

EFEKTIVITAS PEMELIHARAAN SUHU SUTET 500KV DAN SUTT 150KV DENGAN METODE THERMOGRAPHY DI PT. PLN (PERSERO) ULTG CILEGON

Maslili Rifaldi¹ dan Suhendar²

^{1,2} Jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Received: 25 Desember 2024

Accepted: 14 Januari 2025

Published: 20 Januari 2025

Keywords: Thermovisi, SUTET 500KV, SUTT 150KV.

Correspondent Email:
suhendar@untirta.ac.id

Abstrak. Penelitian ini mengevaluasi efektivitas metode thermovisi dalam pemeliharaan sistem transmisi listrik di PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon, dengan fokus pada jaringan SUTET 500KV dan SUTT 150KV. Teknologi thermovisi memanfaatkan radiasi inframerah untuk mendeteksi perubahan suhu yang tidak normal pada komponen penting seperti klem, konduktor, dan isolator. Pemeliharaan dilakukan secara rutin dua kali dalam setahun untuk menjaga keandalan distribusi listrik, terutama ke wilayah industri. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai ΔT pada semua komponen berada dalam rentang aman ($\Delta T \leq 10^\circ\text{C}$). Sebagai contoh, pada jalur transmisi SUTET 500KV Cilegon Baru-Cibinong, suhu klem dan konduktor masing-masing tercatat $35,6^\circ\text{C}$ dan $34,7^\circ\text{C}$, dengan ΔT sebesar $0,90^\circ\text{C}$. Hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa metode thermovisi efektif dalam mendeteksi dan mencegah gangguan, serta menjaga stabilitas pasokan listrik untuk mendukung aktivitas industri di wilayah tersebut.

Abstract. This research evaluates the effectiveness of the thermovision method in maintaining the electrical transmission system at PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon, focusing on 500KV and 150KV high-voltage transmission networks. Thermovision technology utilizes infrared radiation to detect abnormal temperature changes in critical components, such as clamps, conductors, and insulators. Maintenance is carried out biannually to ensure reliable electricity distribution, especially to industrial areas. Measurement results indicate that ΔT values across all components remain within the safe range ($\Delta T \leq 10^\circ\text{C}$). For instance, on the 500KV Cilegon Baru-Cibinong transmission line, clamp and conductor temperatures were recorded at 35.6°C and 34.7°C , respectively, with a ΔT of 0.90°C . The findings confirm that thermovision is an effective approach to identifying and preventing potential disturbances, ensuring stable power supply, and supporting industrial operations in the region.

Keywords: Thermovision, SUTET 500KV, SUTT 150KV.

1. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) ULTG Cilegon adalah salah satu unit layanan teknis yang berada di bawah naungan PT PLN (Persero), yang bertanggung jawab untuk layanan unit

transmisi tenaga listrik di wilayah Cilegon dan sekitarnya. PT PLN (Persero) sendiri merupakan perusahaan negara yang bergerak di sektor kelistrikan Indonesia, dengan tugas utama memastikan keberlangsungan transmisi

dengan baik dan menjaga serta memelihara sistem kelistrikan yang andal.

Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Cilegon memiliki peran penting dalam mendukung keberlanjutan dalam transmisi listrik di wilayah Banten, khususnya Cilegon, yang merupakan salah satu daerah industri terbesar di Indonesia. Wilayah ini memerlukan pasokan listrik yang stabil dan berkualitas tinggi untuk mendukung kegiatan industri yang terus berkembang pesat. Dalam menjalankan operasionalnya, PT PLN Persero ULTG Cilegon bertanggung jawab untuk memastikan kelancaran transmisi listrik, pemeliharaan jaringan, serta perbaikan infrastruktur kelistrikan yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dan industri di wilayah tersebut. Keberadaan ULTG Cilegon juga menjadi salah satu unsur vital dalam upaya pemerintah untuk mencapai pemerataan dan sistem listrik di seluruh wilayah Indonesia.

Keandalan sistem kelistrikan sangat krusial dalam menjamin kontinuitas pelayanan energi listrik kepada konsumen. Gangguan atau terputusnya aliran listrik akan memberikan dampak signifikan, tidak hanya pada infrastruktur kelistrikan tetapi juga pada aktivitas pelanggan. Khususnya bagi pelanggan industri, pemadaman listrik dapat menghentikan seluruh proses produksi, yang berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi yang substansial. Salah satu strategi yang dapat ditempuh adalah mengoptimalkan kemampuan hantar arus pada saluran transmisi tegangan tinggi (SUTT). Penggunaan konduktor dengan spesifikasi teknis unggul, seperti ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced), menjadi solusi yang efektif. Konduktor jenis ini memiliki keunggulan dalam menahan temperatur, dengan batas maksimal 75°C pada kondisi operasional normal dan dapat mencapai 90°C pada keadaan darurat. Namun, perlu diperhatikan bahwa penggunaan konduktor dengan karakteristik temperatur tinggi ini berpotensi menimbulkan konsekuensi thermal, terutama pada titik-titik sambungan seperti terminal dan klem antar konduktor di Gardu Induk (GI). Oleh karena itu, diperlukan manajemen dan desain infrastruktur yang mempertimbangkan aspek termal secara komprehensif untuk menjamin keandalan dan keamanan sistem. Namun, perlu diperhatikan bahwa penggunaan konduktor dengan

