

ANALISIS PEMELIHARAAN KINERJA DENGAN METODE THERMOVISI PADA PERALATAN GARDU INDUK 500kV TAMBUN

Jidan Jainudin¹⁾, Rahmat Hidayat²⁾ Reni Rahmadewi³⁾

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Singaperbangsa Karawang

Jl. HS. Ronggo Waluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat, Indonesia - 41361

e-mail : jidanbr@gmail.com

ABSTRACT

Paper ini membahas tentang pemeliharaan kinerja pada peralatan Gardu induk 500kV dengan menggunakan metode thermovisi. Fungsi Gardu Induk sangat krusial dalam upaya pemantauan kinerja pada elemen-elemen sistem tenaga listrik agar baik dan efisien disuatu daerah. Kualitas energi listrik dikatakan efisien jika upaya pemasokan energi listrik berjalan dengan lancar sehingga tolak ukurnya terlihat dari seberapa sering terjadinya gangguan sistem tenaga listrik.. Mengukur suhu pada peralatan Gardu Induk merupakan salah satu upaya dalam pemeliharaan, hal ini biasa disebut dengan metode Thermovisi. Thermovisi merupakan metode penggunaan sinar inframerah dalam mendeteksi suhu dari jarak jauh kemudian objek ditampilkan pada layar agar bisa dibaca suhu yang melebihi standar pada sambungan klem dan konduktor. Penelitian ini merupakan hasil dari pengukuran menggunakan metode thermovisi pada Gardu Induk 500kV Tambun yang kemudian dianalisis dengan perhitungan emisivitas pada selisih suhu klem dan konduktor (ΔT) dengan menggunakan rumus perpindahan radiasi, kemudian dilakukan uji validasi dengan menghitung presisi serta akurasi agar sesuai. Sebanyak 12 sampel yang diambil dari hasil kondisi peralatan yang menunjukkan kondisi baik dengan hasil presisi 0,02% dan akurasi 95,6% dari setiap data di bay Gardu Induk 500kV Tambun.

Keywords : *Thermovisi, Sistem Tenaga Listrik, Emisivitas*

1. PENDAHULUAN

Saat ini energi listrik menjadi salah satu komponen utama dalam memenuhi kebutuhan perkembangan teknologi baik dibidang industri maupun kehidupan

masyarakat biasa. PT. PLN (Persero) salah satu perusahaan yang berbentuk perseroan terbatas (Persero) dimiliki oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang penyediaan dan

pendistribusian tenaga listrik kepada para konsumen. PT. PLN (Persero) berusaha meningkatkan pelayanan kepada konsumen, demi menjaga kepercayaan konsumen yang diberikan kepada perusahaan.

Agar energi listrik memiliki kualitas dan kuantitas yang baik, semua ini harus diperhatikan melalui pemeliharaan dan pemantauan secara teratur dengan tujuan untuk menjaga kondisi peralatan energi listrik agar beroperasi dengan baik. Melakukan pemeliharaan dan pemantauan dapat mencegah terjadinya kegagalan, hal ini berpengaruh pada kualitas serta kontinuitas energi listrik karena adanya kerusakan pada sistem. (Putra R. R., 2018)

Gardu Induk (GI) sebagai salah satu komponen yang digunakan pada penyaluran tenaga listrik menjadi peran yang sangat dibutuhkan pada keberlangsungan suplay tenaga listrik kepada konsumen, karena tanpa adanya gardu induk untuk tenaga listrik tidak dapat disalurkan dengan baik. Meningkatnya beban listrik yang diperoleh Gardu Induk dapat disebabkan oleh permintaan konsumen listrik sehingga terjadinya beban lebih yang menyebabkan terhenti suplay listrik kepada konsumen.

Suhu yang terlalu panas yang berada pada klem pertemuan antara

konduktor (*Hot Point*) akan mempengaruhi gangguan pada kualitas dan kontinuitas listrik. (Anwar B. , 2019). Tidak adanya pemantauan ataupun pemeliharaan secara rutin Akan berakibat fatal terhadap peralatan dan kerugian, sehingga bagian pemeliharaan suhu pada peralatan listrik harus diperhatikan.

