Baik
		T	363	113	30,6	30,6	0	Kondisi Baik
4	CVT/Line Trap sisi Airbushing	R	360	111	34,1	32,1	21	Ukur 1 Bulan lagi
		S	365	112	30,9	30,6	3	Kondisi Baik
		T	363	113	30,6	30,6	0	Kondisi Baik
5	Airbushing 150 Kv	R	360	111	31,9	31,8	1	Kondisi Baik
		S	365	112	32,7	33	-3	Kondisi Baik
		T	363	113	33,9	32,6	13	Ukur 1 Bulan lagi

Sesuai dengan Standard Pengukuran Thermovisi berdasarkan *Buku Pedoman Pemeliharaan PLN No. 0520-2.K/DIR/2014* (PLN, 2014), pada tabel 1 tabel 4 diatas menunjukan bahwa kondisi peralatan pada bay penghantar Glugur-Paya Geli 1 semuanya berada dalam "kondisi baik" Pada Tabel 5 diatas menunjukkan hasil thermovisi pada bay penghantar Glugur-Paya Geli 2 terdapat beberapa titik yang telah berubah menjadi kondisi yang abnormal (*Hot Point*).Seperti terdapat pada 6 titik yang hasil selisih suhunya antara klem dan konduktor mencapai lebih dari 10 (≥10), maka dari itu tindak lanjut dari kondisi ini adalah "Ukur 1 Bulan lagi".Hasil ini juga merujuk pada tabel standard thermovisi yang telah ditetapkan oleh PLN pada tabel 1. Akan tetapi kondisi ini bukan berarti mengindikasikan peralatan dalam kondisi yang tidak baik namun, kondisi seperti ini juga bisa terjadi karena bay penghantar yang lain (Glugur-Paya Geli 1) dalam keadaan padam untuk tujuan tertentu (terjadwal) ataupun *emergency*.

Perhitungan Nilai Emisivitas

Emisivitas dari sebuah bahan merupakan rasio total energi yang kemudian di radiasikan oleh permukaan dari bahan tersebut atau dengan kata lain emisivitas merupakan kemampuan memancarkan energi inframerah oleh

black body pada kondisi suhu gelombang yang sama dari bahan tersebut. Emisivitas dari suatu bahan sudah memiliki nilai masing-masing, akan tetapi nilai tersebut dapat berubah sesuai dengan kondisi bahan tersebut dan atau disebabkan karena keadaan lingkungan serta pembiasan.

Untuk menganilisis nilai pengukuran emisivitas dengan menggunakan metode validasi maka salah satu variabel yang dibutuhkan adalah variasi *Coeffisien Variation* (CV). Nilai emisifitas ini akan dijadikan *Coeffisien Variation* karena nilainya yang tidak selalu sama walaupun bahannya yang diukur memiliki jenis yang sama (alumunium). Nilai emisivitas akan dicari menggunakan rumus perpindahan kalor radiasi (hukum Stefan Boltzman).

Tabel 6. Nilai Emisivitas bay Penghantar Glugur-Paya Geli 1

No	Objek		Suhu saat Thermo	Nilai Emisivitas
1	Klem Dropper	R	28,1	0,5084
		S	28	0,5090
		T	29,5	0,4990
2	Klem LA	R	28,8	0,5037
		S	29,6	0,4984
		T	29,3	0,5003
3	CVT/Line Trap sisi LA	R	32,8	0,4778
		S	31,3	0,4873
		T	31,8	0,4841
4	CVT/Line Trap sisi Airbushing	R	33,6	0,4729
		S	31,3	0,4873
		T	31,8	0,4841
5	Airbushing 150 kV	R	32,6	0,4791
		S	31,9	0,4835
		T	33,1	0,4759
Rata-rata				0,4901

Tabel 7. Nilai Emisivitas bay Penghantar Glugur-Paya Geli 2

No	Objek		Suhu saat Thermo	Nilai Emisivitas
1	Klem Dropper	R	29,2	0,5010
		S	31,8	0,4841
		T	28,3	0,5070
2	Klem LA	R	28,6	0,5050
		S	29,3	0,5003
		T	29,2	0,5010
3	CVT/Line Trap sisi LA	R	32,7	0,4784
		S	30,9	0,4899
		T	30,6	0,4918
4	CVT/Line Trap sisi Airbushing	R	34,1	0,4698
		S	30,9	0,4899
		T	30,6	0,4918
5	Airbushing 150 kV	R	31,9	0,4835
		S	32,7	0,4784
		T	33,9	0,4710
Rata-rata				0,4895

Pada tabel 6 dan 7 diatas yang merupakan hasil dari analisa nilai emisivitas thermovisi dengan menggunakan perhitungan hukum Stefan Boltzman yang menghasilkan rata-rata nilai emisivitas dapat dikatakan masih dalam keadaan baik.

