

EVALUASI CITRA KERUSAKAN PADA PANEL DISTRIBUSI LISTRIK TEGANGAN RENDAH BERDASARKAN TERMOGRAFI INFRAMERAH

Slamet Wahyudi¹, A. Asni B², Aswadul Fitri Saiful Rahman³

^{1,2,3} Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan
Jln. Pupuk Raya Gn. Bahagia Balikpapan 76114 INDONESIA

Abstract—The change of electrical energy into heat energy in faults of low voltage electrical distribution panels causes an increase in temperature, this is what makes thermography using an infrared camera become one effective method for detecting it, but it is often found misinterpretation when the thermal image generated from the infrared camera is processed more further and lead to wrong in decision making regarding actions to be taken next.

Through this research, the method of operating and taking thermal images using infrared cameras is introduced in accordance with the correct standard operating procedures, so that it is expected when applying standard operating procedures in the field and good validation techniques will minimize the misinterpretation that has an impact on decisions and corrective actions.

Intisari—Perubahan energi listrik menjadi energi panas pada gangguan panel distribusi listrik tegangan rendah menyebabkan peningkatan suhu, hal inilah yang membuat termografi dengan menggunakan kamera inframerah menjadi sebuah metode yang efektif untuk mendeteksinya, namun seringkali ditemukan terjadi salah interpretasi saat citra termal yang dihasilkan dari kamera inframerah tersebut diolah lebih lanjut sehingga menyebabkan kesalahan dalam pengambilan keputusan mengenai tindakan yang harus diambil selanjutnya.

Melalui penelitian ini diperkenalkan metode pengoperasian dan pengambilan citra termal dengan menggunakan kamera inframerah sesuai standar prosedur operasi yang benar, sehingga diharapkan dengan menerapkan standar prosedur pengoperasian dilapangan dan teknik validasi yang benar akan meminimalisir kesalahan interpretasi yang berdampak pada keputusan dan tindakan perbaikan.

Kata Kunci— Inframerah, Termografi, Citra Termal, Standar Pengoperasian.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan kamera inframerah untuk mendeteksi gangguan pada jaringan distribusi listrik tegangan rendah belakangan ini semakin marak diaplikasikan karena kemudahan dan keefektifannya dalam menentukan lokasi atau sumber gangguan yang sedang terjadi, sehingga tindakan perbaikan dapat segera dilaksanakan pada titik yang tepat [1].

Namun Penggunaan kamera termografi inframerah untuk mendeteksi masalah terkadang menemui hambatan yang disebabkan oleh kesalahan dalam pelaksanaan tata cara pengambilan gambar yang benar, sehingga dapat menimbulkan kesalahan dalam analisa gambar termal yang dihasilkan. Sehingga diperlukan suatu acuan yang dapat

digunakan sebagai pedoman pengoperasian kamera inframerah yang standar agar kesalahan dalam pengambilan citra termal dapat diminimalisir dan citra termal yang dihasilkan dapat memenuhi baku mutu sebuah citra termal yang dapat dianalisa lebih lanjut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Panel Distribusi Listrik Tegangan Rendah

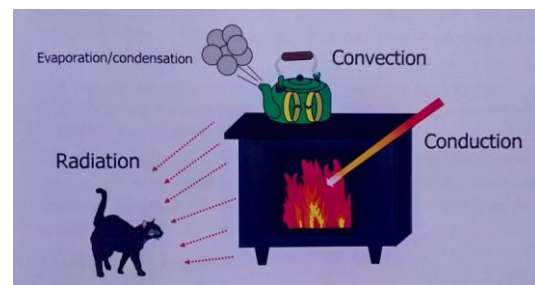
Panel distribusi tegangan rendah merupakan pusat pendistribusian tenaga listrik sebelum di salurkan ke pengguna tenaga listrik. Panel ini biasanya ditempatkan tepat di keluaran sumber atau daya tenaga listrik, baik daya listrik tersebut berasal dari Trafo, Generator Set, ataupun sumber lain seperti baterai, solar panel dengan tegangan kerja mulai dari 12V sampai 1000V [2].

B. Termografi Inframerah

Termografi inframerah adalah salah satu bidang ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan cara pengambilan, pengolahan, dan analisa citra termal yang dihasilkan oleh perangkat kamera yang dilengkapi dengan sensor inframerah [3].

C. Perpindahan Panas

Panas akan secara spontan mengalir dari suhu tinggi menuju ke suhu yang lebih rendah, sehingga akan terjadi perpindahan panas dari satu tubuh atau tempat ke tempat lain. Jika terdapat perbedaan suhu diantara dua buah titik yang berbeda, maka disana juga akan terjadi aliran panas [4].



Gambar. 1 Mode perpindahan panas

Konduksi panas merupakan salah satu metode perpindahan energi termal secara langsung dari satu molekul ke molekul lainnya, yang disebabkan oleh tumbukan antar molekul. Panas dan suhu keduanya berkaitan dengan gerakan molekul. Ketika

dua buah molekul berada sangat dekat untuk dapat bersentuhan satu sama lain, molekul yang memiliki suhu lebih tinggi akan memiliki gerakan molekul yang lebih kuat. Oleh karena itu ia akan memindahkan sebahagian energi yang dimilikinya ke molekul yang memiliki gerakan lebih lemah. Proses ini dapat berlanjut dalam bentuk reaksi berantai antar molekul.

D. Radiasi Panas

Berikut adalah beberapa cara, bagaimana radiasi panas dapat dipertukarkan antar benda:

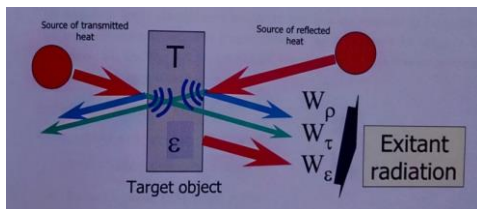
- Emisi (*emission*), yaitu ketika energi dilepaskan
- Penyerapan (*absorption*), yaitu ketika energi diambil dan disimpan
- Pantulan (*reflection*), yaitu ketika energi dipantulkan
- Transmisi (*transmission*), yaitu ketika energi tersebut diteruskan

Pada termografi inframerah, bagian yang paling penting dari radiasi keluaran adalah bagian yang memancarkan [4].

terdapat tiga buah sumber radiasi, yaitu target itu sendiri, satu sumber dari depan target, dan satu sumber dari belakang target. Radiasi keluaran dari target merupakan penjumlahan dari radiasi dari benda target itu sendiri, radiasi yang datang dari pantulan sumber panas dan memantul dari target, dan radiasi yang datang dari transmisi sumber panas dan melewati target.