Peralatan thermovisi memudahkan petugas operasional pemeliharaan di Gardu Induk, sebelum adanya thermovisi untuk pemantauan suhu panas masih menggunakan thermometer secara manual.

2. LANDASAN TEORI

A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Pendistribusian dari gardu listrik sampai pada pelanggan dengan kualitas yang baik merupakan peran penting dalam sistem mendistribusikan tenaga listrik. Kontinuitas pelayanan merupakan salah satu unsur pada konstruksi jaringan dan topologi serta peralatan dengan tegangan menengah. Mengatasi gangguan dengan cepat adalah merupakan suatu masalah yang terpenting dalam fungsi jaringan distribusi, pada jaringan tegangan menengah dalam jaringan distribusi memiliki gangguan terbanyak pada sistem tenaga listrik.

Hal yang sangat penting pada penentuan kinerja dalam sistem mendistribusikan tenaga listrik yakni

tingkat keandalannya. Dapat di katakana handal jika memenuhi tolak ukur dalam tinjauan sejauh mana dalam mensuplai tenaga listrik secara berkala kepada konsumen. Kontinuitas, kontinuitas dalam tersedianya pelayanan daya listrik pada konsumen adalah dasar dari sebuah permasalahan sistem pendistribusian tenaga listrik.

B. Jenis Perawatan Gardu Induk

Penjadwalan dapat di lakukan pada setiap hari nya oleh operator dengan penggunaan sistem catatan.

Ada beberapa jenis pemeliharaan sebagai berikut :

1. Predictive Maintenance (Conditional Maintenance) Suatu aktifitas pemeliharaan dengan perencanaan waktu kemungkinan peralatan listrik akan mengalami kegagalan dengan cara menelaah dan memprediksi keadaan suatu peralatan listrik.

Gejala kerusakan dapat di control dengan memperhatikan kondisi tersebut. Pemeliharaan yang di sebut berdasarkan kondisi di lakukan dengan cara memperhatikan kondisi peralatan dalam beroperasi atau sedang tidak beroperasi. Memonitor secara digital cara yang dapat di pakai pemeliharaan oleh tim khusus untuk analisa dan memerlukan peralatan.

2. Preventive Maintenance (Time Maintenance) merupakan hal yang dapat di lakukan dalam pemeliharaan dalam rangka mencegah terjadinya kerusakan yang dialami secara tiba-tiba pada peralatan bermaksud untuk mengoptimalkan umur sesuai teknis nya dan untuk mempertahankan kondisi kerja peralatan.

Pemeliharaan berdasarkan waktu.

Pemeliharaan ini dilakukan dengan berkala atau penjadwalan teratur dan mengikuti pada intruksi manual. Ketika di lapangan pabrik memberikan standar-standar yang telah ada dalam memberikan pengalaman operasi.

3. Corrective Maintenance yakni kegiatan perencanaan yang di lakukan pada waktu tertentu. Dalam penyempurnaan instalasi yang disertai perbaikan ketika komponen peralatan listrik mengalami kerusakan atau menurunnya kualitas kerja alat maka dapat direncanakan untuk mengembalikan keadaan dalam kondisi semula. Melakukan dengan terencana dalam pemeliharaan yang dapat berupa terdapat bagian yang rusak dan kurang berperan fungsinya yang biasa di sebut trouble shooting atau pergantian part.

4. Breakdown Maintenance yakni suatu aktifitas yang dapat di lakukan dalam pemeliharaan yang di lakukan setelah adanya kerusakan alat yang sifat nya darurat secara mendadak.

C. Metode Thermovisi

Thermovisi merupakan suatu teknik dalam menggunakan sinar infrared dengan melihat suhu dari jauh, tentu ini berbeda dengan infrared thermometer. Pada thermovisi dapat dilihat objek yang diukur secara visual pada layar alatnya dan suhu dapat dilihat pada skala warna. Keadaan normal adalah keadaan suhu tertinggi masih dibawah nilai suhu standar. Jika pada peralatan memiliki panas yang lebih, sehingga terdapat perbedaan suhu yang diizinkan berada pada bagian peralatan, maka memperkencang pada sambungan klem dan konduktor merupakan salah satu solusi dari kondisi tersebut agar segera ditangani atau ditindaklanjuti, karena terjadi penyimpangan (Maulana, Alief, H., Aribowo dkk, 2015).