Uji Presisi

Uji presisi merupakan analisa perhitungan yang hasilnya menunjukan derajat keakuratan terhadap hasil pengukuran, yang dihitung berdasarkan nilai *Standard Reference Material (SRM).* Pada analisa ini, SRM yang digunakan adalah nilai emisivitas dari ACSR Alumunium yang memiliki nilai sebesar 0,5. (Pangestu, Adam (2019). Nilai ini merupakan nilai emisivitas standard yang

dikeluarkan oleh *Infrared Training Center of Flir System Inc.* Presentase presisi recovery dinyatakan dengan *Coeficient of Variation (CV)* dan *Relative Standard Deviation (RSD).*Jika nilai CV pada perhitungan < (lebih kecil dari) 2% maka dapat dinyatakan bahwa metode tersebut mempunyai presisi yang baik.

Pada analisa perhitungan CV, sampel yang digunakan berjumlah 30 dari keseluruhan data dari bay penghantar Glugur-Paya Geli 1 & 2. CV akan diperoleh melalui persamaan pada tabel-tabel di bawah ini:

Tabel 8. Validasi Thermovisi bay penghantar Glugur-Paya Geli 1

No	Objek		x	α	$(x-\alpha)$	$(x-\alpha)^2$
1	Klem Dropper	R	0,5084	0,4901	0,018306	0,000335
		S	0,5090	0,4901	0,018982	0,000360
		T	0,4990	0,4901	0,008960	0,000080
2	Klem LA	R	0,5037	0,4901	0,013606	0,000185
		S	0,4984	0,4901	0,008301	0,00069
		T	0,5003	0,4901	0,010282	0,000106
3	CVT/Line Trap sisi LA	R	0,4778	0,4901	-0,012234	0,000150
		S	0,4873	0,4901	-0,002742	0,000008
		T	0,4841	0,4901	-0,005932	0,000035
4	CVT/Line Trap sisi Airbushing	R	0,4729	0,4901	-0,017201	0,000296
		S	0,4873	0,4901	-0,002472	0,000008
		T	0,4841	0,4901	-0,005932	0,000035
5	Airbushing 150 kV	R	0,4791	0,4901	-0,010982	0,000121
		S	0,4835	0,4901	-0,006567	0,000043
		T	0,4759	0,4901	-0,014104	0,000199
$\sum(x-\alpha)^2$						0,002029
$SD=\sqrt{\frac{\sum(x-\alpha)^2}{n-1}}$						0,0120374
$CV=\left(\frac{SD}{\alpha}\right)x\,100\%$						0,25%

Tabel 9. Validasi Thermovisi bay Penghantar Glugur-Paya Geli 2

No	Objek		x	α	$(x-\alpha)$	$(x-\alpha)^2$
1	Klem Dropper	R	0,5010	0,4895	0,011463	0,000131
		S	0,4841	0,4895	-0,005414	0,000029
		T	0,5070	0,4895	0,017476	0,000305
2	Klem LA	R	0,5050	0,4895	0,015461	0,000239
		S	0,5003	0,4895	0,010800	0,000117
		T	0,5010	0,4895	0,011463	0,000131
3	CVT/Line Trap sisi LA	R	0,4784	0,4895	-0,011090	0,000123
		S	0,4899	0,4895	0,000346	0,000000
		T	0,4918	0,4895	0,002286	0,000005
4	CVT/Line Trap sisi Airbushing	R	0,4698	0,4895	-0,019755	0,000390
		S	0,4899	0,4895	0,000346	0,000000
		T	0,4918	0,4895	0,002286	0,000005
5	Airbushing 150 kV	R	0,4835	0,4895	-0,006049	0,000037
		S	0,4784	0,4895	-0,011090	0,000123
		T	0,4710	0,4895	-0,018529	0,000343
$\sum(x-\alpha)^2$						0,001980
$SD=\sqrt{\frac{\sum(x-\alpha)^2}{n-1}}$						0,0118912
$CV=\left(\frac{SD}{\alpha}\right)x\,100\%$						0,24%

Uji Akurasi

Uji akurasi adalah sebuah parameter yang menunjukan derajat kedekatan antara hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan perhitungannya berdasarkan *standard reference material (SRM)* dengan nilai *standard reference material* (SRM) yang sesungguhnya. Akurasi dinyatakan dalam perolehan kembali *(recovery)* analit yang ditambahkan. Berikut dibawah ini adalah tabel akurasi dan presisi pengukuran thermovisi bay penghantar Glugur-Paya Geli 1 & 2 pada minggu ke 2 Agustus 2020.