Dari jumlah keseluruhan radiasi keluaran suatu benda, maka dapat dikatakan ia akan terdiri dari:

- Radiasi yang dipancarkan, dari benda itu sendiri
- Radiasi yang dipantulkan, dari sumber yang berada di depan benda tersebut
- Radiasi yang diteruskan, dari sumber yang berada di belakang benda tersebut.



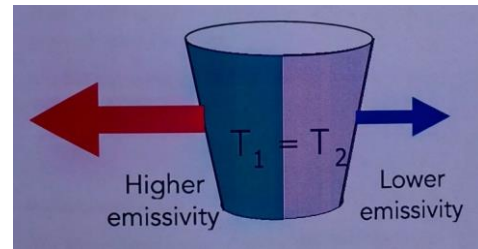
Gambar . 2 Tiga sumber radiasi keluaran dari sebuah benda

E. Emisivitas

Setiap benda memiliki tingkat keefisienan tertentu atau kemampuan untuk memancarkan radiasi panas yang disebut sebagai Emisivitas, ϵ (epsilon). Emisivitas adalah rasio energi yang diradiasikan oleh material tertentu dengan energi yang diradiasikan oleh benda hitam (black body) pada temperatur yang sama. Ini adalah ukuran dari kemampuan suatu benda untuk meradiasikan energi yang diserapnya. Benda hitam sempurna memiliki emisivitas sama dengan 1 ($\epsilon=1$) sementara objek sesungguhnya memiliki emisivitas kurang dari satu [5].

Dengan melihat ilustrasi pada gambar 3, dapat dikatakan bahwa benda ini memiliki Emisivitas yang lebih tinggi pada sisi sebelah kiri dan memiliki Emisivitas yang rendah pada sisi sebelah kanan. Walaupun suhu pada kedua sisi adalah

sama, namun radiasi yang dipancarkan akan lebih besar melalui sisi sebelah kiri. Hal ini berarti bahwa kehilangan panas yang sebenarnya dari benda tersebut akan lebih besar pada area di sebelah kiri.



Gambar. 3 Suhu yang sama, dengan nilai emisivitas berbeda

Jika kita melihat pada benda seperti itu dengan menggunakan kamera inframerah, maka sisi sebelah kiri akan tampak lebih panas daripada sisi yang sebelah kanan.

Semua benda memiliki suhu dan semua benda memiliki emisivitas, sehingga semua benda juga akan memancarkan radiasi inframerah. Semakin tinggi suhu, semakin banyak radiasi yang dipancarkan. Begitu pula Emisivitas, sebuah benda dengan Emisivitas yang tinggi akan memancarkan lebih banyak daripada benda yang memiliki Emisivitas rendah, walaupun dengan suhu yang sama. Sehingga hal ini merupakan kombinasi dari keduanya, suhu dan Emisivitas yang menentukan daya radiasi dari suatu benda. Suatu benda yang memiliki Emisivitas rendah akan selalu tampak terlihat seperti lingkungan sekitarnya. Jika benda tersebut lebih panas dari sekitarnya, maka ia akan tampak lebih dingin, dan jika ia lebih dingin dari sekitarnya maka ia akan tampak lebih panas dari yang sebenarnya.

F. Kamera Inframerah

Kamera termografi Inframerah merupakan sebuah alat pencitraan distribusi radiasi panas permukaan dalam bentuk gambar termal dan hasil temperatur terukur. Alat ini merupakan sebuah alat uji tak merusak (Non destructive Testing) yang mendeteksi pancaran radiasi obyek langsung melalui medium udara. Thermographic kamera mendeteksi radiasi dalam kisaran inframerah dari spektrum elektromagnetik (sekitar 900-14,000 nanometer atau 0,9-14 μm) dan menghasilkan gambar dari radiasi, yang disebut thermograms. Karena radiasi infra merah yang dipancarkan oleh semua objek berdasarkan suhu mereka, maka sesuai dengan hukum radiasi benda hitam, Termografi memungkinkan untuk mendeteksi salah satu lingkungan dengan atau tanpa terlihat penerangan. Jumlah radiasi yang dipancarkan oleh suatu benda meningkat seiring dengan meningkatnya suhu, sehingga dengan Termografi memungkinkan seseorang untuk melihat variasi suhu. Ketika dilihat oleh kamera termografi, benda-benda hangat, manusia dan hewan berdarah panas menjadi mudah terlihat terhadap lingkungan, baik siang atau malam hari [6].

Kamera inframerah mendeteksi dan mengukur energi radiasi inframerah pada benda. Kamera mengubah data inframerah menjadi gambar elektronik yang menunjukkan

suhu permukaan yang terlihat dari objek yang diukur. Kamera inframerah berisi sistem optik yang memfokuskan energi inframerah ke chip detektor khusus (array sensor) yang berisi ribuan piksel detektor yang disusun dalam kotak. Setiap piksel dalam array sensor bereaksi terhadap energi inframerah yang memusatkan perhatian padanya dan menghasilkan sinyal elektronik. Prosesor kamera mengambil sinyal dari setiap piksel dan menerapkan perhitungan matematis untuk membuat peta warna suhu yang tampak dari objek. Setiap nilai suhu diberi warna yang berbeda. Matriks warna yang dihasilkan dikirim ke memori dan ke tampilan kamera sebagai gambar suhu (citra termal) dari objek itu.