Pemeliharaan ini bertujuan untuk mengontrol titik sambungan pada instalasi klem dan konduktor serta mengetahui perbedaan suhu antara konduktor dan klem. Peralatan listrik sebagian terbuat dari logam sehingga memiliki sifat konduktivitas. Peralatan listrik dikatakan tidak normal ketika temperatur panas pada

alat melebihi batas toleransi. Apabila tidak segera diperbaiki hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan. Upaya pencegahan agar tidak terjadinya kerusakan pada peralatan yaitu mengamati temperatur pada setiap komponen dengan menggunakan kamera thermal secara rutin, hal ini merupakan metode thermovisi. Prinsip kerja dari perhitungan thermovisi adalah membandingkan energi yang telah teradiasi dari suatu bahan gelombang elektromagnetik terhadap radiasi energi yang bernilai sama dan benar.

Berdasarkan acuan pada Keputusan Direksi PT. PLN No. 0520-2.K/DIR/2014 tentang himpunan buku pedoman pemeliharaan peralatan primer gardu induk (PLN, 2014) memiliki nilai standar pada hasil pengukuran dengan menggunakan metode thermovisi yang dapat dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 1. Kondisi Menentukan Suhu

0-10	Kondisi Baik
>10-25	Periksa saat Pemeliharaan
>25-40	Rencana Perbaikan
>40-70	Perbaikan Segera
>70	Kondisi Darurat

Tabel 2. Rekomendasi Tindakan

No	Perbedaan Temperatur	Tindakan yang direkomendasikan
1.	Beda suhu pada beban maksimal kurang dari 10°C	Kondisi Baik
2.	Beban pada saat diuji hasil thermovisi kurang 10°C dari arus tertinggi yang pernah dicapai	Periksa Hasil Ukur
3.	Beda suhu pada beban maksimal lebih besar dan sama dengan 70°C	Kondisi Darurat < 3 Hari
4.	Beda suhu pada beban maksimal lebih besar dan sama dengan 40°C tetapi kurang dari 70°C	Segera Perbaiki < 1 Bulan
5.	Beda suhu pada beban maksimal lebih besar dan sama dengan 25°C tetapi kurang dari 40°C	Rencanakan Perbaikan < 3 Bulan
6.	Beda suhu pada beban maksimal lebih besar dan sama dengan 10°C	Periksa Saat Pemeliharaan

D. Kamera Infrared (Thermal Imager)

Kamera infrared merupakan suatu alat teknologi thermography yang bersifat aman dan tidak merusak benda yang diuji (Non-Destructive Testing). Alat ini berfungsi untuk memonitoring kondisi dan kinerja pada komponen peralatan listrik sehingga kemungkinan terjadi kerusakan dapat diminimalisir.

Konsep sederhana dari kamera infrared adalah menampilkan karakteristik suhu berdasarkan hasil objek yang ditangkap baik dalam keadaan tinggi atau rendahnya skala warna (PT ElektriKA Rekayasa Energi, 2017). Oleh karenanya, ketika kamera infrared tidak dapat menampilkan indikator suhu berupa perbedaan pada warna tampilan objek,

maka artinya tidak terdapat beda suhu sehingga hal ini tidak bisa dianalisa.