Tabel 10. Tabel akurasi dan presisi bay penghantar Glugur-Paya Geli 1 & 2

No	Nama	Akurasi	Presisi
1	Bay Penghantar Glugur-Paya Geli 1	98,02%	0,25%
2	Bay Penghantar Glugur-Paya Geli 2	97,9%	0,24%

Terlihat pada gambar 4.5 yang menunjukankan grafik hasil uji validasi, bahwa kedua bay penghantar tersebut memiliki tingkat akurasi yang baik yaitu hampir mendekati 100%. Dan nilai presisi yang memenuhi standard atau dengan kata lain nilai presisi yang dinyatakan baik yaitu < (kurang dari) 2%.

Secara garis besar, dari hasil uji diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa peralatan pada bay penghantar Glugur – Paya Geli 1 & 2 masih dalam keadaan baik (tidak ditemukan *hot point* pada peralatan).Dengan kata lain tak perlu ada perbaikan ataupun penggantian peralatan, namun demikian kegiatan thermovisi harus tetap dilakukan secara rutin agar kontinuitas penyaluran tenaga listrik tetap berjalan dengan baik sehingga dapat dihasilkan energi listrik yang berkualitas, andal, dan efisien.

SIMPULAN

Dalam dilakukannya kegiatan thermovisi, hal yang harus diperhatikan adalah jarak dan sudut pengambilan. Selain itu, suhu dan faktor beban juga dapat mempengaruhi panas dari suatu peralatan yang diukur dengan metode thermovisi.

Analisa perhitungan pada analisis metode thermovisi ini menggunakan perhitungan selisih suhu (ΔT), perhitungan emisivitas dengan menggunakan Hukum Stefan Boltzman, perhitungan uji presisi, dan perhitungan uji akurasi.

Dalam penentuan *hot point* dan prediksi tindak lanjut peralatan, diterapkan "*Buku Pedoman Pemeliharan PLN No. 0520-2.K/DIR/2014"* sebagai standar pedomannya, (PLN, 2014). Analisis thermovisi yang telah dilakukan dengan metode analisa perhitungan, dapat dinyatakan bahwa semua peralatan pada bay penghantar Glugur – Paya Geli 1 & 2 Gardu Induk 150 kV dalam kondisi baik dan dapat ditarik kesimpulan bahwa belum perlu adanya tindak lanjut terhadap peralatan.

Ucapan Terima kasih dan Saran

1. Terima kasih kami untuk jajaran para pegawai PT. PLN (Persero) yang memberikan izin dilakukan

penelitian ini di GI 150 Kv Glugur, dan kedepan agar dalam melakukan kegiatan thermovisi dapat menggunakan alat pelindung diri yang sesuai SOP (*Standard Operational Procedure*).

2. Dalam melakukan kegiatan thermovisi agar menggunakan *thermal imagers* dan menyesuaikan settingan *thermal imagers* sesuai dengan standar PLN..
3. Melakukan pengecekan data thermovisi dan menganalisanya jika perlu secara berulang, agar hasil yang didadapat bisa dipertanggung jawabkan.

DAFTAR PUSTAKA

Roni Putra, Ramadhani. (2018). *Thermovisi dalam melihat Hot Point pada Gardu Induk 150kv palur,* Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Anwar, Baharuddin. (2019). Penentuan Hot Point dengan menggunakan metode thermovisi pada gardu induk 150 kV Purwodadi, Universitas Muhammdiyah Surakarta.

Atawani Ahmad, Ibrahim. (2018). Analisis Thermovisi untuk menemukan Hot Point pada Gardu Induk 150 KV Bantul, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Pangestu, Adam. (2019). Analisa Pengaruh Perubahan Impedansi Kawat Saluran terhadap Setting Relai Jarak pada Saluran Transmisi 150 KV (GI Paya Pasir), Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

PLN, (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan,* No.0520-2.K/DIR.PT PLN (PERSERO)

PLN, (2011). Pembidangan Prajabatan Bidang Transmisi, PLN Corporate University.

Syahputra Ramadoni, Dr. (2017). *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik,* Yogyakarta: LP3M UMY.

Harishkumar. S, dkk. (2014). *Detection of Hot Spots by Thermal Imaging to Protect Power Equipments.* International Journal of Students Reseach in Technology & Management Vol. 2 (02), March-April 2014.