G. Citra Termal

Spektrum inframerah ditemukan pada tahun 1800 oleh Sir William Herschel (1738-1822), seorang astronom Inggris yang sedang mencari hubungan antara sumber panas dan radiasi terlihat. Kemudian, pada tahun 1847, dua orang Perancis, A. H. L. Fizeau (1819-1896) dan J. B. L. Foucault (1819-1868), menunjukkan bahwa radiasi infra merah memiliki sifat optik mirip dengan cahaya tampak sehubungan dengan refleksi, pola refraksi, dan gangguan [7].

Perbedaan mendasar antar melihat citra dalam bentuk visual dan dalam bentuk inframerah:

- Dalam spektrum cahaya tampak, mata kita melihat pantulan. Kamera inframerah mendeteksi kedua bentuk radiasi inframerah yang dipantulkan dan yang dipancarkan.
- Kita melihat panjang gelombang yang berbeda sebagai warna-warna yang berbeda, dan pada saat yang bersamaan kita melihat intensitasnya sebagai tingkat kecerahan. Dengan menggunakan sebuah kamera inframerah 8-12 μ m, hanya intensitas radiasi yang berada dalam jangkauan spektrum tersebut yang akan dideteksi dan ditampilkan.

Perbedaan antara citra visual dan citra inframerah/ termal dapat kita lihat pada gambar 4 dibawah ini,



Gambar. 4 Citra visual dan inframerah

Gambar. 4 adalah gambar sebuah cangkir berwarna biru, dalam bentuk gambar visual dan inframerah. Pada gambar visual, cangkir tersebut memantulkan lebih banyak bagian warna biru pada spektrum cahaya tampak. Pada gambar hitam-putih cangkir tersebut akan terlihat lebih gelap, cetakan gambar berwarna emas akan tampak agak kekuningan dan

memiliki warna logam, serta memiliki bayangan tipis. Apa yang kita lihat adalah merupakan pantulan.

Pada gambar termal, cangkir biru tersebut memiliki Emisivitas yang tinggi, dan akan meradiasikan lebih banyak daripada cetakan gambar berwarna emas di atasnya yang memiliki Emisivitas lebih rendah. Suhu permukaan, bagaimanapun, memiliki nilai yang sama antara warna biru dan warna emas. Gambar termal benar-benar menunjukkan perbedaan intensitas radiasi, namun bukan perbedaan suhu yang sebenarnya.

Pada kasus ini, perbedaan pada Emisivitas yang menyebabkan kontras pada gambar termal, dan bukan perbedaan suhu. Kedua warna biru dan cetakan gambar warna emas pada cangkir akan sama-sama menerima jumlah radiasi yang sebanding dari benda-benda di sekelilingnya, dan radiasi tersebut akan terpantul pada kedua warna. Pada inframerah, radiasi termal dari ruangan akan dipantulkan juga, lebih banyak pada warna emas dan lebih sedikit pada bagian yang berwarna biru.

Pengambilan citra termal atau inframerah dilakukan dengan cara memotret nya dan menyimpannya untuk kemudian digunakan untuk analisa ataupun berkas laporan. Ada beberapa hal yang tidak dapat diubah setelah kita mengambil dan menyimpan gambar, diantaranya:

- Jangkauan suhu (*Temperature range*), anda harus mengatur sebuah jangkauan yang mencakup nilai suhu yang ingin anda ukur.
- Fokus gambar (*Optical focusing*), gambar-gambar yang tidak fokus akan memberikan pembacaan suhu yang salah.
- Komposisi gambar (*Image composition*), Jika anda terlalu jauh dari target, sehingga target tampak terlalu kecil pada gambar, maka anda tidak akan dapat mengukur suhu dengan benar.

Anda harus memastikan ketiga hal di atas dilakukan dengan benar, atau nantinya anda akan mendapatkan hasil gambar yang buruk, atau anda harus kembali ke lapangan dan mengambil gambar baru.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2018 di PT. Pertamina Hulu Mahakam, lapangan kerja Senipah Kutai Kertanegara.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun instrumen atau peralatan-peralatan yang digunakan dalam jalannya evaluasi deteksi kerusakan pada panel distribusi listrik tegangan rendah berdasarkan termografi inframerah ini antara lain:

- Kamera inframerah merk Flir tipe InfraCam
- Kamera digital merk Casio tipe Exilim EX-Z35
- Clamp-on Amperemeter merk Fluke seri 337
- Laptop HP Compaq Presario V3000
- Perangkat lunak Flir QuickReport versi 1.1

- Alat pelindung diri dari bahaya sengatan listrik

Dan adapun bahan yang digunakan dalam jalannya evaluasi citra kerusakan pada panel distribusi listrik tegangan rendah dengan metode termografi inframerah ini antara lain:

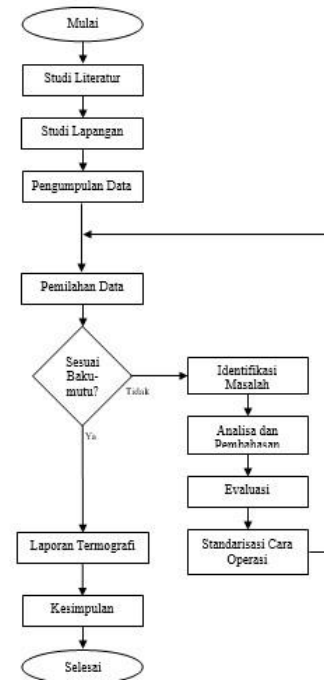
- Citra termal yang telah didokumentasikan oleh operator lapangan.
- Citra termal yang diambil dari hasil percobaan penulis.

C. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian evaluasi deteksi kerusakan pada panel distribusi listrik tegangan rendah berdasarkan termografi inframerah ini dilakukan dengan cara antara lain:

- Metode kepustakaan, penulis mempelajari dan mengikuti pelatihan dan sertifikasi mengenai termography inframerah yang diadakan oleh Infrared Training Center (itc), sebuah lembaga internasional yang mengadakan penelitian dan pelatihan yang berkaitan dengan termografi inframerah.
- Metode pengambilan data, penulis melakukan pengumpulan dan pemeriksaan data laporan pengambilan gambar termography inframerah yang telah dilakukan oleh tim pemeliharaan peralatan (Maintenance) listrik sebelumnya, serta memeriksa laporan yang mengindikasikan adanya permasalahan pada sistem kelistrikan. Penulis juga melakukan wawancara dengan supervisor teknik dan karyawan teknik di lapangan SPS departemen perawatan peralatan listrik tentang prosedur inspeksi jaringan distribusi tegangan rendah dengan menggunakan alat kamera inframerah sehingga hasil pengamatan mendapatkan hasil yang maksimal serta sejarah tindakan-tindakan perbaikan yang pernah dilakukan sebelumnya.
- Metode percobaan, Penulis melakukan pengoperasian unit kamera inframerah secara langsung pada panel distribusi tegangan rendah dan melakukan beberapa percobaan pengaturan nilai pada kamera inframerah Flir InfraCam, untuk mendapatkan nilai pengaturan dengan hasil citra termal yang bisa digunakan sebagai bahan analisa.

D. Jalannya Penelitian



Gambar. 5 Flow-chart penelitian

E. Metode Analisis Data

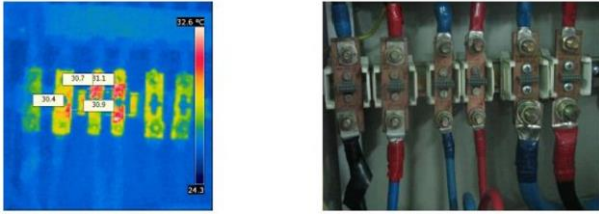
Metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain meliputi hal-hal berikut ini:

- Analisa sistem kelistrikan, dengan mempelajari diagram kelistrikan pada unit yang berkaitan.
- Analisa citra termal, dengan melakukan analisa citra termal yang dihasilkan oleh kamera inframerah dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Flir QuikReport 1.1.
- Pengukuran parameter arus listrik, dengan pengambilan parameter arus yang mengalir dalam rangkaian untuk memastikan pola perilaku
- Analisa kemungkinan penyebab masalah, dengan menginterpretasikan semua informasi yang telah diperoleh dan mempertimbangkan kemungkinan yang dapat menjadi penyebab terjadinya masalah ditinjau dari beberapa faktor antara lain,
 - a) Kesalahan pengaturan fokus lensa kamera,
 - b) Kesalahan pengaturan rentang suhu,
 - c) Kesalahan pengaturan nilai emisivitas, dan
 - d) Kesalahan posisi sudut pengambilan citra.
- Menyusun standar tata cara dan pengaturan dalam pengambilan gambar termal, sehingga didapatkan kualitas citra yang sesuai baku mutu untuk dapat dianalisa lebih lanjut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data dan Analisa Laporan Citra Termal

Dibawah ini merupakan beberapa sampel data laporan pengambilan citra termal yang dilaporkan sebagai suatu gangguan pada panel distribusi listrik tegangan rendah, yang akan kita coba untuk analisa.



Gambar. 6 Citra termal DB BC-13

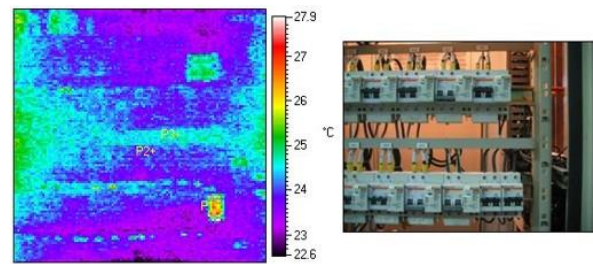
Berdasarkan dari sampel citra pada gambar 6 diatas, secara kasat mata kita akan dengan mudah seolah-olah mendapatkan beberapa titik panas pada terminal sambungan yang perlu menjadi perhatian khusus, dikarenakan adanya warna merah yang menyolok, yang menandakan perbedaan suhu yang cukup signifikan terhadap area sekitarnya. Namun sebelum menyimpulkan adanya kerusakan, mari kita teliti lebih lanjut citra termal diatas.

Citra diatas diambil dengan dengan pengaturan rentang suhu manual, dengan pengaturan nilai emisivitas 0.93 untuk target berbahan tembaga, dengan pengaturan suhu sekitar 20°C, serta diambil dari jarak 2 meter.

Pengaturan rentang suhu secara manual dapat diketahui dari kontras warna yang cukup baik, karena pengaturan suhu terendah diatur sedikit diatas suhu ruang, yaitu diatur pada nilai 24.3°C untk mendapatkan kontras warna yang cukup baik terhadap suhu tertinggi. Kemudian pengaturan emisivitas didapati tidak sesuai dengan jenis bahan target yaitu tembaga yang seharusnya berdasarkan tabel emisivitas adalah 0.7 [8]. Sedangkan pada citra diatur pada nilai 0.93 yang mana nilai tersebut lebih sesuai untuk target dengan bahan PVC. Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 1, maka kesalahan pengaturan nilai emisivitas berpotensi menimbulkan kesalahan pembacaan hingga sekitar 8.6°C. Lalu tampak pada citra termal tersebut titik panas pada terminal sambungan yaitu berkisar di nilai antara 30.4°C hingga 31.1°C, yang ternyata hal tersebut disebabkan oleh posisi pengambilan citra yang kurang tepat, sehingga batang tembaga pada terminal sambung memantulkan suhu tubuh sang operator kamera inframerah.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada citra termal diatas sebenarnya tidak terdapat titik panas yang perlu diperhatikan secara khusus. Dan nilai suhu yang seharusnya terbaca berdasarkan gradient warna pada rentang suhu pada batang tembaga diatas adalah hanya 25°C sampai 26°C saja, dengan mengambil nilai referensi yang dapat dijadikan acuan adalah suhu dari isolasi kabel yang berbahan PVC dan pengaturan nilai emisivitas yang sesuai dengan bahan tersebut.