**Gambar 1.** Thermal imager SATIR D300

E. Perhitungan suhu klem dan suhu konduktor

Dalam melaksanakan pengukuran suhu dengan metode thermovisi dapat dilakukan dengan cara menghitung perbandingan pada suhu klem dan suhu konduktor dengan menggunakan rumus persamaan pendekatan kriteria delta T (ΔT). Dibawah ini merupakan rumus dari persamaan kriteria delta T :

$$\Delta T = (T_{Klem} - T_{Konduktor}) \left(\frac{I_{Maks}}{I_{Saat\ Thermovisi}} \right)^2 \quad (1)$$

Keterangan :

ΔT = Selisih Suhu Klem Terhadap Konduktor

I_{maks} = Arus Makismal

$I_{saat\ thermovisi}$ = Arus Saat Thermovisi

$T_{suhu\ klem}$ = Suhu Klem

$T_{suhu\ konduktor}$ = Suhu Konduktor

F. Perhitungan Emisivitas

Emisivitas merupakan kemampuan untuk meradiasikan energi inframerah melalui benda hitam pada gelombang dan

suhu yang sama. Dalam menghitung nilai emisivitas dapat menggunakan rumus perpindahan radiasi Hukum Stefan Boltzman. Dibawah ini merupakan rumus dari perpindahan radiasi Stefan Boltzman :

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

Keterangan :

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

ϵ = Emisivitas

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

T = Suhu mutlak (K)

G. Uji Presisi

Uji presisi merupakan skala yang menunjukkan derajat antara output perhitungan yang berpacu pada Standard Reference Material (SRM). Untuk menguji presisi dari pengukuran, diperlukan Strandar Deviasi (SD) kemudian dihitung Variasi Koefisien (CV). Dibawah ini

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

merupakan rumus standar deviasi :

Keterangan :

SD = Standar Deviasi

n = Jumlah

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

dikurangi rata-rata nilai emisivitas

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

Keterangan :

SD = Standar deviasi

CV = Variasi Koefisien

Nilai SRM = Nilai rata-rata emisivitas

H. Uji akurasi

Uji akurasi adalah sesuatu yang dilakukan untuk melihat keakuratan hasil analisis berdasarkan pada Standar Reference Material (SRM) (Syahputra Ramadoni, 2010). Dalam melakukan uji akurasi, dibutuhkan data atau nilai keadaan sebenarnya, kemudian akan dibandingkan hasil klasifikasi. Uji akurasi menggunakan rumus berikut ini:

$$\% \text{Recovery} = \frac{(\alpha) - X \text{ Benar}}{X \text{ Benar}} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

$\% \text{recovery}$ = Presentase nilai bias

X benar = Nilai yang benar

α = Nilai rata – rata emisivitas

I. Analisis Validasi

Merupakan parameter tertentu untuk membuktikan hitungan tertentu. Analisis validasi bertujuan agar mengetahui apakah hasil penujian yang dianalisa sudah memiliki nilai presisi dan akurasi yang baik atau tidak.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dari melakukan studi literature menggunakan referensi buku dan jurnal bertujuan agar memiliki informasi baru dan pendukung yang sesuai dengan masalah yang diteliti. Kemudian membuat rumusan masalah mengenai pemeliharaan kinerja peralatan Gardu Induk 500kV Tambun dengan menggunakan metode thermovisi. Kemudian langkah selanjutnya Penulis mengumpulkan data pengujian di Gardu Induk 500kV Tambun dengan metode thermovisi, selanjutnya penulis melakukan analisis perhitungan terhadap hasil pengujian. Melakukan perhitungan dengan membandingkan hasil pada suhu klem dan suhu konduktor sehingga dapat diketahui selisihnya, emissivitas, uji presisi dan uji akurasi serta analisis validasi menggunakan data yang telah didapat dari hasil pemotretan menggunakan kamera infrared. Langkah terakhir adalah membuat kesimpulan berupa hasil dari analisis, kondisi peralatan, serta rekomendasi pemeliharaan dengan metode thermovisi yang dirasa sangat penting agar peralatan aman.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Selisih Suhu Klem dengan Konduktor di Gardu Induk 500 kV Tambun

Penerapan metode thermovisi merupakan pengukuran suhu panas dari jarak jauh pada sambungan terminal dan konduktor yaitu 1 bay dari X bay pada Gardu Induk Tambun 500 kV. Selanjutnya, hasil pengukuran akan dimasukan persamaan selisih suhu (ΔT) pada titik sambungan antara klem dan konduktor dengan tujuan agar dapat ditarik kesimpulan tentang hasil pengukuran yang berbeda pada beban yang berlainan dengan menggunakan alat thermal imager tipe SATIR D300.