karakteristik temperatur tinggi ini berpotensi menimbulkan konsekuensi thermal, terutama pada titik-titik sambungan seperti terminal dan klem antar konduktor. Penggunaan konduktor dengan spesifikasi teknis unggul, seperti ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced), menjadi solusi yang efektif. Konduktor jenis ini memiliki keunggulan dalam menahan temperatur, dengan batas maksimal 75°C pada kondisi operasional normal dan dapat mencapai 90°C pada keadaan darurat. Namun, perlu diperhatikan bahwa penggunaan konduktor dengan karakteristik temperatur tinggi ini berpotensi menimbulkan konsekuensi thermal, terutama pada titik-titik sambungan seperti terminal dan klem antar konduktor di Gardu Induk (GI). Oleh karena itu, diperlukan manajemen dan desain infrastruktur yang mempertimbangkan aspek termal secara komprehensif untuk menjamin keandalan dan keamanan sistem [12].

Didalam sistem transmisi, terdapat pemeliharaan yang menggunakan kamera inframerah terutama untuk mengukur suhu pada sistem transmisi Saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) dan Saluran udara tegangan tinggi (SUTT). Pemeliharaan ini dilakukan dengan menggunakan alat pengukur suhu dengan metode *thermography* dan biasa disebut Thermovisi. Thermovisi ini digunakan dalam pemeliharaan sistem transmisi terutama untuk menjaga kesetabilan suhu pada suatu



transmisi jaringan listrik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Dasar Sistem Transmisi Tenaga Listrik

Berikut merupakan gambar dari SUTET 500 KV di tampilkan pada gambar berikut.

Gambar 1. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi

SUTET merupakan jaringan transmisi daya listrik udara yang menggunakan kawat penghantar tanpa isolasi, beroperasi dengan tegangan nominal yang melampaui 230 kV, dan dilengkapi dengan peralatan yang mampu menahan tegangan di atas 245 kV. Sistem ini dirancang khusus untuk mentransportasikan energi listrik dalam skala besar, sehingga dapat menghubungkan pusat pembangkit dengan berbagai pusat beban listrik. Melalui jaringan bertegangan ekstra tinggi yang terpasang di udara, SUTET mampu menyalurkan listrik ke wilayah yang lebih luas, memastikan pasokan energi yang stabil dan efisien. [1].

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) adalah bagian penting dari sistem transmisi tenaga listrik. Fungsi utamanya adalah untuk



menjaga kualitas dan keandalan penyaluran listrik dengan kapasitas yang sangat besar. Saluran udara tegangan tinggi digunakan untuk menyalurkan listrik dari pembangkit ke gardu induk atau menghubungkan antar gardu induk. Dengan kata lain, saluran udara tegangan tinggi berperan vital dalam memastikan pasokan listrik yang stabil ke konsumen [3].

Gambar 2. Saluran Udara Tegangan Tinggi

Sistem transmisi tenaga listrik merupakan komponen krusial dalam penyaluran listrik dari pembangkit ke saluran distribusi. Oleh karena itu, meningkatkan keandalan sistem transmisi adalah hal yang sangat penting. Sistem transmisi harus mampu menyalurkan listrik secara efisien dan andal, mulai dari pembangkitan hingga distribusi ke konsumen. Peningkatan keandalan sistem transmisi akan mendukung kontinuitas pasokan listrik yang stabil dan berkualitas baik [4].

Sistem transmisi tenaga listrik memiliki peran vital dalam menjamin distribusi energi yang efisien dan andal, terutama di tengah peningkatan kebutuhan energi global yang signifikan. Seiring perkembangan teknologi canggih, inovasi dalam sistem transmisi menjadi kunci untuk mengatasi tantangan terkait keandalan, efisiensi, dan stabilitas jaringan listrik. Kemajuan teknologi dalam sistem transmisi menjadi faktor penting untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat dengan cara yang lebih efisien, andal, dan stabil. Sistem transmisi yang inovatif akan memainkan peran sentral dalam menjamin pasokan listrik yang kontinu dan berkualitas baik di masa depan [5].

2.2. Metode Pemeliharaan Suhu Pada System Transmisi

Thermovisi adalah alat yang dapat



digunakan untuk dapat memvisualisasikan dan mendeteksi suatu suhu pada suatu objek. Alat thermovisi ini menggunakan teknologi inframerah untuk menangkap suatu panas dari objek dan menampilkannya pada display. Semakin tinggi panas pada suatu objek, semakin besar arus listrik yang mengalir pada penghantar. [6].