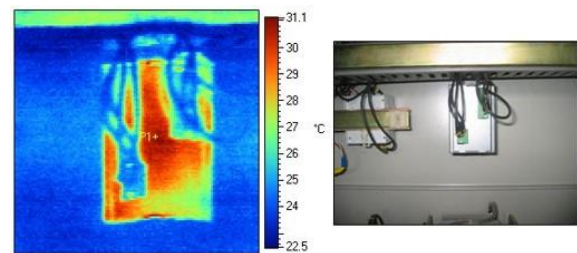
Kemudian kita lihat sampel laporan citra termal yang dinyatakan sebagai gangguan selanjutnya.



Gambar. 7 Citra termal LVS-20

Citra pada gambar 7 diatas diambil dengan dengan pengaturan rentang suhu otomatis, dengan pengaturan nilai emisivitas 0.93 untuk target berbahan PVC, dengan pengaturan suhu sekitar 24.98°C.

Berdasarkan dari sampel gambar 7 diatas, dapat dikatakan untuk pengaturan nilai emisivitas sudah dilakukan secara benar berdasarkan bahan target yaitu MCB (Miniatur Circuit Beaker) yang berbahan PVC dengan menggunakan nilai 0.93[8]. Namun citra termal diambil dengan pengaturan fokus gambar yang buruk, dan pengaturan rentang suhu yang otomatis menyebabkan citra tersebut bahkan tidak dapat digunakan untuk mengidentifikasi pada panel mana citra tersebut diambil, karena sangat jauh perbedaannya dengan foto panel disebelahnya.

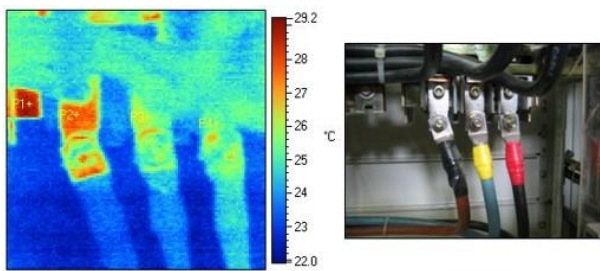


Gambar. 8 Citra termal LVS-201

Citra pada gambar 8 diatas diambil dengan dengan pengaturan rentang suhu manual, dengan pengaturan nilai emisivitas 0.93 untuk target berbahan seng, dengan pengaturan suhu sekitar 24.98°C.

Berdasarkan sampel gambar 8 diatas, pengaturan nilai emisivitas tidak menggunakan nilai yang sesuai atau tepat mengingat target menggunakan bahan seng yang seharusnya berdasarkan tabel emisivitas menggunakan nilai emisivitas 0.23 [8]. Namun di atur pada nilai 0.93. Lalu pada target tampak seperti memiliki suhu yang cukup tinggi, namun seperti halnya analisa pada gambar 6, pancaran radiasi tersebut merupakan pantulan dari suhu tubuh operator kamera termografi yang melakukan pengambilan citra dengan posisi yang tidak tepat. Maka dapat dikatakan bahwa suhu sebenarnya dari target adalah hanya berkisar pada nilai suhu 23°C hingga 24°C saja dengan menggunakan referensi gradien warna pada citra termal tersebut.

Sekarang kita lihat sampel laporan citra termal yang dinyatakan sebagai gangguan berikutnya.



Gambar. 9 Citra termal LVS-2

Citra pada gambar 9 diatas diambil dengan dengan pengaturan rentang suhu manual, dengan pengaturan nilai emisivitas 0.93 untuk target berbahan tembaga, dengan pengaturan suhu sekitar 24.98°C.

Berdasarkan sampel gambar 9 diatas, ditemukan pengaturan nilai emisivitas yang tidak sesuai, yaitu penggunaan nilai 0.93 pada target dengan bahan tembaga, yang seharusnya berdasarkan tabel emisivitas menggunakan nilai 0.7 [8] agar dapat menghasilkan nilai pembacaan suhu yang lebih akurat. Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 1, maka kesalahan pengaturan nilai emisivitas berpotensi menimbulkan kesalahan pembacaan hingga 8.6°C.



Gambar. 10 Citra termal DB BC-13

Citra pada gambar 10 diatas diambil dengan dengan pengaturan rentang suhu otomatis, dengan pengaturan nilai emisivitas 0.93 untuk target berbahan PVC, dengan pengaturan suhu sekitar 20°C.

Berdasarkan sampel gambar 10 diatas, tampak bahwa pengaturan rentang suhu pada mode otomatis, yang mengakibatkan kontras warna pada citra termal kurang baik. Kemudian pengaturan nilai emisivitas sudah benar dengan menggunakan nilai 0.93 [8] untuk target berbahan PVC. Namun kembali ditemukan kesalahan posisi yang kurang tepat oleh operator dalam proses pengambilan gambar, yang mengakibatkan refleksi radiasi panas tubuh operator pada terminal sambung MCCB (Molded Case Circuit Breaker), sehingga terkesan terjadi kesalahan pada sambungan terminal yang mengakibatkan titik panas.

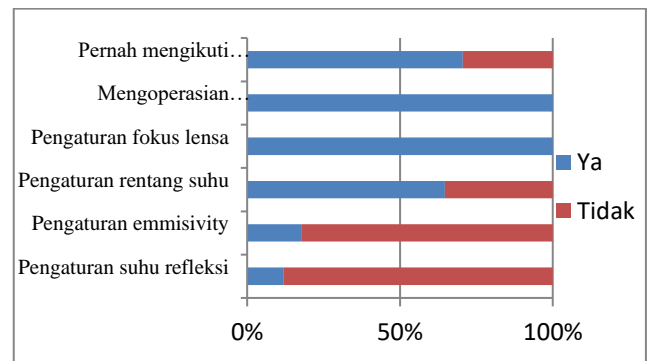
B. Data Pelaksana Pengambilan Citra Termal