Maulana, Alief, H., Aribowo, D., Inawati, (2015). Analisa Kondisi Generator Transformer Menggunakan Metode *Thermography.*

PT. Elektra Daya Integra. Thermal Imaging Camera Flir Exx Series Training, Elkadaya. (2017).

PT. Elektrika Rekayasa Energi. (2017). *D600 Manual Bahasa Indonesia DSeries,* Banten.

Fluke. Technical Data Ti450, Ti400 and Ti300 Infrared Cameras. (2018)

Flir. User's Manual Flir Ex Series, (2018).

FI Pasaribu, I Roza, Y Efendi, (2019), Memanfaatkan panas exhaust sepeda motor sebagai sumber energi listrik memakai thermoelectric, JESCE(Journal Of Electrical And System Control Engineering) 3 (1), 13-29.

Syahputra Ramadoni. (2010). Aplikasi Deteksi Tepi Citra Termografi untuk Pendeteksian Keretakan Permukaan Material. Forum Teknik Vol. 33, No. 1 Januari 2010.

Rai, Mritunjay, dkk. (2017). *Thermal Imaging System and Its Real Time Aplication: a Survey.* Journal of Engineering Technology Vol. 6, July 2017.

FI Pasaribu, I Roza. (2020). *Design of Control System Expand Valve On Water Heating Process Air Jacket.* IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.

Hariyadi, Shahlan. (2017). Analisis Rugi-Rugi Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Pada Gardu Induk Palur-Masaran. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

PENENTUAN HOT POINT DAN MONITORING PERALATAN MENGGUNAKAN THERMAL IMAGERS FLUKE DENGAN METODE THERMOVISI

ORIGINALITY REPORT

6%	%	6%	%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Melly Andriana, Siti Anisah, Ramayana Bachtiar, Adilla Zahra. "Kajian Utilitas Dan Kelistrikan Bangunan Colonial Sebagai Upaya Pelestarian Bersejarah (Rumah Pengasingan Sukarno Berastagi)", INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science, 2023 Publication	2%
2	Fayrouz Allam. "Protecting Overhead Transmission Lines (OHL) from Hot Spots Using Dynamic Line Rating (DLR) Calculations", 2020 12th International Conference on Electrical Engineering (ICEENG), 2020 Publication	1%
3	Catra Indra Cahyadi, Kurniaty Atmia, Ayu Fitriani. "Analisis Pengaruh Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Transmisi 150 kV Menggunakan Software Etap 12.6", Jambura	<1%

Journal of Electrical and Electronics Engineering, 2022
Publication

---

4 Diaz Dwiki Feranda, Asmar Asmar, Rudy Kurniawan. "ANALISIS TRANSFER DAYA PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV DARI GARDU INDUK AIR ANYIR KE GARDU INDUK SUNGAILIAT PLN AREA BANGKA", Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering), 2019 <1%
Publication

---

5 Brajhan Tabra-Verastegui, Luis Casas-Dionisio, Deyby Huamanchahua. "Automated System of Pre-hispanic Camellones to Reduce Crop Damage Due to the Extreme Weather Event of Frost", 2022 International Conference on Mechanical Engineering and Power Engineering (MEPE), 2022 <1%
Publication

---

6 Rezza Badruzzaman, Arnisa Stefanie. "Analysis of Contact Resistance Test for PMT Bay Kuningan II 70KV at Sunyaragi Substation", JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA), 2021 <1%
Publication

---

7 M. Vivekanandan, R. Venkatesh, S. Satheeskumar. "Randomly captured thermal <1%

imaging pictures in a routine life", Materials Today: Proceedings, 2020
Publication

8	F I Pasaribu, I Roza. "Design of control system expand valve on water heating process air jacket", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020 Publication	<1 %
9	Asri Indah Lestari, Taufik Barlian, Wiwin A Oktaviani. "Analisis Kedip Tegangan Akibat Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Jaringan Distribusi 20 KV di Penyulang Kenari Gardu Induk Seduduk Putih", Electrician, 2019 Publication	<1 %
10	Rugaya Serosero. "Karakteristik habitat kepiting bakau (Scylla spp) di perairan pantai Desa Todowongi Kecamatan Jailolo Selatan Kabupaten Halmahera Barat", Agrikan: Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan, 2011 Publication	<1 %
11	Muhamad Firdaus Robbani, Dedi Nugroho, Gunawan Gunawan. "Penentuan Kelayakan Tahanan Isolasi Pada Transformator 60 MVA Di Gardu Induk 150 kV Tegal Dengan Menggunakan Indeks Polarisasi, Tangen Delta, Dan Breakdown Voltage", Elektrika, 2020 Publication	<1 %

Exclude quotes	Off	Exclude matches	Off
Exclude bibliography	Off		