Gambar 3. Satir D600

Satir D300 dan D600 adalah kamera termografi multi-aplikasi dengan fitur lengkap untuk inspeksi dalam dan luar ruangan. Alat ini dilengkapi dengan lensa tele yang berfungsi untuk memperbesar objek dan meningkatkan presisi pengukuran [8].

Thermovisi ini menggunakan 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 [2].

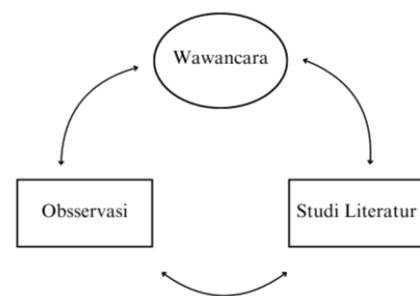
2.3. Efektifitas dan Teknologi Termografi Dalam Pemeliharaan Transmisi

Suhu adalah variabel yang paling mudah dipantau. Hampir semua fenomena alam akan menyebabkan perubahan suhu. Pengukuran suhu dapat dilakukan secara kontak menggunakan termometer dan termokopel, atau secara non-kontak menggunakan sensor inframerah. Pengukuran non-kontak didasarkan pada teori Planck, yang menyebutkan bahwa semua benda di atas 0 derajat akan memancarkan sinar inframerah. Besarnya intensitas pancaran inframerah terutama bergantung pada suhu material, namun faktor lingkungan sekitar, sifat permukaan, dan jenis bahan juga turut berkontribusi. Pengukuran non-kontak memiliki keunggulan seperti tidak mengganggu pengoperasian, pemantauan dari jarak jauh, akuisisi data yang lebih cepat, serta kemampuan menghasilkan distribusi atau pola panas pada permukaan benda. Kamera inframerah kini dapat merekam pancaran inframerah dari permukaan benda, sehingga dapat memantau distribusi atau pola suhu pada permukaan tersebut [7].

Setiap peralatan listrik memiliki nilai konduktivitas tinggi agar dapat menghantarkan listrik dengan baik. Sebagian besar peralatan listrik terbuat dari bahan logam seperti tembaga dan aluminium. Selain konduktivitas tinggi, peralatan listrik juga memiliki resistansi sehingga dapat menghasilkan panas saat dialiri listrik. Bagian yang sering mengalami pemanasan dan perlu diperhatikan adalah terminal, sambungan, konduktor dan klem. Sambungan konduktor menghasilkan tahanan kontak. Jika tahanan kontak lebih besar dari tahanan konduktor, maka akan terjadi titik panas (hot point) pada sambungan tersebut. Semakin besar arus listrik yang mengalir,

semakin tinggi temperaturnya. Pemeriksaan untuk mengidentifikasi titik panas dilakukan menggunakan thermal imager atau thermovisi. Alat ini mengukur suhu peralatan dengan menggunakan radiasi inframerah. Jika hasil pengukuran menunjukkan suhu yang terlalu tinggi, penanganannya dapat berupa penguatan (pengencangan) klem dan konduktor, perbaikan peralatan, atau penggantian peralatan. [8].

3. METODE PENELITIAN



Gambar 4. Metode penelitian

Observasi

Observasi adalah metode pengumpulan data yang kuat secara metodologis. Metode observasi tidak hanya tentang pengamatan dan pencatatan, tetapi juga memudahkan untuk mendapatkan informasi tentang dunia di sekitar kita [9].

Studi Literatur

Studi literatur adalah penelitian yang dilakukan dengan menelaah berbagai kajian pustaka yang diperlukan. Tujuan penggunaan metode studi literatur adalah sebagai langkah awal perencanaan penelitian, memanfaatkan kepustakaan untuk memperoleh data tanpa perlu terjun langsung ke lapangan [10].

Wawancara

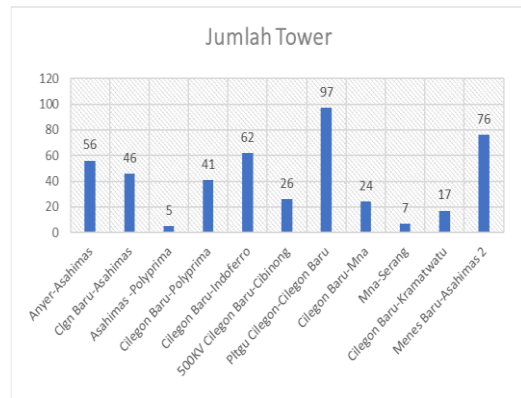
Teknik wawancara memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan berbagai data dari responden dalam beragam situasi dan konteks. Namun, penggunaan wawancara harus dilakukan secara hati-hati dan data yang diperoleh perlu dikonfirmasi dengan sumber lain melalui triangulasi. Wawancara dilakukan agar peneliti bisa menyampaikan pertanyaan secara langsung kepada partisipan. Dengan teknik ini, partisipan dapat memberikan informasi secara langsung, memungkinkan

peneliti memperoleh jawaban yang lebih mendetail dari pertanyaan yang diajukan [11].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penghantar Pemeliharaan Thermovisi

Pemeliharaan thermovisi dilakukan di PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon terutama



di beberapa penghantar yang berfungsi untuk memastikan sistem kelistrikan tetap andal, efisien, dan aman. Berikut merupakan beberapa penghantar yang menjadi tugas utama dalam pemeliharaan thermovisi yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon dalam menjaga kestabilan sistem kelistrikan di kota Cilegon dan sekitarnya.