Pelaksana kegiatan termografi lapangan merupakan bagian penting dari suatu kegiatan pengambilan gambar termal, oleh karena itu penulis merasa perlu melakukan

pengambilan data terhadap para pelaksana yang berinteraksi secara langsung dengan perangkat kamera inframerah dan peralatan listrik dilapangan. Wawancara dilakukan untuk mengumpulkan data apakah pengambilan gambar inframerah dilakukan oleh orang-orang yang memiliki pengetahuan yang cukup tentang pengoperasian kamera inframerah, yang meliputi beberapa pertanyaan sebagai berikut:

- Apakah anda pernah mengikuti pelatihan yang berkaitan dengan termografi?
- Apakah anda mengetahui cara pengoperasian kamera inframerah?
- Pengaturan apa saja yang anda lakukan ketika menggunakan kamera inframerah?
 - a. Pengaturan fokus lensa? Ya/ Tidak
 - b. Pengaturan suhu otomatis atau manual? Ya/ Tidak
 - c. Pengaturan nilai Emisivitas? Ya/ Tidak
 - d. Pengaturan nilai suhu refleksi? Ya/ Tidak

Semua pertanyaan yang diajukan kepada responden merupakan hal dasar yang seharusnya dikuasai oleh seorang pelaksana atau operator kamera inframerah. Wawancara dilakukan terhadap 17 orang responden yang merupakan pelaksana kegiatan termografi lapangan dilakukan dengan metode menggunakan kuisioner.



Gambar. 11 Prosentase hasil kuisioner tentang termografi

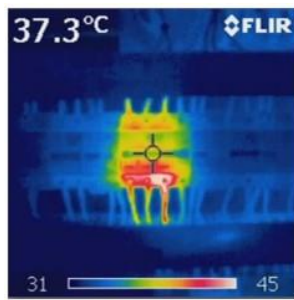
Dari responden yang berjumlah 17 orang, didapatkan data yang tergambar seperti gambar 11, bahwa 30% dari responden tidak pernah mengikuti pelatihan yang berkaitan dengan termografi namun melakukan pengambilan gambar menggunakan kamera inframerah. Sedangkan hampir 90% dari jumlah responden yang pernah mengikuti pelatihan berkaitan dengan termografi tidak melakukan pengaturan dasar pada kamera yang dapat berakibat pada timbulnya selisih pembacaan suhu dengan nilai yang sesungguhnya.

C. Data Percobaan Lapangan

Penulis melakukan beberapa percobaan terhadap nilai pengaturan dengan cara mengubah-ubah beberapa parameter dasar dari sebuah kamera inframerah, antara lain fokus lensa, nilai emisivitas dan nilai suhu refleksi/ sekitar yang dilakukan pada target yang berada pada sebuah panel distribusi listrik tegangan rendah.

Adapun percobaan dilakukan pada target yang berupa sebuah MCB yang mengalami gangguan pada sambungan

terminal yang kurang kuat dan terletak pada DB 212-1 seperti tampak pada gambar 12 dibawah ini.



Gambar. 12 MCB yang mengalami gangguan listrik

Adapun hasil percobaan yang dilakukan oleh penulis berkaitan dengan kesalahan umum yang dilakukan oleh pelaksana dapat ditunjukkan dalam tabel 1 berikut,

Tbl 1 Selisih hasil pembacaan dengan 2 nilai pengaturan berbeda

Pengaturan	Nilai referensi	Suhu pembacaan	Selisih suhu baca
Fokus lensa	Fokus	24.3 °C	3.7 °C
	Tidak fokus	20.6 °C	
Emisivitas	0.9	24.3 °C	8.6 °C
	0.5	32.9 °C	
Suhu refleksi/ Sekitar	20 °C	22.9 °C	1.6 °C
	5 °C	21.3 °C	

Berdasarkan tabel 1 diatas maka bisa kita lihat bahwa kesalahan yang seringkali dilakukan oleh sebahagian besar pelaksana dapat menimbulkan kesalahan dalam pembacaan dikarenakan selisih nilai akhir dan kesalahan analisa citra termal.

D. Evaluasi dan Penyelesaian Masalah

Berdasarkan dari hasil data yang didapatkan oleh penulis maka dilakukanlah evaluasi berdasarkan temuan-temuan tersebut, disini penulis fokus pada sumberdaya manusia dan perangkat atau tools yang dapat digunakan sebagai acuan standar sebelum menggunakan kamera inframerah, dalam hal ini khusus untuk unit kamera inframerah merk Flir dengan model InfraCam yang digunakan.

Penulis memberi pengetahuan dasar yang berfungsi sebagai pembekalan teori kepada para pelaksana sekaligus sebagai sarana pengingat bagi pelaksana yang telah mengikuti pelatihan sebelumnya. Pada kamera inframerah yang digunakan sebagai alat percobaan yaitu Flir InfraCam, pengaturan-pengaturan diatas dapat dilakukan dengan cara:

- Fokus lensa, pengaturan fokus lensa dilakukan dengan cara memutar gelang fokus sehingga mendapatkan gambar yang fokus dan tajam.
- Pengaturan suhu otomatis atau manual, pengaturan rentang suhu dapat dilakukan secara otomatis ataupun secara manual. Ketika fungsi otomatis

diaktifkan maka kamera akan memindai suhu terendah dan suhu tertinggi pada area yang tertangkap oleh lensa kamera, fungsi ini sebaiknya digunakan hanya sebagai acuan awal, karena ketika penggunaan fungsi otomatis tetap dilanjutkan akan berakibat pada sering berubahnya rentang suhu sesuai dengan area sekitar target serta kerja prosesor kamera yang berat karena harus selalu memindai area yang ada didepan lensa. Selain itu hasil gambar yang dihasilkan akan tampak seolah-olah memiliki banyak titik panas yang tidak seharusnya menjadi perhatian.

- Emisivitas, pengaturan nilai Emisivitas dilakukan dengan memilih menu pengaturan parameter, dan memilih baris Emisivitas. Pada baris tersebut akan muncul beberapa nilai dasar berdasarkan jenis bahan yang dapat dipilih sesuai dengan target. Selain dengan memilih nilai dasar berdasarkan jenis bahan, kita juga dapat memasukan nilai Emisivitas secara manual dengan memilih baris set value.
- Suhu refleksi/ sekitar, pengaturan suhu refleksi dilakukan dengan cara sebagai berikut:
 - a. Atur nilai emisivitas kamera pada angka 1.00
 - b. Arahkan kamera pada bidang dinding atau langit-langit yang berada tepat disebelang atau diatas target
 - c. Masukan hasil pembacaan suhu yang didapatkan pada baris suhu refleksi.