Dibawah ini adalah hasil thermovisi klem dan konduktor pada bulan Desember 2021 serta hasil dari analisis selisih suhu dengan menggunakan rumus (ΔT) pada suhu klem dengan suhu konduktor di Gardu Induk 500 kV Tambun, untuk hasil perbandingan desimal 1 angka setelah koma (,) lebih besar dari 5 maka, dibulatkan menjadi 1 ($0,5 \geq 1$).

Tabel 3. Hasil Thermovisi klem dan Konduktor bay 500kV Tambun

No	Bagian		Arus	Arus	Suhu	Suhu
			Maksimal	Saat Shooting	Objek Saat Shooting	Kawat Saat Shooting
			(A)	(A)	(°C)	(°C)
1.	Klem Dropper	R	1000	668	28,1	28,1
		S	1000	668	28	28,6
		T	1000	668	29,5	28,1
2.	Klem LA (Lighting Arraver)	R	1000	668	25,6	26,1
		S	1000	668	25,2	24,8
		T	1000	668	24,3	26,8
3.	CVT/Line Trap Sisi LA	R	1000	705	25,7	27,5
		S	1000	668	25,5	26,3
		T	1000	668	25,8	26,8
4.	Bushing GIL	R	1000	668	24,6	26,4
		S	1000	668	24,7	26,1
		T	1000	668	24,7	26,4

Klem Dropper Fase R
 $= (28,1 - 28,1) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = 0$

Klem Dropper Fase S
 $= (28 - 28,6) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = -1$

Klem Dropper Fase T
 $= (29,5 - 28,1) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = -3$

Klem LA Fase R
 $= (25,6 - 26,1) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = -1$

Klem LA Fase S
 $= (25,2 - 24,8) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = 1$

Klem LA Fase T
 $= (24,3 - 26,8) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = -6$

Klem CVT Arah LA Fase R
 $= (25,7 - 27,5) \left(\frac{1000}{705}\right)^2 = -4$

Klem CVT Arah LA Fase S
 $= (25,5 - 26,3) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = -2$

Klem CVT Arah LA Fase T
 $= (25,8 - 26,8) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = -2$

Klem Bushing Fase R
 $= (24,6 - 26,4) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = -4$

Klem Bushing Fase S
 $= (24,7 - 26,1) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = -3$

Klem Bushing Fase T
 $= (24,7 - 26,4) \left(\frac{1000}{668}\right)^2 = -4$

Hasil perhitungan data diatas menunjukkan beberapa nilai kondisi tindakan dalam menentukan suhu peralatan gardu induk, perhitungan suhu tersebut sudah ada ketentuannya dengan mempertimbangkan sesuai dengan range yang ditentukan, sehingga dapat di simpulkan apakah suhu tersebut masih dalam kondisi aman atau tidak. Kondisi itu dapat dijadikan referensi, dengan tujuan agar dapat mengurangi kerusakan yang akan dialami pada komponen peralatan Gardu Induk 500 kV Tambun. Berdasarkan data yang didapatkan dan dianalisis sesuai perhitungan pada thermovisi, semua peralatan yang ada pada bay 500 kV IBT 1 GISTET Tambun dalam kondisi baik.

B. Perhitungan Emisivitas

Emisivitas merupakan kemampuan untuk meradiasikan energi inframerah melalui benda hitam pada panjang gelombang dan suhu yang sama. Suatu bahan memiliki 13 nilai emisivitas, tetapi masih dapat berubah tergantung kondisi lingkungan dan sifat bahan yang berubah. Emisivitas ditentukan dengan menggunakan rumus

perpindahan panas radiasi (Hukum Stefan Boltzman).