Gambar 5. Daftar dan jumlah penghantar

Pemeliharaan thermovisi pada jaringan transmisi PT PLN (Persero) ULTG Cilegon dilakukan untuk mendeteksi secara dini potensi masalah pada komponen seperti klem, isolator, sambungan, dan penghantar dengan mengidentifikasi peningkatan suhu yang tidak normal. Pada jalur Transmisi 150kV Anyer-Asahimas yang memiliki 56 tower, fokus inspeksi diarahkan pada identifikasi hotspot di klem maupun sambungan konduktor untuk menjaga suplai listrik ke industri Asahimas. Begitu pula pada Transmisi 150kV Cilegon Baru-Asahimas (46 tower) dan TRS 150kV Asahimas-Polyprima (5 tower), pemeriksaan difokuskan untuk identifikasi hotspot di klem maupun sambungan konduktor yang berpotensi mengganggu aliran listrik ke kawasan industri.

Untuk jalur Transmisi 150kV Cilegon Baru-Polyprima (41 tower) dan TRS

150kV Cilegon Baru-Indoferro (62 tower), prioritas pemeliharaan adalah area dengan beban tinggi, seperti sambungan utama yang rentan terhadap panas berlebih maupun pada klem. Sementara itu, jalur Transmisi 500kV Cilegon Baru-Cibinong (26 tower) memerlukan perhatian khusus terhadap isolator, klem tegangan ekstra tinggi maupun sambungan konduktornya guna menjaga keandalan sistem. Pada Transmisi 150kV PLTGU Cilegon-Cilegon Baru (97 tower), pemeliharaan dilakukan untuk memastikan stabilitas sambungan dan klem akibat fluktuasi beban dari PLTGU Cilegon.

Pada jalur lain, seperti Transmisi 150kV Cilegon Baru-MNA (24 tower), TRS 150kV MNA-Serang (7 tower), dan Transmisi 150kV Cilegon Baru-Kramatwatu (17 tower), pemeriksaan difokuskan pada terminal sambungan maupun klem dan pengaruh lingkungan terhadap penghantar. Jalur TRS 150kV Menes Baru-Asahimas 2 (76 tower) ditujukan untuk memastikan suplai listrik ke kawasan industri besar tetap andal dengan mendeteksi potensi masalah seperti korosi atau sambungan yang longgar.

Tahapan pemeliharaan meliputi persiapan alat, inspeksi lapangan untuk scanning suhu komponen, analisis hasil termografi, dan rencana tindak lanjut berupa perbaikan seperti pengencangan klem atau penggantian isolator jika ditemukan anomali

4.2 Thermovisi

Pemeliharaan thermovisi yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon ini dilakukan rutin dalam enam bulan satu kali atau satu tahun dua kali. Pemeliharaan ini dilakukan atau di naungi oleh divisi harring di PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon. Pemeliharaan ini disebut Thermovisi karena menggunakan kamera inframerah atau menggunakan kamera termografi yang bisa melakukan pengamatan terhadap suhu pada peralatan listrik. Jenis alat yang digunakan adalah berjenis Satir dengan type D600. Di dalam Satir D600 terdapat beberapa komponen yang menunjang dalam

penggunaannya diantaranya adalah LCD Display, digunakan untuk menampilkan hasil inspeksi. Kemudian ada Illuminator, berfungsi sebagai penambah cahaya ketika lingkungan yang gelap maupun kurang pencahayaan. Kemudian ada Visual Camera, ini berfungsi untuk menangkap gambar visual secara nyata dalam suatu inspeksi. Kemudian ada Ir Lens sebagai komponen yang paling penting dalam oprasinya. Ir Lens ini sebagai penangkap sinar inframerah yang dipancarkan oleh objek terutama pada komponen listrik. Selanjutnya ada Laser Range Finder (LRF) pada SATIR D600 adalah fitur yang berfungsi untuk menghitung jarak antara kamera dan objek dengan presisi tinggi

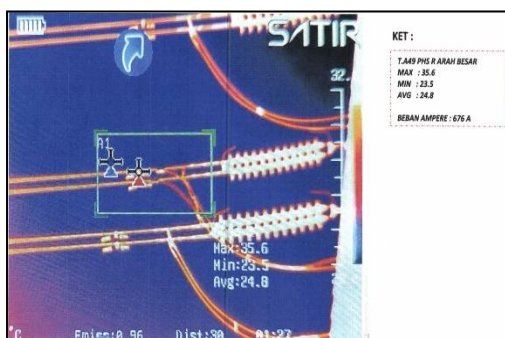


menggunakan teknologi laser. Yang terakhir terdapat User-Defined pada SATIR D600 adalah fitur yang memberi pengguna kemampuan untuk menentukan kondisi atau parameter spesifik yang dapat mengaktifkan kamera untuk melakukan tindakan tertentu, seperti mengambil gambar termal.