Setelah didapatkan nilai pengaturan yang terbaik berdasarkan percobaan sesuai kondisi lapangan maka penulis membakukannya dengan membuat urutan tata pelaksanaan pengambilan citra termal yang dapat digunakan sebagai acuan kegiatan pengambilan gambar termal dilapangan. Berikut ini merupakan urutan tata pelaksanaan pengambilan citra termal yang dimaksud,

Tata cara pelaksanaan pengambilan citra termal dengan menggunakan kamera inframerah Flir InfraCam:

1. Hidupkan kamera inframerah dan pastikan daya baterai dalam keadaan lebih dari 50%.
2. Atur nilai suhu refleksi ruang (*Reflected temp*) dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:
 - Arahkan kamera pada benda yang berhadapan dengan target
 - Atur nilai emisivitas pada angka 1
 - Atur nilai jarak pada angka 0 meter
 - Lihat nilai yang terbaca, dan masukkan nilai tersebut sebagai nilai acuan suhu refleksi.
3. Atur nilai jarak (*Distance*) pada angka 1 meter,
4. Arahkan kamera pada target, dan atur fokus lensa agar mendapatkan gambar yang cukup baik
5. Atur mode pengaturan rentang suhu pada mode otomatis dan arahkan kamera pada target, untuk mendapatkan nilai suhu terendah dan nilai suhu tertinggi pada ruang tersebut.
6. Atur mode pengaturan rentang suhu pada mode manual, kemudian tambahkan 2°C pada nilai suhu terendah, dan tambahkan 3°C pada nilai suhu tertinggi (berdasarkan

percobaan yang dilakukan oleh penulis nilai ini akan menghasilkan kontras citra termal yang baik).

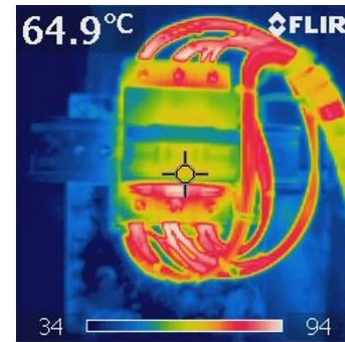
7. Atur nilai emisivitas (*Emissivity*) pada angka yang sesuai dengan bahan target, dengan acuan 5 bahan utama yang sering ditemui pada system kelistrikan sebagai berikut [8]:
 - Tembaga (*Copper*) 0.78
 - Kayu (*Wood*) 0.85
 - Cat (*Paint*) 0.93
 - Karet (*Rubber*) 0.95
 - Isolasi (*Tape*) 0.96
8. Arahkan kamera inframerah pada target dari jarak sekitar 1 meter, atur kembali fokus lensa hingga mendapatkan gambar yang tajam. Jarak pengambilan gambar dapat disesuaikan kebutuhan, namun jangan lupa untuk mengatur kembali nilai pengaturan jarak (*Distance*) pada kamera inframerah agar keakurasian hasil dapat terjaga.
9. Arahkan kamera inframerah pada target, jangan berhadapan langsung pada target (Sudut 0°) karena radiasi panas tubuh operator akan terpantul pada target dengan emisivitas rendah, arahkan kamera pada rentang sudut antara 15° sampai 60° , cobalah untuk mengubah-ubah posisi pengambilan gambar pada rentang sudut tersebut terutama pada target dengan nilai emisivitas rendah/ mengkilap.
10. Ambil dan simpan gambar, serta lihat hasil gambar termal tersebut, jika masih dirasa kurang baik maka ulangi lagi langkah 8 dan 9 hingga hasil yang didapatkan sesuai dengan baku mutu yang dapat digunakan untuk analisa.

Adapun tata cara pelaksanaan pengambilan citra termal tersebut diatas kemudian dicetak dan di sosialisasikan untuk kalangan internal para pelaksana kegiatan termografi untuk dapat diaplikasikan dilapangan, sehingga diharapkan kedepannya akan didapatkan kualitas citra termal yang standar dan memenuhi baku-mutu yang baik untuk dapat dianalisa lebih lanjut.

E. Hasil Evaluasi

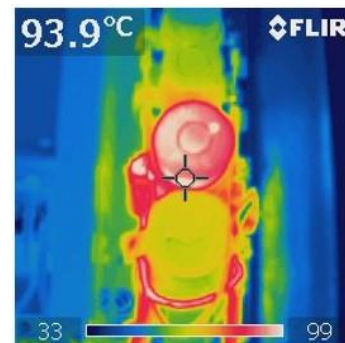
Setelah sosialisasi dan pembahasan Bersama para pelaksana lapangan dilakukan, maka selanjutnya para pelaksana melakukan uji coba terhadap urutan tata cara dan pengaturan nilai pada kamera inframerah Flir InfraCam dilapangan. Uji coba dilakukan pada jadwal perawatan berkala terjadwal pada panel distribusi listrik tegangan rendah, Seperti ditunjukkan pada gambar.

Citra termal pada gambar 4.14 merupakan citra gangguan yang didapatkan dari panel distribusi listrik tegangan rendah 15-BC-01 yang sedang mengalami beban berlebih. Citra ini diambil dengan pengaturan jangkauan suhu manual 34°C - 94°C , emisivitas 0.96 sesuai dengan rujukan tabel emisivitas bahan [8], suhu refleksi diatur pada nilai 30°C yang diketahui dengan mengikuti tata cara yang dianjurkan, serta pengaturan lensa focus yang baik disertai dengan sudut pengambilan yang pas sehingga tidak didapati refleksi dari radiasi panas tubuh operator.