Dibawah ini merupakan tabel hasil pengukuran pada bay Gardu Induk 500 kV Tambun dengan metode thermovisi pada bulan desember 2021:

Tabel 4. Data Suhu objek saat Shooting bay 500kV Tambun

No	Bagian	Suhu Objek Saat Shooting (°C)
1.	Klem Dropper	R 28,1
		S 28
		T 29,5
2.	Klem LA (Lighting Arraver)	R 25,6
		S 25,2
		T 24,3
3.	CVT/Line Trap Sisi LA	R 25,7
		S 25,5
		T 25,8
4.	Bushing GIL	R 24,6
		S 24,7
		T 24,7

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 301,25^{\circ}\text{K}^4} = 0,5073$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 301,15^{\circ}\text{K}^4} = 0,5080$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 302,65^{\circ}\text{K}^4} = 0,4980$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 298,75^{\circ}\text{K}^4} = 0,5245$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 298,35^{\circ}\text{K}^4} = 0,5273$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 297,45^{\circ}\text{K}^4} = 0,5337$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 298,85^{\circ}\text{K}^4} = 0,5238$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 298,65^{\circ}\text{K}^4} = 0,5252$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 298,95^{\circ}\text{K}^4} = 0,5231$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 297,75^{\circ}\text{K}^4} = 0,5316$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 297,85^{\circ}\text{K}^4} = 0,5309$$

$$\frac{237 \text{ W/m.K}}{(5,672 \times 10^{-8} \text{ W/m}^{-2}\text{K}^{-4}) \cdot 297,85^{\circ}\text{K}^4} = 0,5309$$

Perhitungan diatas merupakan hasil analisis emisivitas dengan menggunakan rumus Stefan Boltzman, dimana hasil perhitungan nilai rata-rata emisivitas adalah 0,5220 dengan pengujian pada 12 sample, hal ini jika digenapkan termasuk dalam kategori nilai SRM. SRM merupakan standarisasi terhadap nilai emisivitas yang dikemukakan oleh *Infrared Training Center of Flir System Inc* dengan nilai 0,5. artinya nilai emisivitas pada Gardu Induk 500kV Tambun dapat dikatakan masih dalam keadaan aman.

C. Analisis Validasi

Sesudah didapatkan dari hasil analisis nilai emisivitas, selanjutnya adalah analisis

validasi dengan menghitung uji presisi dan uji akurasi dengan tujuan agar mendapatkan evaluasi tindak lanjut.

1. Uji Presisi

Pada pengujian presisi di Gardu Induk 500kV Tambun, Sampel yang digunakan sebanyak 12 sampel di setiap bay, dalam pengujian presisi yang diperlukan agar menghasilkan nilai yang akurat yaitu Coeffisien Variation (CV). CV ditentukan oleh persamaan pada tabel di bawah ini:

Tabel 5. Validasi Thermovisi bay 500kV Tambun

No.	Bagian		Nilai	Rata-Rata	Nilai	(Nilai
			Emisivitas	Emisivitas	Emisivitas	Emisivitas dikurangi Rata-Rata Emisivitas)
			(x)	(α)	(x - α)	(x - α) ²
1.	Klem Dropper	R	0,5073	0,5220	-0,0147	0,00021609
		S	0,5080	0,5220	-0,0140	0,000196
		T	0,4980	0,5220	-0,0240	0,000576
2.	Klem LA (Lighting Arraver)	R	0,5245	0,5220	0,0025	0,00000625
		S	0,5273	0,5220	0,0053	0,00002809
		T	0,5337	0,5220	0,0117	0,00013689
3.	CVT/Line Trap Sisi LA	R	0,5238	0,5220	0,0018	0,00000324
		S	0,5252	0,5220	0,0032	0,00001024
		T	0,5231	0,5220	0,0011	0,00000121
4.	Bushing GIL	R	0,5316	0,5220	0,0096	0,00009216
		S	0,5309	0,5220	0,0089	0,00007921
		T	0,5309	0,5220	0,0089	0,00007921
Total						0,00142459

$$SD = \sqrt{\frac{0,00142459}{12-1}} = 0,0001295082$$

Maka nilai SD yaitu 0,0001295082

$$CV = \left(\frac{0,0001295082}{0,5}\right) \times 100\% = 0,02\%$$

Maka nilai CV yaitu 0,02%

Hasil pengujian diatas dapat ditarik kesimpulan yaitu nilai variasi koefisien (CV) adalah 0,02%. Presisi yang baik ketika hasil perhitungan memiliki nilai < (kurang dari) 2%. Oleh karenanya perhitungan uji presisi pada peralatan Gardu Induk 500kV Tambun ini dinyatakan sangat baik.