Gambar 6. Alat Thermovisi

4.3 Display Thermovisi

Pada hasil dari Thermovisi yang



dilakukan dengan mengukur suhu pada

klem salah satu tower dengan menggunakan Satir D600, terdapat beberapa keterangan didalam hasil penangkapan dan pengukuran objek ditampilkan dan di visualisasikan pada Visual Camera yang terdapat pada Satir D600.

Gambar 7. Display Thermovisi

Display tersebut adalah hasil dari pengukuran suhu pada klem tower A49 penghantar Cilegon Baru-Polyprima 150 KV sebagai contoh sampel. Beberapa keterangan yang terdapat di dalam display tersebut diantaranya ada suhu maksimum, suhu minumum, suhu rata-rata dan beban arus. Pada gambar menunjukkan terdapat satu kotak yang menunjukkan area yang di ukur suhunya, area tersebut di atur oleh pengguna agar objektif pada saat melakukan pengukuran. Objek yang di ukur adalah klem pada tower tersebut. Terdapat beberapa keterangan, suhu maksimal menunjukkan hasil dari suhu maksimal pada area tersebut, kemudian suhu minimum menunjukkan suhu minimal pada area kotak tersebut, dan nilai rata-rata adalah nilai yang keseluruhan rata-rata pada area yang diukur. Namun yang digunakan oleh Divisi Haring adalah suhu maksimum yang di dihasilkan pada inspeksi. Pada cara kerja dari teknologi termografi ini adalah mendeteksi cahaya inframerah yang dipancarkan oleh peralatan listrik. Hasil yang di dapatkan adalah cahaya yang di pancarkan pada display diatas pada peralatan listrik berwarna putih, itu menandakan peralatan listrik tersebut dalam keadaan panas dan memancarkan radiasi inframerah yang divisualisasikan oleh kamera thermal menjadi warna putih.

Pada cara kerjanya, pemeliharaan thermovisi ini membandingkan suhu klem dengan suhu konduktor yang kemudian hal tersebut menjadikan pertimbangan untuk status dari pemeliharaan apakah baik dan tidak baiknnya. Ada beberapa status di dalam pemeliharaan thermovisi diantaranya di tampilkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Rekomendasi Hasil Thermovisi

N O	ΔT	REKOMENDASI
1	0-10°C	Hasil Ukur Baik

2	10-25°C	Lakukan Pengujian Ulang Saat Beban Puncak
3	25-50°C	Perbaiki < 3 Bulan
4	50-70°C	Segera Perbaiki < 1 Bulan
5	>70°C	Kondisi Darurat <3 Hari

Pada tabel dua di atas di tampilkan beberapa suhu dan status rekomendasi dari hasil thermovisi. Beberapa status tersebut merupakan acuan untuk langkah selanjutnya ketika terdapat anomali maupun tidak terdapat anomali pada saat pemeliharaan thermovisi. Dikatakan sebelumnya bahwasanya cara kerja dari pemeliharaan thermovisi ini adalah membandingkan suhu klem dan suhu konduktor ketika dilakukannya pemeliharaan, yang kemudian suhu tersebut digunakan untuk mengetahui nilai dari delta T. Delta T adalah nilai yang di gunakan sebagai landasan untuk menentukan langkah atau tindakan selanjutnya pada saat di lakukannya pemeliharaan suhu. Untuk mendapatkan nilai dari delta T (ΔT) yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\Delta T \text{ akhir} = (I_{\text{max}} / I_{\text{beban}})^2 \times \Delta T \text{ awal}$$

Di katakan bahwasanya ΔT akhir, merupakan selisih suhu yang digunakan untuk menentukan tindakan lanjutan berdasarkan hasil pemeriksaan. Kemudian, I_{max} adalah menggambarkan beban listrik maksimal yang tercatat dalam periode tertentu dan biasanya dalam satu bulan pengukuran beban dan beban yang paling tinggi dalam ukur satu bulan. Beban tersebut dapat diperoleh dari data pembebanan Gardu Induk. Kemudian I_{beban} adalah menunjukkan beban listrik spesifik pada saat pengukuran thermovisi berlangsung pada saat itu juga. sementara ΔT awal adalah selisih suhu awal yang terdeteksi kamera thermal pada saat melakukan pemeliharaan khususnya selisih suhu klem dan suhu konduktor.