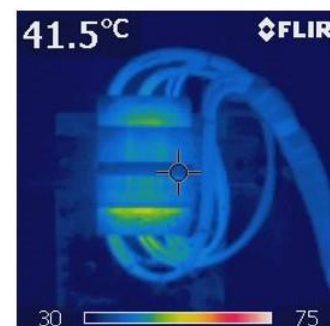
Gambar. 13 MCB yang mengalami gangguan beban berlebih

Citra termal pada gambar 4.15 merupakan citra gangguan yang didapatkan dari sebuah panel distribusi listrik tegangan rendah anjungan lepas pantai SWP-K 16-DCDB-02. pada panel tersebut didapati sebuah sekering yang mengalami gangguan pada terminal sambungan sehingga mengakibatkan suhu pada rumah sekering mencapai 93.9°C dan kabel disekitar sambungan tersebut mengalami pelumeran pada bagian isolasinya.



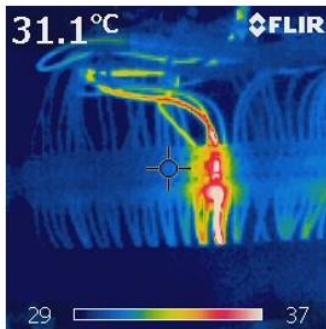
Gambar. 14 Sekering yang mengalami gangguan pada terminal sambung

Citra ini diambil dengan pengaturan nilai emisivitas untuk bahan keramik mengkilap sesuai tabel emisivitas 0.92 [8], dengan nilai pengaturan suhu refleksi 35°C yang diketahui dengan mengikuti tata cara yang dianjurkan, serta pengaturan fokus lensa yang baik disertai dengan sudut pengambilan yang pas sehingga tidak didapati refleksi dari radiasi panas tubuh operator.



Gambar. 15 MCB yang dalam keadaan normal setelah perbaikan

Citra termal pada gambar 4.16 merupakan citra yang sama seperti pada gambar 4.14 yang didapatkan dari panel distribusi listrik tegangan rendah 15-BC-01 yang sudah diperbaiki dari beban berlebih dan mengalami penurunan suhu yang signifikan. Citra ini diambil dengan pengaturan jangkauan suhu manual 30°C hingga 75°C, pengaturan nilai emisivitas 0.96 sesuai dengan rujukan tabel emisivitas bahan [8], suhu refleksi diatur pada nilai 30°C yang diketahui dengan mengikuti tata cara yang dianjurkan, serta pengaturan fokus lensa yang baik disertai dengan sudut pengambilan yang pas sehingga tidak didapati refleksi dari radiasi panas tubuh operator.



Gambar. 16 Gangguan pada terminal sambung

Citra termal pada gambar 4.17 merupakan citra gangguan yang didapatkan dari panel distribusi listrik tegangan rendah DB-1117 yang sedang mengalami gangguan pada terminal sambungan. Citra ini diambil dengan pengaturan jangkauan suhu manual 29°C - 37°C, emisivitas 0.96 sesuai dengan rujukan tabel emisivitas bahan PVC [8], suhu refleksi diatur pada nilai 30°C yang diketahui dengan mengikuti tata cara yang dianjurkan, serta pengaturan fokus lensa yang baik disertai dengan sudut pengambilan yang pas sehingga tidak didapati refleksi dari radiasi panas tubuh operator.

Dari keempat ujicoba yang dilakukan dengan mengaplikasikan dan mengikuti tata cara serta pengaturan yang disarankan pada tatacara pengoperasian kamera inframerah Flir InfraCam yang dibuat penulis, didapatkan bahwa kesemua citra yang dihasilkan memenuhi baku mutu citra termal yang dapat dianalisa lebih lanjut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pembuatan dan aplikasi pedoman petunjuk tata cara pelaksanaan pengambilan gambar terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas hasil citra termal yang diambil oleh para pelaksana, sehingga dapat dianalisa lebih lanjut.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari evaluasi deteksi citra kerusakan pada panel distribusi listrik tegangan rendah berdasarkan termografi inframerah antara lain:

1. Dari hasil percobaan dan analisa penulis didapatkan bahwa
 - Kesalahan pengaturan fokus lensa berpotensi menimbulkan kesalahan pembacaan sekitar 3,7 °C
 - Kesalahan pengaturan nilai emisivitas berpotensi menimbulkan kesalahan pembacaan sekitar 8,6 °C
 - Kesalahan pengaturan suhu refleksi berpotensi menimbulkan kesalahan pembacaan sekitar 1,6 °C
 - Kurang tepatnya posisi sudut pengambilan gambar termal seringkali menyebabkan pola panas yang menyebarkan.
2. Data citra termal yang tidak sesuai baku mutu seringkali menyebabkan kesalahan dalam penentuan tindakan perbaikan.
3. Diperlukan prosedur standar pengoperasian dan pengaturan kamera inframerah terkait, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan kegiatan operasional lapangan.
4. Didapatkan dari 4 ujicoba yang dilakukan pada objek yang berbeda, bahwa penerapan tata cara yang dibuat terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas citra termal yang dihasilkan dari kegiatan termografi inframerah.

REFERENSI

- [1] Abderrahmane Dib and Ali Djermane, Journal of New Technology and Materials JNTM, "Detection of electrical faults with infrared thermography," December 06, 2016.
- [2] (2015) The HISMALISKAL website. [online]. Available: <http://hima-pe.ppns.ac.id/panel-listrik/>
- [3] ITC (Infrared Training Center), Thermography Level 1 Course Manual, English, , 2015.
- [4] ITC (Infrared Training Center), Thermography Level 2 Course Manual, English, , 2017.
- [5] (2018) The Wikipedia website [online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Emisivitas>
- [6] (2018) The kurnia alkes website [online]. Available: <https://kurnia-alkes.com/termografi-inframerah/>
- [7] (2016) The pcdkita website [online]. Available: <http://pcdkita.blogspot.com/2016/07/normal-0-false-false-false-in-x-none-x.html>
- [8] (2016) The transmetra website [online]. Available: https://www.transmetra.ch/images/transmetra_pdf/publikationen_literatur/pyrometrie-termografie/emissivity_table.pdf