2. Uji Akurasi

Berikut dibawah ini adalah hitungan akurasi nilai thermovisi pada bay Gardu Induk 500kV Tambun pada bulan desember 2021.de

$$\begin{aligned} \%Recovery &= \frac{0,5220-0,5}{0,5} \times 100 \\ &= 4,4\% \end{aligned}$$

Ditemukan akurasinya = 100% - 4,4% = 95,6%

Terlihat pada analisis diatas menunjukkan hasil uji akurasi pada bay Gardu Induk 500kV Tambun memiliki tingkat akurasi 95,6% yaitu artinya baik karena hampir mendekati 100%.

5. KESIMPULAN

Thermovisi amat perlu dalam pemeliharaan dan pemantauan peralatan Gardu Induk 500 kV Tambun sebagai berikut :

1. Thermovisi merupakan metode penggunaan sinar inframerah dalam mendeteksi suhu dari jarak jauh kemudian objek ditampilkan pada layar

- agar bisa dibaca suhu panas pada sambungan terminal dan konduktor.
2. Pemeliharaan dengan Thermovisi sangat diperlukan, agar dalam pendistribusian energi listrik ke konsumen tidak terjadi kegagalan.
 3. Pemeliharaan dapat ditentukan dengan thermovisi yang dilakukan jika temperatur pada konektor melebihi standar yang sudah ditentukan.
 4. Dari 12 sampel pengujian menunjukkan bahwa peralatan dalam kondisi baik hal ini dibuktikan dengan hasil analisis akurasi 95,6% dan presisi 0,02% dari setiap data pada bay Gardu Induk 500kV Tambun.
 5. Sesuai dengan hasil analisis dengan metode thermovisi yang menggunakan beberapa persamaan, dapat ditentukan bahwa semua peralatan di Gardu Induk 500 kV Tambun dalam kondisi baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, B., 2019, *Penentuan Hot Point dengan Menggunakan Metode Thermovisi pada Gardu Induk 150kV Purwodadi*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 20.
- Fatoni, A., Wibowo, R. S., Soeprijanto, A., 2016, *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN Rayon Lumajang Dengan Metode FMEA*, Jurnal Teknik ITS, 5(2). Surabaya.
- Maulana, Alief, H., Aribowo, D., Inawati, 2015, *Analisa Kondisi Generator Transformer Menggunakan Metode Thermography*, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- M. Siburian, J., Siahaan, T., & Sinaga, J., 2020, *ANALISIS PENINGKATAN KINERJA JARINGAN DISTRIBUSI 20kv DENGAN METODE THERMOVISI JARINGAN PT. PLN (PERSERO) ULP MEDAN BARU*, JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA: Jurnal Teknik Elektro Volume 9, Nomor 1, Maret 2020, 8-19.
- Pasaribu, F. I., & Fazawi, M. L., 2021, *Hot Point Determination And Monitoring Equipment Using Thermal Imagers Fluke With Thermovision Method*. JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering), 114-128.
- PLN, 2000, *Buku Prosedur Pelaksanaan Pekerjaan Pada Instalasi Listrik Tegangan Tinggi*. PT PLN (Persero).
- PLN, 2014, *Buku Pedoman Pemeliharaan*, No. 0520-2.K/DIR. PT PLN (Persero).

PT. ElektriKa ReKayasa Energi, 2017,
D600 Manual Bahasa Indonesia
DSeries, Banten.

Putra, R. R., 2018, *Thermovisi Dalam*
Melihat Hot Point pada Gardu
Induk 150 KV Palur, Universitas
Muhammadiyah Surakarta, 19.

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