4.4 Thermovisi SUTET 500 KV Cilegon Baru-Cibinong

Tabel 2. Job Safety Analysis SUTET 500 KV Cilegon Baru-Cibinong

NO	Tahapan Kerja	Potensi Resiko	Pengendalian Resiko
1	Persiapan peralatan kerja dan mobilisasi ke lokasi kerja	Terjatuh, kecelakaan	Berhati-hati saat melakukan persiapan dan mentaati peraturan lalu lintas
2	Safety briefing dan berdoa	Salah informasi	Memberikan penjelasan tentang potensi bahaya dalam melaksanakan pekerjaan, pengawas K3 memeriksa kondisi fisik dan APD pekerja
3	Melakukan Pengukuran Thermovisi	Salah lokasi pengukuran	Memastikan nomor tower telah sesuai dengan form pengukuran
4	Mengoperasikan alat ukur thermovisi	Tombol on/off tidak berfungsi atau salah	Memastikan alat ukur thermovisi sudah di charge

		memilih tombol on/off dan tersen gat listrik	sebelum digunakan
5	Mengoperasikan alat ukur thermovisi	Terjatuh, terpele set, sakit mata (karena terkena sinar matahari langsung)	Berhati-hati saat mencari posisi yang pas dan menggunakan APD (Kaca Mata Anti Silau)
6	Merapikan alat ukur thermovisi	Salah melakukan pembacaan hasil ukur dikarenakan silai cahaya matahari	Menggunakan APD (Kaca Mata Hitam) saat melakukan pembacaan hasil ukur thermovisi
7	Merapikan alat ukur thermovisi	Tombol on/off tidak berfungsi atau salah memilih tombol on/off dan tersen gat listrik	Memastikan alat ukur thermovisi pada bagian mode dan bagian-bagian yang lain sudah pada posisi semula

8	Selesai pekerjaan	Tertimpa alat kerja	Berhati-hati saat merapikan peralatan kerja di bawah pengawasan K3, memakai sepatu safety, helm safety dan sarung tangan
---	-------------------	---------------------	--

Tabel 3. SOP Pekerjaan

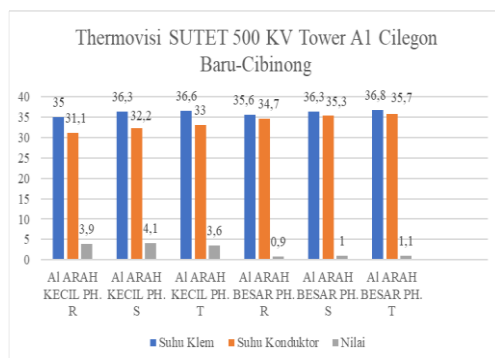
NO	Tahapan Pekerjaan
1	Persiapan peralatan kerja dan mobilisasi ke lokasi kerja
2	Safety briefing dan berdoa
3	Melakukan Pengukuran Thermovisi
4	Mengoperasikan alat ukur thermovisi
5	Merapikan alat ukur thermovisi
6	Selesai pekerjaan

Tabel 4. Check list Thermovisi

NO	Komponen Yang Diperiksa	Kondisi Peralatan
1	Tanggal pengukuran	03 Juli 2024
2	Pelaksana Pengukuran	Satrio

Gambar 8. Sampel Hasil Pemeliharaan Thermovisi

Berdasarkan pemeliharaan suhu yang di lakukan oleh divisi har jaringan di PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon terutama di penghantar Cilegon Baru-Cibinong semuanya berstatus baik dan aman, terutama pada sampel yang di ambil yaitu pada tower 1 penghantar Cilegon Baru-Cibinong. Kondisi status tersebut sesuai dengan nilai dari delta T yang berstatus baik dengan rentang 0-10°C, yang mana pada tower A1 ini hasil atau nilai yang di tandai dengan warna abu-abu pada grafik, yang mana di dapatkan masih di bawah angka 10°C, yang berarti status yang di dapatkan adalah ” Hasil Ukur Baik” sesuai dengan yang ada pada tabel rekomendasi hasil thermovisi. Pada penghantar Cilegon Baru-Cibinong terdapat 26 tower yang berjenis Tension atau tower penegang yang di pelihara suhunya oleh PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon. Pada tabel merupakan sampel dari pemeliharaan thermovisi yang merupakan tower 1 dari penghantar Cilegon Baru-Cibinong, yang mana tower ini adalah tower yang dekat dekat dengan ULTG cilegon.



3	Beban Maksimum yang pernah di capai selama operasi	454 A
4	Beban pada saat Pengukuran	454 A
6	Jarak Pengukuran	30 Meter
7	Reflected Temperature	20
10	Alat Ukur yang di gunakan	Satir

4.5 Thermovisi SUTT 150 KV Cilegon Baru-Asahimas 3-Polyprima

Tabel 5. Job Safety Analysis SUTT 150 KV Cilegon Baru-Asahimas 3-Polyprima

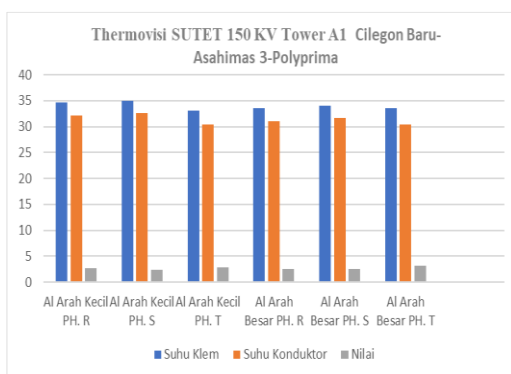
NO	Tahapan Kerja	Potensi Resiko	Pengendalian Resiko
----	---------------	----------------	---------------------

1	Persiapan peralatan kerja dan mobilisasi ke lokasi kerja	Terjatuh, kecelakaan	Berhati-hati saat melakukan persiapan dan mentaati peraturan lalu lintas
2	Safety briefing dan berdoa	Salah informasi	Memberikan penjelasan tentang potensi bahaya dalam melaksanakan pekerjaan, pengawas K3 memeriksa kondisi fisik dan APD pekerja
3	Melakukan Pengukuran Thermovisi	Salah lokasi pengukuran	Memastikan nomor tower telah sesuai dengan form pengukuran
4	Mengoperasikan alat ukur thermovisi	Tombol on/off tidak berfungsi atau salah memilih tombol on/off	Memastikan alat ukur thermovisi sudah di charge sebelum digunakan

		dan tersengat listrik	
5	Mengoperasikan alat ukur thermovisi	Terjatuh, terpeleset, sakit mata (karena terkena sinar matahari langsung)	Berhati-hati saat mencari posisi yang pas dan menggunakan APD (Kaca Mata Anti Silau)
6	Merapikan alat ukur thermovisi	Salah melakukan pembacaan hasil ukur dikarenakan silai cahaya matahari	Menggunakan APD (Kaca Mata Hitam) saat melakukan pembacaan hasil ukur thermovisi
7	Merapikan alat ukur thermovisi	Tombol on/off tidak berfungsi atau salah memilih tombol on/off dan tersengat listrik	Memastikan alat ukur thermovisi pada bagian mode dan bagian-bagian yang lain sudah pada posisi semula
8	Selesai pekerjaan	Tertimpa alat kerja	Berhati-hati saat merapikan peralatan kerja di bawah pengawas K3, memakai sepatu safety, helm safety dan sarung tangan

Tabel 6. SOP Pekerjaan

NO	Tahapan Pekerjaan
1	Persiapan peralatan kerja dan mobilisasi ke lokasi kerja
2	Safety briefing dan berdoa
3	Melakukan Pengukuran Thermovisi
4	Mengoperasikan alat ukur thermovisi
5	Merapikan alat ukur thermovisi
6	Selesai pekerjaan



Tabel 7. Check list Thermovisi SUTT 150 KV Cilegon Baru-Asahimas 3-Polyprima

NO	Komponen Yang Diperiksa	Kondisi Peralatan
1	Tanggal pengukuran	04 Juli 2024
2	Pelaksana Pengukuran	Satrio
3	Beban Maksimum yang pernah di capai selama operasi	298 A
4	Beban pada saat Pengukuran	295 A
6	Jarak Pengukuran	30 Meter
7	Reflected Temperature	20

10	Alat Ukur yang di gunakan	Satir

Gambar 9. Sampel Hasil Pemeliharaan Thermovisi

Berdasarkan pemeliharaan suhu yang dilakukan oleh divisi har jaringan di PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon terutama di penghantar Cilegon Baru-Asahimas 3-Polyprima semuanya berstatus baik, terutama pada sampel yang di ambil yaitu pada tower 1 penghantar Cilegon Baru-Asahimas 3-Polyprima 150 KV. Kondisi status tersebut sesuai dengan nilai dari delta T yang berstatus baik dengan rentang 0-10°C, yang mana pada tower A1 ini hasil atau nilai yang di tandai dengan warna abu-abu pada grafik, di dapatkan masih di bawah angka 10°C, yang berarti status yang di dapatkan adalah "Hasil Ukur Baik" sesuai dengan yang ada pada tabel rekomendasi hasil thermovisi. Pada keseluruhan pengukuran suhu pada penghantar Cilegon Baru-Asahimas 3-Polyprima 150 KV semuanya berjalan baik dan tidak terdapat anomali maupun permasalahan yang terdapat di dalam hasil pengukuran. Pada penghantar Cilegon Baru-Asahimas 3-Polyprima memiliki 51 tower berjenis teinsion yang biasa di ukur suhunya terutama pada klem dan sambungan konduktornya.

5. KESIMPULAN

Metode thermovisi yang diterapkan dalam pemeliharaan sistem transmisi listrik di PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon telah menunjukkan hasil yang sangat efektif dalam memastikan keandalan dan efisiensi jaringan, terutama pada SUTET 500KV dan SUTT 150KV. Teknologi ini memberikan kemampuan untuk mendeteksi potensi masalah termal secara dini pada komponen kritis, seperti klem, konduktor, dan isolator, sehingga gangguan besar dapat dicegah. Data yang diperoleh dari pengukuran suhu menunjukkan bahwa semua komponen yang diuji berada dalam kondisi baik, dengan nilai ΔT yang

konsisten di bawah batas aman. Sebagai contoh, hasil pengukuran pada SUTET 500KV Cilegon Baru-Cibinong menunjukkan ΔT sebesar $0,90^{\circ}\text{C}$ pada salah satu titik, dengan suhu klem $35,6^{\circ}\text{C}$ dan suhu konduktor $34,7^{\circ}\text{C}$. Pada SUTT 150KV Cilegon Baru-Asahimas 3-Polyprima, ΔT sebesar $2,65^{\circ}\text{C}$ tercatat pada suhu klem $34,7^{\circ}\text{C}$ dan suhu konduktor $32,1^{\circ}\text{C}$. Pemeliharaan berkala yang dilakukan dua kali dalam setahun telah terbukti efektif untuk memastikan kestabilan pasokan listrik ke wilayah industri di Cilegon dan sekitarnya. Dengan teknologi termografi yang mampu mengidentifikasi perubahan suhu dengan presisi tinggi, langkah pencegahan dapat diambil dengan tepat waktu. Secara keseluruhan, metode thermovisi menjadi solusi yang sangat andal dalam menjaga keefisienan dan keamanan sistem transmisi listrik, mendukung kebutuhan industri, dan memastikan pasokan listrik tetap stabil di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terlibat langsung dalam penelitian ini maupun pihak-pihak lain yang terlibat secara tidak langsung, terutama kepada PT. PLN (Persero) ULTG Cilegon yang telah membimbing sampai penelitian ini selesai. mohon maaf jika terdapat kesalahan dalam proses penelitian berlangsung dan kami ucapkan terimakasih sekali lagi yang sebesar-besarnya sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zaskiah, ST., S., Dkk., “Perancangan Struktur Menara Transmisi Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi Kombinasi Beban 150 Kv & 500 Kv,” *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur*, Pp. 107-113, 2019.
- [2] Jainudin, J., DKK., “Analisis Pemeliharaan Kinerja Dengan Metode Thermovisi Pada Peralatan Gardu Induk 500kv TAMBUN,” *Media ElektriKa*, Vol. 15, No. 2, Pp. 94-105, 2022.
- [3] Andreansyah, L., Dkk., “Analisis Relai Jarak Sebagai Proteksi Pada Jaringan Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 Kv Gardu Induk Randu Garut –Weleri,” *Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (Kimu) 2*, Pp. 133-140, 2019.
- [4] Yana, S., Dkk., “Pengaruh Pemasangan Static Var Compensator Pada Sistem Transmisi Tenaga Listrik (Studi Kasus: Sistem Transmisi Tenaga Listrik 150 Kv Sumbagut),” *Jurnal Nasional Teknik Elektro* , Vol. 5, No. 1, Pp. 81-86, 2016.
- [5] Arintonang, S., Y., Dkk., “Inovasi Dan Tantangan Dalam Pengembangan sistem Transmisi Tenaga Listrik Berbasisteknologi Tinggi Ultra High Voltage Untuk meningkatkan Keandalan Dan Efisiensi energi (Sebuah Tinjauan Literatur),” *Jitet (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan)*, Vol. 12, No. 3, Pp. 3853-3866, 2024.
- [6] Amalia, S., Dkk, “Analisa Pengecekan Peralatan Arrester Menggunakan Thermovisi Pada Bay Indarung 1 Gardu Induk Pauh Limo,” *Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Padang*, Vol. 9, No. 1, Pp. 1-5, 2020.
- [7] Satmoko, A., & Hafid, A., “Pemeliharaan Prediktif Pada Jaringan Listrik Dengan Thermography Infra Merah,” *Researchgate*, Pp. 153-160, 2007.
- [8] Siswanto, A., Dkk., “Analisis Kinerja Pms Rel 2 Bay Trafo 6 Menggunakan Thermovision Methode Di Gardu Induk Sunyaragi,” *Jurnal Ilmiah Foristek*, Vol. 11, No. 2, Pp. 114-121, 2021.
- [9] Hasanah, A., “Teknik-Teknik Observasi,” *Jurnal At-Taqaddum*, Vol. 8, No. 1, Pp. 21-46, 2016.
- [10] Nurjanah, E., N., & Mukarromah, T., T., “Pembelajaran Berbasis Media Digital Pada Anak Usia Dini Di Era Revolusi Industri 4.0 : Studi Literatur,” *Jurnal Ilmiah Potensia*, Vol. 6, No. 1, Pp. 66-77, 2021.
- [11] Yusra, J., Dkk., “Pengelolaan Lkp Pada Masa Pendmik Covid-19,” *Journal Of Lifelong Learning*, Vol. 4, No. 1, Pp. 15-22, 2021.
- [12] Oktaviani, A., W., Dkk, “Uji Akurasi Dan Uji Presisi Pengukuran Suhu Penghantar Dengan Metode Thermovisi (Studi Kasus : Penghantar Prabumulih 1 Gardu Induk 150 Kv,” *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya*, Vol. 2, No. 1, Pp. 107-115, 2020.